

REDES 48

revista de estudios sociales de la ciencia y la tecnología

ISSN: 0328-3186 impresa / ISSN: 1851-7072 en línea

Artículos

Problemas y necesidades de los sistemas regionales de innovación en la Argentina. Hacia un enfoque territorial de las políticas de CTI

Andrés Niembro

Diálogos entre a construção do campo interdisciplinar e a concepção dominante de ciência

Ana Carolina Spatti

Prácticas de ciencia abierta: instrumento para su análisis ilustrado con información de proyectos científicos argentinos

Valeria Arza y Mariano Fressoli

Eficiencia energética. Un estudio del marco habilitante en la Argentina

María Florencia Zabaloy

Dossier

Hacia una historia de la química en América Latina, desarrollos y propuestas

Coordinador: **Gabriel Matharan**

Autores: **Alcides Beretta Curi, Roy Waldhiersen Morales Pérez, Felipe León Olivares, Julio César González Hernández,**

Ronei Clécio Mocellin, Ricardo Andrés Franco Moreno y Gabriel Matharan

Vol. 25, N° 48, Bernal, junio de 2019

Instituto de Estudios sobre
la Ciencia y la Tecnología



Universidad
Nacional
de Quilmes
Editorial



REDES 48

revista de estudios sociales de la ciencia y la tecnología

en línea

Impresos / ISSN: 1851-7072

ISSN: 0328-3186

2019

Junio de 2019

N.º 8

Berkeley, CA

**Instituto de Estudios sobre
la Ciencia y la Tecnología**



**Universidad
Nacional
de Quilmes
Editorial**

Redes. Revista de estudios sociales de la ciencia y la tecnología
se encuentra registrada en los siguientes índices:

- Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc: <<http://redalyc.uaemex.mx/>>)
- CLASE (Citas Latinoamericanas en Ciencias Sociales y Humanidades), UNAM
- DARE Data Bank (Unesco)
- Qualis (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES)
- Catálogo Latindex
- Directorio Latindex (Latindex: <<http://www.latindex.unam.mx/>>)
- Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentinas (Caicyt: <<http://www.caicyt.gov.ar/>>)



Redes es una publicación semestral orientada al estudio de la ciencia y la tecnología y a sus múltiples dimensiones sociales, políticas, históricas, culturales, ideológicas, económicas, éticas. Pretende ofrecer un espacio de investigación, debate y reflexión sobre los procesos asociados con la producción, el uso y la gestión de los conocimientos científicos y tecnológicos en el mundo contemporáneo y en el pasado. *Redes* es una publicación con una fuerte impronta latinoamericana que se dirige a lectores diversos –público en general, tomadores de decisiones, intelectuales, investigadores de las ciencias sociales y de las ciencias naturales– interesados en las complejas y ricas relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Redes

*Revista de estudios sociales
de la ciencia y la tecnología*

Vol. 25, N° 48, Bernal, junio de 2019

ISSN: 1851-7072 en línea / ISSN: 0328-3186 impresa

Consejo de dirección

Lucas Becerra / Sebastián Careno / Alberto Lalouf /
Facundo Picabea / Lucía Romero / Florencia Trentini

Editores asociados

Rosalba Casas (UNAM, México)
Renato Dagnino (Unicamp, Brasil)
Diana Obregón (UNAL, Colombia)
Hernán Thomas (UNQ, Argentina)
Hebe Vessuri (IVIC, Venezuela)

Consejo Científico Asesor

Antonio Arellano (UAEMEX, México)
Rigas Arvanitis (IRD, Francia)
Mariela Bianco (Universidad de la República, Uruguay)
Wiebe E. Bijker (Universidad de Maastricht, Holanda)
Ivan da Costa Marques (UFRJ, Brasil)
Marcos Cueto (Universidad Peruana Cayetano Heredia)
Diego Golombek (UNQ, Argentina)
Yves Gingras (UQAM, Canadá)
Jorge Katz (Chile-Argentina)
Leonardo Moledo (1947-2014) (UNQ, Argentina)
León Olivé (UNAM, México)
Carlos Prego (UNLP, Argentina)
Jean-Jacques Salomon (1929-2008) (Futuribles, Francia)
Luis Sanz Menéndez (CSIC, España)
Terry Shinn (Maison des Sciences de l'Homme, Francia)
Cristóbal Torres (UAM, España)
Leonardo Vaccarezza (UNQ, Argentina)
Dominique Vinck (Universidad de Lausana, Suiza)

Edición, diseño y producción

Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes



Universidad
Nacional
de Quilmes
Editorial

Redes

*Revista de estudios sociales
de la ciencia y la tecnología*

Correo electrónico:

<redes@unq.edu.ar>

Esta publicación es propiedad de la

Universidad Nacional de Quilmes

N° de registro internet 5069733

N° de registro papel 5069734

Universidad Nacional de Quilmes

Roque Sáenz Peña 352

(B1876BXD) Bernal

Prov. de Buenos Aires

República Argentina

Tel: (54 11) 4365-7100

<http://www.unq.edu.ar>

editorial.unq.edu.ar

Universidad Nacional de Quilmes

Rector

Alejandro Villar

Vicerrector

Alfredo Alfonso

**Instituto de Estudios sobre la
Ciencia y la Tecnología**

Director

Hernán Thomas

Área de Estudios Sociales de la
Tecnología y la Innovación

Coordinador: Hernán Thomas

Área de Estudios Sociales de la
Ciencia y el Conocimiento

Coordinador: Juan Pablo Zabala

Área de Filosofía e Historia de la Ciencia

Coordinador: Pablo Lorenzano

Área Educación y Comunicación

Pública de la Ciencia y la Tecnología

Coordinadora: Silvia Porro

Tel. (54 11) 4365-7100 int. 5851

<<http://www.iesct.unq.edu.ar>>

Correo electrónico: <iesct@unq.edu.ar>

ÍNDICE

7 Abstracts

Artículos

- 17 Problemas y necesidades de los sistemas regionales de innovación en la Argentina. Hacia un enfoque territorial de las políticas de CTI, *Andrés Niembro*
- 57 Diálogos entre a construção do campo interdisciplinar e a concepção dominante de ciência, *Ana Carolina Spatti*
- 85 Prácticas de ciencia abierta: instrumento para su análisis ilustrado con información de proyectos científicos argentinos, *Valeria Arza y Mariano Fressoli*
- 133 Eficiencia energética. Un estudio del marco habilitante en la Argentina, *María Florencia Zabaloy*

Dossier

Hacia una historia de la química en América Latina, desarrollos y propuestas

- 173 Introducción, *Gabriel Matharan*
- 181 Terratenientes, nueva agricultura e inicios de la ciencia en el Uruguay de la modernización (1870-1900), *Alcides Beretta Curi*
- 207 Dora Türk Molano, o de olvidos y silencios en la historia de la química colombiana, *Roy Waldhiersen Morales Pérez*
- 231 Marcelino García Junco y los primeros textos de química orgánica en México, *Felipe León Olivares y Julio César González Hernández*
- 257 Seabra Telles e a química do século das Luzes, *Ronei Clécio Mocellin*
- 285 La química en Colombia, ¿una actividad científica comunitaria? Publicaciones en el período 1950-1999, *Ricardo Andrés Franco*
- 305 Momentos constitucionales en el desarrollo de la química en la Argentina (1801-1942), *Gabriel Matharan*

ABSTRACTS

Problems and needs of regional innovation systems in Argentina. Towards a territorial approach in STI policies

Andrés Niembro

Abstract

Based on a series of recent empirical contributions along with traditional theoretical taxonomies, in this paper we provide a first diagnosis of the problems faced by the different types of regional innovation systems in Argentina and their respective policy needs. At the same time, we discuss some key aspects for the implementation of STI policies in the country: a broad view of innovation policies, a central axis of development strategies; the importance of a multilevel governance structure that allows a more active intervention of provincial governments and a better adaptation to local possibilities; a greater awareness of the national government about the territorial impact of its programs and funds; and the need to intervene together with regional actors on the deficiencies of each regional innovation system.

KEYWORDS: REGIONAL INNOVATION SYSTEMS – SCIENCE, TECHNOLOGY AND INNOVATION POLICIES – MULTILEVEL GOVERNANCE – REGIONAL DEVELOPMENT

Dialogues between the construction of the interdisciplinary field and the conception of science

Ana Carolina Spatti

Abstract

This paper argues that the process of expansion, consolidation and institutionalization of interdisciplinary courses in Brazilian universities was strongly influenced by the dominant conception of science over the years. From a theoretical-methodological standpoint, this article discusses the course of science parallel to the historical description of interdisciplinarity. As a result of this dialogue, it is proposed that the birth of interdisciplinarity should be seen as part of a broader process that was built at an international level, which gradually went beyond the Latin American countries scenario and influences the form and practice of research and the way science is done. Similarly, the expansion of interdisciplinarity in graduate schools does not occur disconnected from prominences that were placed at the time. As the understanding of science grew cross-culturally, involving distinct forms of knowledge, there have been frequent juxtaposed scientific, political, and social concerns. Therefore, the innovative contribution of the article is the debate on interdisciplinarity based on the assumption that there is an inter-linked process between its consolidation within universities and the dominant conception about science.

KEYWORDS: SCIENCE – SCIENTIFIC POLICY – INTERDISCIPLINARITY – UNIVERSITY

Open science practices. An analytical tool illustrated using information from Argentinean scientific projects

Valeria Arza / Mariano Fressoli

Abstract

To do open science is to collaborate with other actors in scientific production and to share the results of the research process. However, there are many dimensions of openness: when analysing concrete open science initiatives there is a large number of hybrid forms of openness. In this article we identify and discuss different elements of open science and its benefits.

We propose a two-dimensional framework to characterize openness throughout the different stages of the research process. We argue that different opening practices in each of these two dimensions are associated with different potential benefits. The first dimension includes different practices associated with collaboration, while the second dimension comprises aspects of access to results that have been shared.

KEYWORDS: OPEN SCIENCE – ARGENTINA – BENEFITS – COLLABORATION –
OPEN ACCESS

Energy Efficiency: a study of the enabling framework in Argentina

Florencia Zabaloy

Abstract

Social and economic progress is associated to the availability of energy resources, to their quality, their price and to the environmental consequences that they generate, among other factors. As energy access is vital for human life it is considered as part of the Sustainable Development Goals (SDG) determined by United Nations in 2015, in particular in SDG 7, which establishes “to ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all”.

Energy Efficiency (EE) policies play a key role in achieving this goal, because they promote the reduction of energy demand, energy dependence and environmental impact. In this context, the objective of this paper is to analyze which have been the enabling conditions, the barriers and the instruments that have enabled the development of EE policies in the residential sector in Argentina. As a result, it is concluded that Economic and Financial barriers are very strong and at the same time the Macroeconomic enabling conditions do not show a good performance. In addition, there are several Institutional barriers and Institutional enabling conditions that hinder the development of EE measures.

KEYWORDS: ENERGY POLICY – RESIDENTIAL SECTOR – BARRIERS – INSTRUMENTS

Landowners, new agriculture and the beginning of science in the modernization of Uruguay (1870-1900)

Alcides Beretta Curi

Abstract

The article presents advanced results of an ongoing research that investigates the process of construction of agronomic references by the landowners who formed and governed the Rural Association of Uruguay (ARU), in the last third of the 19th century. Making *new agriculture* implied the application of scientific advances to agricultural production and an inescapable relationship of innovative landowners with European science. It considers the object of study in a broad perspective, linking center and periphery, scientific institutions and agrarian corporations. In this context, the study focuses on the role of the Swiss scientist Frédéric Sacc in Montevideo, and the beginnings of Chemistry in Uruguay of the first modernization (1870-1900).

KEYWORDS: INNOVATIVE LANDOWNERS – CHEMISTRY – FRÉDÉRIC SACC

Dora Türk Molano, or about the oblivion and silences in the history of colombian chemistry

Roy W. Morales Pérez

Abstract

The contributions of women in the different fields of scientific knowledge have been unknown in the official history of the sciences. This is evident when it is asked about the presence of women in science, which is generally dismissed by the hegemonic male model. This model assumes that science is an objective, neutral and universal construction that offers the same possibilities of getting involved and development in the field to all its practitioners, regardless their gender, age, race, religion or political party affiliations. This situation is particularly true for the Colombian case since, added to the structural barriers that limited access to women professional development in certain fields of knowledge, the process of institutionalization of scientific disciplines is very recent. Because of this, the stories of

science in Colombia that have been written have hidden in the shadow of the 'founding fathers' the contributions that women scientists have made to the field of science. In this sense, at first, from the framework of social studies of science, a historical sociological approach to the institutionalization of chemistry in Colombia is presented in this paper. In a second moment, the contributions to the field of Colombian chemistry made by Dora Türk Molano, one of the first two female chemistry graduates in this country, whose presence and contributions have not been considered by the official history of Colombian chemistry, are discussed.

KEYWORDS: HISTORY OF CHEMISTRY IN COLOMBIA – FACULTY OF CHEMISTRY – NATIONAL UNIVERSITY OF COLOMBIA – DORA TÜRK MOLANO

Marcelino García Junco and the first organic chemistry textbook in Mexico

Felipe León Olivares / Julio César González Hernández

Abstract

The aim of this paper is to describe and analyze the Chemical Engineer Marcelino García Junco y Payan's (1902-1964) academic career, who was an organic chemistry teacher at the National School of Chemistry Science (ENCQ by its acronym in Spanish), today known as UNAM's Chemistry Faculty (FQ by its acronym in Spanish). The research, particularly, tries to highlight his organic chemistry teachings through his lectures and textbooks. The study was carried out from a historic perspective which has as a context the (ENCQ between 1920 and 1956 and his link to the steroid industry. The research is based on primary sources review work as UNAM's students and teacher's files, located in the UNAM's Historic Archive, and oral history such as interviews with the illustrious Mexican chemist.

KEYWORDS: FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – MARCELINO GARCÍA JUNCO – HISTORY OF CHEMISTRY IN MEXICO – ORGANIC CHEMISTRY

Seabra Telles and the Chemistry of the Century of Enlightenment

Ronei Clécio Mocellin

Abstract

Brazilian and Portuguese historians are in agreement about the name of the first “modern chemist” of Portuguese language, the Luso-Brazilian Vicente Coelho de Seabra Silva Telles (1764-1804). In this article, we intend to investigate his research trajectory with the objective of connecting it with the philosophical, scientific and social themes pertaining to chemistry and the natural philosophy of the last decades of the XVIII century. More specifically, we would like to describe how Seabra Telles’ investigations dialogue with those of the leading representatives of the “Republic of Chemists” from the so-called “Century of Enlightenment”.

KEYWORDS: SEABRA TELLES – FOURCROY – CHEMISTRY – NATURAL PHILOSOPHY – CENTURY OF ENLIGHTENMENT

Chemistry in Colombia. Is it a scientific communitary activity? Publications in the 1950-1999 period

Ricardo Andrés Franco Moreno

Abstract

In this article we communicate the results of a research project that consisted of characterizing academic productions developed in the field of chemistry in Colombia during the period 1950-1999. From a historical approach that links the perspective of social studies of science and technology - CTS, based on bibliometric and scientometric criteria, contributions made by Colombian scientists in the journals were analyzed: *Journal of the American Chemical Society* and *Revista Colombiana de Química*. It is concluded that the participation at an international level of professionals in the field in this period was reduced, and that the organization of the institutions and trade associations was only incipient for the time. In this sense, we reflect on the community character that academic work has represented in this scientific activity in the country.

KEYWORDS: CHEMISTRY IN COLOMBIA – STS STUDIES – SCIENTIFIC COMMUNITY – SCIENTOMETRICS – SCIENTIFIC JOURNALS

Constitutional moments in the development of chemistry in Argentina (1801-1942)

Gabriel Matharan

Abstract

The purpose of this paper is to present a possible history of chemistry, mainly of academic chemistry and industrial chemistry, based on the analysis of the different constitutional moments that their development in Argentina went through during the period 1801-1942. Different meanings, associated with three strong constitutional moments that are both cognitively and institutionally, turn visible. Indeed, it first entered the country as a taught chemistry linked to pharmacy and medicine; later, it was constituted as a profession while seeking its differentiation from the pharmacy; and finally, there was a process of differentiation between research and teaching in chemistry with the appearance of institutions where research activities began to take place. This finding allows us to draw attention that chemistry in Argentina has specificities that distinguish it and differentiate it from the international history of chemistry.

KEYWORDS: CONSTITUTIONAL MOMENTS – ACADEMIC CHEMISTRY – INDUSTRIAL CHEMISTRY – ARGENTINA





ARTÍCULOS



PROBLEMAS Y NECESIDADES DE LOS SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN EN LA ARGENTINA. HACIA UN ENFOQUE TERRITORIAL DE LAS POLÍTICAS DE CTI*

*Andrés Niembro***

RESUMEN

A partir de combinar una serie de aportes y resultados empíricos recientes junto con taxonomías teóricas tradicionales en la literatura, en este trabajo brindamos un primer diagnóstico acerca de los problemas que enfrentan los diferentes tipos de sistemas regionales de innovación en la Argentina y de sus respectivas necesidades de políticas de innovación. A su vez, discutimos algunos aspectos claves para la implementación general de las políticas de CTI en el país: una mirada amplia sobre las políticas de innovación, como eje central de estrategias de desarrollo; la importancia de una estructura de *governance* multinivel que permita una intervención más activa de los gobiernos provinciales y una mejor adaptación a las posibilidades locales; la necesidad de que el gobierno nacional tome conciencia del impacto territorial de sus iniciativas y financiamiento; y de que intervenga conjuntamente con los actores regionales sobre las deficiencias de cada sistema regional de innovación.

PALABRAS CLAVE: SISTEMAS REGIONALES DE INNOVACIÓN – POLÍTICAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN – GOBERNANZA MULTINIVEL – DESARROLLO REGIONAL

* Se agradecen los valiosos comentarios de Verónica Robert a una versión previa presentada en el Foro Doctoral LALICS de Buenos Aires en julio de 2018, como así también las sugerencias de dos evaluadores anónimos de la revista. Otra versión preliminar de este trabajo se presentó en la XXIII Reunión Anual de la Red Pymes Mercosur, realizada en Mar del Plata en septiembre de 2018, donde se obtuvo una mención del jurado. Como es usual, los errores remanentes son de mi exclusiva responsabilidad.

** Investigador-docente del Centro Interdisciplinario de Estudios sobre Territorio, Economía y Sociedad (CIETES), Universidad Nacional de Río Negro, Sede Andina. Correo electrónico: <aniembro@unrn.edu.ar>.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, buena parte de los análisis económicos interesados en los procesos de innovación y desarrollo se han focalizado en las regiones como horizonte de estudio (Morgan, 1997; Hotz-Hart, 2000; MacKinnon, Cumbers y Chapman, 2002; Shearmur, Carrincazeaux y Doloreux, 2016). Hace unos años, Carlsson (2007) mostraba precisamente que la mayoría de los trabajos sobre sistemas de innovación solían adoptar un enfoque regional. En otro *review* reciente, abocado de forma más específica a los sistemas regionales de innovación (SRI), Doloreux y Porto Gomez (2017) destacan que esta literatura ha crecido extraordinariamente en los últimos veinte años.

El interés en el desarrollo regional se debe también a la persistencia (o la agudización) de las desigualdades territoriales, particularmente a lo largo y ancho de los países en desarrollo (PED) de Asia, África y América Latina (Kanbur, López Calva y Venables, 2005; Milanovic, 2005; Kanbur, Venables y Wan, 2006; Barrios y Strobl, 2009; CEPAL, 2015; Aroca y Atienza, 2016). En esta misma línea, las asimetrías regionales del desarrollo argentino han sido un tema presente a través de toda la historia nacional y el problema del desarrollo desigual de las regiones y provincias perdura hasta la actualidad (Nuñez Miñana, 1972; Rofman, 1974; Porto, 1995; Cao y Vaca, 2006; Gatto, 2013; Niembro, 2015b).

Los estudios sobre sistemas regionales de innovación permiten conjugar ambas cuestiones, puesto que este enfoque reconoce, por un lado, el rol central de la innovación como determinante del desarrollo y, por otro, la necesidad de explicar y abordar las desigualdades regionales (Asheim, Smith y Oughton, 2011; Tödting y Tripl, 2013; Niembro, 2015a; Asheim, Grillitsch y Tripl, 2016). Como señalan Uyarra y Flanagan (2010), la noción de SRI se ha utilizado tanto como una herramienta conceptual y analítica, como un componente clave del discurso de la política regional. En línea con la idea general en torno a los sistemas (nacionales) de innovación de que no existe una receta ideal, óptima y recomendable para todos los países y para cualquier momento del tiempo (Edquist, 2005; Chaminade *et al.*, 2009), la literatura sobre SRI también ha coincidido en la necesidad de implementar políticas públicas que partan del reconocimiento de los problemas y particularidades de cada caso (Tödting y Tripl, 2005; Navarro *et al.*, 2009; Asheim, Smith y Oughton, 2011; Benneworth y Dassen, 2011; Isaksen y Tripl, 2016; Isaksen, Tödting y Tripl, 2018).

Esta no es solo una tendencia internacional (o europea), sino que también se encuentran indicios similares en América Latina, aunque con inten-

sidades y velocidades diferentes (Yoguel, Borello y Erbes, 2005; Llisterri y Pietrobelli, 2011; Casas, Corona y Rivera, 2013; Rivas, Rovira y Scotto, 2014). Sin embargo, los sistemas regionales de innovación en Argentina han sido poco estudiados hasta ahora. Si bien varios autores han analizado las desigualdades socioeconómicas entre las provincias argentinas (Nuñez Miñana, 1972; Rofman, 1974; Porto, 1995; Gatto, 2013), las diferencias provinciales en materia de conocimiento, innovación y aprendizaje no han sido por lo general tenidas en cuenta. Lejos de hallar abordajes sistémicos que incluyan a todas las provincias del país,^[1] solo aparecen algunos estudios de SRI particulares o, en una escala geográfica mucho menor, de sistemas locales (Yoguel, Borello y Erbes, 2005; Robert, 2012; Boiola, 2013; De Arteche, Santucci y Welsh, 2013; Lavarello, Minervini y Robert, 2017; Pasciaroni, Gorenstein y Barbero, 2018). Por ello, tampoco se encuentran trabajos previos que hayan estudiado los problemas y las necesidades de políticas públicas de los distintos SRI.

En un artículo reciente, realizamos un primer conjunto de aportes empíricos acerca de los sistemas regionales de innovación en la Argentina (Niembro, 2017). A partir de diferentes técnicas de análisis multivariado, identificamos inicialmente las dimensiones centrales de los SRI y, luego, definimos una primera tipología de estos sistemas. Este ejercicio puso de manifiesto la heterogeneidad que atraviesa a los SRI en el país, junto con el hecho de que, por lo general, se trata de sistemas en construcción, inmaduros, incompletos o emergentes (Chaminade *et al.*, 2009; Padilla-Pérez, Vang y Chaminade, 2009). Por ello, concluimos allí que no habría que pensar en recetas únicas para todas las provincias, sino generar políticas de ciencia, tecnología e innovación (CTI) que tomen en cuenta las diferencias entre los SRI. En otro artículo (Niembro, 2016) mostramos que las infraestructuras e instituciones de apoyo a la innovación repercuten sobre el nivel de desarrollo económico de las provincias argentinas, lo cual vuelve a valorizar el rol de las políticas públicas.

Sobre la base de los resultados antes obtenidos, el objetivo principal del presente trabajo es avanzar hacia un primer diagnóstico de los problemas que enfrentan los distintos SRI en el país y, por ende, de sus respectivas necesidades de políticas públicas. De este modo, apuntamos a repensar en términos generales las políticas de CTI en Argentina y, en particular, las formas de *governance* multinivel.

[1] Como fundamentamos en otros artículos (Niembro, 2016; 2017), y explicamos también más adelante, en la sección donde comentamos los criterios metodológicos, la idea de *región* en torno a los SRI se asocia a la realidad de las provincias en Argentina.

En la siguiente sección presentamos los antecedentes teórico-conceptuales sobre la configuración y las deficiencias de los SRI, junto con el rol de las políticas (regionales) de innovación. Enseguida, comentamos brevemente la metodología utilizada. Luego realizamos un primer diagnóstico de los problemas que enfrentan los SRI en Argentina. Sobre esta base, en la penúltima sección presentamos una serie de posibles lineamientos específicos de política para los diferentes SRI en el país. Finalmente, cerramos con las conclusiones del trabajo.

MARCO CONCEPTUAL: DEFICIENCIAS DE LOS SRI Y POLÍTICAS (REGIONALES) DE INNOVACIÓN

Como destacan algunos de los principales referentes de la literatura (Asheim, Grillitsch y Tripl, 2016), los trabajos empíricos que apuntan a caracterizar y diferenciar a los SRI pueden ayudar a comprender mejor las deficiencias sistémicas que los atraviesan. En este sentido, Martin y Tripl (2014: 26) resaltan que

[...] el concepto de SRI ofrece un marco útil para diagnosticar problemas específicos de innovación y fallas de sistema que tienden a prevalecer en diferentes tipos de regiones. La identificación de fallas de los SRI proporciona una legitimación a la acción de las políticas públicas y un punto de partida para desarrollar políticas de innovación que se adapten a la configuración organizativa e institucional específica de las regiones (Martin y Tripl, 2014: 26).

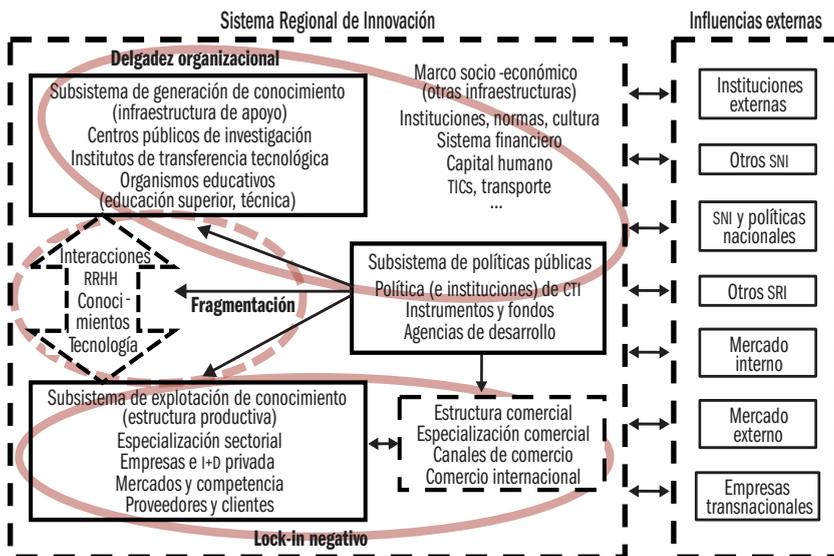
De lo anterior se desprenden dos reflexiones importantes. La primera es que la necesidad de diseñar políticas de innovación diferenciadas y *hechas a medida* (*tailor-made*) surge como un cuestionamiento a la falta de adecuación de *un mismo talle para todos* (*one-size-fits-all*), o, dicho en otros términos, a la ineficacia de aplicar modelos ideales y mejores prácticas (provenientes de historias exitosas) en SRI que enfrentan diferentes tipos de barreras y problemas estructurales (Tödtling y Tripl, 2005; Navarro *et al.*, 2009; Asheim, Smith y Oughton, 2011; Benneworth y Dassen, 2011; Isaksen y Tripl, 2016). Como señalan Tödtling y Tripl (2011: 461), el “*mix* preciso de instrumentos de política depende del respectivo SRI y de sus deficiencias particulares”. En segundo lugar, estas fallas de sistema son las que fundamentan y sientan las bases racionales para las intervenciones de política pública con alcance regional (Tödtling y Tripl, 2005; Laranja, Uyerra y Flanagan, 2008; Boschma, 2009; Martin y Tripl, 2014; Coenen *et al.*, 2017).

El sistema regional de innovación puede definirse como “la infraestructura institucional de apoyo a la innovación dentro de la estructura de producción de una región” (Asheim y Gertler, 2005: 299). Según Cooke (2004), el SRI se compone de un subsistema de generación de conocimiento (i.e. la infraestructura institucional de apoyo), un subsistema de explotación de conocimiento (i.e. la estructura productiva regional) y las interacciones que se producen entre ellos, como así también los vínculos con otros sistemas regionales, nacionales y globales. Tödtling y Trippl (2005) añaden un tercer subsistema, el de política regional, y señalan además que todos se encuentran inmersos en un marco socioeconómico y cultural regional (figura 1). Por otra parte, dentro de la literatura existe cierto consenso en torno a la existencia de (al menos) tres principales problemas que los SRI podrían enfrentar (Isaksen, 2001; Nauwelaers y Wintjes, 2002; Tödtling y Trippl, 2005; 2011; Martin y Trippl, 2014): i) la *delgadez* organizacional o debilidad institucional, producto de la ausencia o la inadecuación de ciertos organismos e instituciones claves del subsistema de generación y difusión de conocimiento (infraestructura de apoyo) y/o del marco socioeconómico; ii) la fragmentación o fallas de vinculación en redes, ya sea por la escasez de interacciones como por un exceso que genere círculos rígidos y cerrados, desvinculados de su exterior; y iii) el *lock-in* negativo o bloqueo, propio de la especialización productiva en actividades y tecnologías maduras o en decadencia (figura 1). Nilsson y Moodysson (2014) comparten esta misma taxonomía de problemas genéricos, pero renombran al primero de ellos simplemente como falta de recursos (humanos, financieros, institucionales, entre otros).

Por su parte, Chaminade *et al.* (2009) señalan que las fallas de sistema pueden ser de dos tipos: relacionadas a los componentes del sistema, lo que abarca a los dos primeros problemas anteriores; y relacionadas a la dinámica, denominadas también como problemas de transición –y que se vinculan con la idea del *lock-in* y la inercia (McCann y Ortega-Argilés, 2013)–. Respecto a las deficiencias en los componentes, allí se destacan cuestiones como la infraestructura, las competencias o capacidades, las instituciones formales (*hard*) e informales (*soft*) y el tipo de interacciones o redes que se conforman (Chaminade *et al.*, 2009; Coenen *et al.*, 2017).

En la literatura, existe cierto acuerdo en que, desde el punto de vista de los PED y de las regiones rezagadas, la construcción y/o el fortalecimiento de los sistemas de innovación deben considerarse ejes centrales de las estrategias de desarrollo (López, 2007; Chaminade *et al.*, 2009). En este sentido, varios autores reclaman una mirada amplia acerca de lo que se entiende por políticas de innovación, las cuales no debieran limitarse solo a los aspectos más tradicionales del fomento a la ciencia y la tecnología, sino también

Figura 1. Esquema de fallas y deficiencias de los SRI



Fuente: Elaboración propia con base en Tödtling y Trippl (2005) y Navarro y Gibaja (2009).

tomar en cuenta otras múltiples dimensiones: organizacionales, institucionales, educativas, financieras, comerciales, sectoriales-industriales, de infraestructura, de formación de redes y vínculos, entre otros tantos aspectos ligados a la innovación y el aprendizaje (Oughton, Landabaso y Morgan, 2002; Tödtling y Trippl, 2005; Borrás, 2009; Tödtling y Trippl, 2011; McCann y Ortega-Argilés, 2013).

En este ámbito, y dada la inviabilidad de aplicar modelos ideales o una misma receta para todos los casos, queda un amplio margen para el descubrimiento, la generación de variedad o la experimentación de políticas (Chaminade *et al.*, 2009; McCann y Ortega-Argilés, 2013). Este es un aspecto clave también para poder intervenir sobre el *lock-in* o la inercia político-institucional (Martin y Sunley, 2006; Laranja, Uyerra y Flanagan, 2008; Boschma, 2009; Hassink, 2010). Como destaca Uyerra (2010: 132):

[...] las políticas no se adoptan sobre una *tabula rasa*, sino en un contexto de combinaciones de políticas preexistentes y marcos institucionales que se han configurado a través de sucesivos cambios de política. Las decisiones de política anteriores limitan la gama de opciones disponibles para los actuales tomadores de decisiones (Uyerra, 2010: 132).

Otra cuestión central de un abordaje amplio y multidimensional de las políticas de innovación es lograr un grado de coordinación acorde. Magro, Navarro y Zabala-Iturriagagoitia (2014) introducen, precisamente, el concepto de *coordination-mix* y lo definen como “los mecanismos e instrumentos que responden a las fallas de coordinación que se derivan de un entorno político complejo en el que coexisten múltiples instrumentos de diferentes dominios, niveles, estratos y actores” (2014: 384). Por su parte, Tödting y Tripl (2005) destacan la importancia de combinar la coordinación horizontal (entre diferentes áreas de gobierno, como pueden ser los ministerios o secretarías) con la vertical (entre jerarquías nacionales, regionales, locales).

Dentro de la literatura sobre sistemas (regionales) de innovación, la idea de coordinación vertical se ha asociado fuertemente a la estructura de *governance* multinivel: local, regional, nacional y, eventualmente, supranacional (Fromhold-Eisebith, 2007; Perry y May, 2007; Uyarra, 2010; Moodysson, Tripl y Zukauskaitė, 2016). En un escenario donde se van sumando nuevos actores (Borrás, 2009) pero, a su vez, la esfera nacional de políticas sigue manteniendo una fuerte influencia (Perry y May, 2007; Sotarauta y Kautonen, 2007; Carrincazeaux y Gaschet, 2015), no parece recomendable sobrevalorar de entrada el margen de maniobra regional o, como contracara, soslayar las influencias externas y de niveles superiores. En cambio, Uyarra (2010: 125) propone una posición intermedia “entre las consideraciones optimistas sobre la capacidad de los hacedores de política para planificar o coordinar el SRI y las posiciones que ven a las regiones como sujetos pasivos de procesos globales de transformación”.

Para esto, es preciso entender las dinámicas de coevolución en la relación multinivel nacional-regional (Sotarauta y Kautonen, 2007), puesto que la marcha de las políticas regionales debe enmarcarse dentro del contexto institucional del país (Carrincazeaux y Gaschet, 2015), pero este último puede verse influenciado igualmente por las acciones que se llevan a cabo en el plano subnacional. En esta misma línea, Uyarra y Flanagan (2009: 165) señalan que “reconocer las repercusiones territoriales de las políticas nacionales es el primer paso para concebir estrategias más realistas, coherentes y mejor coordinadas en todos los niveles”. Por otro lado, también resulta necesario comprender qué rol están asumiendo (o pueden llegar a asumir) los gobiernos regionales dentro del *mix* de políticas de innovación (Perry y May, 2007): i) si se trata de un papel pasivo, como meros *escenarios* donde se despliegan las políticas nacionales o bien con alguna intervención, aunque secundaria, en su implementación en el territorio; o ii) si participan más activamente como *socios*, con cierto poder para

codeterminar la formulación de las políticas, o eventualmente tienen la posibilidad de impulsar iniciativas regionales independientes, con financiamiento propio. Respecto a este último punto, un factor restrictivo ha sido el presupuesto del cual disponen los gobiernos subnacionales (Howells, 2005), puesto que muchas regiones no suelen contar con los recursos necesarios como para promover una estrategia de innovación regional diferente a la apoyada (financieramente) desde el gobierno nacional (Niosi, 2014; Moodysson, Tripl y Zukauskaitė, 2016).

En lugar de los tradicionales esquemas *top-down* de las políticas nacionales, que asignan generalmente un rol pasivo a las regiones, varios autores sostienen la necesidad de transitar hacia modelos interactivos, de naturaleza más asociativa (Howells, 2005; Tödtling y Tripl, 2005; 2011). Es decir, no se trata de que el gobierno central tenga que relegar el liderazgo de estas políticas, sino que se apunta a poder combinar aspectos *top-down* y *bottom-up*, junto con consideraciones *ofertistas (supply-led)* y *demandistas (demand-led)*. El objetivo de fondo es la generación de políticas de innovación mejor adaptadas a las particularidades, necesidades y oportunidades de cada contexto regional (Boschma, 2009; Llisterri y Pietrobelli, 2011; McCann y Ortega-Argilés, 2013; Martin y Tripl, 2014; Moodysson *et al.*, 2016). En palabras de Tödtling y Tripl, las “políticas parecen funcionar mejor cuando hay un involucramiento *bottom-up* de los actores, y cuando las políticas están en cierta medida orientadas por la demanda, es decir, dirigidas a los problemas y necesidades de las empresas y la población regional” (Tödtling y Tripl, 2011: 463).

BREVES COMENTARIOS METODOLÓGICOS

Si bien debemos reconocer que el término *región* sufre generalmente de cierta *indeterminación escalar* (Barsky, 2000) –*e.g.* en la literatura empírica europea sobre SRI se han utilizado diferentes unidades geográficas (Doloreux y Parto, 2005)– y que algunos autores señalan que, tratándose de un análisis sistémico, la región debiera definirse en términos funcionales según la intensidad de las interacciones en los procesos productivos e innovativos (Edquist, 2005; Andersson y Karlsson, 2006), existe también una serie de argumentos por los cuales en este trabajo vinculamos la idea de región con las provincias argentinas. Primero, entre las diferentes facetas atribuibles al concepto de región (económica, funcional, cultural, etc.), varios de los pioneros en la temática SRI (Cooke, Gómez Uranga, y Etxebarria, 1997; Doloreux, 2002; Asheim y Coenen, 2005) han priori-

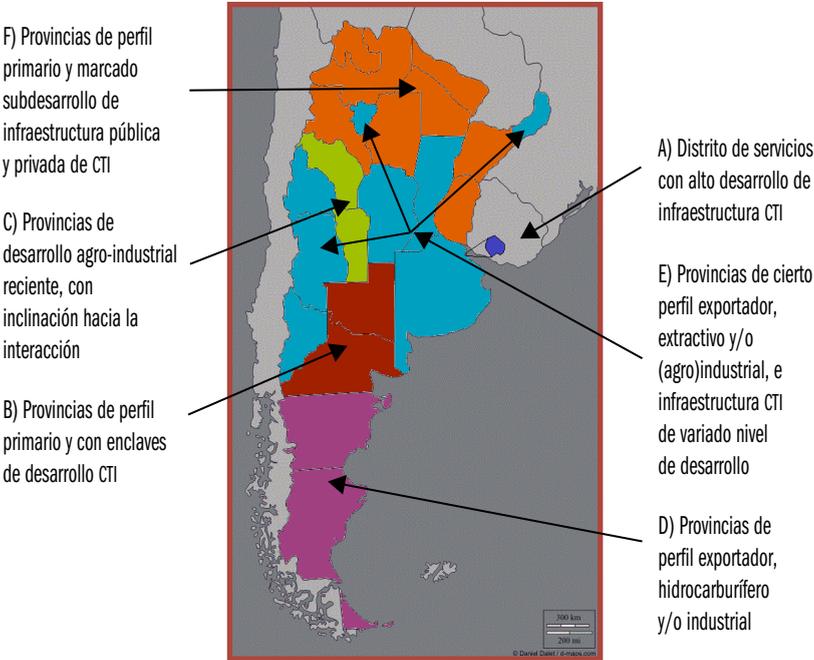
zado la dimensión administrativa o de *gobernanza* subnacional (Navarro, 2009), tomando así al espacio de coordinación económico-político de nivel meso, en el medio entre la escala nacional (o federal) y los gobiernos locales, y que cuenta con ciertos poderes para tomar decisiones de política e intervenir sobre el proceso de desarrollo económico regional. Segundo, los trabajos empíricos sobre (la totalidad de) los SRI en países de América Latina han adoptado precisamente este horizonte de análisis, a partir del estudio de los estados en Brasil y México, los departamentos en Colombia y Perú y las regiones en Chile (Vivar, Garrido y Gallo, 2010; Crespi y D'Este, 2011; Sánchez Tovar, García Fernández y Mendoza Flores, 2014; Valdez-Lafarga y León-Balderrama, 2015; Bernal Pérez, 2018). Tercero, parte de este abordaje empírico se fundamenta en la dificultad de recopilar o agregar información estadística para regiones definidas desde una perspectiva funcional (Navarro y Gibaja, 2009). En el caso argentino, el principal nivel subnacional para el que se recolectan y/o sistematizan datos es claramente el de las provincias, aunque en el ámbito puntual de la innovación hay varios indicadores existentes a nivel país que no se encuentran disponibles ni siquiera bajo una categorización provincial. Por último, y en un plano más general, Benedetti (2009) sostiene que la idea de regiones en la Argentina se conecta con las realidades provinciales, ya que los principales conflictos se plantean y resuelven en la tensión nación-provincias y, a su vez, son las provincias las unidades subnacionales que mejor definen las identidades y solidaridades territoriales, cumpliendo así una *función regional*, de diferenciación territorial.

En la práctica, los estudios sobre SRI han mostrado dos variantes principales (Navarro y Gibaja, 2009): por un lado, la elaboración de taxonomías conceptuales, en función de las cuales pueden eventualmente contrastarse algunos casos de estudio; y por otro, la generación de tipologías empíricas a través del análisis estadístico de indicadores territoriales. En este trabajo combinamos ambas estrategias. En primer lugar, recientemente construimos una base de datos extensa y abarcativa de las realidades (*circa* 2013) de los distintos sistemas provinciales de innovación en Argentina (véase Anexo). En Niembro (2017) recurrimos, primero, al análisis de componentes principales para describir cuatro dimensiones claves de los SRI, que allí denominamos: 1) infraestructuras y políticas de apoyo; 2) esfuerzo privado y exportaciones (agro-)industriales; 3) orientación exportadora y/o industrial-tecnológica; y 4) vinculación entre industria y organismos públicos de ciencia y tecnología (ОРСУТ). Luego, usamos esos componentes como insumos para un análisis cluster (combinando métodos jerárquicos y no jerárquicos) y así iden-

tificamos seis tipos de sistemas provinciales en el país: del cluster A al F (figura 2).^[2] Vale destacar que el uso combinado del análisis factorial y cluster ha sido una práctica bastante difundida para la elaboración de tipologías empíricas de SRI (De Bruijn y Lagendijk, 2005; Navarro *et al.*, 2009; Sánchez Tovar, García Fernández y Mendoza Flores, 2014; Carrincazeaux y Gaschet, 2015).

En segundo lugar, en este trabajo podemos aplicar al caso argentino la taxonomía (conceptual) de problemas de los SRI haciendo uso nuevamente de (tres de las cuatro) dimensiones y de la tipología (grupos de provincias) que obtuvimos previamente. Esto nos permitirá igualmente tender algunos puentes con la literatura previa en cuanto a las necesidades o lineamientos de políticas públicas para los distintos tipos de SRI.

Figura 2. Mapa de los (clusters de) SRI en la Argentina



Fuente: Elaboración propia con base en Niembro (2017).

[2] Si bien en el anexo presentamos los datos utilizados y algunos resultados preliminares del análisis de componentes principales, se recomienda consultar Niembro (2017) para mayores detalles técnicos sobre los criterios metodológicos empleados allí.

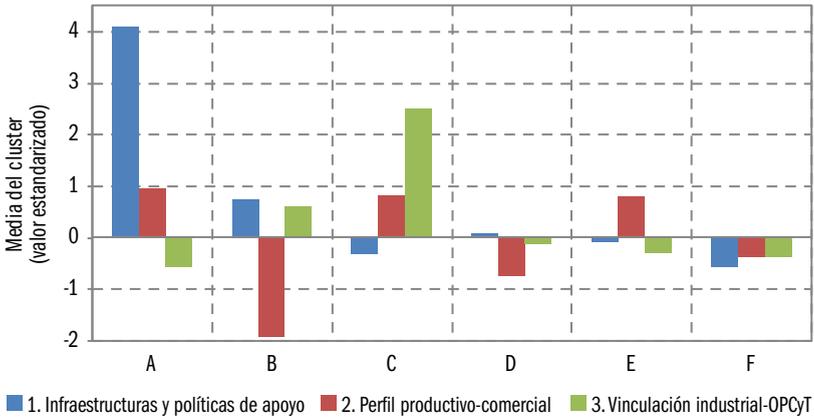
UN PRIMER DIAGNÓSTICO DE LOS SRI EN LA ARGENTINA

Como mencionamos, tres de las cuatro dimensiones (componentes principales) de los SRI que fueron analizadas en Niembro (2017) contienen información que se asemeja a la tenida en cuenta por los distintos tipos de fallas de sistema. Por ejemplo, el primero de los factores (infraestructuras y políticas de apoyo) reúne y sintetiza a los indicadores del subsistema de generación de conocimiento, del subsistema de políticas y del marco socioeconómico (véase anexo), lo cual coincide con los aspectos por detrás del primer problema: la delgadez organizacional. Por otro lado, y a raíz de la forma de cálculo (y estandarización) de los componentes principales (con media 0 y desvío estándar 1), podría estipularse que cuando este factor presenta valores negativos se estaría evidenciando, entonces, cierto grado de debilidad institucional o falta de recursos del SRI. Algo similar ocurre con el último de los factores (vinculación industria-OPCYT), que puede ayudarnos a identificar casos de fragmentación o fallas de interacción. Finalmente, el segundo de los componentes obtenidos daba cuenta del esfuerzo empresarial en I+D en conjunto con el *perfil productivo-comercial* (nuevo nombre que le asignamos aquí para mayor simplicidad). Dado que en este factor las exportaciones manufactureras (de origen agropecuario y también industrial) presentaban una carga positiva, pero las actividades primarias exhibían el signo contrario, podemos considerar que valores por debajo del cero (la media) nos indicarían situaciones de *lock-in* negativo en el sector primario (gráfico 1). Este problema es un poco diferente al que se presenta por lo general en la literatura europea (Grabher, 1993; Tödtling y Trippl, 2005; Hassink, 2010; Martin y Trippl, 2014), donde la inercia y el bloqueo afectan principalmente a las viejas zonas industriales (con debilidades para reconvertirse), pero se ajusta bastante mejor al panorama latinoamericano y argentino con patrones de especialización vinculados a la explotación de recursos naturales.

En el gráfico 1 pueden apreciarse los promedios obtenidos por los seis clusters de provincias en las tres dimensiones recién señaladas. No nos interesa aquí analizar los distintos valores (Niembro, 2017), sino identificar rápidamente los casos negativos para reconocer los problemas que enfrentan los distintos tipos de SRI en Argentina, lo cual se resume de forma más esquemática en el cuadro 1.

Si bien se suele reconocer que los SRI pueden padecer distintas combinaciones de problemas, por una cuestión de simplicidad algunos autores han considerado que ciertos tipos de regiones tienen una sola deficiencia

Gráfico 1. Virtudes y deficiencias de los (clusters de) SRI en la Argentina



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos en Niembro (2017).

predominante (Tödting y Trippel, 2005; Martín y Trippel, 2014). Este último supuesto no es necesario aquí y, como puede apreciarse en el cuadro 1, mientras que tres clusters exhiben en principio un único problema, los otros tres grupos presentan un conjunto de diferentes limitaciones.

Según lo reflejado en el gráfico y cuadro 1 (que en última instancia responden a los valores de las variables y los componentes que se describen en el anexo), un caso que se asemeja a la literatura internacional es el de la ciudad de Buenos Aires (única jurisdicción en el cluster A), la cual presentaría las características de una *metrópoli fragmentada*, si tomamos prestado el término de Tödting y Trippel (2005). Aquí la infraestructura organizacional de apoyo del SRI se encuentra ampliamente desarrollada y tiene, además, una estructura productiva pujante y diversificada (Belmartino y Calá, 2017). No obstante, los dos principales subsistemas, el de generación y el de explotación del conocimiento, parecen funcionar de forma relativamente separada, con escasos vínculos del tipo universidad-empresa (Tödting y Trippel, 2005). Según Martín y Trippel (2014), una posible razón sería precisamente la gran diversidad productiva *no relacionada* (Frenken, Van Oort y Verburg, 2007), que podría limitar el espacio para las interacciones y el intercambio de conocimientos. Más en general, el hecho de que la fragmentación sea un problema presente no solo en el caso de la ciudad de Buenos Aires, sino en cuatro de los seis clusters, lleva a pensar que estamos frente a una deficiencia relativamente estructural de buena parte del sistema de innovación argentino. Este punto, a su vez, se apoya en una vasta

Cuadro 1. Taxonomía de problemas de los (clusters de) SRI en la Argentina

Clusters (tipología previa):		A. Distrito de servicios con alto desarrollo de infraestructura CTI	B. Provincias de perfil primario y con enclaves de desarrollo CTI	C. Provincias de desarrollo agroindustrial reciente y vinculaciones	D. Provincias de perfil hidrocarbúrico y/o industrial	E. Provincias de perfil agroindustrial y/o extractivo e infraestructura CTI de variado nivel de desarrollo	F. Provincias de perfil primario y marcado subdesarrollo de infraestructura CTI
Problemas	Delgadez organizacional			X		X	X
	Lock-in negativo (primario)		X		X		X
	Fragmentación	X			X	X	X
Denominación de la problemática		Metrópoli fragmentada	Economías regionales primarizadas	Economías con relativa escasez de recursos CTI	Economías extractivas fragmentadas	Economías fragmentadas con relativa escasez de recursos CTI	Periferia primarizada y fragmentada

Fuente: Elaboración propia.

literatura y evidencia empírica previa (Lugones *et al.*, 2005; Anlló, Lugones y Peirano, 2007; López, 2007; Arza y López, 2011; Suárez *et al.*, 2014).

El cluster B reúne a las provincias de Río Negro y La Pampa, las cuales parecen enfrentar un *lock-in* negativo en *economías regionales primarizadas*. Si bien cuentan con cierta infraestructura de apoyo (por ejemplo, oficinas territoriales del INTA), buena parte de la misma se orienta hacia actividades (primarias) agropecuarias que presentan una trayectoria declinante en el tiempo, con pérdida de competitividad y capacidad innovativa (Tödting y Tripl, 2005), como es el caso de la *crisis estructural* de la fruticultura del Alto Valle de Río Negro (Bandieri y Blanco, 1991; De Jong, 2010; Landriscini, 2014). Asimismo, la inercia se puede percibir no solo por el lado productivo (o funcional), sino también en el plano cultural (o cognitivo) y en el político-institucional (Grabher, 1993; Boschma, 2009; Hassink, 2010), por lo que el bloqueo podría reproducirse y perpetuarse en el tiempo alrededor de estos sectores tradicionales. Por otro lado, aunque hay algunos enclaves con un alto desarrollo de organizaciones de ciencia y tecnología (cyt) y con ciertas relaciones y tramas productivas de mayor contenido tecnológico, como ocurre en Bariloche-Río Negro (Kozulj

y Lugones, 2007), estas actividades no tienen el volumen suficiente como para mover el amperímetro de la estructura productiva provincial.

Otro grupo de provincias sur-patagónicas (cluster D) también parece exhibir el problema del *lock-in* negativo, si bien aquí se vincularía mayormente con las explotaciones hidrocarburíferas, y presentar además ciertas deficiencias en materia de interacción. Por ello, denominamos a este caso como *economías extractivas fragmentadas*. Aunque en estas provincias se desarrollan, por otro lado, algunas actividades industriales (tradicionales), posiblemente ocurra algo de lo que planteaban Tödting y Trippel (2005): la existencia de un enfoque ofertista de transferencia tecnológica puede llevar a que las demandas empresariales (de las pyme) no se vean satisfechas y el aprendizaje interactivo no se alcance. Otra explicación es que parte de la fragmentación sea el reflejo de la tradicional inclinación del sector industrial en la Argentina hacia la adquisición de tecnología incorporada en maquinarias y equipos (Lugones, Peirano y Gutti, 2005; Sánchez, Ruffo y Nahirñak, 2006; Anlló, Lugones y Peirano, 2007; Bernat, 2017), un tipo de inversión para el cual la vinculación con los OPCYT no resultaría tan relevante.

Este último argumento también puede trasladarse al cluster E, el cual reúne a diversas provincias con cierto perfil industrial y, en algunos casos, extractivo, y que presenta a la fragmentación como principal problemática. En menor medida, algunos de los SRI que componen este grupo enfrentarían debilidades además por el lado de la infraestructura de apoyo. Este problema es compartido por el cluster C, de provincias (cuyanas) de reciente desarrollo agro-industrial, pero aquí la vinculación parece ser, en cambio, un atributo favorable. En definitiva, en ambos casos se puede apreciar una *relativa escasez de recursos CTI* (acompañada o no por fallas de interacción).

Por último, el cluster F es el más preocupante ya que exhibe de forma conjunta las tres fallas de sistema y, en particular, el mayor subdesarrollo de la infraestructura institucional de apoyo. Precisamente, una profunda delgadez organizacional ha sido la deficiencia sobresaliente de las regiones periféricas (Tödting y Trippel, 2005; Martín y Trippel, 2014; Isaksen y Trippel, 2016): escasos o inexistentes recursos de CTI, bajo nivel de capital humano y capacidades de absorción, pocos esfuerzos de innovación, iniciativas de transferencia y/o vinculación. Teniendo en cuenta además el perfil productivo de este grupo de provincias (mayormente norteañas), lo denominamos *periferia primarizada y fragmentada*. La convivencia de los tres problemas y el rol que juega la estructura productiva en ello no es algo casual ni nuevo ya que, como señalaban Yoguel, Borello y Erbes (2005: 164), “las activida-

des que se realizan definen las características de los sistemas institucionales (en términos de organizaciones y relaciones) que se potencian”. Por otro lado, el diagnóstico coincide en cierta medida con las reflexiones de Gatto (2007: 336), cuando señalaba que

[...] la Región Norte y sus múltiples subáreas y microrregiones, podrían calificarse [como] territorios desprovistos, que han perdido, en términos relativos, a lo largo de las últimas décadas, capital y activos en sus múltiples formas (desde humanos a tecnológicos, de ambientales a empresariales), con lo cual sus capacidades de progreso están fuertemente limitadas y condicionadas (Gatto, 2007: 336).

LINEAMIENTOS DE POLÍTICA PARA LOS SRI EN LA ARGENTINA

El diseño y financiamiento de las políticas de CTI en América Latina han mostrado a lo largo de la historia un carácter predominantemente centralizado, si bien en los últimos años han surgido algunas iniciativas que buscan asignar nuevas funciones a los gobiernos regionales (Llisterri y Pietrobelli, 2011; Casas, Corona y Rivera, 2013; Rivas, Rovira y Scotto, 2014; CEPAL, 2017). De cualquier forma, suelen ocurrir dos escenarios (Llisterri y Pietrobelli, 2011: 114): por un lado, “la descentralización es más nominal que efectiva y no está acompañada por la transferencia de recursos a las regiones”; por otro, usualmente las políticas nacionales de CTI “se trasladan a las regiones sin tomar en cuenta que las prioridades pueden ser muy diferentes desde el punto de vista del territorio y que, por lo tanto, la aplicación de los programas nacionales puede resultar, por lo menos, ineficiente”. Estas cuestiones podrían favorecer la reproducción (circular y acumulativa) en el tiempo de la *paradoja de la innovación regional*, es decir:

[...] la aparente contradicción entre la necesidad comparativamente mayor de gastar en innovación en las regiones rezagadas y su capacidad relativamente menor para absorber fondos públicos destinados a la promoción de la innovación e invertir en actividades relacionadas con la innovación en comparación con las regiones más avanzadas (Oughton, Landabaso y Morgan, 2002: 98).

El caso particular de las políticas de CTI en la Argentina es similar al resto de Latinoamérica en lo que respecta a su naturaleza fuertemente centralizada pero, a diferencia de otros países de la región que han desplegado

algunas iniciativas de descentralización, los avances en la materia resultan todavía escasos (Niosi, 2014; Barceló *et al.*, 2015; González, 2017). De esta forma, es común que las políticas, los instrumentos y los fondos de CTI lleguen al territorio a partir de una clara lógica *top-down* que emana del plano nacional (Yoguel, Borello y Erbes, 2005; Barceló *et al.*, 2015; González, 2017). Asimismo, no se aprecia desde el ámbito central una toma de conciencia clara sobre las especificidades y diferencias provinciales ni una agenda sostenida en el tiempo de iniciativas de regionalización y/o coordinación multinivel.

Lo anterior no es trivial, puesto que una de las claves del desarrollo científico-tecnológico a nivel provincial se encuentra precisamente en el (re-) direccionamiento territorial del gasto público nacional, dado que los esfuerzos presupuestarios que pueden realizar las provincias en materia de CYT están fuertemente limitados por otras funciones (principales o prioritarias) de los gobiernos regionales: salud, educación básica, seguridad y justicia, entre otras. En el contexto actual de relaciones fiscales nación-provincias, solo el gobierno central tiene la disponibilidad de recursos para lanzar, en caso de que lo considere oportuno, políticas de CTI con cierto impacto (Niosi, 2014). En cambio, salvo unas pocas iniciativas (de baja escala) en algunas de las jurisdicciones más ricas del país (del cluster E), no se encuentran estrategias o programas provinciales de innovación explícitos y el presupuesto asignado (o el esfuerzo fiscal realizado) por las provincias ha sido marginal históricamente (Cristini *et al.*, 2006; Niosi, 2014; Barceló *et al.*, 2015; Niembro, Dondo, y Civitaresi, 2016).

Teniendo en cuenta los múltiples aspectos en los que se manifiesta el desarrollo desigual de las provincias argentinas (Niembro, 2015b; Niembro, Dondo, y Civitaresi, 2016), no creemos muy factible o beneficiosa, al menos en el corto y el mediano plazo, la sugerencia de Niosi (2014) de avanzar hacia el desarrollo de políticas provinciales (independientes) de CTI. Tranquilamente, esto podría conducir con el tiempo hacia un ensanchamiento más que a una reducción de las asimetrías provinciales. En cambio, parece más viable apuntar a cambiar o mejorar las estrategias de territorialización de las políticas (nacionales) de CTI. En primer lugar, es necesario que el gobierno central tome plena conciencia del impacto territorial de sus funciones y dirija regionalmente sus iniciativas y recursos de modo de atacar de forma gradual (y no de perpetuar o agravar) las disparidades del desarrollo científico-tecnológico provincial. Como señalan Cetrángolo y Goldschmit:

[...] en un país formado por territorios muy desiguales la cohesión remite necesariamente a una rejerarquización del papel desempeñado por los

gobiernos centrales con el objetivo de compensar diferencias y articular políticas sectoriales que, si bien puedan tener un diferente grado de descentralización, tengan un eje en común. [...] Son los gobiernos centrales quienes deberán ocuparse de compensar diferencias entre regiones, asegurar niveles mínimos de provisión en algunos servicios y articular políticas públicas (Cetrángolo y Goldschmit, 2011: 201).

En segundo lugar, se necesita una reconfiguración de las formas de *governance* y coordinación multinivel, de forma que los gobiernos provinciales puedan participar más activamente de las políticas de CTI en carácter de socios, aportando no solo a la definición de necesidades, limitaciones y oportunidades (con aspectos *bottom-up* y *demand-led*), sino también en la implementación *de cerca* de dichos programas. Por un lado, se busca el reconocimiento explícito desde lo institucional de que “operar sobre los sistemas locales [y regionales] requiere casi siempre la coordinación entre diversos gobiernos” (Yoguel *et al.*, 2005: 170). Por otra parte, esto apunta directamente al objetivo de generar políticas de innovación mejor adaptadas al contexto regional, de modo de incrementar la eficiencia de dichas medidas (Llisterri y Pietrobelli, 2011), pero también de permitir un aprovechamiento menos desigual en términos territoriales (Gatto, 2013).

A continuación esbozaremos algunas líneas de acción para los distintos clusters de provincias en la Argentina, en función de las diferentes combinaciones de problemas identificadas en la sección anterior. Previamente, vale destacar un par de cuestiones. Primero, que no hay que perder de vista que estamos frente a un área donde se registran amplios márgenes para la experimentación político-institucional, por lo que estas sugerencias se limitan únicamente a una serie de lineamientos generales. Por otro lado, la idea de que no existen modelos ideales de políticas (nacionales o regionales) de CTI implica que los lineamientos definidos por simplicidad para los diferentes grupos de SRI, y en función de la literatura tradicional sobre el tema, resultan apenas un bosquejo de herramientas comunes, que obviamente debieran ajustarse, luego de un estudio mucho más minucioso y de consideraciones *bottom-up*, a las realidades específicas de cada provincia.

A diferencia de otros autores, que usualmente identifican y comparan tres tipos (teóricos) de SRI (Tödtling y Trippel, 2005; Martin y Trippel, 2014; Isaksen y Trippel, 2016; Trippel, Grillitsch y Isaksen, 2017; Martin *et al.*, 2018), hemos visto que en el caso argentino los seis clusters presentaban distintas combinaciones de deficiencias. No obstante, como puede apreciarse en el cuadro 2, para simplificar la discusión sobre lineamientos de política es posible agrupar cuatro de estos grupos en dos pares (B con D y

Cuadro 2. Lineamientos de política para los (clusters de) SRI en la Argentina

Tipos de SRI según sus deficiencias		A. Metrópoli fragmentada	B. Economías regionales primarizadas	D. Economías extractivas fragmentadas	C. Economías con relativa escasez de recursos CTI	E. Economías fragmentadas con relativa escasez de recursos CTI	F. Periferia primarizada y fragmentada
Problemas identificados	Delgadez organizacional				X	X	X
	Lock-in negativo (primario)		X	X			X
Estrategia general de política	Fragmentación	X		X		X	X
		Promover la interacción entre la industria y los proveedores de conocimiento, para favorecer innovaciones y nuevos emprendimientos de base científica-tecnológica		Reversión/renovación de la economía regional y de la estructura político-institucional, para favorecer nuevas actividades y/o trayectorias tecnológicas		Diversificación de la economía regional y fortalecimiento/ upgrading de la infraestructura de apoyo para revitalizar las trayectorias productivas	
Lineamientos particulares	Infraestructura de apoyo (OyT, educación, etc.)	Establecimiento/ consolidación de universidades y centros de investigación de excelencia en áreas más prometedoras	Establecimiento/atracción de nuevas (y/o relacionadas)	A su vez, promover la interacción entre la industria y los proveedores de conocimiento	A su vez, promover la interacción entre la industria y los proveedores de conocimiento	Establecimiento/atracción de institutos técnicos, universidades y centros de investigación en áreas nuevas (y/o relacionadas)	Upgrading de la economía regional y fortalecimiento de la infraestructura institucional, para favorecer catching-up y promover interacción entre industria y (nuevos) proveedores de conocimiento
		Sostener inversión en OyT para exploración de nuevas áreas de conocimiento	Sostener las capacidades técnicas y promover inversión en OyT en nuevas (y también relacionadas) áreas de conocimiento	Fortalecer las capacidades técnicas y promover inversión en OyT en áreas del conocimiento cercanas	Desarrollar capacidades e invertir fuertemente en OyT en nuevas (y también relacionadas) áreas de conocimiento	Formación técnica y, posteriormente, universitaria para alcanzar nuevas habilidades y competencias (intermedias) requeridas	

Tipos de SRI según sus deficiencias	A. Metrópoli fragmentada	B. Economías regionales primarizadas	D. Economías extractivas fragmentadas	C. Economías con relativa escasez de recursos CTI	E. Economías fragmentadas con relativa escasez de recursos CTI	F. Periferia primarizada y fragmentada
Lineamientos particulares	<p>Promover <i>path-extension</i> (explotación del conocimiento en lugar de cambio continuo)</p> <p>Apoyar sectores relacionados con la base de conocimiento de la región y promover su crecimiento</p> <p>Desarrollar/explotar ventajas de especialización (<i>lock-in</i> positivo) para conseguir sinergias y masa crítica</p>	<p>Promover <i>path-revitalization</i> y, especialmente, <i>path-creation</i> en nuevas áreas</p> <p>Apoyar el desarrollo empresarial en nuevas (y/o relacionadas) industrias y tecnologías</p> <p>Reestructuración/reconversión de (viejos) sectores tradicionales</p>	<p>Promover <i>path-revitalization</i> y diversificación en áreas relacionadas</p> <p>Apoyar el desarrollo empresarial en industrias y tecnologías relacionadas</p> <p><i>Upgrading</i>/diversificación productiva (relacionada) de sectores que entran en etapa de maduración</p>	<p>Promover <i>path-revitalization</i> y diversificación en áreas relacionadas</p> <p>Apoyar start-ups y empresas que se diversifican hacia sectores relacionados y/o atraer inversiones extranjeras es estas áreas</p>	<p>Promover <i>path-revitalization</i> y diversificación en áreas relacionadas</p> <p>Apoyar a empresas de la región que pueden actuar como "door-openers" o "gatekeepers"</p>	<p>Alcanzar <i>path-renewal</i>, a partir de la adaptación de recursos provenientes de fuera de la región</p> <p>Apoyar sectores con potencial en función de los recursos regionales</p> <p>Apoyar a empresas de la región que pueden actuar como "door-openers" o "gatekeepers"</p> <p>Promover la creación de empresas, pero especialmente atraer firmas (innovadoras) externas</p>
	Interacciones y redes	<p>Promover redes (regionales) empresariales y vinculaciones universidad-empresa en áreas relevantes</p> <p>Menor necesidad de fuentes externas de conocimiento, pero alto atractivo para vínculos y elevada capacidad de absorción</p>	<p>Promover cambios y reconversión de redes (regionales) hacia nuevas áreas de conocimiento y tecnología</p> <p>Promover redes empresariales y vinculaciones universidad-empresa en nuevas áreas</p>	<p>Promover redes empresariales y vinculaciones universidad-empresa en áreas relacionadas</p> <p>Sostener la interacción entre la industria y los proveedores de conocimiento, virando hacia áreas relacionadas de conocimiento</p>	<p>Promover redes empresariales y vinculaciones universidad-empresa en áreas relacionadas</p> <p>Necesidad (media-alta) de redes externas en áreas relacionadas: potenciar las capacidades de absorción para combinar conocimientos y apreciar oportunidades de diversificación</p>	<p>Promover la interacción entre la industria y los proveedores de conocimiento, dentro de la región pero especialmente hacia afuera</p> <p>Alta necesidad de redes y conocimientos extrarregionales: desarrollo institucional para mejorar capacidades de absorción y atractivos</p>

Fuente: Elaboración propia, haciendo uso de aportes de Tödtling y Trippi (2005), Martin y Trippi (2014), Isaksen y Trippi (2016), Trippi, Grillitsch y Isaksen (2017), Isaksen, Tödtling y Trippi (2018) y Martin et al. (2018).

C con E), puesto que comparten alguna problemática común (el *lock-in* negativo en actividades primarias y una relativa delgadez organizacional, respectivamente). La diferencia hacia adentro de estos pares radica en que uno de los clusters muestra además fallas de interacción (*i.e.* fragmentación), por lo que en este aspecto sí se plantean sugerencias distintas para cada caso.

En términos generales, el objetivo central para una metrópoli fragmentada como la ciudad de Buenos Aires consiste en promover redes empresariales y vinculaciones entre la industria y los *OPCYT* en algunas áreas relevantes donde se dispone ya de una base de conocimiento local (Tödting y Tripl, 2005). En este sentido, se busca aprovechar ese potencial del SRI por medio de instrumentos de política que favorezcan la interacción universidad-empresa. A su vez, estas capacidades pueden plasmarse en el surgimiento de *start-ups* y *spin-offs* en sectores de alto contenido tecnológico. Si bien se cuenta con una importante infraestructura de apoyo, se debe apuntar con el tiempo a la consolidación de universidades y centros de investigación de excelencia, junto con la formación de recursos humanos altamente calificados, en línea con las necesidades de la estructura productiva.

Aunque es importante seguir explorando nuevas áreas de conocimiento (y para esto ayuda la interacción en redes extrarregionales), mucha diversificación y poca profundización pueden jugar en contra del objetivo principal de lograr mayores vínculos sistémicos. En lugar de apelar al cambio continuo, es necesario promover trayectorias de *path-extension* que permitan explotar la base de conocimiento local y promover el desarrollo de algunos (nuevos o recientes) sectores con alto potencial (Isaksen y Tripl, 2016; Isaksen, Tödting y Tripl, 2018). A diferencia de lo que ocurre en otros SRI que padecen el bloqueo en actividades tradicionales, la idea aquí es generar cierto *lock-in* positivo para lograr masa crítica, ventajas de especialización y redes interactivas en áreas prometedoras (Martin y Sunley, 2006; Isaksen y Tripl, 2016).

Precisamente, los clusters B y D comparten la problemática del *lock-in* negativo en actividades primarias. Aquí la clave pasa, en cambio, por la renovación de la estructura productiva y de la infraestructura institucional para promover nuevas trayectorias sectoriales y tecnológicas (Isaksen, Tödting y Tripl, 2018). En el caso de las economías extractivas fragmentadas (cluster D) se suma el objetivo de lograr una mayor vinculación entre empresas y *OPCYT*. Un aspecto central para ambas cuestiones es quebrar la inercia político-institucional y reestructurar el subsistema de generación y difusión de conocimientos, de forma de reorientar los (o desarrollar nue-

vos) centros de investigación y formación superior para que acompañen al sector privado en el camino hacia las nuevas industrias y competencias tecnológicas requeridas (Tödtling y Tripl, 2005).

Desde el lado del subsistema de explotación del conocimiento es necesario apoyar el desarrollo y la renovación empresarial hacia nuevos (y relacionados) sectores, de modo de favorecer dinámicas de *path-revitalization* (frente al riesgo de *path-exhaustation* propio del *lock-in* negativo) y, especialmente, *path-creation* (Isaksen y Tripl, 2016). Como señalan estos autores, una alternativa es activar respuestas endógenas a través de iniciativas que promuevan la diversificación de firmas ya existentes o el apoyo a empresas nacientes en actividades completamente nuevas para la economía regional. No obstante, teniendo en cuenta que la diversidad no suele ser una característica de estas estructuras productivas y que las mismas enfrentan cierto grado de comportamiento inercial, es probable que se requiera además de impulsos exógenos (Isaksen, Tödtling y Tripl, 2018).

En efecto, los SRI muy rígidos y cerrados (o *inward-looking*) corren el riesgo de quedar atrapados en círculos viciosos de *lock-in* negativo (Boschma, 2005; Bathelt, 2011). El acceso a fuentes de conocimiento por fuera del sistema regional y su combinación con las capacidades locales pueden ayudar a prevenir este tipo de escenarios o, en todo caso, a generar variedad y nuevos impulsos para salir de los mismos (Asheim y Herstad, 2005; Martin y Sunley, 2006; Tödtling y Tripl, 2013; Asheim, Grillitsch y Tripl, 2016). Para ello, dos sugerencias tradicionales suelen ser: por un lado, la atracción de inversiones externas; y por otro, promover la inserción de actores locales en redes extrarregionales (Tödtling y Tripl, 2005; Boschma, 2009; Isaksen y Tripl, 2016; Tripl *et al.*, 2017). Pero para un mayor y efectivo aprovechamiento interno no solo es necesario fortalecer las capacidades de absorción (particularmente, en áreas no relacionadas de conocimiento), sino también impulsar las vinculaciones y encadenamientos dentro del propio SRI (Bathelt *et al.*, 2004; Benneworth y Dassen, 2011), con especial hincapié para el cluster D.

El caso de los clusters C y E es quizás el menos teorizado *a priori* por la literatura. Ambos presentan una estructura industrial con cierta variedad, pero enfrentan una relativa debilidad institucional (obviamente, mayor en algunas provincias que en otras), mientras que en el segundo grupo (E) también se suman fallas de interacción. En este sentido, se trata de sistemas emergentes o inmaduros, pero que no presentan el nivel de gravedad de las regiones periféricas. Por ello, entendemos que aquí la clave pasa por fortalecer la infraestructura de apoyo para revitalizar las trayectorias productivas (*path-revitalization*) y promover la diversificación de la economía regional

hacia actividades relacionadas (Frenken, Van Oort y Verburg, 2007; Boschma, 2009; Boschma y Gianelle, 2014). Esto demanda, por un lado, de la generación de capacidades de cyT y de recursos humanos calificados en áreas cercanas de conocimiento. Por otra parte, debe apoyarse la creación o diversificación de empresas hacia estos sectores y el desarrollo de redes alrededor de estas nuevas, pero relacionadas, industrias y tecnologías. Nuevamente, la atracción de empresas y la generación de vínculos externos pueden ser caminos interesantes para la incorporación de mayor variedad (relacionada) a los SRI, pero a diferencia del caso anterior se precisan tal vez algunos esfuerzos extra para robustecer las capacidades de absorción.

Como señalan varios autores, en los procesos de difusión territorial de conocimientos y tecnologías no solo son importantes las estrategias de las empresas externas (Narula y Zanfei, 2005; Marin y Arza, 2009) o el papel de redes más amplias de vinculación e innovación (Hotz-Hart, 2000; Chaminade *et al.*, 2016), sino especialmente los esfuerzos y las capacidades locales de absorción (Cohen y Levinthal, 1990; Chudnovsky *et al.*, 2008). El objetivo ulterior es poder anclar, arraigar e integrar este conocimiento en las bases locales, para de este modo facilitar un proceso de desarrollo sostenible del sistema de innovación (Vale, 2011; Isaksen, Tödtling y Trippl, 2018).

Por último, el caso de la periferia primarizada y fragmentada es el más difícil de todos, ya que es necesario avanzar en paralelo por todos los frentes para lograr un mayor grado de desarrollo de la economía regional, de la infraestructura de apoyo y de las redes de vinculaciones. Como resaltan Llisterri y Pietrobelli:

[...] no es suficiente fortalecer una sola función entre aquellas que resultan esenciales en los sistemas de innovación, sino que es imprescindible reforzar todas las funciones: la interacción entre los agentes del sistema regional; la capacidad de absorción de nuevo conocimiento por parte de las empresas; y la infraestructura de CTI de la región (Llisterri y Pietrobelli, 2011: 108).

No obstante, el último punto es quizás el más determinante o restrictivo, puesto que las posibilidades de construir redes y de absorber conocimientos y tecnologías están fuertemente condicionadas por la debilidad de la infraestructura de apoyo. En este sentido, la construcción institucional es un elemento indispensable (Tödtling y Trippl, 2005; Isaksen y Trippl, 2016), por lo que deben establecerse (o atraerse) institutos técnicos, universidades y centros de investigación que provean de conocimientos y recursos humanos

en nuevas (y relacionadas) áreas. También se puede apelar a esquemas de movilidad o inmigración para fomentar la atracción de personal calificado (Tödttling y Trippel, 2005; Boschma, 2009; Niosi, 2014).

En términos más generales, existe una clara escasez de recursos en las áreas periféricas, lo cual implica que, para evitar que la trampa de pobreza se siga autorreproduciendo en el tiempo, es necesario movilizar un conjunto de iniciativas e inversiones, frecuentemente externas o nacionales, si pensamos en políticas públicas (Yoguel, Borello y Erbes, 2005; Nilsson y Moodysson, 2014; Isaksen y Trippel, 2016). En el caso particular de la Argentina, dado que “ciertas regiones de nuestro país se encuentran marginadas de los planes públicos y, sobre todo, de los planes privados de inversión productiva”, deben generarse “mecanismos que ayuden a identificar, caracterizar y priorizar ciertas inversiones físicas fundamentales para mejorar el funcionamiento de los sistemas productivos locales [y regionales]” (Yoguel, Borello y Erbes, 2005: 174).

Un ejemplo ilustrativo de todo lo anterior ha sido la experiencia de los fondos sectoriales de CTI en Brasil. Para promover la desconcentración territorial de dichas inversiones, se estableció la regla general de que como mínimo el 30% de los recursos debía asignarse a las regiones (periféricas) del norte, nordeste y centro-oeste. No obstante, como destaca el informe de CEPAL:

[...] para asegurar la eficacia de la regla de distribución regional de recursos fue necesario utilizar mecanismos no competitivos de asignación así como introducir condiciones especiales más favorables para los proyectos y demandas provenientes de las regiones especiales. El retraso de dichas regiones en algunas áreas y temas era tan grande que, a pesar de las condiciones especiales, en muchos llamados no se lograba alcanzar el 30% previsto en la ley (CEPAL, 2017: 72).

Esto demuestra que en la periferia no alcanza solo con estipular cuotas garantizadas o condiciones especiales en algunos programas particulares, sino que es necesario adoptar una mirada amplia del *mix* de políticas de innovación y fomento empresarial para promover paralelamente una estrategia más profunda de desarrollo regional. Según la CEPAL:

[...] la decisión política de crear en estas regiones infraestructura e instituciones científicas con potencial para generar externalidades positivas, retener y atraer capital humano, anclar la formación de polos tecnológicos y de negocios y apoyar sistemas productivos locales necesita de intervenciones de mediano y largo plazo (CEPAL, 2017: 72).

Como hemos mencionado, la infraestructura institucional es clave, a su vez, para potenciar las capacidades de absorción de recursos, conocimientos y tecnologías externas en las áreas periféricas. Dado que estas regiones suelen estar inmersas en dinámicas productivas *path-dependent* (con un alto riesgo de caer en *path-exhaustion*), los impulsos exógenos a partir de la atracción de empresas o la generación de redes con vínculos extrarregionales resultan esenciales para salir gradualmente del *lock-in* negativo y para desarrollar nuevas actividades y trayectorias tecnológicas (Tödting y Tripl, 2005; Llisterri y Pietrobelli, 2011; Isaksen y Tripl, 2016; Tripl, Grillitsch y Isaksen, 2017; Martin *et al.*, 2018). Un punto interesante que señalan Isaksen y Tripl (2016) es que algunas empresas locales (generalmente, con mejores competencias y conexiones) pueden actuar también como *door-openers* o *gatekeepers* y transmitir conocimiento externo al resto de las firmas. No obstante, para que estos derrames o externalidades ocurran es necesario además que estas empresas no funcionen como enclaves, sino que se vinculen igualmente con el entramado regional (Isaksen, Tödting y Tripl, 2018).

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta que el fortalecimiento de los sistemas (nacionales y regionales) de innovación resulta un aspecto central de las estrategias de desarrollo en los PED, en este trabajo hemos intentado realizar un primer diagnóstico de los problemas que enfrentan los distintos SRI en la Argentina y presentar algunas discusiones de políticas públicas al respecto. Una cuestión que hemos destacado inicialmente es la necesidad de ampliar el abanico de lo que se entiende por políticas de innovación, de modo de asimilar que el apoyo a la innovación atraviesa a diferentes organismos, instituciones e iniciativas. Por ello, es clave actuar fuertemente sobre las fallas de coordinación a nivel horizontal y vertical.

En un marco de estructuras de *governance* fuertemente centralizadas, como es el caso de las políticas de CTI en la Argentina, el primer paso del diagnóstico (y de las posibles intervenciones a futuro) es reconocer el impacto territorial del financiamiento y los programas nacionales. El SRI argentino y los sistemas provinciales que lo integran son el reflejo de ciertas tradiciones históricas ligadas al surgimiento de la educación superior en el país (las grandes universidades nacionales, centros y laboratorios, mayormente del área central) y de la distribución espacial de algunos organismos nacionales de cyt (como por ejemplo, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria o el Instituto Nacional de Tecnología Industrial), lo cual ha

ido gestando un conjunto de diversos tipos de *sistemas de innovación nacional regionalizados* (si tomamos prestado el término de Asheim y Gertler, 2005). En algunos casos, como en el Norte, la idea de SRI se asocia mucho más a un objetivo de política *ex-ante* que a una realidad palpable, ya que la marcada debilidad organizacional de estos sistemas requiere de enormes esfuerzos para promover su verdadero desarrollo.

Debido a las restricciones presupuestarias de los gobiernos provinciales y al esquema fiscal vigente de reparto de ingresos y funciones entre los distintos niveles territoriales (Niembro, Dondo y Civitaresi, 2016), parece algo lejano (o incluso poco recomendable, por su potencial efecto asimétrico) apuntar a la gestación de políticas regionales de CTI independientes o autónomas. En cambio, uno de los ejes para promover un desarrollo científico-tecnológico más equitativo entre las provincias pasa por la reorientación territorial de los esfuerzos nacionales, de forma de ir rompiendo de a poco la circularidad inherente a estos procesos. Si bien en los últimos años (o al menos hasta 2015) han aumentado los recursos materiales y humanos en CYT y se han esbozado algunos intentos por modificar la distribución desigual de los mismos a nivel provincial, la experiencia parece indicar que se requieren programas mucho más explícitos y contundentes, puesto que no se ha evidenciado un cambio significativo en la estructura de localización y concentración de las políticas públicas de CTI (Suárez y Fiorentin, 2018). Esto pone en tela de juicio las posibilidades reales para desarrollar capacidades endógenas de innovación en varios SRI del país, como así también para abordar temas de investigación prioritarios en el territorio o cubrir las necesidades de innovación tecnológica que pudieran surgir del aparato productivo provincial.

Este último aspecto muestra la necesidad de llevar adelante profundos cambios político-institucionales que permitan a los gobiernos (y actores) provinciales participar más activamente como socios, con el objetivo de desarrollar políticas de innovación mejor adaptadas a los problemas, necesidades y oportunidades de cada SRI. A su vez, este tipo de intervenciones conjuntas podría facilitar la generación y aplicación de políticas hechas a medida, probablemente mucho más orientadas a resolver las deficiencias y cuellos de botella de los distintos SRI y, así, a promover el desarrollo económico provincial.

En el último apartado hemos trazado algunos posibles lineamientos de política para los diferentes grupos de SRI en Argentina, en función de los problemas identificados previamente. La intención ha sido dar apenas un primer paso en la discusión de políticas mejor direccionadas hacia las necesidades territoriales. Está claro que todavía queda mucho por indagar en el

campo de las iniciativas o políticas regionales de innovación, fomento emprendedor y desarrollo económico (Moodysson, Tripl y Zukauskaitė, 2016), particularmente en un análisis más pormenorizado de las realidades, capacidades institucionales y requerimientos puntuales (*bottom-up*) de cada provincia y hacia el interior de las mismas. Asimismo, en función de los nuevos caminos que la literatura sobre SRI viene desarrollando (Asheim, Grillitsch y Tripl, 2016; Isaksen, Martin y Tripl, 2018), queda un espacio bastante más amplio por explorar en lo que respecta a la relación entre las características organizacionales de los SRI, la estructura productiva provincial y el grado y tipo de diversificación (*e.g.* relacionada o no), especialmente en términos dinámicos y de evolución (Isaksen y Tripl, 2016). Lo cierto es que, probablemente, *la madre de todas las batallas* pase por promover el cambio estructural a nivel regional y, para ello, es necesario pensar las políticas públicas no desde una posición *naïve*, sino teniendo en cuenta los conflictos de intereses económicos, institucionales y políticos vigentes. Con todas sus limitaciones, esperamos que el trabajo realizado pueda tomarse como un puntapié de acá en adelante para la investigación y la discusión de políticas acerca de los SRI en la Argentina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andersson, M. y C. Karlsson (2006), “Regional innovation systems in small and medium-sized regions”, en Johansson, B., C. Karlsson y R. Stough (eds.), *The Emerging Digital Economy: Entrepreneurship, Clusters, and Policy*, Berlín y Nueva York, Springer.
- Anlló, G., G. Lugones y F. Peirano (2007), “La innovación en la Argentina post-devaluación, antecedentes previos y tendencias a futuro”, en Kosacoff, B. (ed.), *Crisis, recuperación y nuevos dilemas. La economía argentina, 2002-2007*, Santiago de Chile, CEPAL, Naciones Unidas.
- Aroca, P. y M. Atienza (2016), “Spatial concentration in Latin America and the role of institutions, Investigaciones Regionales”, *Journal of Regional Research*, N° 36, pp. 233-253.
- Arza, V. y A. López (2011), “Firms’ linkages with public research organisations in Argentina: Drivers, perceptions and behaviours”, *Technovation*, vol. 31, N° 8, pp. 384-400.
- Asheim, B. y L. Coenen (2005), “Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters”, *Research Policy*, vol. 34, N° 8, pp. 1173-1190.

- Asheim, B. y M. Gertler (2005), "The Geography of Innovation: Regional Innovation Systems", en Fagerberg, J., D. Mowery y R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford, Oxford University Press.
- Asheim, B., M. Grillitsch y M. Trippel (2016), "Regional innovation systems: past – present – future", en Shearmur, R., C. Carrincazeaux y D. Doloreux (eds.), *Handbook on the Geographies of Innovation*, Cheltenham y Northampton, Edward Elgar.
- Asheim, B. y S. Herstad (2005), "Regional innovation systems, varieties of capitalism and non-local relations: Challenges from the globalising economy", en Boschma, R. y R. Kloosterman (eds.), *Learning from Clusters: A Critical Assessment from an Economic-Geographical Perspective*, Springer.
- Asheim, B., H. L. Smith y C. Oughton (2011), "Regional innovation systems: Theory, empirics and policy", *Regional Studies*, vol. 45, N° 7, pp. 875-891.
- Bandieri, S. y G. Blanco (1991), "La fruticultura en el Alto Valle de río Negro. Auge y crisis de una actividad capitalista intensiva", *Revista de Historia*, N° 2, pp. 127-141.
- Barceló, M. et al. (2015), *EU-Latin America cooperation on regional innovation strategies in the framework of regional policy*, Fundación EU-LAC, Unión Europea.
- Barrios, S. y E. Strobl (2009), "The dynamics of regional inequalities", *Regional Science and Urban Economics*, vol. 39, N° 5, pp. 575-591.
- Barsky, A. (2000), "La región como noción operativa: algunas reflexiones sobre el creciente abandono del enfoque regional en la geografía argentina", *Reflexiones Geográficas*, N° 5, pp. 119-125.
- Bathelt, H. (2011), "Innovation, learning and knowledge creation in co-localised and distant contexts", en Pike, A., A. Rodríguez-Pose y J. Tomaney (ed.), *Handbook of Local and Regional Development*, Londres y Nueva York, Routledge, pp. 149-161.
- Bathelt, H., A. Malmberg y P. Maskell (2004), "Clusters and knowledge: Local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation", *Progress in Human Geography*, vol. 28, N° 1, pp. 31-56.
- Belmartino, A. y D. Calá (2017), "Trayectorias de diversificación en las provincias argentinas (1996-2014)", 22 Reunión Anual de Red Pymes Mercosur, Montevideo, Uruguay.
- Benedetti, A. (2009), "Los usos de la categoría región en el pensamiento geográfico argentino", *Scripta Nova*, vol. 13, N° 286.
- Benneworth, P. y A. Dassen (2011), "Strengthening Global-Local Connectivity in Regional Innovation Strategies: Implications for Regional Innovation Policy", *OECD Regional Development Working Paper* N° 2011/01.

- Bernal Pérez, P. (2018), “Taxonomía de los sistemas regionales de innovación en el Perú”, tesis de maestría, Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Bernat, G. (2017), “Innovación en la industria manufacturera argentina durante la post convertibilidad”, en Villafañe, S. *et al.* (eds.), *La Encuesta Nacional de Dinámica de Empleo e Innovación (ENDEI) como herramienta de análisis: la innovación y el empleo en la industria manufacturera argentina*, Santiago de Chile, CEPAL, Naciones Unidas, pp. 61-80.
- Boiola, J. (2013), “Por qué y cómo medir la actividad del sistema regional de innovación de Córdoba, Argentina”, Conferencia Internacional LALICS 2013, Río de Janeiro, Brasil.
- Borrás, S. (2009), “The widening and deepening of innovation policy: What conditions provide for effective governance?”, *CIRCLE Working Paper* N° 2009/02, Centre for Innovation, Research and Competence in the Learning Economy (CIRCLE), Lund University.
- Boschma, R. (2005), “Proximity and innovation: A critical assessment”, *Regional Studies*, vol. 39, N° 1, pp. 61-74.
- (2009), “Evolutionary economic geography and its implications for regional innovation policy”, reporte para la OECD.
- y C. Gianelle (2014), “Regional branching and smart specialisation policy”, *S3 Policy Brief Series* N° 06/2014, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies.
- Cao, H. y J. Vaca (2006), “Desarrollo regional en la Argentina: la centenario vigencia de un patrón de asimetría territorial”, *Revista Eure*, vol. 32, N° 95, pp. 95-111.
- Carlsson, B. (2007), “Innovation systems: a survey of the literature from a schumpeterian perspective”, en Hanusch, H. y A. Pyka (eds.), *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics*, Cheltenham y Northampton, Edward Elgar, pp. 857-871.
- Carrincazeaux, C. y F. Gaschet (2015), “Regional innovation systems and economic performance: Between regions and nations”, *European Planning Studies*, vol. 23, N° 2, pp. 262-291.
- Casas, R., J. M. Corona y R. Rivera (2013), “Políticas de ciencia, tecnología e innovación en América Latina: entre la competitividad y la inclusión social”, Conferencia Internacional LALICS 2013, Río de Janeiro, Brasil.
- CEP (2007), *Contenido tecnológico de las exportaciones argentinas 1996-2007. Tendencias de upgrading intersectorial*, Buenos Aires, Centro de Estudios para la Producción (CEP).
- CEPAL (2015), *Panorama del desarrollo territorial en América Latina y el Caribe, 2015: Pactos para la igualdad territorial*, Santiago de Chile, CEPAL, Naciones Unidas.

- (2017), *Instituciones, políticas e instrumentos para impulsar la ciencia, tecnología e innovación en la Argentina: Reflexiones a partir de la experiencia brasileña*, Santiago de Chile, CEPAL, Naciones Unidas.
- Cetrángolo, O. y A. Goldschmit (2011), “Descentralización de los servicios públicos, cohesión territorial y afianzamiento de las democracias en América Latina”, en Bárcena, A. y O. Kacef (eds.) (2011), *La política fiscal para el afianzamiento de las democracias en América Latina: Reflexiones a partir de una serie de estudios de caso*, Santiago de Chile, CEPAL, Naciones Unidas, pp. 185-202.
- Coenen, L. et al. (2017), “Advancing regional innovation systems: What does evolutionary economic geography bring to the policy table?”, *Environment and Planning C: Politics and Space*, vol. 35, N° 4, pp. 600-620.
- Cohen, W. y D. Levinthal (1990), “Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation”, *Administrative Science Quarterly*, vol. 35, N° 1, pp. 128-152.
- Cooke, P. (2004), “Introduction: Regional Innovation Systems – An evolutionary approach”, en Cooke, P., M. Heidenreich y H. J. Braczyk (eds.), *Regional Innovation Systems: The Role of Governance in a Globalized World*, 2ª ed., Londres y Nueva York, Routledge.
- , M. Gómez Uranga y G. Etxebarria (1997), “Regional Innovation Systems: institucional and organisational dimensions”, *Research Policy*, vol. 26, N° 4-5, pp. 475-491.
- Crespi, G. y P. D’Este (2011), “Análisis cuantitativo: la importancia del territorio en la conformación de los Sistemas Regionales de Innovación”, en Llisterri, J. J. y C. Pietrobelli (eds.), *Los sistemas regionales de innovación en América Latina*, Washington, Banco Interamericano de Desarrollo, pp. 28-57.
- Cristini, M., G. Bermúdez y F. Ares (2006), “El sistema argentino de innovación (1980-2004): evaluación y propuestas”, *Documento de Trabajo* N° 91, FIEL.
- Chaminade, C. et al. (2016), “The geography and structure of global innovation networks: global scope and regional embeddedness”, en Shearmur, R., C. Carrincazeaux y D. Doloreux (eds.), *Handbook on the Geographies of Innovation*, Cheltenham y Northampton, Edward Elgar, pp. 370-381.
- Chaminade, C. et al. (2009), “Designing Innovation Policies for Development: Towards a Systemic Experimentation-based Approach”, en Lundvall, B.-Å. et al. (eds.), *Handbook Of Innovation Systems And Developing Countries*, Cheltenham y Northampton, Edward Elgar, pp. 360-379.
- Chudnovsky, D., A. López y G. Rossi (2008), “Foreign direct investment spillovers and the absorptive capabilities of domestic firms in the Argentine

- manufacturing sector (1992–2001)”, *The Journal of Development Studies*, vol. 44, N° 5, pp. 645-677.
- De Arteche, M., M. Santucci y S. Welsh (2013), “Redes y clusters para la innovación y la transferencia del conocimiento. Impacto en el crecimiento regional en Argentina”, *Estudios Gerenciales*, vol. 29, N° 127, pp. 127-138.
- De Bruijn, P. y A. Lagendijk (2005), “Regional innovation systems in the Lisbon strategy”, *European Planning Studies*, vol. 13, N° 8, pp. 1153-1172.
- De Jong, G. (2010), *La fruticultura patagónica del Alto Valle: Conflictos de una actividad económica ineficiente en la era del capital tecnológico*, Buenos Aires, La Colmena.
- Doloreux, D. (2002), “What we should know about regional systems of innovation”, *Technology in Society*, vol. 24, N° 3, pp. 243-263.
- Doloreux, D. e I. Porto Gomez (2017), “A review of (almost) 20 years of regional innovation systems research”, *European Planning Studies*, vol. 25, N° 3, pp. 371-387.
- Edquist, C. (2005), “Systems of Innovation: Perspectives and Challenges”, en Fagerberg, J., D. Mowery y R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford, Oxford University Press, pp. 181-208.
- Frenken, K., F. van Oort y T. Verburg (2007), “Related variety, unrelated variety and regional economic growth”, *Regional Studies*, vol. 41, N° 5, pp. 685-697.
- Fromhold-Eisebith, M. (2007), “Bridging scales in innovation policies: How to link regional, national and international innovation systems”, *European Planning Studies*, vol. 15, N° 2, pp. 217-233.
- Gatto, F. (2007), “Crecimiento económico y desigualdades territoriales: algunos límites estructurales para lograr una mayor equidad”, en Kosacoff, B. (ed.), *Crisis, recuperación y nuevos dilemas. La economía argentina, 2002-2007*, Santiago de Chile, CEPAL, Naciones Unidas, pp. 307-356.
- (2013), “Algunos elementos claves en el diseño de estrategias territoriales de equidad e inclusión productiva y social en la Argentina”, en Infante, R. y P. Gerstenfeld (ed.), *Hacia un desarrollo inclusivo: el caso de la Argentina*, Santiago de Chile, CEPAL y OIT, pp. 221-267.
- González, G. (2017), “Federalización de la ciencia y la tecnología en Argentina. Una revisión de iniciativas de territorialización y planificación regional (1996-2007)”, *Revista de Estudios Regionales*, N° 108, pp. 193-225.
- Grabher, G. (1993), “The Weakness of Strong Ties: the Lock-in of Regional Development in the Ruhr-area”, en Grabher, G. (ed.), *The Embedded Firm: On the Socioeconomics of Industrial Networks*, Londres y Nueva York, Routledge, pp. 255-277.

- Hassink, R. (2010), "Locked in decline? On the role of regional lock-ins in old industrial areas", en Boschma, R. y R. Martin (eds.), *Handbook of evolutionary economic geography*, Cheltenham y Northampton, Edward Elgar, pp. 450-468.
- Hotz-Hart, B. (2000), "Innovation Networks, Regions, and Globalization", en Clark, G., M. Feldman y M. Gertler (eds.), *The Oxford Handbook of Economic Geography*, Oxford, Oxford University Press, pp. 432-450.
- Howells, J. (2005), "Innovation and regional economic development: A matter of perspective?", *Research Policy*, vol. 34, N° 8, pp. 1220-1234.
- Isaksen, A. (2001), "Building regional innovation systems: is endogenous industrial development possible in the global economy?", *Canadian Journal of Regional Science*, vol. 24, N° 1, pp. 101-120.
- y M. Trippel (2016), "Path development in different regional innovation systems: A conceptual analysis", en Parrilli, M., R. Fitjar y A. Rodríguez-Pose (eds.), *Innovation Drivers and Regional Innovation Strategies*, Nueva York y Londres, Routledge.
- Isaksen, A., R. Martin y M. Trippel (eds.) (2018), *New Avenues for Regional Innovation Systems - Theoretical Advances, Empirical Cases and Policy Lessons*, Nueva York, Springer.
- Isaksen, A., F. Tödtling y M. Trippel (2018), "Innovation Policies for Regional Structural Change: Combining Actor-Based and System-Based Strategies", en Isaksen, A., R. Martin y M. Trippel (eds.), *New Avenues for Regional Innovation Systems - Theoretical Advances, Empirical Cases and Policy Lessons*, Nueva York, Springer.
- Kanbur, R., L. F. López Calva y A. Venables (2005), "Symposium on Spatial Inequality in Latin America", *Cuadernos de Economía*, N° 42, mayo, pp. 133-136.
- Kanbur, R., A. Venables y G. Wan (2006), *Spatial Disparities in Human Development: Perspectives from Asia*, United Nations University Press.
- Kozulj, R. y M. Lugones (2007), "INVAP y el desarrollo de una trama de base tecnológica: evolución histórica y situación actual", en Delfini, M. et al. (eds.), *Innovación y empleo en tramas productivas de Argentina*, Los Polvorines, UNGS-Prometeo, pp. 323-347.
- Landriscini, G. (2014), "La fruticultura del Alto Valle de Río Negro y Neuquén. Un complejo agroalimentario en reestructuración: concentración económica, mediación estatal y estrategias de agentes subalternos", en Rofman, A. y A. García (eds.), *Economía solidaria y cuestión regional en Argentina de principios de siglo XXI: entre procesos de subordinación y prácticas alternativas*, Buenos Aires, CEUR-CONICET, pp. 171-199.

- Laranja, M., E. Uyarra y K. Flanagan (2008), “Policies for science, technology and innovation: Translating rationales into regional policies in a multi-level setting”, *Research Policy*, vol. 37, N° 5, pp. 823-835.
- Lavarello, P., M. Minervini y V. Robert (2017), “De las redes de colaboración para la innovación al desarrollo de clusters de ciencia y tecnología. Dos casos de estudio en la Universidad Nacional de San Martín en Argentina”, *Revista Brasileira de Inovação*, vol. 16, N° 2, pp. 299-324.
- Llisterri, J. J. y C. Pietrobelli (2011), “Los sistemas regionales de innovación: conclusiones y recomendaciones”, en Llisterri, J. J. y C. Pietrobelli (eds.), *Los sistemas regionales de innovación en América Latina*, Washington, Banco Interamericano de Desarrollo, pp. 104-122.
- López, A. (2007), *Desarrollo económico y sistema nacional de innovación en la Argentina: el caso argentino desde 1860 hasta 2001*, Buenos Aires, EDICON.
- López, A., A. Niembro y D. Ramos (2014), “La competitividad de América Latina en el comercio de servicios basados en el conocimiento”, *Revista de la CEPAL*, N° 113, pp. 23-41.
- Loschky, A. (2010), *Reviewing the nomenclature for high-technology – The sectoral approach*, European Commission, Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen.
- Lugones, G., F. Peirano y P. Gutti (2005), “Potencialidades y limitaciones de los procesos de innovación en Argentina”, Documento de proyecto, Buenos Aires, Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- MacKinnon, D., A. Cumbers y K. Chapman (2002), “Learning, innovation and regional development: a critical appraisal of recent debates”, *Progress in Human Geography*, vol. 26, N° 3, pp. 293-311.
- Magro, E., M. Navarro y J. M. Zabala-Iturriagoitia (2014), “Coordination-mix: the hidden face of STI policy”, *Review of Policy Research*, vol. 31, N° 5, pp. 367-389.
- Marin, A. y V. Arza (2009), “The role of multinational corporations in national innovation systems in developing countries: From technology diffusion to international involvement”, en Lundvall, B.-Å. et al. (eds.), *Handbook Of Innovation Systems And Developing Countries*, Cheltenham y Northampton, Edward Elgar, pp. 280-310.
- Martin, R. et al. (2018), “Regional innovation systems and global flows of knowledge”, en Isaksen, A., R. Martin y M. Trippel (eds.), *New Avenues for Regional Innovation Systems - Theoretical Advances, Empirical Cases and Policy Lessons*, Nueva York, Springer, pp. 127-147.
- Martin, R. y P. Sunley (2006), “Path dependence and regional economic evolution”, *Journal of Economic Geography*, vol. 6, N° 4, pp. 395-437.

- Martin, R. y M. Tripp (2014), "System failures, knowledge bases and regional innovation policies", *disP-The Planning Review*, vol. 50, N° 1, pp. 24-32.
- McCann, P. y R. Ortega-Argilés (2013), "Modern regional innovation policy", *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, vol. 6, N° 2, pp. 187-216.
- Milanovic, B. (2005), "Half a world: regional inequality in five great federations", *Journal of the Asia Pacific Economy*, vol. 10, N° 4, pp. 408-445.
- Moodysson, J., M. Tripp y E. Zukauskaitė (2016), "Policy learning and smart specialization: balancing policy change and continuity for new regional industrial paths", *Science and Public Policy*, vol. 44, N° 3, pp. 382-391.
- Morgan, K. (1997), "The learning region: institutions, innovation and regional renewal", *Regional Studies*, vol. 31, N° 5, pp. 491-503.
- Narula, R. y A. Zanfei (2005), "Globalization of Innovation: The Role of Multinational Enterprises", en Fagerberg, J., D. Mowery y R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford, Oxford University Press, pp. 318-345.
- Nauwelaers, C. y R. Wintjes (2002), "Innovating SMEs and regions: the need for policy intelligence and interactive policies", *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 14, N° 2, pp. 201-215.
- Navarro, M. (2009), "Los sistemas regionales de innovación: Una revisión crítica", *Ekonomiaz*, vol. 70, N° 1, pp. 25-59.
- y J. J. Gibaja (2009), "Las tipologías en los sistemas regionales de innovación. El caso de España", *Ekonomiaz*, vol. 70, N° 1, pp. 240-281.
- Navarro, M. et al. (2009), "Patterns of innovation in EU-25 regions: A typology and policy recommendations", *Environment and Planning C*, vol. 27, N° 5, pp. 815-840.
- Niembro, A. (2015a), "Innovación y desigualdades regionales de desarrollo: Hacia una (re)visión integradora", *Redes. Revista de Estudios Sociales de Ciencia*, vol. 21, N° 41, pp. 75-109.
- (2015b), "Las brechas territoriales del desarrollo argentino: un balance (crítico) de los años 2000", *Desarrollo Económico*, vol. 55, N° 215, pp. 21-47.
- (2016), "Los sistemas regionales de innovación y el desarrollo económico de las provincias argentinas", *Revista Pymes, Innovación y Desarrollo*, vol. 4, N° 3, pp. 57-76.
- (2017), "Hacia una primera tipología de los sistemas regionales de innovación en Argentina", *Investigaciones Regionales - Journal of Regional Research*, N° 38, pp. 117-149.
- , M. Dondo y H. M. Civitaresi (2016), "La manifestación territorial de las desigualdades socioeconómicas en Argentina: del diagnóstico a las políticas públicas", *Población y Sociedad*, vol. 23, N° 1, pp. 79-123.

- Nilsson, M. y J. Moodysson (2014), “Regional innovation policy and coordination: Illustrations from Southern Sweden”, *Science and Public Policy*, vol. 42, N° 2, pp. 147-161.
- Niosi, J. (2014), “The construction of national systems of innovation: a comparative analysis of Argentina and Canada”, en Dutrénit, G. y J. Sutz (eds.), *National Innovation Systems, Social Inclusion And Development: The Latin American Experience*, Cheltenham y Northampton, Edward Elgar, pp. 349-379.
- Nuñez Miñana, H. (1972), “Indicadores de desarrollo regional en la República Argentina: resultados preliminares”, Documento Interno N° 10, Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Económicas.
- Oughton, C., M. Landabaso y K. Morgan (2002), “The regional innovation paradox: innovation policy and industrial policy”, *The Journal of Technology Transfér*, vol. 27, N° 1, pp. 97-110.
- Padilla-Perez, R., J. Vang y C. Chaminade (2009), “Regional innovation systems in developing countries: Integrating micro and meso-level capabilities”, en Lundvall, B.-Å. et al. (eds.), *Handbook of Innovation Systems And Developing Countries*, Cheltenham y Northampton, Edward Elgar, pp. 140-182.
- Pasciaroni, C., S. Gorenstein y A. Barbero (2018), “Knowledge organisations in less innovative regions: what factors explain the emergence and development of their links with firms? A case study in Argentina”, *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, vol. 10, N° 1, pp. 88-112.
- Perry, B. y T. May (2007), “Governance, science policy and regions: an introduction”, *Regional Studies*, vol. 41, N° 8, pp. 1039-1050.
- Porto, A. (1995), “Indicadores de desarrollo regional en la República Argentina: más de dos décadas después”, en Porto, A. (ed.), *Finanzas públicas y economía espacial*, La Plata, Universidad Nacional de La Plata, pp. 25-41.
- Rivas, G., S. Rovira y S. Scotto (2014), “Reformas a la institucionalidad de apoyo a la innovación en América Latina: antecedentes y lecciones de estudios de caso”, en Rivas, G. y S. Rovira (eds.), *Nuevas instituciones para la innovación: prácticas y experiencias en América Latina*, Santiago de Chile, CEPAL, Naciones Unidas, pp. 11-34.
- Robert, V. (2012), “Interacciones, feedbacks y externalidades: la micro complejidad de los sistemas productivos y de innovación locales. Una aproximación en pymes argentinas”, tesis doctoral, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.
- Rofman, A. (1974), *Desigualdades regionales y concentración económica. El caso argentino*, Buenos Aires, Ediciones Siap-Planteos.

- Sánchez, G., H. Ruffo y P. Nahiriñak (2006), *La innovación en las empresas argentinas. Una mirada comparativa entre países*, Instituto de Estudios sobre la Realidad Argentina y Latinoamericana, Serie Competitividad Sistémica, Documento N° 6.
- Sánchez Tovar, Y., F. García Fernández y E. Mendoza Flores (2014), “Determinantes de la capacidad de innovación regional en México: una tipología de las regiones”, *Región y Sociedad*, vol. 26, N° 61, pp. 118-158.
- Shearmur, R., C. Carrincazeaux y D. Doloreux (eds.) (2016), *Handbook on the Geographies of Innovation*, Cheltenham y Northampton, Edward Elgar.
- Sotarauta, M. y M. Kautonen (2007), “Co-evolution of the Finnish national and local innovation and science arenas: towards a dynamic understanding of multi-level governance”, *Regional Studies*, vol. 41, N° 8, pp. 1085-1098.
- Suárez, D. y F. Fiorentin (2018), “Formalización y efecto Mateo en la política científica: el caso del PICT en la Argentina (2012-2015)”, Documento de Trabajo N° 12, Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Suárez, D. *et al.* (2014), “The Argentinean system of innovation: micro determinants and meso–macro disarticulation”, en Dutrénit, G. y J. Sutz (eds.), *National Innovation Systems, Social Inclusion And Development: The Latin American Experience*, Cheltenham y Northampton, Edward Elgar, pp. 102-132.
- Tödtling, F. y M. Tripll (2005), “One size fits all?: Towards a differentiated regional innovation policy approach”, *Research Policy*, vol. 34, N° 8, pp. 1203-1219.
- (2011), “Regional Innovation Systems”, en Cooke, P. *et al.* (eds.), *Handbook of regional innovation and growth*, Cheltenham y Northampton, Edward Elgar, pp. 455-466.
- (2013), “Transformation of regional innovation systems: From old legacies to new development paths”, en Cooke, P. (ed.), *Re-framing Regional Development: Evolution, innovation and transition*, Nueva York, Routledge, pp. 297-318.
- Tripll, M., M. Grillitsch y A. Isaksen (2017), “Exogenous sources of regional industrial change: Attraction and absorption of non-local knowledge for new path development”, *Progress in Human Geography*, vol. 42, N° 5, pp. 687-705.
- Uyarra, E. (2010), “What is evolutionary about ‘Regional Systems of Innovation’? Implications for regional policy”, *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 20, N° 1, pp. 115-137.

- Uyarra, E. y K. Flanagan (2009), “La relevancia del concepto ‘sistema regional de innovación’ para la formulación de la política de innovación”, *Ekonomiaz*, vol. 70, N° 1, pp. 150-169.
- (2010), “From regional systems of innovation to regions as innovation policy spaces”, *Environment and Planning C: Government and Policy*, vol. 28, N° 4, pp. 681-695.
- Valdez-Lafarga, C. y J. I. León-Balderrama (2015), “Hacia una taxonomía de los sistemas regionales de innovación en México”, *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. 15, N° 48, pp. 517-553.
- Vale, M. (2011), “Innovation networks and local and regional development policy”, en Pike, A., A. Rodríguez-Pose y J. Tomaney (eds.), *Handbook of Local and Regional Development*, Londres y Nueva York, Routledge, pp. 413-424.
- Vivar, M., R. Garrido y M. T. Gallo (2010), *Los sistemas regionales de innovación: una caracterización para el caso de Chile*, Badajoz y Elvas, International Meeting on Regional Science.
- Yoguel, G., J. Borello y A. Erbes (2005), “Sistemas locales de innovación: los casos de Córdoba, Rafaela, Rosario y Tucumán, Salta y Jujuy Informe de proyecto”, Buenos Aires, Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

ANEXO

Cuadro A1. Variables y fuentes de información utilizadas en Niembro (2017)

Categoría / Subcategoría/ Indicador	Nombre	Año	Elaboración propia a partir de datos de:
Subsistema de generación de conocimiento (Infraestructura de apoyo) y Subsistema de políticas públicas			
Inversión en Actividades Científicas y Tecnológicas cada 1.000 hab.	GACyT	2012	Ministerio de Ciencia y Tecnología e INDEC
Participación en fondos adjudicados por ANPCyT (relación % montos a la provincia / % población provincial en el total nacional)	FONDOS	2012	Milesi (2013)
Personal dedicado a investigación y desarrollo (EJC) cada 100 integrantes de la PEA	PERSONAL	2012	Ministerio de Ciencia y Tecnología e INDEC
Investigadores del CONICET cada 100 integrantes de la PEA	CONICET	2012	Milesi (2013)
Proporción de población de 25 y más años que completó su educación superior (%)	EDUSUP	2010	Censo Nacional de Población 2010 - INDEC
Subsistema de explotación de conocimiento (Estructura productiva)			
Proporción de empleo en industria (%)	EMPIND	2014	OEDE (Ministerio de Trabajo)
Proporción de empleo en el sector industrial en ramas de media-alta y alta intensidad tecnológica (%)*	INDTEC	2014	OEDE (Ministerio de Trabajo)
Proporción de empleo en servicios (%)	EMPSERV	2014	OEDE (Ministerio de Trabajo)
Proporción de empleo en el sector servicios en ramas intensivas en conocimiento (%)**	SERVTEC	2014	OEDE (Ministerio de Trabajo)
Proporción de PyMEs industriales que invirtieron en I+D (%)	PYMEID	2008	Relevamiento Mapa PyME (Secretaría de la PyME)
Proporción de PyMEs industriales que se relacionaron con organismos de Ciencia y Tecnología (%)***	PYMEVINC	2008	Relevamiento Mapa PyME (Secretaría de la PyME)
Fertilidad de empresas (aperturas cada 1.000 integrantes de la PEA)	FERTIL	2010	OEDE (Ministerio de Trabajo) y Censo 2010 - INDEC
Ocupados con instrucción superior completa (%)	OCUPSUP	2014	DiNREP (Ministerio de Economía)
Estructura comercial			
Exportaciones per cápita (relación Provincia / País)	XPC	2014	INDEC
Participación exportaciones primarias (% del total exportado por la provincia)	XPRIM	2014	CEP (Ministerio de Industria)
Participación exportaciones MOA (% del total exportado por la provincia)	XMOA	2014	CEP (Ministerio de Industria)
Participación exportaciones MOI (% del total exportado por la provincia)	XMOI	2014	CEP (Ministerio de Industria)

Categoría / Subcategoría/ Indicador	Nombre	Año	Elaboración propia a partir de datos de:
Marco socioeconómico			
Calidad del sistema educativo (primario y secundario)			
Desempeño promedio en educación primaria (todas las pruebas)	CALPRIM	2010	DiNIECE - Operativo Nacional de Evaluación (ONE)
Desempeño promedio en educación secundaria (todas las pruebas)	CALSEC	2010	DiNIECE - Operativo Nacional de Evaluación (ONE)
Desempeño promedio en la prueba de Ciencias Naturales (todos los niveles)	CALNAT	2010	DiNIECE - Operativo Nacional de Evaluación (ONE)
Desempeño promedio en la prueba de Matemáticas (todos los niveles)	CALMAT	2010	DiNIECE - Operativo Nacional de Evaluación (ONE)
Sistema financiero			
Filiales de bancos cada 100.000 hab.	FILIAL	2014	BCRA e INDEC
Préstamos al sector privado no financiero / PIB	PRESTPBG	2012	BCRA y estimaciones de Abeceb
Préstamos al sector privado no financiero per cápita	PRESTPC	2012	BCRA e INDEC
Depósitos del sector privado no financiero / PIB	DEPOPBG	2012	BCRA y estimaciones de Abeceb
Depósitos del sector privado no financiero per cápita	DEPOPC	2012	BCRA e INDEC
Infraestructura TIC			
Hogares con computadora (%)	COMPU	2010	Censo Nacional de Población 2010 - INDEC
Hogares con teléfono celular (%)	CELU	2010	Censo Nacional de Población 2010 - INDEC
Proporción de población de 10 y más años que utilizó internet (%)	INTERN	2011	Encuesta Nacional sobre Acceso y Uso de TIC (ENTIC) - INDEC
Accesos a banda ancha cada 100 hab.	BANDA	2013	INDEC

* Clasificación propia sobre la base de CEP (2007) y Loschky (2010). En el cálculo no se incluye a “equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones” pues sesga considerablemente los resultados de Tierra del Fuego.

** En línea con López, Niembro y Ramos (2014), incluimos software e informática, investigación y desarrollo, servicios jurídicos, contables y empresariales y cinematografía, radio y televisión (no incluimos servicios financieros y de seguros).

*** Incluye INTI, INTA, FONTAR, Secretaría de Ciencia y Tecnología, centros tecnológicos y universidades.

Fuente: Niembro (2017).

Cuadro A2. Pesos factoriales de las variables en los componentes principales

Variable	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 4
GACyT	0,788	-0,073	0,467
FONDOS	0,856	0,362	-0,041
PERSONAL	0,702	0,069	0,572
CONICET	0,93	0,014	0,182
EDUSUP	0,926	0,221	-0,044
EMPIND	-0,054	0,377	0,689
INDTEC	0,282	0,31	-0,24
EMPSESV	0,82	0,225	-0,345
SERVTEC	0,765	0,241	-0,276
PYMEID	0,093	0,778	0,366
PYMEVINC	-0,146	0,231	0,846
FERTIL	0,835	-0,012	0,008
OCUPSUP	0,806	0,282	-0,117
XPC	-0,107	-0,038	0,02
XPRIM	-0,241	-0,79	-0,074
XMOA	0,102	0,805	0,112
XMOI	0,302	0,43	0,191
COMP_EDU	0,707	-0,068	-0,025
COMP_FIN	0,904	-0,034	-0,067
COMP_TIC	0,679	-0,011	0,082

Nota: las tres últimas variables corresponden a los componentes principales que surgen, en una primera etapa, de aplicar la técnica en las distintas dimensiones del marco socioeconómico.

Fuente: Niembro (2017).



DIÁLOGOS ENTRE A CONSTRUÇÃO DO CAMPO INTERDISCIPLINAR E A CONCEPÇÃO DOMINANTE DE CIÊNCIA

*Ana Carolina Spatti**

RESUMO

Este trabalho defende que o processo de expansão, consolidação e institucionalização dos cursos interdisciplinares nas universidades foi fortemente influenciado pela concepção dominante de ciência ao longo dos anos. A partir de um arcabouço teórico-metodológico, o artigo apresenta o percurso da ciência concomitantemente à descrição histórica da interdisciplinaridade. Como resultado desse diálogo, propõe-se que o nascimento da interdisciplinaridade deve ser visto como parte de um processo mais amplo que se construía a nível internacional, que foi, paulatinamente, extravasando para o cenário dos países latino-americanos e influenciando a maneira de se fazer ciência, de formar e de praticar a atividade de pesquisa. De modo semelhante, a expansão da interdisciplinaridade na pós-graduação não ocorre de forma desconexa com as proeminências que se colocavam à época. Conforme tem crescido a compreensão da ciência como transcultural, que envolve formas distintas de conhecimento, tem-se tornado frequentes preocupações científicas, políticas e sociais justapostas. Logo, a contribuição inovadora do artigo consiste no debate sobre a interdisciplinaridade partindo do pressuposto de que existe um processo interligado entre sua consolidação no seio das universidades e o conceito dominante de ciência.

PALAVRAS-CHAVE: CIÊNCIA – POLÍTICA CIENTÍFICA – INTERDISCIPLINARIDADE – UNIVERSIDADE

* Doutoranda em Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, São Paulo, Brasil. Correio eletrônico: <anaspatti@igc.unicamp.br>.

INTRODUÇÃO

A partir do desenvolvimento de perspectivas teórico-comparadas, o presente artigo aponta que o processo de expansão, consolidação e institucionalização dos cursos interdisciplinares nas universidades apresenta estreita relação com a evolução do conceito dominante da ciência, em que “a história da interdisciplinaridade se confunde [...] com a dinâmica viva do conhecimento” (Leis, 2005: 5).

Para tanto, buscar-se-á apontar como se constitui o elo entre os paradigmas da ciência propostos por Léa Velho (2011) e o nascimento – e posterior amadurecimento – do campo interdisciplinar no contexto da pós-graduação, tomando como ponto de partida a periodização de Pereira e Nascimento (2016) sobre a trajetória da prática interdisciplinar nas universidades brasileiras.

Velho (2011) argumenta que o foco, os instrumentos e as formas de gestão que definem a Política Científica, Tecnológica e de Inovação (PCTI) em um determinado momento estão fortemente relacionadas com o conceito dominante de ciência. Dito de outra forma, partindo do pressuposto de que “a ciência [...] está sujeita a mudanças de fortuna” (Merton, 1979: 37), a autora defende que o conceito dominante de ciência acaba por “modelar” a lógica da política científica no período correspondente. À medida que o conceito de ciência se internacionaliza, a PCTI também se internacionaliza. Nesse sentido, a autora refere-se aos paradigmas de Ciência, Tecnologia e Inovação (CTI) como a conexão entre o conceito preponderante de ciência e a racionalidade de CTI.

Velho (2011) expôs, assim, a existência de quatro paradigmas, modelos ou padrões aceitos (Kuhn, 1962) de PCTI, que se deram em momentos distintos historicamente: i) Ciência como Motor do Progresso; ii) Ciência como Solução e Causa de Problemas; iii) Ciência como Fonte de Oportunidade Estratégica; iv) Ciência para o Bem da Sociedade.

Cada um desses paradigmas carrega em seu bojo um conceito singular de ciência, bem como outros aspectos correlacionados a ele, como quem produz conhecimento científico; a visão da relação entre ciência, tecnologia e sociedade; a racionalidade e o foco da política de CTI; e os instrumentos de análise de políticas e de avaliação implementados.

Dessa forma, propõe-se contribuir para o debate sobre a interdisciplinaridade partindo da posição de que existe um processo interligado entre sua consolidação no seio das universidades e a visão que se tem de ciência, entendendo que o conceito dominante de CTI dita o ritmo e a forma de se produzir conhecimento.

Ainda que as considerações de Velho (2011) não transcorram sobre o contexto latino-americano particularmente, entende-se que as reflexões sistematizadas pela autora transbordam, gradualmente, para o cenário dos países subdesenvolvidos e, em especial, para o caso brasileiro. Os organismos internacionais têm um papel fundamental nesse processo de internacionalização das políticas e das perspectivas de CTI (Velho, 2011).

Estruturalmente, o artigo é composto por três seções, além desta introdução e das considerações finais. Na primeira, são trazidos à luz os conceitos de interdisciplinaridade, pluridisciplinaridade, multidisciplinaridade e transdisciplinaridade. A segunda seção, por sua vez, aborda a taxonomização e a postura teórica de Velho (2011), retomando os modelos/paradigmas do conceito de ciência associados à lógica e ao foco da política de CTI. Na terceira seção, essas categorias analíticas são relacionadas à expansão e consolidação de cursos de formação interdisciplinar nas instituições de ensino superior.

AS ABORDAGENS MULTI, PLURI, INTER E TRANSDISCIPLINAR

Pombo (2005) explicita a dificuldade em se definir os termos interdisciplinaridade, pluridisciplinaridade, multidisciplinaridade e transdisciplinaridade, pelo fato dessas palavras não terem suas fronteiras muito claras e estabelecidas. Mais do que isso, segundo ela, é impossível dizer, com precisão, a que os termos se referem. Mesmo sabendo dessa dificuldade, muitos autores propuseram algumas definições.

Almeida Filho (2000), baseando-se na tipologia de Jantsch (1972) sobre a prática científica e de seus discursos, define multidisciplinaridade como o conjunto de disciplinas que trata de forma adjacente um mesmo tema, problema ou assunto, sem que haja, entretanto, interações entre os profissionais envolvidos. É, nesse sentido, um sistema que funciona por meio da justaposição de disciplinas em um único nível, sendo ausente uma cooperação sistemática entre os diversos campos disciplinares. Dito de outra forma, a multidisciplinaridade ocorre quando diversos olhares concentram-se em um mesmo objeto, mas cada olhar com suas teorias e metodologias próprias, “cada um no seu quadrado” (Minayo, 2010).

Na pesquisa multidisciplinar, os ingredientes do novo conhecimento são importados, exportados ou agrupados através dos limites sem serem substancialmente adaptados no curso da interação. Esse tipo de pesquisa é cumulativo ou aditivo e não integrativo por natureza (Huutoniemi *et al.*, 2010).

A pluridisciplinaridade, da mesma forma que a multidisciplinaridade, também se dá pela justaposição de diferentes disciplinas científicas em um único nível. A diferença é que, nesse caso, ao buscar compreender um determinado tema, há um envolvimento dos atores que, tendo objetivos comuns, estabelecem relações entre si. Pelo fato de abarcar campos disciplinares situados em um mesmo nível hierárquico, há, na pluridisciplinaridade, uma perspectiva de complementaridade, sem, contudo, ocorrer coordenação de ações, tampouco a pretensão de criar uma axiomática comum (Bibeau, 1996 e Jantsch, 1972 *apud* Almeida Filho, 2000).

A interdisciplinaridade, por sua vez, significa a interação de diferentes disciplinas científicas, implicando uma axiomática comum a um grupo de disciplinas científicas conexas, sendo que, geralmente, uma disciplina (disciplina-mestra) atua como integradora, mediadora da circulação dos discursos e, principalmente, como coordenadora do campo (Almeida Filho, 2000). Minayo (2010) reforça essas afirmações ao dizer que, ao se tratar um objeto de forma interdisciplinar, existem algumas prerrogativas: i) uma disciplina terá prioridade sobre outras por ser a que tem mais tradição, história e acúmulo de conhecimento sobre o assunto (que é a disciplina-mestra mencionada por Almeida Filho); ii) isso, de forma alguma, anula a contribuição das outras disciplinas, justamente porque o trabalho interdisciplinar nunca desmerece a contribuição de um dado campo do saber; e, (iii) na articulação entre disciplinas, é necessário que cada uma das áreas apresente conceitos e teorias capazes de ampliar a compreensão do objeto.

Nesse contexto, Frigotto (2008) ressalta um requisito bastante importante para a efetivação do trabalho interdisciplinar: ele não se efetiva se não formos hábeis de transcender a fragmentação das disciplinas. É nesse sentido que Pombo (2005) enfatiza que a interdisciplinaridade torna possível o pensar sobre a condição fragmentada das ciências, fazendo nascer a nostalgia de um saber unificado. Com efeito, a interdisciplinaridade tem como proposta “ocupar o imenso vazio que separa as diferentes disciplinas” (Nascimento, Amazonas y Vilhena, 2013: 674).

Nicolescu (1999) entende o termo interdisciplinaridade como sinônimo de transferência de métodos de uma disciplina para outra, o que conflita com a compreensão de Frigotto (2008), o qual entende que a interdisciplinaridade não é uma questão de método de investigação e nem de técnica didática, ainda que se manifeste enfaticamente neste plano; ela se projeta como necessidade e como problema fundamentalmente no plano material histórico-cultural e no plano epistemológico (Frigotto, 2008). Para explicar o porquê dela se portar como uma necessidade, o autor traz o conceito de

totalidade concreta, de Kosik (1978). Investigar no contexto dessa categoria, oposta à *totalidade caótica*, significa buscar explicitar as múltiplas determinantes e mediações históricas que constitui um determinado objeto de pesquisa.

Nessa perspectiva, Minayo (2010) defende que a interdisciplinaridade é, na verdade, uma estratégia para compreensão, interpretação e explicação de questionamentos e temas complexos.

Diante das discussões, parece que existem ainda incertezas quanto ao que os termos significam, mas as dúvidas são menores quanto ao que eles “não” expressam. Pensando nisso, Minayo (2010) chama a atenção para a confusão que frequentemente se faz com relação ao termo interdisciplinaridade. Quando são necessários conhecimentos de vários especialistas para solucionar um problema complexo da prática, esse ato não se refere à interdisciplinaridade, e sim ao conceito de multiprofissionalidade, que se refere à múltipla articulação de áreas profissionais, pois, nesse caso, estamos diante de campos de conhecimentos e práticas, e não de disciplinas per se. Segundo ela, a interdisciplinaridade constitui uma articulação de várias disciplinas cujo foco é o objeto, o problema ou o tema.

A transdisciplinaridade, por sua vez, ocorre quando há integração das disciplinas de um campo particular sobre a base de uma axiomática geral compartilhada. Ela se estrutura em sistemas de vários níveis, tendo objetivos diversificados. A coordenação no campo transdisciplinar não é feita por uma disciplina-mestra e sim por um conhecimento comum. Nicolescu (1999) vai mais além ao dizer que a transdisciplinaridade difere-se dos outros termos pela sua proposta: compreender o mundo presente, impossível de ser inserido na pesquisa disciplinar. Para Minayo (2010):

[...] a ação da transdisciplinaridade é a resultante da capacidade que nós temos de ultrapassar as fronteiras das disciplinas pelo investimento articulado e a contribuição das diferentes disciplinas em jogo, num processo de investigação que inclui articulação de teorias e conceitos, métodos e técnicas e, não menos importante, do diálogo entre as pessoas (Minayo, 2010: 437).

D'Ambrosio (1997) retrata a transdisciplinaridade como transcultural, porque parte do pressuposto de que o conhecimento não é privilégio de uma determinada forma de cultura e, por isso, exige uma não hierarquia entre o saber popular (senso comum) e o saber científico e cultural. A transdisciplinaridade não segue, necessariamente, o rigor, o método e as regras próprias da ciência.

Para Piaget (1967, *apud* Almeida Filho, 2000), a transdisciplinaridade implica a criação de um campo novo que seria capaz de desenvolver uma autonomia teórica e metodológica perante as disciplinas que o originaram. Inclui, desse modo, a triangulação de perspectivas e métodos (Minayo, 2010). A transdisciplinaridade coloca-se em uma posição de ruptura e, assim, de “superação do conhecimento disciplinar” (Nascimento, Amazonas e Vilhena, 2013: 674).

Pombo (2005) apresenta uma proposta provisória para a definição das palavras multidisciplinaridade, pluridisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, partindo do entendimento de que elas compartilham uma mesma raiz –a palavra “disciplina”–. Pensando nisso, para compreendê-las minimamente, é necessário entender como cada uma delas se relaciona com as disciplinas.

A etimologia, proposta pela autora, indica que os prefixos “multi” e “pluri” remetem ao ato de reunir as disciplinas, colocá-las lado a lado. Já o “inter” pressupõe uma articulação, uma inter-relação, estabelecendo entre as disciplinas uma ação recíproca. O “trans”, por sua vez, remete a algo que vai além, que ultrapassa aquilo que é inerente à disciplina. Em sua perspectiva, haveria, então, um *continuum* de desenvolvimento, que parte de alguma coisa que indica algo menor –a justaposição– para algo maior –a ultrapassagem e a fusão–, sendo que a interdisciplinaridade ocuparia este espaço intermediário, justificando o sufixo “inter” (entre).

As considerações de Pombo (2005) são importantes porque revelam justamente a divergência de alguns autores quanto às definições destes termos. Para a autora, “multi” e “pluri” são sinônimos e remetem ao ato de reunir disciplinas, enquanto que para outros autores (Bibeau, 1996 e Jantsch, 1972) há uma diferença sutil, porém relevante, entre os termos multi, pluridisciplinar, inter e transdisciplinar.

Para Leis (2005), qualquer conceito de interdisciplinaridade que pretenda ser definitivo deve ser evitado, dado que uma ação nesse sentido seria, inevitavelmente, disciplinar. Portanto, partindo das afirmações de Leis (2005) sobre a prática interdisciplinar ser contrária a tentativas de homogeneização ou de enquadramento conceitual, este artigo não parte de uma definição exata sobre o termo, mas considera, de um modo genérico, que o prefixo “inter” faz referência à integração de métodos, ferramentas, conceitos e teorias existentes de duas ou mais disciplinas, a fim de tratar um problema ou uma questão complexa. O prefixo “trans”, por sua vez, conota disciplinas transcendentais através de um conjunto abrangente de axiomas historicamente associados à unidade de conhecimento e a paradigmas sintéticos posteriores (Klein, 2018).

O CONCEITO DOMINANTE DE CIÊNCIA

Ciência como Motor do Progresso (1945 a 1960)

Depois de prolongado período de relativa segurança, durante o qual o culto à ciência e a difusão dos conhecimentos tinham chegado a uma posição de destaque (Merton, 1979), após a Segunda Guerra Mundial, em especial, pairava uma ansiedade sob a comunidade científica, particularmente quanto às implicações do Projeto Manhattan, fazendo renascer o debate sobre a autonomia da ciência em relação à sociedade (Velho, 2011). Se, por um lado, este programa apontou que a atividade de pesquisa poderia alcançar novos patamares se conduzida a partir de uma grande mobilização de esforços e coordenada centralizadamente (Furtado, 2005), esse modelo do grande programa militar, inaugurado pelo Projeto Manhattan, fez com que os cientistas se vissem obrigados a justificar os caminhos da ciência para os homens (Velho, 2011).

Após o uso de armas nucleares em Hiroshima e Nagasaki pelos Estados Unidos, não apenas a organização geopolítica do planeta transformou-se profundamente, mas a ciência ganhou, definitivamente, a atenção de pessoas que, até então, não se preocupavam significativamente com a sua existência (Passos Videira, 2004). Alguns cientistas e engenheiros que haviam sido envolvidos no desenvolvimento das armas criaram *The Bulletin of the Atomic*, uma revista alertando seus leitores sobre os principais perigos decorrentes de tecnologias militares e industriais (Sismondo, 2007).

Nesse sentido, membros influentes do corpo científico passaram a se distanciar da aplicação da ciência, dando espaço ao enfoque da ciência básica (Velho, 2011). Reconhecendo a existência de ataques incipientes e reais à integridade da ciência, Merton (1979) então proclama a necessidade de uma autocrítica. Seu trabalho sobre os imperativos da ciência colaborou para esse processo, na medida em que propôs um exame de seus fundamentos, obrigações, interesses e objetivos.

Atendendo às aspirações da comunidade científica, Merton (1979) defende o *ethos* da ciência moderna –isto é, o “complexo de valores e normas efetivamente tonalizado, que se considera como constituindo uma obrigação moral para o cientista” (Merton, 1979: 39)– como sendo estruturado por quatro pilares: i) universalismo (refere-se ao caráter impessoal, objetivo e internacional da ciência); ii) comunismo (postula que os resultados da ciência são produto de uma colaboração social e que, por isso, têm que ser divulgados); iii) desinteresse (relaciona-se ao caráter público e testável da ciência, em que busca-se desinteressadamente o conhecimento, sem perseguir deso-

nestamente seu benefício pessoal; e iv) ceticismo organizado (consiste na suspensão do julgamento, até que se disponha de todos os dados relevantes).

Tais normas “modelam e normatizam o comportamento esperado dos membros da comunidade de pesquisa para garantir a produção de conhecimento livre de valores e de influências sociais” (Velho, 2011: 137). Conforme destacam Barnes e Dolby:

The way Merton characterizes the imperatives of science is the result of a particular conception of the social mechanism of science. As an autonomous social activity, science depends on its practitioners exchanging information freely and without ulterior motive. As a method of producing knowledge, it is essential that all those involved should strive to share the same standards of judgement, and that individuals should refrain from committing themselves to belief until universally shared criteria can be shown to apply Barnes e Dolby (1970: 5).

Na realidade, os quatro imperativos básicos da ciência são mais do que meros princípios morais; relacionam-se ao desenvolvimento cognitivo da mesma. Há, implicitamente, uma correlação definida entre os imperativos morais e o avanço do conhecimento científico (Stehr, 1978).

Diante desse quadro –em que o crescimento contínuo do conhecimento científico era associado a uma comunidade na qual deveria haver uma conformidade generalizada a esses quatro imperativos institucionais–, a primeira fase paradigmática (que corresponde ao período do pós-guerra até o início dos anos 1960) caracteriza-se por esse conceito de ciência descolado dos processos sociais, em que a comunidade científica isentava-se dos impactos dos resultados das pesquisas na sociedade (Velho, 2011).

Nesse contexto, a ciência era tida como a origem da tecnologia. A transformação da primeira na segunda, bem como sua apropriação pela sociedade, era concebida de modo linear (Velho, 2011). Nessa visão comum, a ciência desempenha um papel central na determinação da forma da tecnologia. Se a tecnologia é ciência aplicada, então ela é balizada pelos limites do conhecimento científico.

De certo, essa concepção de ciência acabou sendo reforçada –e vindo a se tornar um divisor de águas na forma como se estrutura o sistema de pesquisa e a organização da atividade científica no período pós Segunda Guerra Mundial– por meio do documento denominado *Science: The Endless Frontier*, elaborado por Vannevar Bush (então diretor do Escritório de Pesquisa Científica e Desenvolvimento) a pedido de Franklin D. Roosevelt, presidente dos Estados Unidos (Bush, 1945).

Conforme afirma Furtado (2005), atribui-se às propostas do Relatório uma lógica linear na medida em que pressupõe que o gasto em pesquisa básica e, sobretudo, em tecnologias e setores estratégicos será transferido aos demais setores da economia e reverterá em benefícios para o país de forma quase automática.

No entanto, sabe-se que a relação entre as variáveis não é diretamente proporcional –e de mão única– como representada por Bush, uma vez que existem múltiplas dimensões e fatores envolvidos que não permitem estabelecer uma relação de causalidade tão segura e enfática. Contudo, Balconi, Brusoni e Orsenigo (2010) mencionam que muitas das críticas direcionadas ao Relatório não são, de fato, justificáveis. É necessário refletir a respeito de toda a conjuntura que se dava no momento em que Bush compunha o documento. Há de se considerar que seu objetivo era obter um amplo e substancial apoio financeiro e institucional à pesquisa básica. Logo, o relatório não é a referência correta para uma exposição da modelo linear (nem sua origem): era um documento de política que, por isso, não propunha uma teoria totalmente esmiuçada, tampouco um modelo.

O foco da discussão aqui não se centra na crítica às exposições do Relatório, mas sim na compreensão de que o documento não trouxe novas perspectivas com relação a seu contexto de produção, mas sim foi responsável por sintetizar o sentimento comum entorno da ciência e de sua importância para a promoção do progresso e do desenvolvimento de uma nação (Dias, 2005).

Por esta razão, o Relatório de Bush é central para o entendimento do modelo cognitivo que predomina quando se pensa o papel da ciência para a estruturação do sistema de pesquisa e a organização da atividade científica nos Estados Unidos (e também em vários outros países) no século xx. Consequentemente, Velho (2011) refere-se a esse paradigma –que perdurou do período de pós-guerra até a década de 1960– como “Ciência como motor do progresso”.

Ciência como Solução e Causa de Problemas (1960 a 1980)

Ao final dos anos 1960, o modelo de Política Científica e Tecnológica (PCT) americano ganha um novo desenho, distinto daquele construído no pós-guerra. A crítica ao gasto público em atividades de prestígio tecnológico com a finalidade de expandir a fronteira passa a se fazer presente –como o Programa Apollo, por exemplo–, sendo que o congresso americano se vê obrigado a escrutinar mais os programas e a exigir que estes comprovassem

a geração de retornos econômicos. Nesse período, cresce a incerteza inaugurada pela “sociedade do risco”, sendo os grandes projetos governamentais as vítimas dessas transformações (Furtado, 2005).

As décadas de 1960 e 1970 representam, em vista disso, a materialização dos questionamentos a respeito da autonomia científica, que se deram por meio de movimentos sociais e de contracultura. Apontava-se a existência de externalidades negativas relacionadas aos impactos e à aplicação da ciência e da tecnologia, colocando em xeque a visão positivista dos impactos da ciência, defendendo-a como sendo imbuída de valores. Por conseguinte, a hegemonia da “Ciência como fronteira sem fim” passou a ser protestada. São por esses fatores que a ciência é tida nessa fase como não “extrassocial”, tampouco socialmente neutra (Velho, 2011). Nasce, assim, um sentimento de dúvida sobre o diagnóstico de Merton quanto à dinâmica da ciência, abarcada dentro de um quadro funcionalista e como uma instituição homogênea (Barnes, 1970).

Foi neste contexto que a ciência e a tecnologia, assim como suas relações com a sociedade, tornaram-se objeto de estudo (Velho, 2011). A interdisciplinaridade, então, emerge frente a esse cenário “como um convite à produção de novos conhecimentos, como uma interlocução com as diversas disciplinas” (Nascimento, Amazonas e Vilhena, 2013: 675).

Na América Latina, como resultado dos transbordamentos a nível internacional, surgem os Estudos Sociais da Ciência e da Tecnologia, dando lugar, inclusive, à ideia de um “Pensamento Latino-americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade” (PLACTS), cuja principal preocupação política consistia em encontrar formas e instrumentos para desenvolver o conhecimento científico e tecnológico localmente, para que pudesse ser adequado às necessidades da região (Kreimer, 2007). Com efeito, o PLACTS foi responsável por estruturar – e de certo modo formalizar – um diagnóstico crítico do modelo vigente, com uma intenção de mudança social para os países latino-americanos (Dagnino *et al.*, 2011).

O objetivo das discussões no cerne desse pensamento consistia em fazer da ciência um objeto de estudo público, como tema vinculado a uma estratégia de desenvolvimento econômico. Nessa lógica, houve ênfase no fato de que a ciência e a tecnologia não são neutras e universais, mas sim processos com características específicas de acordo com o contexto em que se inserem. Desse modo, são conquistas fundamentais do PLACTS: a crítica ao modelo linear de inovação; e a proposta de instrumentos analíticos como “projeto nacional”, “reivindicação social para Ciência e Tecnologia (CT)”, “política implícita e explícita”, “estilos tecnológicos” e “pacotes tecnológicos” (Kreimer, 2007).

No cenário americano, de onde partia essa crise do modelo linear de PCT, surge a proposição de um novo padrão mais descentralizador, em que há um deslocamento gradual da ênfase dos grandes programas que atendiam missões do governo federal para outros programas voltados para *performance* da indústria e do setor privado (Furtado, 2005). “Ao invés de assumir o papel de liderança do processo de inovação, o Estado deveria induzir a atuação dos demais agentes, principalmente empresas. Nesse ambiente de coordenação descentralizada, a mudança de regras institucionais assume um papel importante” (Furtado, 2005: 43).

Nessa perspectiva, Velho (2011: 140) destaca que a relação entre CT ainda se mantém como algo linear, mas, agora, como resultado das críticas que se levantaram, passou a ser pautada na demanda:

[...] não é mais a ciência que empurra a tecnologia (*science push*), mas o mercado, as necessidades dos usuários que puxam o desenvolvimento científico (*demand pull*). Nessa relação entre ciência e tecnologia, as empresas eram tidas como possuidoras de capacitação e habilidades para julgar as demandas do mercado, identificar oportunidades tecnológicas e articular necessidades e demandas (Velho, 2011: 140).

A partir desse panorama, a PCT passa a responder a desafios mais imediatos que surgiam para a sociedade, como na área de saúde e energética, destacando-se a crise do petróleo como fator que fez emergir novas urgências para a sociedade americana (Furtado, 2005). Isso levou à visão de que —embora o conteúdo da ciência seja livre de influências sociais— seu foco, sua direção e seu uso podem e devem ser controlados (Velho, 2011).

Ciência como Fonte de Oportunidade Estratégica (1980 a 2000)

Nesse período (décadas de 1980 e 1990), a ciência passa a ser entendida como uma construção social, cujo conteúdo está sujeito à análise sociológica, assim como seu foco, sua direção e seu uso, sendo que a produção de conhecimento se dá em locais multivariados (empresas, hospitais, ONG) —não mais restritos à comunidade acadêmica— e sob a interface de relações entre agentes diversos:

Atores principais agora envolvem, além de pesquisadores, também os políticos e servidores públicos, economistas, especialistas em marketing, industriais —até a composição dos comitês e painéis para alocação de recursos e

avaliação da Política de CTI reflete essa multiplicidade de atores sociais (Velho, 2011: 144).

Ao contrário de exibirem compromisso com as normas da ciência prescritas por Merton (1979) e seus seguidores, a conduta dos cientistas demonstrava certo distanciamento, pois buscavam compreender os processos internos (“dentro da caixa preta”) que envolvem a produção de conhecimento. Para tanto, enfatizaram a natureza contingente e socialmente localizada dos fatos científicos, adotaram uma perspectiva relativista e conceberam a ciência como uma construção social (Velho, 2011).

Baseado nessa visão, “Ciência, Tecnologia e Sociedade” tornou-se o rótulo na academia de um grupo diversificado unido por metas progressistas e um interesse pela ciência e tecnologia como instituições e atividades sociais, uma vez que os atores envolvidos na dinâmica de produção de conhecimento são sempre membros da sociedade, que necessariamente trabalham sob sua égide. Desse modo, as questões-chave voltam-se sobre a promoção da ciência “desinteressada” e sobre as tecnologias que beneficiam as populações mais amplas (Sismondo, 2007).

Velho (2011) assinala que essa nova concepção de ciência –socialmente construída– sofre repulsa por alguns pesquisadores, em especial aos pertencentes às áreas das ciências naturais, que ainda entendem o conhecimento como objetivo e livre de influências sociais. Estabelece-se, assim, o que se denominou de *Science Wars* (Gross e Levitt, 1998 *apud* Velho, 2011). Embora houvesse alguma resistência na comunidade científica, o entendimento que predominava era de que a ciência era resultado de uma construção social e uma fonte de oportunidade estratégica, tornando mais proeminentes as abordagens interdisciplinares na produção de conhecimento.

Ciência para o Bem da Sociedade (século XXI)

Velho (2011) deixa claro que o paradigma que marca o início do século XXI está em processo de consolidação, mas que é possível perceber uma tendência de um enfoque “contextualizado”, em que ganha espaço a busca por políticas que levem em consideração fatores nacionais e locais.

Diante desse quadro, a ciência do século XXI tem se revelado como culturalmente construída, reconhecendo e admitindo diferentes formas de conhecimento que interagem entre si. Há, portanto, uma ênfase em estilos nacionais de produção, em contraposição a estilos globais (Velho, 2011). A ideia subjacente é a de que, se as diferenças contextuais não

forem levadas em conta, pressupõe-se que a ciência seja sempre afetada pelos mesmos fatores que são responsáveis por sua dinâmica (Kreimer, 2007).

Na década de 1970, o trabalho de Varsavsky (1969) contribuiu significativamente para o entendimento do papel da ciência nos países periféricos e da tensão dos cientistas locais entre a integração internacional e a aplicação de conhecimentos úteis para a sociedade, levando à proposta do conceito de “estilos de desenvolvimento científico e tecnológico”. Ao longo dos últimos anos, essas ideias têm ressurgido para explicar e dar conta dessas mesmas tensões, mas a partir de perspectivas que mudaram o nível de análise para uma abordagem mais macrossociológica (Kreimer, 2007).

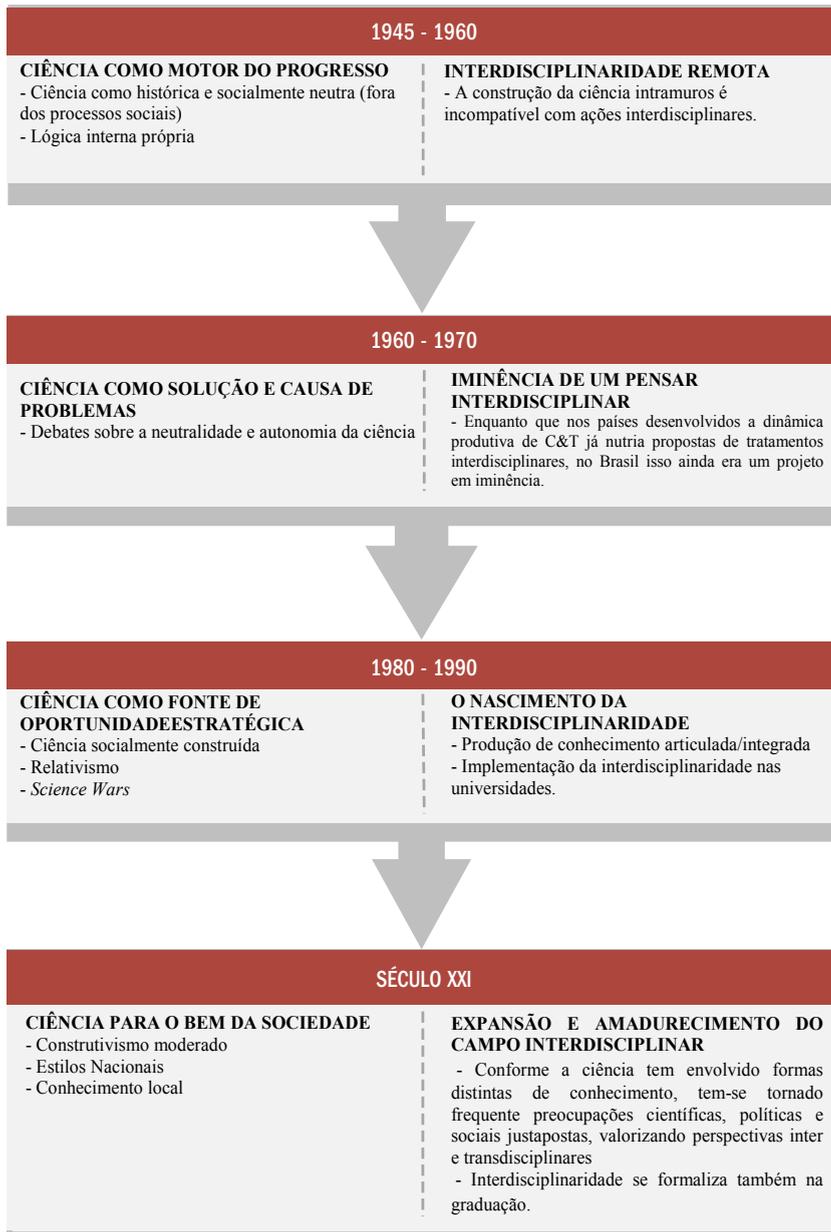
Na América Latina, há uma preocupação crescente sobre a compreensão da dinâmica da produção de conhecimento no contexto particular da região. Busca-se captar suas características específicas (sociais, políticas, econômicas, culturais), identificando regularidades e diferenças não só a nível intrarregional, mas também em relação aos países centrais. Verifica-se, destarte, uma justaposição de preocupações políticas, pesquisa histórica e análise das sociedades atuais, a fim de compreender a correlação de problemas e, ao mesmo tempo, contribuir para o debate público sobre o papel da ciência e da tecnologia.

UMA RELAÇÃO ENTRE A CIÊNCIA DOMINANTE E A INTERDISCIPLINARIDADE

Nessa seção, buscar-se-á apontar como se constitui o elo entre os quatro paradigmas da ciência propostos por Léa Velho e o nascimento –e posterior amadurecimento– do campo interdisciplinar, sobretudo no contexto da pós-graduação. Para tanto, será tomada como ponto de partida a periodização proposta por Pereira e Nascimento (2016) sobre a trajetória da prática interdisciplinar nas universidades brasileiras. A partir de uma perspectiva teórico-comparada, a figura 1 apresenta a inter-relação entre os paradigmas da ciência e a trajetória da interdisciplinaridade no Brasil.

Pereira e Nascimento (2016) registram quatro períodos que marcam, de forma distinta, o processo de nascimento, expansão e institucionalização da interdisciplinaridade enquanto campo formal de pesquisa. Segundo eles, o primeiro, entre os anos 1970 e 1990, constitui-se como a fase da implementação da interdisciplinaridade no bojo das universidades, que se deu no Brasil através de iniciativas provindas de cursos isolados de pós-graduação.

Figura 1. Perspectiva comparada dos paradigmas da ciência e do nascimento, expansão e amadurecimento da interdisciplinaridade



Fonte: elaboração própria com base em Velho (2011) e Pereira e Nascimento (2016).

O segundo período (1999 a 2007) foi de crescimento, reconhecimento e institucionalização das práticas e experiências interdisciplinares, já com o apoio do Comitê Multidisciplinar da CAPES, criado em 1999. O terceiro (2008 a 2011) pode ser caracterizado como a fase de consolidação de Programas de Pós-Graduação em diversas universidades, com forte patrocínio do Comitê Interdisciplinar. O último período, em curso, se dá no momento em que a interdisciplinaridade chega à graduação.

Ciência como Motor do Progresso e a Interdisciplinaridade Remota (1945-1960)

Nesse período, em que a ciência era autônoma e focada na produção de conhecimento básico, o diálogo entre disciplinas era desencorajado, bem como ações de transferência de tecnologia ou, ainda, atividades de extensão.

Uma vez que a ciência era pensada “intramuros”, o paradigma da ciência como motor de progresso era incompatível com ações interdisciplinares estruturadas. É nesse sentido que Pereira e Nascimento (2016) datam as primeiras iniciativas interdisciplinares significativas (formais) a partir de 1960 e, sobretudo, de 1970, em que um novo paradigma se apresentava, no qual a organização e o trabalho do conhecimento científico passam a ocorrer mais sistematicamente de maneira não disciplinar (Nascimento, Amazonas e Vilhena, 2013).

Portanto, como veremos a seguir, as reflexões e iniciativas no sentido da interdisciplinaridade encontram terreno fértil nas décadas seguintes, resultando, em especial, “em um incremento de programas de pós-graduação, de laboratórios de pesquisa, de publicações, mas, também, uma mudança na prática docente em todo o mundo” (Nascimento, Amazonas e Vilhena, 2013: 674).

Ciência como Solução e Causa de Problemas (1960-1980) e a Iminência de um “Pensar” Interdisciplinar

No período correspondente ao que Velho (2011) denominou como “Ciência como solução e causa de problemas”, o foco da PCT consistia em conceber incentivos para que os pesquisadores trabalhassem em problemas para o setor produtivo e em criar oportunidades para transferência de tecnologia. Nesse cenário, pesquisadores perdem parte da autonomia na definição da

agenda de pesquisa e são direcionados a trabalharem em problemas levantados pela sociedade e pelo mercado (Velho, 2011). Devendo a ciência ser “dirigida”, os cientistas, enquanto ainda responsáveis pela produção de conhecimento, devem agora fazê-lo de forma conjunta, uma vez que os problemas que se colocam exigem combinação de saberes e contato com o contexto industrial. Assim, “tentativas de complementação, de superação ou, mesmo, de ruptura com a disciplina levaram à formulação [...] das ideias de interdisciplinaridade” (Nascimento, Amazonas e Vilhena, 2013: 674).

É nesse sentido, por dirigir o desenvolvimento científico às necessidades sociais e tecnológicas, que essa fase tem sido referenciada como vincucionista (Dagnino e Thomas, 2011). O vincucionismo, marcado no período compreendido entre 1955 e 1975, consistiu na disposição explicitada nas políticas de CT de requerer a aproximação dos entes responsáveis pela formação de recursos humanos qualificados e pela pesquisa com os agentes do setor produtivo (Theis, 2015).

Essa concepção surge como uma forma de estreitamento das relações entre o setor produtivo e as instituições de pesquisa, notadamente a universidade (Dagnino, Thomas e Garcia, 1997). Ainda mais, “tratava-se de um processo no qual as demandas das empresas estatais eram as que movimentavam a relação universidade-setor produtivo” (Serafim e Dagnino, 2011: 407).

Nesse contexto, em meados da década de 1960, nasce, na Europa, um movimento em prol da interdisciplinaridade, potencializado sobretudo por estudantes que reivindicavam um novo estatuto de universidade e de escola, em oposição ao capitalismo epistemológico de determinadas ciências, à alienação da universidade a problemas da cotidianidade e às organizações curriculares que evidenciavam a especialização do conhecimento (Fazenda, 2008).

Em 1961, Georges Gusdorf apresenta à Unesco (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) um projeto de pesquisa interdisciplinar para as ciências humanas, cujo intuito era orientá-las à convergência e à unidade do saber, diminuindo a distância teórica entre elas (Fazenda, 2008). Especialmente em função desse projeto, a interdisciplinaridade ganha expressão no mundo (Pereira e Nascimento, 2016).

Dagnino e Thomas (2011), ao analisarem esse processo na América Latina, percebem que, de 1950 até década de 1970, a universidade pública esteve responsável por estreitar os laços com o sistema produtivo. Era papel da universidade garantir que os resultados da pesquisa científica e tecnológica chegassem aos potenciais usuários. Nesse ínterim, o discurso idealista que predominava considerava o desenvolvimento científico como uma condição necessária e suficiente para gerar o desenvolvimento econômico e

social dos países periféricos. Através de organismos internacionais, principalmente a Unesco, difundiu-se na América Latina um modelo institucional surgido das experiências de reconstrução de pós-guerra dos sistemas de CT de alguns países europeus; a estratégia implementada respondeu à intenção de replicação do modelo linear de inovação (Thomas *et al.*, 1997). Portanto, ao contrário dos países desenvolvidos, onde a dinâmica produtiva distribuiu responsabilidades para além da universidade, a academia latinoamericana passou a assumir tal compromisso.

Enquanto nos Estados Unidos e na Europa, a partir da década de 1960, a interdisciplinaridade tornou-se um tema importante no discurso acadêmico e político sobre produção de conhecimento e financiamento de pesquisa (Klein, 2006), no Brasil, são os anos de 1970 que marcam a estruturação da conceituação básica da interdisciplinaridade (Fazenda, 2008).

Os primeiros estudos publicados sobre o tema foram de Japiassu (1976), cujo professor e orientador foi Gusdorf. A preocupação central nesse período consistia na explicitação terminológica; anunciando, assim, a iminência da construção de um novo paradigma da ciência, de conhecimento, e de um novo projeto educacional (Fazenda, 2008).

Enquanto que nos países centrais a dinâmica produtiva já nutria propostas legítimas de tratamentos interdisciplinares, nos países latino-americanos isso ainda era um projeto em iminência, que, a partir de 1980, especialmente por conta das mudanças proporcionadas pela década passada, definem um campo formal de produção e transmissão do conhecimento (Nascimento, Amazonas e Vilhena, 2013).

Esse período (1960-1980), portanto, caracteriza-se pelo início implementação da interdisciplinaridade em cursos isolados de pós-graduação em algumas universidades brasileiras (Pereira e Nascimento, 2016).

Ciência como Fonte de Oportunidade Estratégica (1980-2000) e o Nascimento da Interdisciplinaridade

Conforme ressaltam Pereira e Nascimento (2016), a expansão da interdisciplinaridade como prática de pesquisa e ensino ganhou maior visibilidade no momento em que os conhecimentos disciplinares ofereciam inquietações aos cientistas, mostrando-se insuficientes para enfrentar os novos fenômenos da sociedade contemporânea. “No contexto das novas demandas, a forma disciplinar e fragmentada de produção de conhecimento oferece possibilidade limitada de soluções aos problemas” (Oliveira e Almeida, 2011: 50).

Nessa lógica, ganha espaço a teoria da Nova Produção do Conhecimento (NPC), desenvolvida por Michael Gibbons e seus colaboradores. De acordo com os autores, ocorreu nas ciências uma mudança de paradigma sobre a maneira pela qual o conhecimento é gerado e validado. Tais mudanças tiveram origem na relação entre o mundo e o campo da ciência, de tal forma que os pesquisadores vêm cada vez mais assumindo posturas estratégicas para suas carreiras e se tornando empreendedores, encontrando maneiras de traduzir a linguagem de suas pesquisas para o cumprimento de outras agendas, como a de governos, indústrias e da sociedade em geral (Gibbons *et al.*, 1994). É por isso que a própria dinâmica de produção de conhecimento e a formação profissional viram-se alteradas.

Aliado a isso, a busca por novas fontes de financiamento à pesquisa, por parte das universidades, veio a contribuir para a permeabilidade das áreas do conhecimento, isto é, para a busca de novas parcerias com vários agentes que não mais se restringem aos atores da academia (Gibbons *et al.*, 1994; Harloe e Perry, 2004). Segundo Gibbons:

A ciência não se encontra do lado de fora da sociedade [...]. Também não é um enclave autônomo que, agora, está sendo esmagado pelo peso de interesses políticos e econômicos estreitos. Ao contrário, a ciência sempre moldou e foi moldada pela sociedade num processo que é, ao mesmo tempo, complexo e variado; dinâmico e não estático. A gama de possíveis problemas que podem ser endereçados pela ciência é indefinidamente grande e, assim, a agenda de pesquisa não pode ser entendida em termos puramente intelectuais (Gibbons *et al.*, 1994: 22).

Nasce, então, o denominado Modo 2 de conhecimento, que se caracteriza por ser socialmente distribuído e orientado à aplicação (Nowotny e Scott; Gibbons, 2003). A essa característica de aplicação extramuros e dialógica que envolve o modelo de conhecimento da universidade ao final do século xx (Dias Sobrinho, 2014).

Segundo Velho (2011), na tentativa de integrar oferta e demanda, além das considerações de Gibbons *et al.* (1994) sobre a dinâmica de produção de conhecimento, foram desenvolvidos diversos modelos explicativos da relação entre CTI e Sociedade, com ênfase na interação entre os vários atores que podem se articular para produzir e usar conhecimento novo. O Triângulo de Sábado e a Tripla Hélice fazem parte desse esforço.

Jorge Sábado e Natalio Botana propuseram um modelo que representa as articulações entre o Estado, universidades e institutos de pesquisa e o setor produtivo. Tal modelo ficou conhecido como o Triângulo de Sábado (TS).

A proposta dos autores baseava-se no princípio de que a superação do desenvolvimento dos países da América Latina viria através de uma ação decisiva no campo da pesquisa científico-tecnológica (Plonsky, 1995), de tal forma que se consolidassem nos países uma sólida infraestrutura para tanto, em oposição à dependência marcante das economias desenvolvidas. Para isso, seria necessário inserir a ciência e a tecnologia na própria trama do processo de desenvolvimento, inserção essa que deve ser resultado da ação múltipla e coordenada de três elementos: o governo (em destaque), a estrutura produtiva (indústrias/negócios) e a infraestrutura científico-tecnológica (universidades), em que “cada vértice representa uma convergência de múltiplas instituições, unidades de decisão e de produção, que se relacionam através de várias dimensões e produzem a dinâmica do TS” (Figueiredo, 1993: 87). Segundo Carboni, Delicio e Maestromey (2000), reconhecia-se a necessidade de mobilizar a universidade, relacionando-a com as estruturas produtivas, como a chave de funcionamento deste modelo no qual as relações tinham o Estado como principal mediador.

A despeito da relevância da proposta latino-americana, o modelo da Hélice Tripla (HT) vem ganhando importância e atenção crescentes a nível mundial desde a década de 1990. O conceito desse modelo implica na interação profunda entre os três atores sociais –governo, empresas e universidades– de tal maneira que há o surgimento de uma sobreposição de funções e, inclusive, trocas pontuais de papéis (Theis, 2015).

O modelo da HT assume que a força motriz do desenvolvimento econômico, na era pós-industrial, é a disseminação de conhecimento socialmente organizado (Ivanova e Leydesdorff, 2014; Leydesdorff, 2000). Em outras palavras, preconiza a hibridização de elementos da universidade, indústria e governo para a geração de novos formatos institucionais e sociais para a produção, transferência e aplicação de conhecimento (Stanford University, 2016). Ainda mais, cada um dos três atores sociais participa conjuntamente na geração de riqueza, criação de inovações e no controle normativo (Vaivode, 2015). De acordo com esse modelo, a sociedade se inseriria em um cenário no qual a universidade seria o foco da inovação que busque atender às necessidades da indústria enquanto é regulada pelo governo (Burgos-Mascarell; Ribeiro-Soriano; Martínez-Lopez, 2016).

É possível perceber que esses modelos –TS e HT– compartilham a ideia de que a produção de conhecimento e estrutura social são intimamente relacionadas, ao ponto de não se saber onde começa a CT e termina a sociedade e vice-versa (Velho, 2011).

Diante desse contexto, a interdisciplinaridade vem, portanto, com a proposta de promover uma nova forma de trabalhar o conhecimento, na

qual deve haver interação entre sujeitos-sociedade-conhecimentos, de maneira que o ambiente seja dinâmico e vivo, e os conteúdos problematizados e vislumbrados juntamente com as outras disciplinas (De Azevedo e De Andrade, 2007).

Esse processo vivenciado especialmente pelas universidades –que favoreceu e incentivou o amadurecimento de abordagens interinstitucionais– também contribuiu, internamente, para a diversificação de disciplinas e para a composição de diferentes tipos de cursos e novos modelos de ensino (Dias Sobrinho, 2014). Nessa perspectiva, Salmi (2014) destaca que, em vista das novas necessidades de formação e dos novos desafios competitivos que se colocavam à época, muitas universidades assumiram importantes transformações em termos de governança, de estrutura organizacional e no *modus operandi*. Tal fato fez com que emergisse uma habilidade de organizar as disciplinas tradicionais de forma distinta, considerando a relevância de novas áreas científicas e tecnológicas, como a nanotecnologia, a biologia molecular, a biotecnologia, a ciência de materiais avançados, a microeletrônica, a robótica, a neurociência etc. Formar e pesquisar nesses campos exige uma integração de disciplinas que antes não estavam, necessariamente, em relação de proximidade (Salmi, 2014).

Nesse ínterim, percebendo o destaque que vêm ganhando tais programas, diversos instrumentos de financiamento buscaram apoiar projetos de cunho interinstitucionais e multidisciplinares. Ademais, foram desenvolvidas metodologias para estimar os impactos econômicos e sociais, que passaram a incorporar atores fora do sistema científico (Velho, 2011). Segundo Oliveira e Almeida:

Os programas e cursos interdisciplinares no Brasil parecem estar inseridos em um movimento de questionamento das formas tradicionais de produção científica. Professores e pesquisadores insatisfeitos, muitas vezes, com os resultados de suas pesquisas disciplinares, atentos ao contexto amplo de complexidade e de novas configurações dos saberes, buscam construir nos espaços desses programas e cursos uma forma de organizar a produção científica, a partir da transferência de metodologias e da produção coletiva entre áreas e campos muitas vezes considerados distintos (Oliveira e Almeida, 2011: 47).

Percebendo esse processo, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) se viu impelida a investir em ações que acompanhassem e coordenassem essa tendência de edificação das abordagens que propõe o diálogo entre saberes. Assim, fortemente movida pelas mudanças

percebidas nas últimas décadas no que tange à organização social, à produção industrial e ao campo da pesquisa, inaugura, em 1999, a Área Multidisciplinar (CAPES, 2016). Portanto, a nível institucional, a visão conceitual que predominava era a da multidisciplinaridade.

Ciência para o Bem da Sociedade (século XXI) e o Amadurecimento do Campo Interdisciplinar

A concepção de ciência em prol da sociedade, ainda em construção, torna imperativo o desenvolvimento de métodos e técnicas de avaliação compatíveis com a concepção de ciência que se apresenta e de sua relação com a sociedade (Velho, 2011). Como ressalta Salmi (2014: 55), “a formação está se tornando parte integrante da vida profissional e realiza-se em uma miríade de contextos: no trabalho, nas instituições de ensino superior especializado ou mesmo em casa”. A esse conhecimento, Santos (2008) denominou de conhecimento “pluriversitário”, em contraposição ao “universitário”.

Nesse sentido, em 2008, a CAPES passa a designar a Área Multidisciplinar como Área Interdisciplinar (AI). Esse movimento se dá em função de que a multidisciplinaridade, a despeito de representar um avanço no tratamento de um dado problema de investigação complexo, dada a interlocução de várias perspectivas teórico-metodológicas, preserva a metodologia e a independência das áreas de conhecimento. A interdisciplinaridade, diferentemente, “pressupõe uma forma de produção do conhecimento que implica trocas teóricas e metodológicas, geração de novos conceitos e metodologias e graus crescentes de intersubjetividade, visando a atender a natureza múltipla de fenômenos complexos” (CAPES, 2016, p. 9).

Ao propor programas de pós-graduação interdisciplinares, a CAPES espera que a qualidade da geração de conhecimento e de recursos humanos formados seja superior às contribuições individuais das partes envolvidas (CAPES, 2016).

Vários desdobramentos surgiram a partir da formalização desse campo, tal qual a forte expansão dos cursos de pós-graduação com foco interdisciplinar e a abertura de novos cursos em universidades mais jovens e afastadas dos grandes centros urbanos. Há, portanto, uma via de mão dupla, na qual, por um lado, a demanda por abordagens interdisciplinares incentivou a CAPES a criar uma área temática própria e, por outro, novas propostas surgiram impelidas pela criação formal e institucionalizada desse novo campo (CAPES, 2013).

Em 2004, mediante um expressivo crescimento de novos cursos observado nos últimos anos e com a intenção de organizar suas atividades, são estabelecidas reuniões de acompanhamento com os coordenadores dos cursos de pós-graduação (RECOPE) de forma a manter um intercâmbio consistente de informações entre os agentes e debater sobre a pós-graduação e a própria AI (CAPES, 2016).

É nesse contexto que este período caracteriza-se como a fase de crescimento, reconhecimento e institucionalização das práticas e experiências interdisciplinares, que se deu principalmente com o apoio da CAPES (Pereira; Nascimento, 2016). O gráfico 1 expõe a evolução do número de cursos de pós-graduação pertencentes à AI, de 1999 a 2017.

Dentre os anos de 2001 e 2015, a média de credenciamento de novos programas de pós-graduação pertencentes à AI foi de 40 novos cursos por ano. Analisando-se similarmente a taxa de credenciamento de cursos interdisciplinares com os entendidos “monodisciplinares” (Teixeira, 2004), segundo a CAPES, o índice interdisciplinar é três vezes maior que a média da instituição, o que tem contribuído de forma significativa para expansão da pós-graduação do país (CAPES, 2016).

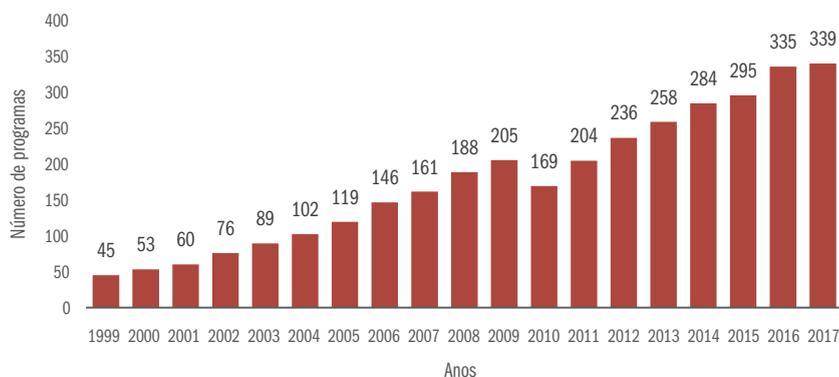
Esses dados sinalizam o crescimento e, conseqüentemente, a preocupação por parte de programas de pós-graduação em ampliar a oportunidade de novas formas de produção do conhecimento científico.

Conforme ressalta Leis (2005), a emergência de cursos interdisciplinares não deve ser interpretada como efeito de um movimento interdisciplinar perfeitamente definido, mas, sobretudo, como um sintoma dos limites dos cursos disciplinares para responderem às demandas de formação de recursos humanos e de pesquisa. Desse ponto de vista, os cursos interdisciplinares devem ser entendidos mais como impulsores do trabalho interdisciplinar em novas direções, e menos como efeitos de movimentos preexistentes. Enquanto programas disciplinares buscam inspiração na experiência já existente, os interdisciplinares produzem a realidade que os contextualiza (Leis, 2005).

Para Pereira e Nascimento (2016), 2008 a 2011 marca o período de consolidação de programas de pós-graduação em diversas universidades, com forte apoio do Comitê Interdisciplinar. A partir de 2011, inicia-se a fase de maturidade dos programas, em que a interdisciplinaridade transborda a pós-graduação e passa a permear, inclusive, os cursos de graduação (Pereira e Nascimento, 2016).

Para alguns autores, nos anos 2000, a concepção de ciência ganha traços “transdisciplinares”, considerando a tendência de horizontalizarão das relações interdisciplinares (Bibeau, 1996, e Jantsch, 1972 *apud* Almeida

Gráfico 1. Evolução do número de programas da Área Interdisciplinar da CAPES (1999-2017)



Fonte: Elaboração própria com base em Plataforma Supcupira. Disponível em <<https://geocapes.capes.gov.br/geocapes/>>. Acesso em 19/6/19.

Filho, 2000). No contexto atual, o termo transdisciplinaridade tornou-se associado à pesquisa orientada para o problema, que gera novos referenciais conceituais e metodológicos e envolve as partes interessadas na sociedade no processo de pesquisa (Klein, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os períodos que marcaram o processo de nascimento, expansão e institucionalização da interdisciplinaridade enquanto campo formal de pesquisa tecem estreitas relações com o conceito paradigmático de ciência. O nascimento da interdisciplinaridade deve ser visto como resultado de um processo mais amplo, caracterizado por toda uma conjuntura social, econômica, política e cultural que se construía a nível internacional (com destaque ao contexto norte-americano), que foi, paulatinamente, extravasando para o cenário dos países latino-americanos e influenciando a forma de se fazer ciência, de formar e de praticar a atividade de pesquisa.

De 1945 a 1960, temos um período marcado pela visão da ciência como motor do progresso, em que o contexto torna incompatíveis práticas interdisciplinares significativas. Com o início da década de 1960, emergem debates sobre a neutralidade e autonomia da ciência e, com eles, surge um pensar interdisciplinar. Especialmente nos países latino-americanos, esse era um projeto ainda em construção.

É somente com a chegada da década de 1980, especialmente por conta das mudanças impulsionadas nos períodos anteriores, que um novo campo de produção e transmissão do conhecimento é definido. A ciência passa a ser vista como socialmente construída, permitindo a produção de conhecimento articulada e integrada e a multiplicação de cursos de pós-graduação interdisciplinares. Nesse período, a nível institucional, predominava a visão de multidisciplinaridade, expressa, sobretudo, pela composição da Área Multidisciplinar da CAPES em 1999.

O amadurecimento da perspectiva interdisciplinar na pós-graduação no Brasil, assinalado com o início dos anos 2000, expressa-se, sobretudo, pela designação da Área Multidisciplinar como Interdisciplinar. Paralelamente, conforme tem crescido a compreensão da ciência como transcultural, que envolve formas distintas de conhecimento, tem-se tornado frequente preocupações científicas, políticas e sociais justapostas, fortalecendo a ideia de transdisciplinaridade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida Filho, N. (2000), “Intersetorialidade, transdisciplinaridade e saúde coletiva: atualizando um debate em aberto”, *Revista de Administração Pública*, vol. 34, N° 6, pp. 11-34.
- Balconi, M., S. Brusoni y L. Orsenigo (2010), “In defense of the linear model: An essay”, *Research Policy*, vol. 39, N° 1, pp. 1-13.
- Barnes, B. y A. Dolby (1970), “The Scientific Ethos: a deviant viewpoint”, *European Journal of Sociology*, vol. 11, N° 1, pp. 3-25.
- Bibeau, G. (1996), *Sur l'interdisciplinarité et l'application*, Montréal, Université de Montréal.
- Burgos-Mascarell, A., D. Ribeiro-Soriano y M. Martínez-Lopez (2016), “Dystopia deconstructed: Applying the triple helix model to a failed utopia”, *Journal of Business Research*, N° 69, pp. 1845-1850.
- Bush, V. (1945), “Science: The endless frontier”, *Transactions of the Kansas Academy of Science*, vol. 48, N° 3, pp. 231-264.
- CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) (2016), “Documento de Área – Interdisciplinar”. Disponível em: <https://www.capes.gov.br/images/documentos/Documentos_de_area_2017/INTE_docarea_2016_v2.pdf>. Acesso em 6/21/2019.
- (2013), “Documento de Área Interdisciplinar 2013: Avaliação trienal 2010-2012”.

- Carboni, S., F. A. Delicio y M. Maestromey (2000), “Relación entre universidad y sector productivo”, *FACES*, vol. 6, N° 9, pp. 81-97.
- D’Ambrosio, U. (1997), *Transdisciplinaridade*, São Paulo, Palas-Athenas.
- Dagnino, R. P., H. Thomas, y A. D. García (1997), “Vinculacionismo / neovinculacionismo: racionalidades de la interacción Universidad-Empresa en América Latina (1955-1995)”, *Espacios Revista Venezolana de Gestión Tecnológica*, vol. 18, N° 1, pp. 49-76.
- Dagnino, R. *et al.* (2011), “Racionalidades da interação universidade-empresa na América Latina (1955-1995)”, em Dagnino, R. P. y H. Thomas (comp.), *A pesquisa universitária na América Latina e a vinculação universidade-empresa*, Chapecó, Argos, pp. 37-82.
- Dagnino, R. y H. Thomas (2011), *A pesquisa universitária na América Latina e a vinculação universidade-empresa*, Chapecó, Argos.
- De Azevedo, M. A. R. y M. F. R. De Andrade (2007), “O conhecimento em sala de aula: a organização do ensino numa perspectiva interdisciplinar”, *Educar em Revista*, vol. 23, N° 30, pp. 235-250.
- Dias Sobrinho, J. (2014), “Universidade e novos modos de produção, circulação e aplicação do conhecimento”, *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior*, vol. 19, N° 3, pp. 643-662.
- Dias, R. B. (2005), *A política científica e tecnológica latino-americana: relações entre enfoques teóricos e projetos políticos*, Campinas, UNICAMP.
- Fazenda, I. (comp) (2008), *Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa*, Campinas, Papyrus Editora.
- Figueiredo, P. C. N. (1993), “O ‘triângulo de Sábato’ e as alternativas brasileiras de inovação tecnológica”, *Revista de Administração Pública*, vol. 27, N° 3, pp. 84-97.
- Frigotto, G. (2008), “A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais”, *Ideação*, vol. 10, N° 1, pp. 41-62.
- Furtado, A. T. (2005), “Novos Arranjos Produtivos, Estado e Gestão da Pesquisa Pública”, *Revista Ciência e Cultura – Temas e Tendência*, vol. 57, N° 1, pp. 41-45.
- Gibbons, M. *et al.* (1994), *The New Production of Knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*, Londres, Sage Publications.
- Gross, P. R. y N. Levitt (1998), *Higher superstition: the academic left and its quarrels with science*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- Harloe, M. y B. Perry (2004), “Universities, localities and regional development: the emergence of the ‘Mode 2’ university?”, *International Journal of Urban and Regional Research*, vol. 28, N° 1, pp. 212-223.
- Huutoniemi, K. *et al.* (2010), “Analyzing interdisciplinarity: Typology and indicators”, *Research Policy*, vol. 39, N° 1, pp. 79-88.

- Ivanova, I. A. e L. Leydesdorff (2014), “Rotational symmetry and the transformation of innovation systems in a Triple Helix of university–industry–government relations”, *Technological Forecasting and Social Change*, N° 86, pp. 143-156.
- Jantsch, E. (1972), “Vers l’interdisciplinarité et la transdisciplinarité dans l’enseignement et l’innovation [Towards interdisciplinarity and transdisciplinarity in education and innovation]”, en Apostel, L. *et al.* (eds.), *Interdisciplinarity: Problems of teaching and research in Universities*, Paris, OCDE, pp. 127-139.
- Japiassu, H. (1976), *Interdisciplinaridade e patologia do saber*, Rio de Janeiro, Imago editora.
- Klein, J. T. (2006), “Afterword: the emergent literature on interdisciplinary and transdisciplinary research evaluation”, *Research Evaluation*, vol. 15, N° 1, pp. 75-80.
- Klein, J. T. (2018), “Learning in Transdisciplinary Collaborations: A Conceptual Vocabulary”, en *Transdisciplinary Theory, Practice and Education*, Springer, Cham, pp. 11-23.
- Kosik, K. (1978), *Dialética do Concreto*, Rio de Janeiro, Paz e Terra.
- Kreimer, P. (2007), “Social Studies of Science and Technology in Latin America: a field in the process of consolidation”, *Science Technology and Society*, vol. 12, N° 1, pp. 1-9.
- Kuhn, T. (2003) [1962], *A estrutura das revoluções científicas*, São Paulo, Perspectiva.
- Leis, H. R. (2005), “Sobre o conceito de interdisciplinaridade”, *Cadernos de pesquisa interdisciplinar em ciências humanas*, vol. 6, N° 73, pp. 2-23.
- Leydesdorff, L. (2000), “The triple helix: an evolutionary model of innovations”, *Research Policy*, N° 29, pp. 243-255.
- Merton, R. K. (1979) [1938], “Os Imperativos da Ciência”, em Deus, J. D. (org.), *A Crítica da Ciência*, Rio de Janeiro, Zahar Editores.
- Minayo, M. C. D. S. (2010), “Disciplinaridade, interdisciplinaridade e complexidade”, *Revista Emancipação*, vol. 10, N° 2, pp. 435-442.
- Nascimento, E. P., M. Amazonas y A. Vilhena (2013), “Sustentabilidade e interdisciplinaridade: inovações e desafios dos programas de pós-graduação em Ambiente e Sociedade. O caso do Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília”, *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, vol. 10, N° 21, pp. 665-695.
- Nicolescu, B. (1999), “Um novo tipo de conhecimento: transdisciplinaridade”, *Educação e transdisciplinaridade*, vol. 1, N° 2, pp. 9-27.
- Nowotny, H., P. Scott e M. Gibbons (2003), “Introduction: Mode 2 revisited: The new production of knowledge”, *Minerva*, vol. 41, N° 3, pp. 179-194.

- Oliveira, M. R. y J. Almeida (2011), “Programas de pós-graduação interdisciplinares: contexto, contradições e limites do processo de avaliação Capes”, *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, vol. 8, N° 15, pp. 37-57.
- Passos Videira, A. A. (2004), “Transdisciplinaridade, interdisciplinaridade e disciplinariedade na historia da ciência”, *Cientia Studia*, vol. 2, N° 2, pp. 79-93.
- Pereira, E. Q. y E.P. Nascimento (2016), “A interdisciplinaridade nas universidades brasileiras: trajetória e desafios”, *Redes*, vol. 21, N° 1, pp. 209-232.
- Piaget, J. (1967), *Biologie et connaissance*, Paris, Gallimard.
- Plonsky, G. A. (1995), “Cooperação Empresa-Universidade: antigos dilemas, novos desafios”, *Revista USP*, N° 25, pp. 32-41.
- Pombo, O. (2005), “Interdisciplinaridade e integração dos saberes”, *Liinc em revista*, vol. 1, N° 1, pp. 3-15.
- Salmi, J. (2014), *A educação superior na América Latina e os desafios do século XXI*, Schwartzman, Simon (comp.), Campinas, Editora da UNICAMP.
- Santos, B. S. (2008), “A filosofia à venda, a douta ignorância e a aposta de Pascal”, *Revista Crítica de Ciências Sociais*, N° 80, pp. 11- 43.
- Serafim, M. P. y R. P. Dagnino (2011), “A política científica e tecnológica e as demandas da inclusão social no governo Lula (2003-2006)”, *Revista O&S*, Salvador, vol. 18, N° 58, pp. 403-427.
- Sismondo, S. (2007), *An Introduction to Science and Technologies Studies*, Chichester, Wiley-Blackwell.
- Stanford University (2016), “Triple helix concept. The Triple Helix Research Group”, 2016. Disponível em: <http://triplehelix.stanford.edu/3helix_concept%20>. Acesso em 11 de jul. 2016.
- Stehr, N. (1978), “The Ethos of Science Revisited: Social and Cognitive Norms”, em Gaston, J. (ed.), *Sociology of Science*, San Francisco, Jossey-Bass Publishers, pp. 172-196.
- Teixeira, O. A. (2004), “Interdisciplinaridade: problemas e desafios”, *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, vol. 1, N° 1, pp. 37-69.
- Theis, I. M. (2015), *Desenvolvimento Científico e Tecnológico e Território no Brasil*. Chapecó, Argos.
- Thomas, H., A. Davyt, y R. Dagnigo (1997), “Racionalidades de la interacción universidad-empresa en América Latina (1955-1995)”, *Espacios*, vol. 18, N° 1, 83-110.
- Vaivode, I. (2015), “Triple Helix Model of university–industry–government cooperation in the context of uncertainties”, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, N° 213, pp. 1063-1067.

Varsavsky, O. (1969), *Ciencia, política y científicismo*, Buenos Aires, Centro Editor de América Latina.

Velho, L. (2011), “Conceitos de Ciência e a Política Científica, Tecnológica e de Inovação”, *Sociologias*, vol. 13, N° 26, Porto Alegre, pp. 128-153.

PRÁCTICAS DE CIENCIA ABIERTA: INSTRUMENTO PARA SU ANÁLISIS ILUSTRADO CON INFORMACIÓN DE PROYECTOS CIENTÍFICOS ARGENTINOS

Valeria Arza / Mariano Fressoli**

RESUMEN

Hacer ciencia abierta es colaborar con otros actores en la producción científica y compartir los resultados del proceso de investigación. Sin embargo, hay muchas dimensiones de apertura: al analizar iniciativas concretas de ciencia abierta, se encuentran una gran cantidad de formas híbridas de apertura. En este artículo identificamos y discutimos diferentes elementos de ciencia abierta y sus beneficios. Proponemos un marco bidimensional para caracterizar la apertura a lo largo de las etapas del proceso de investigación y argumentamos cómo diferentes prácticas de apertura en cada una de las dos dimensiones se asocian con diferentes beneficios potenciales. La primera dimensión agrupa distintas prácticas asociadas a la colaboración, mientras que la segunda a aspectos de acceso a los resultados compartidos.

PALABRAS CLAVE: CIENCIA ABIERTA – ARGENTINA – BENEFICIOS – COLABORACIÓN
– ACCESO ABIERTO

* Investigadora independiente en Conicet, Centro de Investigaciones para la Transformación (CENTI), Escuela de Economía y Negocios, UNSAM. Correo electrónico: <varza@unsam.edu.ar>.

** Investigador adjunto en Conicet, Centro de Investigaciones para la Transformación (CENTI), Escuela de Economía y Negocios, UNSAM. Correo electrónico: <fressoli@unsam.edu.ar>.

INTRODUCCIÓN

En la tradición científica moderna, la colaboración entre científicos y la producción de bienes públicos científicos ha sido el motor de la producción de conocimientos y la justificación de la inversión pública en ciencia (David, 2009). Según esta concepción, los científicos colaboran entre distintos campos disciplinarios y también lo hacen a través de las generaciones, contribuyendo a crear un inventario interconectado de conocimientos necesarios para el avance científico. Las publicaciones son a su vez el medio para compartir públicamente el conocimiento y así difundirlo (véase Merton, 1957). Sin embargo, en la práctica, la producción de conocimiento científico ha sido mucho más cerrada, fragmentada y aislada de los problemas sociales de lo que esperaba la concepción idealista de la ciencia moderna. Esto fue el resultado de tres fenómenos.

Primero, la práctica científica moderna se caracteriza por la apertura y la publicación de (algunos) resultados (David, 2008; Merton, 1957). Pero, en la competencia por alcanzar la prioridad, gran parte del conocimiento científico no se transmite. Esto se explica por los esquemas de incentivos de la investigación profesional, el temor a la crítica, la convención en un campo dado o a las características intrínsecas del conocimiento tácito involucrado (véase Evans, 2010). Así, aunque los científicos publican sus resultados (en forma de artículos académicos), buena parte de la información relevante para poder construir conocimiento acumulativamente no se publica (Franzoni y Sauermann, 2014). Por ejemplo, los resultados de experimentos que no permiten obtener conclusiones, no se publican. De esa forma, la colaboración durante los procesos de producción científica está en gran medida circunscripta al equipo cercano de colaboración y no realmente abierta al escrutinio de pares, lo que puede redundar en poca transparencia y subutilización de recursos. Esto afecta negativamente la productividad y la reproducibilidad de la investigación (y, por lo tanto, la fiabilidad).

En segundo lugar, los esquemas de evaluación han sido cada vez más influenciados por las estrategias de *marketing* de las editoriales académicas, que impulsan el uso de métricas cuantitativas basadas en citas como indicadores para medir la calidad de la investigación. Por lo tanto, los investigadores están motivados para guiar su investigación a áreas, temas y métodos que tengan alta probabilidad de ser ampliamente citados en todo el mundo (Ioannidis, 2016; Vessuri, Guédon y Cetto, 2014), lo que no necesariamente coincide con las necesidades sociales (Kreimer, 1998; Frickel *et al.*, 2010).

En tercer lugar, las políticas científicas orientadas a la comercialización del conocimiento científico lo han cercado cada vez más. Las presiones políticas en el mundo desarrollado han instado a la producción científica a demostrar su utilidad social y económica (Mowery, 1995; Nelson, 2004). A su vez, los mecanismos de propiedad intelectual implican la protección de los conocimientos científicos que antes se mantenían en el dominio público (Dasgupta y David, 1994; Mazzoleni y Nelson, 2007) a fin de motivar al sector privado a invertir en la producción científica. Estas prácticas aceleraron los procesos de oclusión de la ciencia; el conocimiento es protegido y solo se lo puede utilizar con la autorización del propietario, con dos efectos diferentes. En primer lugar, los incentivos científicos alejaron la producción científica de la idea de que el conocimiento es un bien público. En segundo lugar, la virtud del aprendizaje colaborativo y la creación colectiva de conocimiento acumulado como plataformas para la futura producción de conocimiento, se pusieron seriamente en peligro afectando también el ritmo de la invención.

En paralelo a estos desarrollos, la emergencia y amplia difusión de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) creó oportunidades cada vez mayores para compartir y colaborar en la producción de conocimiento científico, lo que acortó las distancias geográficas, disciplinarias y de *expertise*. Existen diversas tecnologías, herramientas e infraestructura que facilitan los procesos de producción colaborativos en diversas esferas sociales, y la producción científica no es una excepción.

Estas nuevas oportunidades extendieron los límites de lo que es factible compartir y de cómo hacerlo, ampliando la escala y el alcance potencial de la colaboración y la apertura en la ciencia (Franzoni y Sauermann, 2014; Gagliardi, Cox y Li, 2015). Por ejemplo, además de las publicaciones, otros recursos pueden ser ahora compartidos; tales como datos, notas de laboratorio, *software* científico, infraestructura, etc. Las TIC también ampliaron la gama de actores y el tiempo disponible para la colaboración; las contribuciones pueden ser breves y hay herramientas que mejoran la accesibilidad y facilitan la colaboración entre actores con diferentes capacidades y experiencia.

Además, el uso de nuevas tecnologías como *big data*, inteligencia artificial, sensores de uso masivo, drones y la mayor disponibilidad de herramientas científicas de bajo costo están cambiando la manera en que se produce el conocimiento.

La experiencia del *software* de código abierto creó un importante precedente para los movimientos de ciencia abierta en términos de conocimiento y visiones. El *software* abierto es en una comunidad de prácticas

donde el libre acceso al conocimiento y la colaboración más amplia superan los viejos prejuicios de que solo la competencia asigna recursos eficientemente. El *software* de código abierto ha demostrado desde hace varios años que la colaboración masiva y abierta funciona, y que incluso podría convertirse en la práctica principal en los campos donde la información es un insumo clave (Weber, 2004; Benkler, 2016). De hecho, el actual movimiento de apertura, en ciencia y otros campos, está inspirado en el *software* libre y en los activistas de código abierto.^[1] Ellos probaron que compartir suma.

La ciencia abierta está cambiando rápidamente la forma de producir y utilizar el conocimiento científico. Sin embargo, como con otras palabras y términos de moda, no hay una sola definición de ciencia abierta. Hay diferentes entendimientos, motivaciones y beneficios potenciales de la ciencia abierta (Fecher y Friesike, 2014; Grubb y Easterbrook, 2011).

No obstante, todos ellos apuntan a (i) producir bienes públicos: publicaciones, datos, infraestructura y herramientas disponibles para todos; (ii) fomentar una mayor colaboración entre científicos de diferentes disciplinas y campos académicos; y (iii) aumentar la diversidad de actores capaces de producir conocimiento científico. Por estos medios, se mejora la eficiencia en la producción científica, el conocimiento científico se democratiza y la ciencia se relaciona mejor con las necesidades sociales. Estos beneficios potenciales funcionan como fines motivacionales para los diferentes significados y prácticas de la ciencia abierta. Sin embargo, todavía hay poco entendimiento acerca de los mecanismos y condiciones que vinculan las prácticas de ciencia abierta con sus potenciales beneficios. No hay ninguna garantía de que la apertura de algunas prácticas científicas o de los resultados del proceso de investigación pueda desencadenar unívocamente la democratización del conocimiento, la eficiencia en investigación y la capacidad de respuesta social.^[2]

[1] Los esfuerzos para aplicar las ideas de código abierto a la ciencia se remontan a finales de la década de 1990 y principios de los años 2000. Estas incluyen varias declaraciones a favor del acceso abierto, incluyendo las declaraciones de Budapest, Bethesda y Berlín. El papel de las nuevas licencias Creative Commons también fue importante para permitir a los científicos manejar sus publicaciones. Por último, hubo esfuerzos directos de las personas cercanas a Creative Commons para crear iniciativas en torno a los comunes científicos (Schweick, 2011).

[2] De hecho, la apertura produce una serie de desafíos y dilemas, tales como la ausencia de mecanismos de evaluación adecuados, falta de infraestructura y la posibilidad nuevas asimetrías del conocimiento (Fressoli y Arza, 2018), incluyendo la posibilidad de la explo-

Este trabajo pretende desentrañar diferentes significados para la ciencia abierta y organizar las prácticas asociadas en relación con los beneficios que se mencionan en la literatura. Argumentamos que la amplia gama de prácticas científicas abiertas podría ser visualizada en un espacio bidimensional: una dimensión comprende las características de la colaboración en los procesos de producción científica y la otra las características del acceso a los resultados. La ubicación en este espacio podría asociarse con distintos tipos de beneficios. La relación entre prácticas de apertura y beneficios fue analizada anteriormente de forma narrativa a partir de literatura recibida y con ilustraciones de proyectos científicos argentinos y mundiales (Arza y Fressoli, 2018).

Franzoni y Sauerman (2014) analizan cómo la apertura y la colaboración en la ciencia abierta de colaboración masiva se diferencia de otros modos producción de conocimiento.^[3] En este trabajo presentamos un instrumento para medir diferentes aspectos del acceso y la colaboración, que han sido señalados como importantes en distintas definiciones de ciencia abierta. Este instrumento tiene el potencial para diseñar un patrón de medición que pueda utilizarse en la evaluación y análisis de distintas experiencias y también para construir una visión común sobre el significado de la ciencia abierta.

El presente artículo se estructura de la siguiente manera: en primer lugar sistematizamos los beneficios según se han informado. En la sección siguiente, presentamos el marco conceptual que relaciona las dimensiones de la apertura y los beneficios y, después, presentamos la metodología para construir un instrumento que caracterice los distintos aspectos que pueden adoptar la práctica de ciencia abierta y que usaremos para ilustrar el marco analítico de la sección previa. En la sección posterior describimos los casos, y en la subsiguiente los utilizamos tanto para poner en práctica nuestro instrumento como para ilustrar el marco conceptual que asocia prácticas de apertura con beneficios. Finalmente, presentamos nuestras conclusiones.

■
tación cognitiva de los países con menos recursos para procesar el conocimiento disponible (Kreimer y Zukerfeld, 2014).

[3] Franzoni y Sauerman (2014) distinguen cuatro modos de producción de conocimiento: innovación abierta, ciencia tradicional mertoniana y ciencia tradicional con publicación de datos y ciencia abierta de colaboración masiva. El objeto de su artículo es comprender los beneficios y los elementos que hacen posible la colaboración a gran escala. Por ello, analiza los elementos que hacen posible este tipo de colaboración: complejidad de tareas, diversidad de participantes, habilidad de los participantes, etcétera.

BENEFICIOS ASOCIADOS A LA CIENCIA ABIERTA

Podemos organizar la literatura que analiza beneficios de las prácticas de ciencia abierta en tres grupos: eficiencia científica, democratización del conocimiento científico y necesidades de la sociedad.

Eficiencia científica

Uno de los fuertes argumentos para apoyar las prácticas de ciencias abiertas es que aumentan la eficiencia (Nielsen, 2012).^[4] Esto es resultado de dos mecanismos: a) mayor disponibilidad de recursos de conocimiento que hace que la investigación sea más barata y el éxito de la misma resulte más probable, y b) una colaboración más fluida entre los diferentes actores productores de conocimiento, lo que amplifica la inteligencia colectiva y la creatividad.

El acceso abierto a los resultados finales o intermedios aumenta el conjunto de conocimientos de uso común. Y, al mismo tiempo, aumenta la eficiencia porque se puede evitar la duplicación innecesaria de esfuerzos y porque los investigadores pueden explorar nuevas preguntas y soluciones a los problemas. Así, sobre la base del acceso abierto, se aprovecha al máximo la inversión en ciencia (David, 2003). Además, el acceso abierto incrementa la eficiencia porque habilita el uso de instrumentos informáticos que interconectan todo lo que ya se conoce, reutilizando los datos disponibles *online* para lograr nuevos hallazgos. Esta nueva capacidad ha sido llamada inteligencia de datos (Nielsen, 2012), y depende del acceso abierto para utilizar herramientas automatizadas de minería de datos. A su vez, los datos abiertos permiten la reproducibilidad de los hallazgos clave de la investigación (y también, de los métodos experimentales) que mejoran la calidad de ciencia (Hartshorne y Schachner, 2012).

No es solo la disponibilidad de datos y publicaciones lo que ayuda. Las herramientas digitales han abierto oportunidades a una gran cantidad de actores pertenecientes a una comunidad más amplia, no solo científicos

[4] Aumentar la eficiencia en la producción científica significa ser capaz de obtener más o mejores resultados científicos (es decir, resultados, publicaciones, científicos capacitados) utilizando la misma cantidad de aportes científicos (es decir, recursos). Esto se relaciona con ventajas de costos o con ventajas de aprendizaje de apertura y colaboración. A su vez, podemos referirnos también a la eficiencia dinámica cuando hay un aumento en la probabilidad de mejorar la eficiencia en el futuro, dado el estado actual de la técnica.

profesionales, que ahora pueden participar directamente en la producción científica, superando así restricciones impuestas por la distancia física y cognitiva (Wiggins y Crowston, 2011). En proyectos de ciencia ciudadana, muchas personas participan en la recolección de datos aportando nuevos recursos a la producción de ciencia^[5] (Franzoni y Sauermann, 2014; Nielsen, 2012).

A su vez, la colaboración y la interacción con la comunidad también mejoran la eficiencia, aumentando la creatividad. Las prácticas de ciencia abierta a veces involucran comunidades que participan en etapas analíticas o de diseño de investigación (no solo en la recolección de datos). En esos casos, los actores no académicos o científicos de diferentes disciplinas pueden contribuir proveyendo recursos de conocimiento y herramientas cognitivas de su propia experiencia, que permiten mirar con nuevos ojos los problemas de investigación. Los estudios sociales de la ciencia argumentan que las principales innovaciones en diversos campos disciplinarios son aportadas por científicos entrenados en otras disciplinas porque no están limitados por tradiciones profesionales (Ben-David, 1960). Un fenómeno similar ha sido observado en estudios sobre innovación (Bijker, 1997). Jeppensen y Lakhani (2010) argumentan que no es solo la marginalidad técnica sino también la marginalidad político-social lo que contribuye con ideas novedosas; por razones similares, estos actores son más propensos a pensar de forma no convencional y por lo tanto más creativos.^[6] Asimismo, una mayor participación e interacción entre diversos grupos de actores permite el surgimiento de otro mecanismo conocido como “la sabiduría de las multitudes” (Nielsen, 2012; y Surowiecki, 2004), que básicamente sostiene que cualquier grupo puede resolver un problema de mejor manera que cualquier individuo del mismo grupo actuando de manera aislada.

Finalmente, la colaboración entre científicos en los mismos campos pone en movimiento un mecanismo diferente para mejorar la eficiencia. Cuando están habilitados para interactuar con fluidez, la inteligencia colec-

[5] Algunos ejemplos renombrados a nivel internacional son: Galaxy Zoo que es un proyecto *online* de astronomía que aprovecha el interés ciudadano para clasificar imágenes astronómicas (véase <<https://www.galaxyzoo.org/>>); Foldit, que es un videojuego que consiste en predecir la estructura tridimensional de las proteínas a partir de su secuencia de aminoácidos (véase <<https://fold.it/portal/>>) y The Great Sunflower Project, que invita a individuos a observar y registrar, en una plataforma *online*, la presencia de abejas en jardines o plantas en macetas en sus propias casas (véase <<https://www.greatsunflower.org/>>).

[6] Sin embargo, una mayor colaboración con actores no científicos requerirá probablemente una gran cantidad de trabajo fronterizo para traducir la información científica a un público más amplio (véase Mansell, 2013).

tiva es amplificada por el solo hecho de poder compartir, validar y rápidamente descartar diferentes ideas, hipótesis o líneas de indagación.^[7] Con el uso de tecnologías web este resultado se intensifica porque se superan distancias de tiempo y espacio (Nielsen, 2012, y su descripción del proyecto Polymath).

DEMOCRATIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Existen tres mecanismos complementarios a través de los cuales las prácticas de ciencia abierta pueden democratizar el conocimiento científico: mejorando el acceso a los recursos científicos; permitiendo la participación de una comunidad más amplia en el proceso de investigación; y haciendo la ciencia más comprensible para una población más amplia.

Los movimientos de acceso abierto surgieron como una reacción al cercamiento del conocimiento científico impuesto por el arancelamiento de las publicaciones científicas. Si bien la tasa de producción científica ha estado siempre en aumento, su distribución y, por lo tanto, la posibilidad de utilizar tal conocimiento continúa siendo desigual (Cribb y Sari, 2010). Aronson (2004) estimó que 56% de las instituciones en países de bajos ingresos no tiene suscripciones a revistas internacionales en investigación médica. El acceso abierto es potencialmente democratizador porque reduce los costos de uso y reutilización de la acumulación mundial de conocimiento.

El acceso abierto aumenta la cantidad de información disponible para cualquier persona, no solo para los científicos. Enfermeras, pacientes, profesores, estudiantes pueden interesarse por conocer sobre el último tratamiento de ciertas enfermedades; las pequeñas empresas pueden llegar a conocer las técnicas pertinentes en varios campos de aplicación; etc. En una encuesta reciente a usuarios latinoamericanos de portales de acceso abierto (Alperin, 2015) se identificó que 25,2% de los artículos fueron descargados para usos no académicos, ya sea para satisfacer intereses personales (10,5%) o para la práctica profesional no relacionada con la producción científica (sin fines de lucro: 4,2%, privados: 3,8%, público 6,7%).^[8]

[7] Nielsen (2012) argumenta que tal amplificación de la inteligencia colectiva probablemente funcione mejor cuando los actores interactivos comparten al menos algunas culturas de la práctica o cuando se centran en la misma estrategia de resolución de problemas.

[8] Los datos informados fueron para Scielo basado en 58.957 descargas. Para Redalyc, basado en 22.910 descargas, el 16% para uso no académico, dividido en intereses personales (7,9%) y profesional sin ánimo de lucro (2,9%, privado: 1,9%, público 3,4%).

Lo mismo podría suceder con los datos abiertos. Cuando son debidamente curados, y se encuentran fácilmente disponibles, podrían ser utilizados por diferentes actores, incluyendo científicos de diferentes disciplinas, pero también actores no científicos como ONG, empresas y ciudadanos (Lagoze, 2014).

Las publicaciones científicas y los datos son resultados de investigaciones que son en gran parte financiadas con inversión pública (Suber, 2003; y OECD, 2004). Por lo tanto, es justo que todos puedan acceder al resultado de los esfuerzos realizados colectivamente. Esta idea es tan poderosa que el acceso abierto se ha convertido en el foco de varias iniciativas de políticas públicas que promueven la ciencia abierta.^[9]

El acceso abierto contribuye a una sociedad mejor informada y fomenta nuevos procesos de aprendizaje (Gregson *et al.*, 2015; UN Independent Expert Advisory Group Secretary, 2014; y World Bank, 2015), lo que nos lleva a la segunda afirmación sobre la ciencia abierta como una fuerza democratizadora. Algunas de las prácticas científicas abiertas promueven una participación más amplia de la sociedad en la producción de conocimiento científico. Un ejemplo son los proyectos de ciencia ciudadana. Allí, los actores no académicos contribuyen con la producción de conocimiento científico en disciplinas como la ornitología, astronomía y la conservación del medioambiente (Catlin-Groves, 2012). La emergencia de nuevas herramientas digitales y protocolos web para la recolección de datos está ampliando el alcance de las personas que pueden participar de la investigación científica más allá de “unos pocos privilegiados” (Silvertown, 2009). Además, la participación en la producción de datos científicos permite procesos de aprendizaje que conducen a la construcción de nuevas preguntas

[9] Esto incluye, por ejemplo, la aplicación de normas que comprometen a los científicos a facilitar gratuitamente sus publicaciones y datos; cambios en la forma de la evaluación reconociendo e incentivando la publicación de los conjuntos de datos (OECD, 2015 y Stodden, 2010); la creación de repositorios digitales abiertos; la promoción del aprendizaje en la gestión y el análisis de datos (Commission High Level Expert Group on the European Open Science Cloud, 2016); la creación de incentivos y mecanismos de reconocimiento del apoyo al desarrollo de una infraestructura abierta (*software* y herramientas) (RIN/NESTA, 2010; Stodden, 2010); y la generación de nuevas formas de comunicación pública de la ciencia (Commission High Level Expert Group on the European Open Science Cloud, 2016). En América Latina, Argentina y Perú son países pioneros para obtener legislación específica que garantice el acceso abierto a los productos científicos financiados con fondos públicos. En Argentina, las políticas de acceso abierto se institucionalizan mediante la promulgación de la Ley Nacional para la Creación de Repositorios Digitales, Institucionales y de Acceso Abierto (aprobada en 2013 y plenamente vigente desde 2016). Después de Argentina y Perú, otros países de la región comenzaron a seguir caminos similares.

y habilidades y, eventualmente, al desarrollo de formas de “ciencia por la gente” (Martin, 2005). En casos como los *biohackers* y proyectos de recolección de datos por grupos del estilo “hazlo tú mismo”, esto puede desafiar las jerarquías y la orientación tradicional de la ciencia (Delfanti, 2010).

Sin embargo, todavía hay costos asociados al entrenamiento de potenciales usuarios para que puedan ser capaces de utilizar todas las funciones de los resultados compartidos y aprovechar al máximo el acceso abierto. Estos costos están inversamente relacionados con la inversión en traducción de conocimiento y esfuerzos de comunicación. Y, como Catlin-Groves (2012) sugiere, el involucramiento en datos complejos de actores no científicos demandará más capacitación. Este punto vincula a la tercera motivación para proyectos científicos abiertos asociados a la democratización: hacer la ciencia comprensible para un público más amplio (Fecher y Friesike, 2014), fomentando la educación científica (Wiggins y Crowston, 2011) o diseñando herramientas y explorando nuevos canales para difundir información científica (Burns, 2003).

Hay una multiplicidad de enfoques para la difusión de la ciencia (Bauer, 2009). Tradicionalmente, el foco estaba en cerrar la brecha de información sobre el conocimiento científico. A mediados de la década de 1980, surgió la corriente de la comprensión pública de la ciencia, que buscaba elevar el nivel de conocimiento científico en el público para revertir la creciente desconfianza hacia la experticia científica. En el mismo sentido, más recientemente, han surgido nuevas tendencias, basadas en el uso de las técnicas interactivas (juegos, videos, experimentos, etc.) para estimular el aprendizaje durante la práctica, en lugar del consumo pasivo de información (Franco-Avellaneda, 2013). Según Wiggins y Crowston (2011), varios proyectos científicos abiertos pueden ser considerados como proyectos educativos que ofrecen servicios de aprendizaje formal e informal. También hay otras iniciativas que promueven la educación científica directamente, como foros y cursos en línea (tutoriales, cursos masivos online, etc.) (Molloy, 2014). Algunas iniciativas de ciencia abierta están comenzando a incluir estas herramientas en los planes de estudio como una forma de mejorar las capacidades de aprendizaje e investigación (Baden *et al.*, 2015).

Necesidades de la sociedad

Hay tres mecanismos reivindicados por la literatura sobre cómo las prácticas científicas abiertas mejoran la capacidad de la investigación de resolver las necesidades sociales.

En primer lugar, un acceso más amplio ayuda a la visibilidad. Las prácticas de ciencia abierta podrían ayudar a hacer visibles y comunicar mejor los problemas locales (Stodden, 2010). Cuando se utilizan herramientas digitales y redes sociales la difusión de la información de acceso abierto permite que los problemas que afectan a aquellos actores con menos recursos, sean más conocidos (UN Independent Expert Advisory Group Secretary, 2014). Los grupos marginalizados podrían estar mejor dotados de recursos de conocimiento y apoyo político para entablar negociaciones con otros actores como las autoridades relevantes o la prensa que podrían contribuir a resolver sus problemas (Cribb y Sari, 2010).

En segundo lugar, al promover la participación de diferentes actores de la comunidad se permite guiar la agenda científica de forma más precisa hacia la resolución de los problemas de la comunidad (Stodden, 2010; European Commission, 2016). Además, cuando la comunidad se involucra en la investigación, la gente puede aprovechar su propia experiencia y contribuir al desarrollo de soluciones, mejorando así el resultado final.

Por último, la publicación abierta de recursos científicos y la utilización de licencias abiertas puede disuadir la apropiación privada asimétrica de esos recursos.^[10] Esto podría contribuir a encontrar soluciones más baratas a los problemas sociales. El acceso abierto y las licencias abiertas –como Creative Commons– evitan la creación de barreras que obstaculicen el proceso de convertir el conocimiento científico en soluciones concretas a los problemas locales. En otras palabras, el impacto social de la investigación científica depende de la posibilidad de promover una amplia apropiación de los resultados de la investigación a través del acceso abierto y las licencias abiertas (Masum y Harris, 2011). Estas licencias abiertas evitan también el fenómeno conocido como la “tragedia de los anti-comunes”, que resulta cuando hay tal acumulación de patentes en pequeñas fracciones de conocimiento que hace que sea engorroso y altamente costoso combinar todos esos elementos separados para producir soluciones útiles (Hu *et al.*, 2007). Por el contrario, las prácticas científicas abiertas se ven entonces como un modelo de negocio alternativo que podría resolver el problema de los anti-comunes basándose en el acceso abierto, la colaboración mundial y las licencias abiertas. Un área interesante donde hay experimentación es la investigación en fármacos de código abierto. Estos proyectos están creando recursos de conocimiento abiertos que pueden ser utilizados libremente,

[10] Sin embargo, eso no significa que se puedan producir procesos de apropiación asimétrica o explotación cognitiva por parte de actores más poderosos. Véase Kreimer y Zukerfeld (2014).

por ejemplo, Open Source Malaria (Robertson *et al.*, 2014) y Malaria Box (Stadelmann *et al.*, 2016; y Wells *et al.*, 2016, entre otros). La mayoría de ellos están orientados a producir medicamentos para enfermedades huérfanas, cuya tasa de retorno de mercado es baja e insuficiente para motivar a grandes empresas multinacionales a entrar en el negocio.

MARCO CONCEPTUAL PARA ORGANIZAR LAS PRÁCTICAS DE CIENCIA ABIERTA

En esta sección, partiendo de la caracterización de Benkler de ciencia abierta como producción de conocimiento abierto y colaborativo (Benkler, 2006; y Benkler y Nissebaum, 2006), organizamos los diferentes beneficios potenciales mencionados en la literatura.^[11]

Así, se presentan los diferentes significados de ciencia abierta, a partir de relacionar analíticamente las prácticas con los beneficios potenciales. La intención no es crear un tipo ideal de ciencia abierta, sino más bien visualizar algunos aspectos comunes y, al mismo tiempo, resaltar que hay caminos diferentes para mejorar la eficiencia, la democratización y la respuesta social de la práctica científica.

En el planteo bidireccional de la ciencia abierta señalado, una primera dimensión caracteriza cómo los actores *colaboran* entre sí para producir conocimiento, y una segunda caracteriza el *acceso* a resultados compartidos. Así, mientras que la primera dimensión refiere al intercambio social de ideas para producir conocimiento, la segunda discute las regulaciones existentes que rigen las posibilidades de utilización de los recursos del conocimiento.

Hay *diferentes aspectos de la colaboración* que importan para lograr resultados beneficiosos. Afirmamos que la *escala* de participación, *es decir la cantidad de participantes en cualquier proceso de producción de conocimiento*, es importante para activar mecanismos como “las sabidurías de las multitudes” o la “inteligencia colectiva”, o para reducir los costos de producción de la investigación como en la recolección de datos en las prácticas de ciencia ciudadana. También argumentamos que no solo la escala importa, sino también el nivel de *interacción* entre los participantes. Por nivel de interacción nos referimos a la frecuencia, duración y extensión histórica de cada

[11] Aunque puede argumentarse que los distintos “significados” de ciencia abierta no son sino formas diferentes de priorizar dichos beneficios (véanse Fecher y Friesike, 2014; y Grubb y Easterbrook, 2011), la apertura y la colaboración constituyen elementos centrales a la mayoría de las definiciones existentes.

vínculo entre dos o más actores. El proceso de inteligencia colectiva, por ejemplo, no ocurrirá si los participantes no tienen la oportunidad de descartar o validar rápidamente sus ideas (Nielsen, 2012). Además, el aprendizaje es siempre un proceso interactivo (Lundvall, 1992) y es clave para la democratización. Asimismo, la *diversidad* o la participación de una comunidad más amplia en el esfuerzo científico importa para la democratización de la ciencia y por otros mecanismos relacionados con la eficiencia como “la sabiduría de las multitudes”. Diversidad la entendemos tanto en términos de interdisciplinariedad como de experiencias cognitivas de los participantes (por ejemplo, entre quienes estudian un fenómeno y quienes lo experimentan en su vida corriente) o capacidad de agencia respecto al problema científico a analizar (por ejemplo, entre quienes toman decisiones de políticas, o económicas sobre un fenómeno, o quienes las estudian, o quienes solo la experimentan). Finalmente, otro aspecto relacionado con la colaboración que importa especialmente para la capacidad de respuesta social pero también para la democratización es el *grado de participación y compromiso* de quienes participan en la investigación (Arnstein, 1969).^[12]

La segunda dimensión, el *acceso a recursos compartidos*, también presenta distintos aspectos. Por un lado, se hace referencia a los distintos grados posibles de *apertura formal* de esos recursos. Como en el código abierto, el principio básico de las prácticas científicas abiertas es que los recursos científicos deben ser utilizados y reutilizados por todos. Sin embargo, existen restricciones formales que hacen que este principio funcione de manera diferente en la práctica. Por ejemplo, el acceso abierto podría estar restringido por diferentes tipos de pagos (por ejemplo, suscripciones a revistas o licencias para utilizar conocimientos patentados) u otras restricciones formales para usar, distribuir, reproducir, etc. (Molloy, 2011). De esta forma, algunos grupos (por ejemplo, científicos del ámbito público) podrían tener mejor acceso que otros. Por otro lado, también puede haber restricciones informales para usar y reutilizar los recursos de conocimiento relacionados con las habilidades, capacidades o recursos de capital específicos necesarios para utilizar resultados científicos compartidos. Nos referimos a *accesibilidad* para dar cuenta de este aspecto del acceso abierto. Finalmente, un tercer aspecto del acceso es la *visibilidad*, es decir cuál es la notoriedad de ese recurso compartido para distintos actores sociales. Al relacionar la dimensión de acceso con beneficios potenciales,

[12] “La escalera” de Arnstein (1969) es un texto clásico que permite medir diferentes grados de participación creciente: 1. Manipulación, 2. Terapia, 3. Información, 4. Consulta, 5. Aplacar, 6. Asociarse al proyecto, 7. Delegación de poder, y 8. Control ciudadano.

enseguida se identifica que algunos aspectos son más importantes para ciertos beneficios. El acceso irrestricto y abierto a las publicaciones y datos importa para los mecanismos que afectan la eficiencia, como la “eficiencia basada en datos”. Para lograr estos beneficios, bastaría con garantizar el libre acceso a los actores académicos. Sin embargo, para democratizar, también se necesita construir una comunidad más amplia y para ello se requiere mejorar la accesibilidad al conocimiento científico y de esa forma garantizar que una cantidad mayor y una variedad más amplia de actores se doten de recursos de conocimiento. Mejorar la comunicación de la ciencia podría ayudar en este caso. Del mismo modo, para resolver las necesidades de la sociedad también es necesaria la accesibilidad –en este caso resulta crucial aumentar la visibilidad de las necesidades y los logros sociales (Felt *et al.*, 2013)–. Para este fin, no solo las técnicas de comunicación sino que también ayudaría la diversificación de los canales de comunicación.

Diagramamos las dos dimensiones de la apertura mencionadas (“colaboración” y “acceso a los recursos compartidos”) en dos ejes (figura 1). Allí ubicamos los beneficios potenciales asociados a estas dimensiones, según se discutió en los párrafos anteriores. Esta ubicación de los beneficios, claro está, es especulativa. Así, para conseguir mejorar eficiencia, según argumentamos antes, la colaboración es particularmente importante. En cambio, el acceso aparece como particularmente relevante para mejorar la capacidad de respuesta social. Finalmente, se argumentó que ambas dimensiones son necesarias para encarar procesos de democratización de la ciencia.

METODOLOGÍA

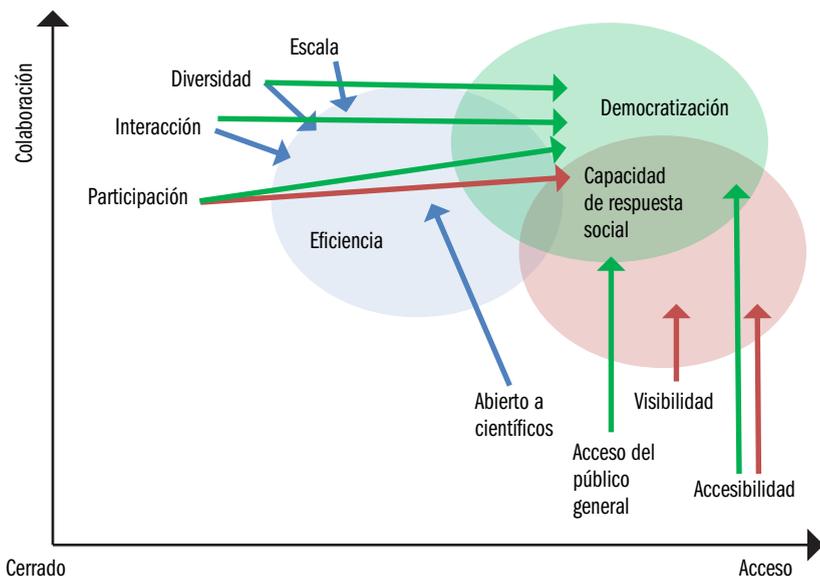
En esta sección describimos los criterios para la selección de casos de estudio y la metodología para evaluar empíricamente las categorías analíticas presentadas en la sección previa.

Selección de los casos de estudio

Seleccionamos cuatro estudios de casos de un grupo de experiencias de ciencia abierta identificadas a través de una encuesta nacional,^[13] más tarde

[13] La encuesta se realizó en mayo de 2015 utilizando un formulario en línea dirigido a investigadores del Sistema Científico Público, en gran parte investigadores del Consejo

Figura 1. Dos dimensiones de la ciencia abierta



Fuente: Elaboración propia.

enriquecida por consultas en línea, discusiones y entrevistas con informantes clave.^[14]

Para elegirlos procuramos abarcar la mayor diversidad posible de situaciones para explorar los espacios heterogéneos en los que se está implementando la ciencia abierta en el país (Yin, 2014). Entre los factores de heterogeneidad consideramos: disciplinas de investigación; contextos socio-políticos en los que se realizó la investigación (es decir, más o menos sujetos a disputas políticas); procesos de producción de conocimiento (es decir, unidisciplinarios o interdisciplinarios); técnicas de participación (técnicas científicas ciudadanas, investigación-acción participativa, talleres, etc.);

■ Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet) El cuestionario fue enviado una sola vez por correo electrónico. Se obtuvieron 1.463 respuestas (tasa de respuesta del 8%).

[14] Entrevistamos a cuatro informantes clave: un representante del área de repositorios digitales del Ministerio de Ciencia y Tecnología; uno de una organización público-privada especializada en I+D en TIC; un defensor del acceso abierto; y un representante de una oficina de enlace de una universidad nacional en la Argentina.

tipo de infraestructura (por ejemplo, bases de datos abiertas, uso de sensores remotos, aplicaciones móviles, etcétera).

Los proyectos seleccionados fueron: Nuevo Observatorio Virtual Argentino - NOVA (astronomía); Proyecto Argentino de Monitoreo y Prospección de ambientes acuáticos - PAMPA2 (limnología); eBird Argentina (ornitología); y Gestión Integral del Territorio - IT (geografía-química).

Fuentes de información utilizadas para describir cada caso

Las narrativas de los estudios de caso se desarrollaron mediante entrevistas semiestructuradas a tres referentes para cada proyecto. Estas entrevistas se llevaron a cabo en 2015 y abarcaron aspectos de beneficios y motivaciones, actividades de colaboración, infraestructura, financiamiento, etc. Durante el año 2016, completamos esta información utilizando fuentes secundarias tales como informes de proyectos, historias de los medios de comunicación y otros materiales disponibles principalmente en el sitio web de los proyectos.

Fuentes de información y métodos para operacionalizar apertura y colaboración

Diseñamos un instrumento de medición de acceso y colaboración que recoge información empírica a través de un cuestionario estructurado que mide en una escala Likert de 4 puntos los diferentes aspectos de acceso y colaboración señalados y definidos en la tercera sección, y representados en la figura 1.

Recordemos que los aspectos que caracterizan colaboración son: escala, diversidad, interacción y participación. Y para caracterizar acceso: visibilidad, accesibilidad y si los resultados están abiertos a científicos o al público en general.

Estos aspectos se evalúan en distintas etapas del proceso de investigación que son seis:^[15] 1. Diseño de la investigación, 2. Recolección de datos, 3.

[15] La identificación de las etapas de investigación se inspiró en RIN/NESTA (2010), que incluye siete etapas diferentes del ciclo de investigación: conceptualización y creación de redes, redacción y diseño de propuestas, realización y presentación, documentación y compartición, publicación y presentación de informes, traducción, e infraestructura.

Análisis, 4. Documentación y publicación, 5. Comunicación y compromiso público / social, y 6. Infraestructura.^[16]

En 2016 realizamos nuevas entrevistas utilizando esta herramienta con un líder de cada una de las iniciativas de ciencia abierta mencionadas.

Dado que la mayoría de estos conceptos ya habían sido identificados de forma cualitativa durante las entrevistas realizadas en 2015 –y que en este trabajo se presentan en la siguiente sección–, contamos con información externa para evaluar el instrumento que aquí presentamos. A diferencia de otros trabajos que hemos realizado donde caracterizamos las prácticas de ciencia abierta a partir de estudios de caso múltiples, en este artículo presentamos un instrumento que permite homogeneizar las caracterizaciones de acceso y colaboración para cualquier proyecto científico. Consideramos que estamos en una buena posición para realizar esta propuesta, porque hemos realizado estudios en profundidad de los casos sobre los que aplicamos el instrumento, lo cual nos permite evaluar su validez interna.

El cuestionario semiestructurado se puede encontrar en el Anexo. Para brindar un ejemplo sobre cómo operacionalizamos cada aspecto, en la tabla 1 mostramos las preguntas y las opciones de respuestas para medir el aspecto *diversidad*. El valor final que adopte el aspecto diversidad en proyecto analizada será un promedio simple de las diferentes valoraciones según la escala de Likert, de la diversidad en las distintas etapas del proceso de investigación.^[17]

Los únicos aspectos que no fueron directamente incluidos en el cuestionario, pero que podrían incorporarse en futuras ediciones, fueron la *escala* y *visibilidad*.^[18] Para estos casos, construimos las escalas Likert utilizando información ad hoc solicitada a los entrevistados, información secundaria e información proveniente de las entrevistas realizadas en 2015 para caracte-

[16] Algunos aspectos, como por ejemplo diversidad, fueron evaluados en la mayoría de las etapas (todas excepto infraestructura en ese caso) y otros, por ejemplo, accesibilidad, solo en algunas (dos, en ese caso, documentación y publicación y comunicación y compromiso).

[17] Como todo instrumento de medición, el nuestro es perfectible. Por ejemplo, podría cuestionarse por qué ponderamos de la misma manera las diferentes etapas de la investigación para arrojar un resultado sobre “diversidad” de la colaboración. El objetivo de nuestro trabajo es sugerir métodos para identificar prácticas de ciencia abierta que puedan ser asociadas con diferentes beneficios. Creemos que el instrumento que presentamos puede ser utilizado para tal fin, al menos como punto de partida.

[18] El motivo por el cual estos aspectos no fueron incluidos en el cuestionario fue porque durante el proceso mismo de análisis tuvimos que revisar nuestro marco analítico incorporando estos dos aspectos como elementos diferenciados. Para ese momento ya habíamos realizado las entrevistas, por lo que tuvimos que proveer información recogida ad hoc en esos casos.

Tabla 1. Ejemplo de instrumento para medir diversidad a partir de cuestionario estructurado

Etapa del proceso	Pregunta	Valor Likert	Opción estructurada
1. Diseño de la investigación	¿Quiénes participan en el diseño del proyecto de investigación?	1	Solo científicos
		2	El diseño del proyecto es multidisciplinario
		3	Participan en el diseño también otras instituciones (otras universidades no afiliadas formalmente al proyecto, empresas, institutos de investigación, ONG, etcétera)
		4	Participan personas no necesariamente afiliadas a alguna institución (ciudadanos a pie)
2. Recolección de datos	¿Quiénes participan en la recolección de datos para la investigación?	1	Solo científicos
		2	Se recolectan datos que requieren conocimientos de diferentes disciplinas
		3	Participan en la recolección de datos distintos tipos de organizaciones (empresas, universidades, ONG, etcétera)
		4	Participan personas no necesariamente afiliadas a alguna institución (ciudadanos a pie)
3. Análisis	¿Quiénes participan en el análisis de datos para el proyecto de investigación?	1	Solo científicos
		2	El análisis de datos es multidisciplinario: se analizan datos que requieren conocimientos de diferentes disciplinas
		3	Participan en el análisis de datos distintos tipos de organizaciones (empresas, universidades, ONG, etcétera)
		4	Participan personas no necesariamente afiliadas a alguna institución (ciudadanos a pie)
4. Documentación y publicación	¿Quiénes participan en el proceso de documentación y difusión de los datos y publicaciones?	1	Solo científicos
		2	El proceso es multidisciplinario: para el proceso de documentación y difusión de los datos y publicaciones se requieren conocimientos de diferentes disciplinas
		3	Participan distintos tipos de organizaciones (empresas, universidades, ONG, etc.) en el proceso de documentación y difusión de los datos y publicaciones
		4	Participan personas no necesariamente afiliadas a alguna institución (ciudadanos a pie)
5. Comunicación y compromiso público/social	¿Quiénes participan de la producción de actividades de divulgación científica?	1	Solo científicos
		2	El proceso es multidisciplinario: para la producción de actividades de divulgación científica se requieren conocimientos de diferentes disciplinas
		3	Participan distintos tipos de organizaciones (empresas, universidades, ONG, etc.) en la producción de actividades de divulgación científica
		4	Participan personas no necesariamente afiliadas a alguna institución (ciudadanos a pie)

Fuente: Elaboración propia.

rizar cada caso. En escala, tuvimos en cuenta cuántas personas participaron de cada una de las etapas de investigación, considerando una escala Likert de 1 hasta 5, 2 entre 6 y 15, 3 entre 16 y 30 y 4 más de 30. Para *visibilidad*, los valores que le asignamos a cada uno de los cuatro proyectos no tuvieron una escala predefinida sino que los valores fueron definidos por los autores de forma apreciativa (1 baja, 2 moderada, 3 alta, 4 muy alta), comparando los cuatro casos de estudio en términos de los canales, los formatos y alcance de las etapas de documentación y comunicación. Al describir los casos justificamos por qué evaluamos la visibilidad de esa manera.

Fuentes de información y métodos para discutir los beneficios asociados a cada proyecto

A diferencia de los diferentes aspectos del acceso y colaboración, no realizamos una medición directa de los beneficios asociados a cada proyecto. De la figura 1 se desprende una asociación teórica entre aspectos de acceso y colaboración y beneficios potenciales. Entonces, en este trabajo simplemente evaluamos los beneficios potenciales promediando los valores que adoptan dichos aspectos utilizando el instrumento presentado en la sección “Fuentes de información y métodos para discutir los beneficios asociados a cada proyecto”.

Respecto a los beneficios realmente alcanzados por cada caso de estudio, no los medimos directamente. Lo que hacemos es describirlos de forma apreciativa utilizando información de datos bibliométricos y el material recogido durante las entrevistas semiestructuradas que llevamos adelante en 2015 y que se presenta en la siguiente sección. Así, contrastamos de forma apreciativa esas descripciones con los beneficios potenciales que se desprende de nuestro marco teórico y se miden con el instrumento que presentamos en este trabajo.

Los datos bibliométricos los analizamos para observar cómo crecieron las publicaciones científicas (y sus citas) de los autores que lideran cada uno de los proyectos, tomando el año de inicio del proyecto como un punto de inflexión. Con esta medición no pretendemos medir impacto del proyecto, sino tener una noción apreciativa sobre cómo el mismo puede haber contribuido con las actividades académicas de sus líderes.

Por otro lado, durante las entrevistas con tres representantes de cada proyecto realizadas durante 2015, preguntamos acerca de los beneficios asociados a los proyectos. La información contrafáctica no existe y nuestra evaluación es parcial, obtenida a partir de la percepción de algunos participantes

de cada proyecto respecto de cuestiones asociadas a los procesos de democratización y capacidad de respuesta social, según las definimos en nuestro marco analítico.

LOS CUATRO ESTUDIOS DE CASO

NOVA - Nuevo Observatorio Virtual Argentino^[19]

NOVA se lanzó en 2009. Su objetivo es centralizar los datos astronómicos y ponerlos a disposición de todos los usuarios. Fue creado por investigadores de diversas instituciones del país como una plataforma digital que pretende almacenar y compartir datos astronómicos ya procesados. Facilita la colaboración de la comunidad astronómica local e internacional, a través de la documentación, digitalización y acceso abierto a los datos.

Como observatorio virtual, NOVA no ha requerido grandes inversiones en infraestructura. El desarrollo del sitio web utiliza el *software* de código abierto desarrollado por el Observatorio Virtual Alemán (GADO). Además, se desarrolló localmente una aplicación de *software* abierta para cargar y validar automáticamente nuevas imágenes. NOVA también desarrolló manuales digitales y organizó sesiones de capacitación para los astrónomos para fomentar el uso de su sitio.

La información astronómica almacenada en la base de datos es de acceso abierto y puede ser utilizada por astrónomos, investigadores de otros campos, estudiantes y público en general. En términos de visibilidad, el desarrollo de una página asegura el acceso del público. Sin embargo, se requiere cierto nivel de experiencia para utilizar el *software* específico para la visualización de imágenes.

La experiencia de NOVA y el objetivo fundacional de utilizarla como herramienta educativa desencadenó la concepción de un proyecto relacionado, denominado Galaxy Conqueror. Se trata de un videojuego que motiva al ciudadano a marcar posibles galaxias surfeando en la imagen del cielo

[19] NOVA cuenta con el aval del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva. Este apoyo le permitió a NOVA obtener financiamiento para un técnico en *software* e ingresar a la Alianza Internacional de Observatorios Virtuales (iVOA, por sus siglas en inglés). Algunos de los observatorios que participan en el proyecto son: Observatorio Astronómico de Córdoba (Provincia de Córdoba, Argentina); Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (Universidad Nacional de La Plata) (La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina); y el Complejo Astronómico El Leoncito (Provincia de San Juan, Argentina).

como si fuera un mapa de Google Maps. Ofrece un breve tutorial que enseña las características básicas de las galaxias. Las galaxias identificadas por los usuarios son luego verificadas por voluntarios de NOVA. Desde la creación del juego en 2015, se identificaron 50 nuevas galaxias. El juego es parte de una plataforma de Ciencia Ciudadana llamada Cientópolis (<<https://www.cientopolis.org/>>), administrada por investigadores del Laboratorio de Investigación y Formación en Informática Avanzada (LIFIA) de la Universidad Nacional de La Plata.

PAMPA2 - Proyecto Argentino de Monitoreo y Prospección de Ambientes Acuáticos^[20]

El Proyecto Argentino de Monitoreo y Prospección de Ambientes Acuáticos, mejor conocido como PAMPA2, comenzó en 2011. Es una iniciativa que busca entender la reacción y comportamiento del agua de lagos y estanques a ciertos eventos naturales y humanos, y mejorar el diseño de planes de manejo que puedan prevenir el deterioro y preservar la salud de la población.

PAMPA2 es una red interdisciplinaria de científicos de siete laboratorios de investigación diferentes. Las lagunas son consideradas por estos científicos como sistemas de alerta temprana; por lo tanto, al analizarlas, el proyecto podría contribuir a detectar cambios que eventualmente afectarían a toda la región. Esto, a su vez, podría ayudar a diseñar planes de manejo de recursos, mitigación o adaptación técnica y favorecer mecanismos financieramente más viables que cuiden mejor el medioambiente y la salud de la población ubicada en las cercanías. Para monitorear adecuadamente las lagunas, se necesitan diversos tipos de datos. Así, se formó un equipo interdisciplinario de oceanógrafos, meteorólogos, biólogos, zoológicos e ingenieros para vigilar trece lagunas distribuidas en la región pampeana durante cinco años y tomar muestras de las lagunas de forma mensual o cada seis meses.

Además, en cinco de estas lagunas se han instalado boyas equipadas con sensores automáticos capaces de medir la temperatura, presión, vien-

[20] Algunas de las instituciones que conforman la red del proyecto PAMPA2 SON: INTECH (Chascomús, Provincia de Buenos Aires, Argentina), IADO (Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina), Universidad Nacional del Sur, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Tandil, Provincia de Buenos Aires, Argentina), Laboratorio de Limnología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina).

to, lluvia, humedad, oxígeno, clorofila y profundidad. Estos dispositivos están conectados a un procesador que almacena información y luego la transmite en tiempo real a los laboratorios responsables de su funcionamiento. El sitio web del proyecto permite visualizar la información de las boyas, pero solo para el mes en curso, dadas las restricciones en su infraestructura. Los datos históricos generados por los sensores, así como otra información generada por el proyecto, pueden ser solicitados a los equipos.

Originalmente, las boyas no fueron diseñadas siguiendo un enfoque de código abierto, pero el equipo está trabajando actualmente en un nuevo diseño basado en *software* libre para proyectos de monitoreo más ambiciosos (es decir, boyas que pueden soportar entornos más extremos, como los de mar abierto).

Solo los equipos de investigación que formaron originalmente la red participan en las fases de diseño, recopilación y análisis. En realidad, el proyecto fue diseñado principalmente por una de las organizaciones de la red. No hay instancias formales para la interacción de todos los miembros, solo un taller que se celebra cada año.

En términos de accesibilidad, uno de los objetivos del proyecto fue difundir los resultados a un público más amplio, especialmente a la población que vive cerca de las lagunas. Sin embargo, estas actividades no se han realizado hasta ahora porque el equipo no tiene la experiencia necesaria para realizar la comunicación pública y difusión ni, tampoco, para obtener los recursos necesarios para contratar estos servicios.

Además, no existe un protocolo escrito que permita a los usuarios trabajar correctamente con los datos que produce el proyecto. Sin embargo, los investigadores reciben frecuentes peticiones de personas que buscan datos disponibles, por ejemplo, para fines recreativos o productivos.

PAMPA2 permitió una mayor interacción con otros proyectos de investigación similares en todo el mundo. Se integró a la Red GLEON (Global Lake Ecological Observatory Network), un paraguas para organizaciones de todo el mundo que monitorean los lagos continuamente a través de boyas instrumentadas. Del mismo modo, algunos de los participantes de PAMPA2 también participan en el Proyecto SAFER (Sensing the Americas's Freshwater Ecosystem Risk from Climate Change), una iniciativa que integra a científicos de diferentes disciplinas de la Argentina, Estados Unidos, Canadá, Chile, Uruguay y Colombia, en un intento por definir estrategias de gestión y mitigación que sean técnica y económicamente viables, así como culturalmente aceptables. Este proyecto incluye varios componentes para involucrarse con la sociedad civil.

Gestión Integral del Territorio - IT^[21]

Después de las trágicas inundaciones en 2013 que dejaron la ciudad de La Plata bajo el agua y causaron casi un centenar de muertes, un grupo interdisciplinario de investigadores diseñó un proyecto de investigación-acción para el manejo integrado de tierras, buscando aliviar las necesidades de áreas particularmente afectadas. Así, esperan identificar las consecuencias ambientales de este fenómeno para comenzar a pensar y desarrollar tecnologías apropiadas para ayudar a revertirlas. El proyecto comenzó en 2014.

El grupo de investigación está formado por geógrafos, historiadores y químicos ambientales. El proyecto trabajó en dos áreas vulnerables que han sido particularmente afectadas por las inundaciones y que tiene por objetivo lograr una ordenación planificada y sostenible de la tierra. Se trataron dos etapas: la del diagnóstico y la de la implementación de las soluciones propuestas. En el momento en que hicimos el estudio de caso, se encontraban a mitad de camino de la primera etapa.

Los vecinos participaron de dos maneras durante la primera etapa: en el denominado método Catalyze, diseñando colectivamente la encuesta para que sus puntos de vista y necesidades fueran incluidos desde el principio en el cuestionario, y en el muestreo del agua de lluvia, que miden el nivel de Ph (para detectar la acidez o alcalinidad del agua). Estas muestras fueron luego entregadas a los investigadores.

El análisis de todos los datos recogidos fue realizado por investigadores (sin la participación de los vecinos). Y los datos obtenidos aún no se han hecho públicos, lo cual resultó en escasa visibilidad el proyecto y sus resultados.

eBird Argentina^[22]

eBird es un proyecto de ciencia ciudadana que recibe informes de avistamientos de pájaros de cualquier persona en cualquier parte del mundo. La plataforma en línea fue desarrollada en los Estados Unidos en 2002 por el

[21] El proyecto IT fue financiado por la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y Conicet. En este PIO (Proyecto de Investigación Orientado) participaron la Facultad de Humanidades y la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP, junto a varias facultades y centros de investigación del Conicet y la CIC.

[22] eBird es financiado por el Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva. Aves Argentinas, antes conocida como Asociación Ornitológica del Plata, es una institución que participa en el proyecto.

Laboratorio de Ornitología de la Universidad de Cornell y la Sociedad Nacional Audubon. En la Argentina el portal comenzó a funcionar en 2013.

La plataforma es de acceso abierto y tiene como objetivo la gestión y el intercambio de datos en línea de avistamientos de aves realizadas por observadores aficionados y profesionales. eBird hace uso de herramientas de *software* libre y colaboración en línea para reunir, archivar y distribuir eficientemente, información sobre aves a un público amplio. Los portales regionales de eBird son personalizables en respuesta a la necesidad de satisfacer las demandas de los usuarios locales. Cada portal está integrado en la infraestructura de la aplicación y toda la base de datos se guarda en servidores ubicados en los Estados Unidos.

La gran cantidad de datos recopilados por eBird, que aporta información sobre la distribución espacial de las especies y permite seguir las tendencias de la población, puede ayudar a identificar áreas y sitios importantes para la conservación de las aves y contribuir de este modo al diseño de mejores planes para la gestión o recuperación de especies amenazadas o en peligro de extinción.

Los observadores de aves que utilizan eBird para reportar sus avistamientos deben seguir un protocolo estandarizado para cargar la información y garantizar la uniformidad y la calidad de los registros. Este protocolo es bastante dinámico y ha mejorado con el tiempo, añadiendo sucesivamente diferentes características que permiten clasificar de manera más precisa los datos de los observadores. Los filtros de control automático detectan registros “inusuales”. Estos se vuelven a enviar, también automáticamente, al usuario que los creó para comprobar los datos que se han marcado. Si se confirma que los datos son correctos, la lista se pasará a un experto regional, denominado “supervisor”, para su evaluación. Si el registro es rechazado, no formará parte de la base de datos eBird, aunque se guardará en el registro personal del usuario. La interacción con los observadores es crucial para mejorar la calidad de los controles, especialmente en las regiones donde solo hay un inspector para un área muy extensa. En la Argentina hay actualmente 20 expertos que trabajan como supervisores en forma voluntaria. Más allá del trabajo voluntario de los expertos, el personal dedicado localmente al proyecto es mínimo (cuatro personas) y, como tal, eBird es completamente un proyecto de ciencia ciudadana que depende de la participación voluntaria de un público aficionado.

El sitio web se destaca por utilizar varias herramientas que facilitan la visibilidad y comprensión de datos. Una de las atracciones de eBird es la capacidad de rastrear sus listas personales de avisaje de aves, compartir sus datos con otros usuarios, recibir alertas sobre aves raras, subir sus viejas lis-

tas de avistamientos, explorar información sobre cuándo y dónde encontrar aves (que podría ser útil, por ejemplo, en la planificación de un viaje de campo), y jugar juegos que apelan al espíritu competitivo. El sitio también otorga a los usuarios el reconocimiento de sus avistamientos.

APERTURA Y BENEFICIOS EN UN ESPACIO BI-DIMENSIONAL

La tabla 2 evalúa los diferentes aspectos de la colaboración y el acceso utilizando la herramienta que presentamos en este trabajo en la subsección “Fuentes de información y métodos para operacionalizar apertura y colaboración”, para nuestros estudios de casos. Las características más salientes en términos de estos mismos aspectos las describimos en la sección anterior. En esta sección discutimos los resultados de medir diferentes aspectos de acceso y colaboración utilizando nuestro instrumento. Los valores que se presentan en la tabla 2 deben interpretarse en una escala Likert, donde 1 sería bajo y 4 muy alto.

Las cuatro iniciativas son heterogéneas en términos de dimensiones de apertura (tabla 2): eBird tiene niveles altos (Likert 3) en colaboración y muy

Tabla 2. Grado de apertura en diferentes dimensiones a lo largo del ciclo de investigación, 1-4 Escala de Likert, donde 1 sería “bajo” y 4 “muy alto”

		IT	PAMPA2	NOVA	eBird
i a iv	Colaboración	2	2	2	3
i	Escala	2	2	2	4
ii	Diversidad	3	2	1	3
iii	Interacción	2	3	2	3
iv	Participación	3	2	2	3
v a viii	Acceso	2	3	3	4
v	Visibilidad	1	2	2	4
vi	Accesibilidad	2	3	3	3
vii	Acceso de los científicos	2	3	4	4
viii	Acceso del público	2	3	4	4

Fuente: Elaboración propia basada en respuestas a entrevistas estructuradas (filas i, ii, iii, iv, vi, vii y viii) y completada con información secundaria y entrevistas semiestructuradas (filas i y v).

altos (Likert 4) en acceso, mientras en el otro extremo IT tiene niveles moderados (Likert 2) de ambas dimensiones. PAMPA2 y NOVA se han comprometido ampliando un poco más el acceso que la colaboración.

Al observar más en detalle a los diferentes aspectos que caracterizan estas dos dimensiones, vemos que dentro de colaboración eBird se destaca en escala (Likert 4, muy alto). Como sabemos, este proyecto se apoya en una red internacional que busca generar grandes cantidades de datos abiertos para la conservación de especies. Por lo tanto, busca alcanzar la colaboración masiva de diferentes actores (científicos y no científicos). Asimismo, la colaboración de los ciudadanos incluye la recolección de datos, así como también, en algunos casos, la revisión de los mismos, lo que justifica los valores altos en los aspectos de diversidad y participación dentro de esta dimensión. Respecto a la dimensión de acceso, también tiene sentido un valor muy alto en visibilidad ya que la mayor parte de los datos de eBird son accesibles de forma sencilla, e incluso ofrecen visualizaciones de datos para su mejor comprensión. La apertura permite que una amplia diversidad de actores utilice los datos.

En el otro extremo, tenemos IT que se trata de un caso más pequeño que procura la participación de comunidades locales e invita a una diversidad de participantes representativa de la localidad, de allí que se justifique que el aspecto de diversidad se destaque frente a otros aspectos en la dimensión de colaboración. Es interesante notar que, en este caso, los colaboradores también participan en varias instancias del proyecto, pero no tuvieron el mismo acceso a los datos producidos. En este caso, por diversos inconvenientes los datos no fueron de acceso abierto, y por eso la visibilidad es baja. Por otro lado, NOVA y PAMPA2 se pensaron originalmente como proyectos de acceso abierto de datos y colaboración intracientíficos y luego comenzaron a abrir algunas instancias de participación al público y accesibilidad. En el caso de PAMPA2, los datos abiertos fueron utilizados por otros miembros del proyecto y también por diversos actores de la sociedad civil, incluso para fines muy distintos de los objetivos originales del proyecto (por ejemplo, para diversos deportes acuáticos). El alcance de NOVA fue relativamente mayor en la comunidad científica internacional (sus datos fueron consultados por expertos de todo el mundo), pero limitado a las disciplinas relacionadas a la astronomía. Lo mismo sucedió con la participación del público que resultó escasa, ya que la utilización de sus datos requiere cierta experticia previa. Esto cambió relativamente con el desarrollo de Galaxy Conqueror, la iniciativa de ciencia ciudadana que permitió la participación del público en instancias de clasificación de datos.

Tabla 3. Indicadores de beneficios potenciales como valores medios de aspectos de acceso y colaboración de la tabla 2 según surge de nuestro marco teórico representado en la figura 1

Aspectos de acceso y colaboración relevantes según figura 1 (véase ref. de numeración en tabla 2)	Beneficios potenciales	IT	PAMPA2	NOVA	eBird
i+ii+iii+vii	Eficiencia	2	2	2	3
ii+iii+iv+vi+viii	Democratización	2	3	2	3
iv+v+viii	Capacidad de respuesta social	2	2	3	4

Fuente: Elaboración propia basada en valores promedios de la tabla 2 (véase primera columna en ambas tablas como referencia).

Dadas las diferentes características de apertura de los casos, es de esperar que los beneficios potenciales también difieran. Nuestro marco conceptual es útil para identificar anticipar beneficios de experiencias específicas en base a sus propias prácticas de apertura.

En la tabla 3 construimos indicadores de los beneficios potenciales simplemente promediando los valores que cada caso de estudio obtuvo en cada uno de los aspectos relevantes que surgen de la figura 1 utilizando los datos de la tabla 2. Según estos resultados, podemos decir que eBird potencialmente se destacaría por su eficiencia, mientras NOVA lo haría en eficiencia y democratización, PAMPA2 en democratización e IT en la capacidad de respuesta social. Analicemos si la evidencia cualitativa que surge de los casos de estudio acompaña estos beneficios esperados.

eBird es el caso que ocupa el lugar más alto en la mayoría de los aspectos de acceso y colaboración relevados, como se puede ver en la tabla 2, que conduce a altos niveles de eficiencia esperada, democratización y capacidad de respuesta social en la tabla 3.

De hecho, la plataforma permitió la generación de una gran base de datos, actualizada diariamente, que puede ser utilizada para la identificación de áreas críticas para la conservación de las aves.^[23] Desde 2013 se ha detectado aproximadamente el 95% de las especies de aves en Argentina.

[23] En 2016, eBird International informó que más de 1/3 millones de eBirders han presentado 370 millones de avistamientos de aves, lo que representa 10.313 especies (véase <<http://ebird.org/content/ebird/news/2016review/>>, visitado el 16 enero 2017).

Por otra parte, la plataforma permitió la interacción entre profesionales y observadores de aves en todo el país lo que mejoró la cantidad y calidad del stock de recursos compartidos. Esto ha sido destacado por representantes de eBird Argentina:

Es probable que sin el trabajo voluntario de observadores de aves y la infraestructura de recolección, no hubiera sido posible reunir esta gigantesca cantidad de datos, a nivel mundial [...] La interacción con los observadores de aves es crucial para mejorar la calidad de los controles, ya que los expertos pueden actuar como guías para que los observadores inexpertos mejoren sus habilidades de observación e incorporen buena calidad de datos en el sistema (Representante de eBird, entrevistado en agosto de 2015).

Además, las publicaciones de representantes argentinos de eBird se han duplicado desde el inicio del proyecto, mientras que las citas anuales de sus trabajos se han más que triplicado. No tenemos datos sobre la medida en que los datos de eBird Argentina fueron realmente utilizados en proyectos científicos, pero hay evidencia anecdótica de que esto fue el caso para el eBird internacional (Lagoze, 2014). De hecho, los representantes argentinos valoran particularmente el uso potencial de sus datos con fines científicos y políticos.

Para nosotros, la utilidad del proyecto son los datos. [...]. Estos mapas [de distribución de las especies] han cambiado completamente... por ejemplo, superponiendo un mapa de la distribución de las especies hechas en 1975, los datos eBird muestran qué especies expanden su distribución o que han reducido o ya no existe (Representante de eBird, entrevistado en agosto de 2015).

Algo similar puede decirse acerca del potencial de democratización y capacidad de respuesta social. El proyecto tiene valores altos para esos indicadores en la tabla 3 porque los datos son de acceso abierto; la plataforma es muy fácil de usar, se publicita ampliamente su iniciativa (parte que depende de los esfuerzos internacionales en este sentido) y la infraestructura es de código abierto.

De hecho, hay evidencia de que la iniciativa tuvo algún efecto en la creación de capacidades. eBird familiariza a los participantes con el uso de técnicas estandarizadas de recopilación de datos, a veces utilizando concursos de avistaje de aves. De este modo, se aumenta su conocimiento sobre aves, hábitat, ecología, etc., a través de herramientas interactivas de visualización, y mejora su capacidad de observar a través de la interacción con expertos regionales. Así, puede decirse que observadores amateurs de aves mejoran su experticia en la materia.

En suma, eBird se destaca en todos los beneficios esperados y hay evidencia de que esta iniciativa mostró grandes logros.

NOVA ha sido muy beneficioso en términos de intercambio de datos y reutilización de datos entre astrónomos. El proyecto ha hecho un gran esfuerzo para trasladar datos astronómicos e imágenes de computadoras individuales y compartirlas abiertamente con todos. Esto fue reconocido por los representantes del proyecto. Según nos comentó una de las representantes, hay gran cantidad de datos ya subidos en el repositorio, entre ellos lo más relevante fueron los datos que provinieron de una encuesta, gracias a la cual subieron “400 millones de posiciones en el espacio con datos astronómicos y fue un desafío, en términos de magnitud de datos y la idea es que continúen subiendo muchísimos más” (representante de NOVA, entrevistado en julio de 2015). Esto mejoró la cantidad de información que está disponible para el uso científico común.

Desde que la iniciativa comenzó en 2009, ha habido 125.075 descargas de datos. En 2016 había 4.171 descargas por mes y en total 9.400 visitas mensuales al repositorio de datos. Como en el caso de eBird, el líder del proyecto ha aumentado drásticamente el número de publicaciones anuales y sus citas anuales (128% y 332%, respectivamente).

Esta información concuerda con la eficiencia como uno de los principales beneficios esperados de esta iniciativa. El otro importante beneficio esperado en la tabla 3 es la democratización. Aunque nuestra evidencia sugiere que NOVA se ha quedado un poco corto en la búsqueda de amplificar su impacto más allá de la comunidad científica (por ejemplo, su plataforma no es muy accesible para el público en general), esto ha estado cambiando últimamente con la creación de proyecto hermano que utiliza las prácticas de ciencia ciudadana (Galaxy Conqueror), mejorando la difusión de la astronomía entre el público en general y contribuyendo a la creación de capacidades y democratización de la ciencia, como se ha observado en casos similares como el Zoo Galaxy (Franzoni y Sauermann, 2014). “La gente juega, pero no se olvidan que están en el mundo real con un cierto propósito y, eso lo hace más divertido” (Programador de Galaxy Conqueror).

Algo similar ocurre con PAMPA2. Los beneficios esperados (tabla 3) parecen estar relacionados principalmente con la democratización. La evidencia sugiere que esto está muy relacionado con su proyecto de *spin-off* internacional, SAFER, que es el establecimiento de tendencias en el uso de estrategias comunitarias para producir conocimiento y administrar los recursos naturales. La difusión de resultados a un público más amplio se contempla entre los objetivos trazados por SAFER. Por ejemplo, esto implica planes para difundir los resultados del proyecto entre las poblaciones cercanas a las lagunas.

No todos los participantes de PAMPA2 participan en SAFER. Las evidencias basadas en PAMPA2 nos llevan a concluir que podrían hacerlo mucho mejor en términos de democratización. Además, el proyecto PAMPA2 carece de un sitio web amigable. El sitio web disponible, donde comparten datos de boyas, no está diseñado para recibir consultas del público. Sin embargo, los investigadores reciben consultas regulares de personas que utilizan los datos para fines recreativos y productivos. A medida que el proceso de apertura de PAMPA2 avanza, se plantean nuevos desafíos en la difusión de datos, lo que a su vez requiere de mejor infraestructura y algunas precauciones en torno al uso de estos datos.

La gente que sabe que existe y que está teniendo acceso a datos que no han existido antes [...] A los que el proyecto ha ayudado [...] que podrían encontrar los datos útiles. La única estación meteorológica de Monte Hermoso, o Pehuen-có es nuestra estación, así que entran en nuestra estación para saber qué datos están disponibles. [...] Pero también tenemos que ser cautelosos: es algo que hacemos y dejamos libremente disponibles, pero son estaciones de investigación, no son estaciones oficiales de previsión meteorológica establecidas por un organismo autorizado (Representante de PAMPA2 y SAFER, entrevistado en septiembre de 2015).

PAMPA2 parece ser bastante eficiente en términos de rendimiento científico. El grupo logró crear una red interdisciplinaria de científicos que colaboran local e internacionalmente. En realidad, el acceso abierto a los datos ha permitido participar en nuevos proyectos internacionales que amplían las redes de científicos locales. La evolución de las publicaciones y citas anuales ha aumentado en 218% y 144% respectivamente desde el inicio del proyecto. En este sentido, nuestras entrevistas se referían directamente a la posibilidad de mejorar las publicaciones como uno de los beneficios que asociaban al proyecto.

Producimos un *special issue* de buena calidad en una revista indexada de alto impacto. Tiene datos producidos por nuestro proyecto y datos previos de la región [...] Hemos co-escrito varios artículos [...] buenos resultados salieron de nuestra red y talleres, etc. Hemos presentado nuestros datos en muchos congresos, seminarios, conferencias (Representante de PAMPA2, entrevistado en septiembre de 2015).

Finalmente, aunque el tema que se está investigando es central para las comunidades, la capacidad de respuesta social no parece ser una de las pro-

mesas de PAMPA2 (tabla 3). No experimenta con las herramientas de ciencia ciudadana para la colección de datos y no tiene un componente de construcción de capacidades comunitarias. El proyecto SAFER sí lo hace y, por lo tanto, podríamos esperar que la capacidad de respuesta social mejore a medida que el nuevo proyecto se desarrolla. SAFER tiene un componente educativo y trabaja con estudiantes de una escuela intermedia. Los estudiantes recolectan datos con la ayuda del equipo de investigación IADO y realizan mediciones de pH, temperatura del agua, turbidez y también toman fotografías. En 2014, esta información fue utilizada en la feria de ciencias de la escuela. En el momento de las entrevistas, el equipo de investigación estaba preparando un kit básico con instrumentos de medición para llevar a cabo un monitoreo periódico y si la experiencia hubiese concluido con éxito, pretendían extenderlo a otras áreas.

Finalmente, los valores para los beneficios esperados están todos en torno a 2 (es decir, moderados). El proyecto estaba en curso en el momento de nuestro estudio de caso, por lo que no podemos realmente evaluar sus beneficios. La comunidad local que participó en el proyecto ha aumentado sus conocimientos sobre planificación territorial y también ha recopilado algunos datos que podrían respaldar sus reclamos en el futuro. Por lo tanto, parece ser alguna evidencia de que el proyecto está orientado hacia el logro de mejorar la capacidad de respuesta a los problemas sociales.

Proponemos una metodología de trabajo que acerque las personas a la Universidad. [...] para devolver el valor a la gente [...] Nosotros, como científicos, nos acercamos a las comunidades para que la política pueda diseñarse utilizando más elementos de juicio, de la ciencia, del conocimiento y con apoyo social [...] Entonces, cuando volvemos a los barrios con la información procesada [...] la gente se da cuenta de lo que ha construido [...] contribuye a un mejor balance del conocimiento (Representante de IT, entrevistado en agosto de 2015).

Si bien también la democratización podría ser un beneficio esperado en este caso, nuestra evidencia sugiere que este logro fue de alguna manera obstaculizado por el contexto político en el cual el proyecto surgió. Los investigadores dijeron que resultaba muy complicado trabajar con las comunidades locales en el contexto de disputas políticas (con las autoridades municipales), porque ellos (los investigadores) no querían crear falsas expectativas sobre los resultados del proyecto, mientras que, al mismo tiempo, necesitaban mantener motivada a la comunidad a ser parte y estar comprometida con la iniciativa. Un problema específico e importante que

enfrentó el proyecto en el momento de las entrevistas fue las barreras políticas para permitir el acceso abierto a los datos. Las autoridades se reservaron el derecho de decidir cuándo era un tiempo (político) razonable para mostrar ciertos resultados y definir qué y cuándo se llevarían a cabo las soluciones. Ellos dijeron:

No es que los datos no sean conocidos por las personas, por el contrario. Pero debe haber algún tipo de mediación, para que no genere tensiones, porque los datos son muy sensibles. La idea, por supuesto, es siempre democratizar toda la información que surge de la investigación [...] en diferentes etapas del tiempo, y con la atención necesaria, para que, en lugar de generar tensiones, pueda generar acuerdos. Una difusión desordenada, genera lo opuesto a lo que uno quiere [...] es decir, lograr posiciones más cercanas entre sí (Representante de IT, entrevistado en agosto de 2015).

La eficiencia, sin embargo, no parece ser una de las principales promesas en términos de cómo se diseñó la investigación; nuestras entrevistas demostraron que la multidisciplinariedad arriesgaba de alguna manera la probabilidad de obtener resultados publicables, en parte porque las revistas especializadas normalmente pertenecían a ciertas disciplinas y también porque los resultados finales dependen del compromiso de otros investigadores en un contexto en el que la calidad no podía ser contrastada debido a la falta de habilidades específicas. Es decir, a pesar de que en la tabla 3 el valor de eficiencia no difiere del resto de los beneficios esperados, en este caso la evidencia apreciativa contradice nuestro marco conceptual. Aquel anticipaba una relación positiva entre diversidad y eficiencia, que no se verifica en la evidencia cualitativa y cuantitativa que recogimos del caso. Las publicaciones anuales y las citas han aumentado anualmente desde 2013, pero mucho más moderadamente en comparación con las otras iniciativas mencionadas (56% y 33%).

CONCLUSIONES

Este trabajo organiza los diferentes elementos de apertura para relacionarlos con los beneficios específicos reivindicados por la literatura de ciencia abierta. Sostenemos que los beneficios están relacionados con características específicas del proceso de apertura. Construimos un marco analítico basado en ocho aspectos (Escala, Diversidad, Interacción, Participación, Visibilidad, Accesibilidad, Acceso de los científicos y Acceso al público en

general) que caracterizan dos dimensiones clave de la ciencia abierta: la colaboración y el acceso.

Utilizando los datos de cuatro estudios de casos de iniciativas de ciencia abierta de la Argentina, relacionamos las características específicas de la apertura y la colaboración con los tres beneficios reportados de la ciencia abierta como se discute en la literatura: eficiencia, democratización y capacidad de respuesta social. Nuestro punto es que hay varias direcciones de apertura y que podrían conducir a diferentes tipos de beneficios.

Las implicaciones de estos hallazgos sugieren que no hay necesidad de comprometerse a la apertura total para disfrutar de los beneficios de la ciencia abierta. No hay una sola vía para abrir la ciencia; hay diversos aspectos de apertura que los científicos podrían explorar, dependiendo de sus objetivos. En realidad, de acuerdo con Whyte y Pryor (2011), en trabajos anteriores mostramos que los investigadores normalmente no se comprometen a una apertura total, sino que intentan abrirse de manera pragmática, respondiendo a requisitos específicos de las agencias de financiamiento o aprovechando oportunidades específicas (Fressoli y Arza, 2018; Fressoli y Arza, 2017; además, Levin y Leonelli, 2017). Curiosamente, en nuestros casos, una vez que los científicos comienzan a abrir parte del proyecto de investigación, más tarde se interesan más por abrir otros aspectos en otras etapas del proceso de investigación, a veces a través de proyectos de *spin-off*, un proceso similar al que Bollier (2016) caracteriza como la “espiral viral” de los comunes.

Creemos que nuestro marco analítico podría ser informativo para los investigadores, los hacedores de políticas y los profesionales como guía para caracterizar las experiencias de ciencia abierta y también ayudar a identificar aspectos específicos de las prácticas científicas abiertas que podrían abrirse más para obtener resultados concretos.

ANEXO. FORMULARIO CIENCIA ABIERTA

Cuestionario realizado para el relevamiento de información. Este formulario fue implementado mediante la aplicación Google Forms.

Descripción inicial

Ciencia abierta es producir conocimiento científico colaborando y compartiendo datos, inspiración y resultados con actores (científicos u otros) por fuera del espacio del laboratorio o lugar de trabajo. Le solicitamos se tome 20 minutos para responder esta breve encuesta sobre prácticas científicas realizada en el marco de un proyecto sobre “Ciencia Abierta, beneficios y obstáculos en la apertura”. El proyecto tiene como objetivo medir el nivel de apertura de diversos casos de ciencia abierta en Argentina. Por favor, en cada una de las siguientes preguntas, seleccione las prácticas científicas que su equipo realiza.

Datos personales e institucionales

1. Área de investigación (campo abierto)
2. Nombre del proyecto de investigación (campo abierto)

Diseño de la agenda de investigación

Refiere a la definición de la pregunta de investigación, la metodología para abordarla, los plazos y otras decisiones claves de la formulación del proyecto.

3. Participación en el diseño de la investigación (se debe seleccionar una única opción).
 - No se consulta actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto
 - Se consulta a actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto
 - Los actores fuera de aquellos participando formalmente del proyecto pueden intervenir o modificar
 - El proyecto se definió conjuntamente con actores que no necesariamente son los que lo lideraron, impulsaron o forman parte formal del proyecto
4. Interacción entre los actores que participaron de alguna forma en el diseño del proyecto (se debe seleccionar una única opción).

- No hay interacción, los participantes actúan individualmente
 - Eventualmente los participantes interactúan en pequeños grupos
 - Algunos participantes se reúnen periódicamente en talleres y foros
 - Todos los participantes intercambian ideas/opiniones con frecuencia
5. Diversidad: ¿Quiénes participan en el diseño del proyecto de investigación? (se debe seleccionar una única opción).
- Solo científicos
 - El diseño del proyecto es multidisciplinario
 - Participan en el diseño también otras instituciones (otras universidades no afiliadas formalmente al proyecto, empresas, institutos de investigación, ONG, etc.)
 - Participan personas no necesariamente afiliadas a alguna institución (ciudadanos a pie)
6. Acceso al proyecto de investigación (se debe seleccionar una única opción).
- El proyecto no está disponible para quienes no forman parte formal
 - El proyecto está disponible para consultas
 - El proyecto está disponible para sugerir cambios
 - El proyecto está disponible para su reutilización por otros actores en otras iniciativas
7. Accesibilidad: ¿Qué tipo de capacidades que se requieren para acceder/entender el proyecto de investigación? (se debe seleccionar una única opción).
- Conocimiento disciplinario específico
 - Conocimiento científico general
 - Educación media
 - Alfabetización

Recolección de los datos

Refiere a la Recolección de los datos y materiales primarios para realizar la investigación.

8. Participación en la recolección (se debe seleccionar una única opción).
- No se consulta actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto
 - Se consulta a actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto
 - Los actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto Intervienen/modifican
 - Participan personas no necesariamente afiliadas a alguna institución (ciudadanos a pie)

9. Interacción durante la recolección (se debe seleccionar una única opción).

- No hay interacción: Los participantes actúan Individualmente
- Eventualmente los participantes interactúan en pequeños grupos
- Algunos participantes se reúnen periódicamente en talleres y foros
- Todos los participantes intercambian ideas/opiniones con frecuencia

10. Diversidad: ¿Quiénes participan en la recolección de datos para la investigación? (se debe seleccionar una única opción).

- Solo científicos
- Se recolectan datos que requieren conocimientos de diferentes disciplinas
- Participan en la recolección de datos distintos tipos de organizaciones (e.g. empresas, universidades, ONG, etc.)
- Participan personas no necesariamente afiliadas a alguna institución (ciudadanos a pie)

11. Acceso a los instrumentos de recolección de datos (se debe seleccionar una única opción).

- No disponible
- Disponible para consulta
- Disponible: se pueden sugerir cambios
- Disponible: se pueden reutilizar

12. Accesibilidad: ¿Qué tipo de capacidades que se requieren para recolectar datos para la investigación? (se debe seleccionar una única opción).

- Conocimiento disciplinario específico
- Conocimiento científico general
- Educación media
- Alfabetización

Análisis de los datos

Refiere al análisis de datos o de otros materiales de investigación recolectados.

13. Participación en el análisis de datos para el proyecto de investigación (se debe seleccionar una única opción).

- No se consulta actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto
- Se realiza consultando a actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto
- Se realiza en conjunto con actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto, los mismos pueden intervenir o realizar modificaciones
- El análisis de los datos del proyecto se realiza conjuntamente con actores

que no necesariamente son los que lo lideraron, impulsaron o forman parte formal del proyecto

14. Interacción durante el análisis (se debe seleccionar una única opción).

- Los participantes actúan individualmente
- Eventualmente los participantes interactúan en pequeños grupos
- Algunos participantes se reúnen periódicamente en talleres y foros
- Todos los participantes intercambian ideas/opiniones con frecuencia

15. Diversidad: ¿Quiénes participan en el análisis de datos para el proyecto de investigación?(se debe seleccionar una única opción).

- Solo científicos
- El análisis de datos es multidisciplinario: se analizan datos que requieren conocimientos de diferentes disciplinas
- Participan en el análisis de datos distintos tipos de organizaciones (empresas, universidades, ONG, etc.)
- Participan personas no necesariamente afiliadas a alguna institución (ciudadanos a pie)

16. Acceso a notas de laboratorio que por ejemplo permitan ver resultados negativos (se debe seleccionar una única opción).

- No se encuentran disponibles
- Disponible: se pueden leer
- Disponible: se pueden realizar sugerencias y modificaciones
- Disponible: se pueden reutilizar

17. Accesibilidad: ¿Cuál es el tipo de conocimiento requerido para poder utilizar las notas de laboratorio?(se debe seleccionar una única opción).

- Conocimiento disciplinario específico
- Conocimiento científico general
- Educación media
- Alfabetización

Documentación, publicación y difusión

Refiere a la producción y revisión de la documentación final o metadatos estructurados previos a su publicación, a la presentación de los mismos en archivos o repositorios, y a la publicación de los resultados finales en revistas científicas.

18. Participación en el proceso de documentación, publicación y difusión Marca (se debe seleccionar una única opción).

- No se consulta actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto

- Se consulta a actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto
 - Los actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto pueden intervenir y/o realizar modificaciones
 - El proceso de documentación, publicación y difusión se realiza conjuntamente con actores que no necesariamente son los que lideraron, impulsaron o forman parte formal del proyecto
19. Interacción durante el proceso de documentación, publicación y difusión (se debe seleccionar una única opción).
- No hay interacción. La producción la realizan los investigadores principales
 - Los investigadores principales y sus colaboradores cercanos interactúan cada tanto
 - Los investigadores principales y sus colaboradores cercanos interactúan con frecuencia
 - La documentación y publicación de los resultados de investigación se hace creando instancias de interacción con todos los que participaron del proyecto (talleres, foros, etc.)
20. Diversidad: ¿Quiénes participan en el proceso de documentación y difusión de los datos y publicaciones?(se debe seleccionar una única opción). Solo científicos
- El proceso es multidisciplinario: para el proceso de documentación y difusión de los datos y publicaciones se requieren conocimientos de diferentes disciplinas
 - Participan distintos tipos de organizaciones (e.g. empresas, universidades, ONG, etc.) en el proceso de documentación y difusión de los datos y publicaciones
 - Participan personas no necesariamente afiliadas a alguna institución (ciudadanos a pie)
21. Acceso a los documentos y publicaciones del proyecto (se debe seleccionar una única opción).
- No están disponibles
 - Están disponibles en el circuito editorial comercial
 - Están disponibles en libre acceso
 - Están disponibles en libre acceso y se pueden reutilizar
22. Acceso a los datos generados por el proyecto (se debe seleccionar una única opción).
- No está disponible
 - Disponible: se pueden leer
 - Disponible: se pueden sugerir cambios

- Disponible: se pueden reutilizar
23. Accesibilidad: ¿Cuál es el tipo de capacidades que se requiere para poder acceder y entender los documentos y publicaciones del proyecto?(se debe seleccionar una única opción).
- Conocimiento disciplinario o tecnologías (*software-hardware*) específico
 - Conocimiento científico general o recursos informáticos o instrumental básico
 - Educación media
 - Alfabetización

Divulgación científica

Refiere a las actividades que intentan acercar el conocimiento científico con el conocimiento lego a partir de diferentes formas de comunicación y diálogo. Por ejemplo: notas de blog, artículos en prensa, pero también técnicas interactivas como talleres, juegos, videos, experimentos, etc. para fomentar el aprendizaje durante la práctica en lugar del consumo pasivo de información.

24. ¿Realizan divulgación científica? Refiere a la preparación y comunicación de artículos, informes, u otros productos finales de la investigación. Así como a la participación de los usuarios de la investigación en aplicaciones reales o potenciales de la misma, en otros campos de investigación, la comercialización o la política (se debe seleccionar una única opción).

- Si, entonces ir a la pregunta 25
- No, entonces ir a la pregunta 29

25. Participación en la producción de actividades de divulgación (se debe seleccionar una única opción).

- No se consulta actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto
- Se consulta a actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto
- Se realiza en conjunto con actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto, los mismos pueden intervenir o realizar modificaciones
- La producción de actividades de divulgación se realiza conjuntamente con actores que no necesariamente son los que lideraron, impulsaron o forman parte formal del proyecto

26. Interacción durante la producción de actividades de divulgación científica (se debe seleccionar una única opción).

- No hay interacción, las actividades de divulgación científica se producen individualmente
 - Los investigadores principales y sus colaboradores cercanos interactúan cada tanto
 - Los investigadores principales y sus colaboradores cercanos interactúan con frecuencia
 - La producción de actividades de divulgación científica se hace creando instancias de interacción con todos los que participaron del proyecto (e.g. talleres, foros, etc.)
27. Diversidad: ¿Quiénes participan de la producción de actividades de divulgación científica? (se debe seleccionar una única opción).
- Solo científicos
 - El proceso es multidisciplinario: para la producción de actividades de divulgación científica se requieren conocimientos de diferentes disciplinas
 - Participan distintos tipos de organizaciones (e.g. empresas, universidades, ONGs, etc.) en la producción de actividades de divulgación científica
 - Participan personas no necesariamente afiliadas a alguna institución (ciudadanos a pie)
28. Acceso y accesibilidad: ¿qué tipo de actividades de divulgación realizan? (se debe seleccionar una única opción).
- Escribimos blogs de ciencia, notas en revistas de divulgación científica
 - Damos charlas, entrevistas, escribimos artículos para medios masivos de comunicación
 - Participamos activamente en foros y redes sociales
 - Diseñamos juegos y otras herramientas interactivas que fomentan el aprendizaje

Infraestructura, software y hardware

Refiere a la contribución de plataformas, hardware y software que permiten compartir recursos y que podría utilizarse con distintos propósitos / objetivos.

29. Participación en la producción de infraestructura (se debe seleccionar una única opción).
- No se consulta actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto
 - Se consulta a actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto

- Los actores fuera de quienes participan formalmente del proyecto intervinen/modifican
 - El proceso producción de infraestructura se realizó conjuntamente con actores que no necesariamente son los que lideraron, impulsaron o forman parte formal del proyecto
30. Interacción durante la producción de infraestructura (se debe seleccionar una única opción).
- No hay interacción. La producción la realizan los investigadores principales
 - Los investigadores principales y sus colaboradores cercanos interactúan cada tanto
 - Los investigadores principales y sus colaboradores cercanos interactúan con frecuencia
 - La producción de infraestructura se hace creando instancias de interacción con todos los que participaron del proyecto (e.g. talleres, foros, etc.)
31. Diversidad: ¿Quiénes participan en la producción de infraestructura? (se debe seleccionar una única opción).
- Solo científicos
 - El proceso es multidisciplinario: para la producción de infraestructura se requieren conocimientos de diferentes disciplinas
 - Participan distintos tipos de organizaciones (empresas, universidades, ONG, etc.) en la producción de infraestructura (*software* y *hardware*)
 - Participan personas no necesariamente afiliadas a alguna institución (ciudadanos a pie)
32. Acceso a la infraestructura (se debe seleccionar una única opción).
- No está disponible
 - Disponible: se puede utilizar
 - Disponible: se pueden sugerir cambios
 - Disponible: se pueden reutilizar
33. Accesibilidad: ¿Qué tipo de capacidades se requiere para la utilización de la infraestructura? (se debe seleccionar una única opción).
- Conocimiento disciplinario o tecnologías (*software-hardware*) específico
 - Conocimiento científico general o recursos informáticos o instrumental básico
 - Educación media
 - Alfabetización

Magnitud de la participación

34. ¿Cuántos actores participan en la gestión del proyecto? (se debe seleccionar una única opción).

- 0 - 5
- 6-20
- 21-50
- 51 - 100
- 101 - 500
- Más de 500

35. ¿Cuántos actores participan/ron en alguna de las etapas del proyecto (diseño, recolección, etc.)? (se debe seleccionar una única opción).

- 0 - 5
- 6-20
- 21-50
- 51 - 100
- 101 - 500
- Más de 500

36. ¿Cuántas visitas mensuales tiene la página web del proyecto? (si el proyecto no tiene página web escribir 0) (campo abierto).

37. ¿Cuántos usuarios solicitan descargar datos/información producida por el proyecto por mes? (campo abierto).

38. ¿Cuál es el número total de usuarios que ha solicitado la descarga de datos/información del proyecto a lo largo de toda su historia? (campo abierto).

39. Si utilizan redes sociales, ¿cuántos seguidores tienen? (Twitter, Facebook, etc.) Referir a la red social con mayor número de seguidores (campo abierto).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alperin, J. P. (2015), "The public impact of Latin America's approach to open access", tesis doctoral, Stanford University. Disponible en: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/archivos_web_adj/239.pdf>.
- Arnstein, S. R. (1969), "A ladder of citizen participation", *Journal of the American Institute of planners*, vol. 35, N° 4, pp. 216-224.
- Aronson, B. (2004), "Improving online access to medical information for low-income countries", *New England Journal of Medicine*, vol. 350, N° 10, pp. 966-968.
- Arza, V. y M. Fressoli (2018), "Systematizing benefits of open science practices", *Information Services and Use*, vol. 37, N° 4, pp. 463-474.
- Baden, T. et al. (2015), "Open Labware : 3-D Printing Your Own Lab Equipment", *PLoS Biology*, vol. 13, N° 3, e1002086.
- Bauer, M. W. (2009), "The evolution of public understanding of science – discourse and comparative evidence", *Science Technology & Society*, vol. 14, N° 2, pp. 221-240.
- Ben-David, J. (1960), "Roles and innovations in medicine", *American journal of sociology*, vol. 65, N° 6, pp. 557-568.
- Benkler, Y. (2006), *The wealth of the networks. How social production transforms markets and freedom*, New Haven, Yale University Press.
- (2016), "Peer production, the commons, and the future of the firm", *Strategic Organization*, vol. 15, N° 2, pp. 264-274.
- y H. Nissenbaum (2006), "Commons-based Peer Production and Virtue", *The Journal of Political Philosophy*, vol. 14, N° 4, pp. 394-419.
- Bijker, W. (1997), *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a Theory of Sociotechnical Change* Cambridge, Massachusetts, The MIT Press.
- Bollier, D. (2016), "Commoning as a Transformative Social Paradigm". *The Next System Project*. Disponible en: <<http://www.operationkindness.net/wp-content/uploads/David-Bollier.pdf>>.
- Burns, T. W., O'Connor, D. J., y S. M. Stocklmayer (2003), "Science communication: A contemporary definition", *Public Understanding of Science*, vol. 12, N° 2, pp. 183-202.
- Catlin-Groves, C. L. (2012), "The citizen science landscape: from volunteers to citizen sensors and beyond", *International Journal of Zoology*, pp. 1-14.
- Commission High Level Expert Group on the European Open Science Cloud (2016), *A Cloud on the 2020 Horizon. Realising the European Open Science Cloud: first report and recommendations*.
- Cribb, J. y T. Sari (2010), *Open Science: sharing knowledge in the global century*, Collingwood, CSIRO Publishing.

- Dasgupta, P. y P. A. David (1994), "Toward a new economics of science", *Research Policy*, vol. 23, N° 5, pp. 487-521.
- David, P. A. (2003), "The economic logic of open science and the balance between private property rights and the public domain in scientific data and information: a primer", en Esanu, J. M. y P. F. Uhlir (eds.) *The role of the public domain in scientific and technical data and information*, National Academies Press.
- (2008), "The Historical Origins of 'Open Science': An Essay on Patronage, Reputation and Common Agency Contracting in the Scientific Revolution", *Capitalism and Society*, vol. 15, N° 2, pp. 1-103.
- (2009), "Towards a Cyberinfrastructure for Enhanced Scientific Collaboration: Providing its 'Soft' Foundations May Be the Hardest Part", *Social Science Research Network Working Paper Series*, N° 4, pp. 1-24.
- Delfanti, A. (2010), "Users and peers. from citizen science to P2P science", *Journal of Science Communication*, N° 9, pp. 1-5.
- European Commission (2016), *Open Innovation, Open Science, Open to the World*, Bruselas, European Commission.
- Evans, J. A. (2010), "Industry collaboration, scientific sharing, and the dissemination of knowledge", *Social Studies of Science*, vol. 40, N° 5, pp. 757-791.
- Fecher, B. y S. Friesike (2014), "Open Science: One Term, Five Schools of Thought", *Opening Science*, pp. 17-47.
- Felt, U. *et al.* (2013), "Science in Society: caring for our futures in turbulent times", *Policy briefing*, N° 50.
- Franco-Avellaneda, M. (2013), "Museos, artefactos y sociedad: ¿Cómo se configura su dimensión educativa?", *Universitas Humanística*, N° 76, pp. 97-123.
- Franzoni, C. y H. Sauerermann (2014), "Crowd science: The organization of scientific research in open collaborative projects", *Research Policy*, N° 43, pp. 1-20.
- Fressoli, J. M. y V. Arza (2018), "Los desafíos que enfrentan las prácticas de ciencia abierta", *Teknokultura*, vol. 15, N° 2, pp. 429-448.
- (2017), "Negociando la apertura en Ciencia Abierta. Un análisis de casos ejemplares en Argentina", *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*, vol. 12, N° 36, pp. 1-23.
- Frickel, S. *et al.*, (2010), "Undone Science: Charting Social Movement and Civil Society Challenges to Research Agenda Setting", *Science, Technology and Human Values*, vol. 35, N° 4, pp. 444-473.
- Gagliardi, D., D. Cox e Y. Li (2015), "Institutional Inertia and Barriers to the Adoption of Open Science", en E. Reale y E. Primeri (eds.) *The Trans-*

- formation of University Institutional and Organizational Boundaries*, Sense Publishers.
- Gregson, J. *et al.* (2015), “The Future of Knowledge Sharing in a Digital Age: Exploring Impacts and Policy Implications for Development”, *IDS Evidence Report*, N° 125, Brighton, IDS.
- Grubb, A. M. y S. M. Easterbrook (2011), “On the Lack of Consensus over the Meaning of Openness: An Empirical Study”, *PLoS ONE*, vol. 6, N° 8, e23420.
- Hartshorne, J. K. y A. Schachner (2012), “Tracking replicability as a method of postpublication open evaluation”, *Frontiers in Computational Neuroscience*, N° 6, pp. 1-14.
- Hu, M. *et al.* (2007), *The innovation gap in pharmaceutical drug discovery & new models for R&D success*, Kellogg School of Management.
- Ioannidis, J. P. A. (2016), “Evidence-based medicine has been hijacked: a report to David Sackett”, *Journal of Clinical Epidemiology*, N° 73, pp. 82-86.
- Jeppensen, L. B. y K. Lakhani (2010) “Marginality and Problem-Solving Effectiveness in Broadcast Search”, *Organization Science*, N° 21, pp. 1016-1033.
- Kreimer, P. (2000), “Ciencia y periferia: una lectura sociológica”, en Monserrat, M. (comp.), *La ciencia en Argentina entre siglos. Textos, contextos e instituciones*, Buenos Aires, Manantial, pp. 187-201.
- y M. Zukerfeld (2014), “La explotación cognitiva: tensiones emergentes en la producción y uso social de conocimientos científicos, tradicionales y laborales”, en Kreimer, P. *et al.* (coords.), *Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la ciencia, la tecnología y el conocimiento*, Buenos Aires, Siglo XXI Editores, pp. 178-193.
- Lagoze, C. (2014), “eBird: curating citizen science data for use by diverse communities”, *International Journal of Digital Curation*, N° 9, pp. 71-82.
- Levin, N., y S. Leonelli (2017), “How Does One “Open” Science? Questions of Value in Biological Research”, *Science Technology and Human Values*, vol. 42, N° 2, pp. 280-305.
- Lundvall, B.-Å. (1992), *National systems of innovation: toward a theory of innovation and interactive learning*, Londres y Nueva York, Printer Publishers.
- Mansell, R. (2013), “Employing digital crowdsourced information resources: Managing the emerging information commons”, *International Journal of the Commons*, vol. 42, N° 2, pp. 255-277.
- Martin, B. (2005), “Strategies for alternative science”, en Frickle, S. y K. Moore (eds.), *The New Political Sociology of Science: Institutions, Networks, and Power*, Madison, University of Wisconsin Press, pp. 272-298.

- Masum, H. y R. Harris (2011), *Open source for neglected diseases: challenges and opportunities*, Center for global health R&D Policy Assessment.
- Mazzoleni, R. y R. R. Nelson (2007), “Public research institutions and economic catch-up”, *Research Policy*, vol. 36, N° 10, pp. 1512-1528.
- Merton, R. K. (1957), “Priorities in scientific discovery. A chapter in sociology of science”, *American Sociological Review*, vol. 22, N° 6, pp. 635-659.
- Molloy, J. (2014), *Open training for open science*. Disponible en: <<https://science.okfn.org/2014/12/21/open-training-for-open-science/>>.
- Molloy, J. C. (2011), “The open knowledge foundation: open data means better science”, *PLoS Biology*, vol. 9, N° 12, e1001195.
- Mowery, D. C. (1995), “The Practice of Technology Policy”, en Stoneman, P. (ed.), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford, Blackwell, pp. 513-557.
- Nelson, R. R. (2004), “The market economy, and the scientific commons”, *Research Policy*, vol. 33, N° 3, pp. 455-471.
- Nielsen, M. (2012), *Reinventing discovery: the new era of networked science*, Nueva Jersey, Princeton University Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (2004), “Science, Technology and Innovation for the 21st Century”, reunión de la OECD Committee for Scientific and Technological Policy at Ministerial Level, 29 y 30 de enero de 2004, comunicado final.
- (2015), *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being*, París, OECD Publishing.
- Research Information Network (RIN) / National Endowment for Science, Technology and the Arts (NESTA) (2010), *Open to All? Case studies of openness in research*, Londres, RIN y NESTA.
- Robertson, M. N. et al. (2014), “Open source drug discovery—a limited tutorial”, *Parasitology*, vol. 141, N° 1, pp. 148-157.
- Schweick, C. M. (2011), “Free/open source *software* as a framework for establishing commons in science”, en Ostrom, C. H. E. (ed.), *Understanding Knowledge as a Commons*, Massachusetts, The MIT Press, pp. 277-309.
- Silvertown, J. (2009), “A new dawn for citizen science”, *Trends in ecology and evolution*, vol. 24, N° 9, pp. 467-471.
- Stadelmann, B. et al. (2016), “Screening of the Open Source Malaria Box Reveals an Early Lead Compound for the Treatment of Alveolar Echinococcosis”, *PLoS Neglected Tropical Diseases*, vol. 10, N° 3, e0004535.
- Stodden, V. (2010), “Open science: Policy implications for the evolving phenomenon of user-led scientific innovation”, *Journal of Science Communication*, vol. 9, N° 1, pp. 1-8.

- Suber, P. (2003), "The taxpayer argument for open access", *SPARC Open Access Newsletter*, consultado el 1 de febrero de 2019.
- Surowiecki, J. (2004), *The wisdom of crowds: Why the many are smarter than the few and how collective wisdom shapes business, economies, societies and nations little*, Nueva York, Anchor Books.
- UN Independent Expert Advisory Group Secretary (2014), *A world that counts: mobilising the data revolution for sustainable development*, United Nations Independent Expert Advisory Group on a Data Revolution for Sustainable Development, United Nations.
- Vessuri, H., J. C. Guédon y A. M. Cetto (2014), "Excellence or quality? Impact of the current competition regime on science and scientific publishing in Latin America and its implications for development", *Current Sociology*, vol. 62, N° 5, pp. 647-665.
- Weber, S. (2004), *The success of open source*, Massachusetts, Harvard University Press.
- Wells, T. *et al.* (2016), "Open Source Drug Discovery with the Malaria Box Compound Collection for Neglected Diseases and Beyond", *PLoS Pathogens*, vol. 12, N° 7, e1005763.
- Whyte, A. y G. Pryor (2011), "Open Science in Practice: Researcher Perspectives and Participation", *International Journal of Digital Curation*, vol. 6, N° 1, pp. 199-213.
- Wiggins, A. y K. Crowston (2011), "From Conservation to Crowdsourcing: A Typology of Citizen Science", documento presentado en System Sciences (HICSS), Hawai.
- World Bank (2015), "Open Data for Sustainable Development", Public Note ICT 001, World Bank.
- Yin, R. K. (2014), *Case Study Research. Design and Methods*, 5ª ed., Thousands Oaks, Sage Publications.



EFICIENCIA ENERGÉTICA. UN ESTUDIO DEL MARCO HABITANTE EN LA ARGENTINA*

*María Florencia Zabaloy***

RESUMEN

El progreso económico y social de una economía se encuentra íntimamente ligado a la disponibilidad de recursos energéticos, su calidad, su precio y a las consecuencias que generan sobre el medio ambiente, entre otros. El acceso a la energía es tan relevante para la vida humana que se la ha considerado en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas del año 2015, en particular en el ODS 7 que establece: “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”.

Las políticas de Eficiencia energética (EE) juegan un rol clave en alcanzar dicho objetivo, ya que permiten disminuir la demanda energética, mejorar la seguridad de abastecimiento y reducir el impacto ambiental del consumo energético. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es analizar cuáles han sido las condiciones de entorno, las barreras y los instrumentos que han permitido el desarrollo de las políticas de EE en el sector residencial en la Argentina. Como conclusión se encuentra que las barreras económico-financieras son muy fuertes y a su vez las condiciones macroeconómicas no muestran un buen desempeño. Por otro lado, existen numerosas barreras institucionales y condiciones de borde institucionales que dificultan el desarrollo de medidas de EE.

PALABRAS CLAVE: POLÍTICA ENERGÉTICA – SECTOR RESIDENCIAL – BARRERAS – INSTRUMENTOS

* Este trabajo es una extensión de “Las diferentes dimensiones de las políticas de eficiencia energética en Argentina”, presentado en el Congreso Aguas, Ambiente y Energías AUGM 2017, los días 11 al 13 de octubre de 2017, disponible en: <<http://www.uncuyo.edu.ar/congresoaae2017/upload/libro-congreso-final-1.pdf>>.

** Departamento de Economía, Universidad Nacional del Sur, becaria del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (Conicet). Correo electrónico: <florencia.zabaloy@uns.edu.ar>.

INTRODUCCIÓN

El consumo de energía resulta ser una variable fundamental al momento de analizar el nivel socioeconómico de un país o una región, ya que a través del consumo de diversas fuentes energéticas es que se pueden concretar la satisfacción de las necesidades de la población, tales como, la cocción de alimentos, la iluminación, la calefacción, entre otros. En este sentido, el progreso económico y social de una economía se encuentra íntimamente ligado a la disponibilidad de recursos energéticos, a su calidad, a su precio, a las consecuencias que generan sobre el medioambiente, etcétera.

Existe una vasta evidencia de la relación entre la energía y el crecimiento económico en la literatura. En efecto, existen trabajos que demuestran una relación de causalidad entre el crecimiento económico, medido en términos de PBI (Producto Bruto Interno), y el consumo de energía (Baranzini *et al.*, 2013). A su vez, en la bibliografía se encuentra evidencia de una relación causal entre el consumo de energía y el crecimiento (Nieto y Robledo, 2012) e incluso hay casos que demuestran que existe una relación de causalidad bidireccional entre dichas variables (Medrano, 2014).

El acceso a la energía es tan relevante para la vida humana que se la ha considerado como parte de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), definidos por Naciones Unidas en el año 2015. En este sentido, el ODS 7 establece: “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos”. Asimismo, existen otros objetivos relacionados con la gestión de los recursos energéticos tales como el ODS 12 que pretende: “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles”, o el ODS 13 que establece la necesidad de “adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”.

Se podría afirmar que el estudio de la Eficiencia energética (EE) se enmarca dentro del ODS 12, ya que abarca el fomento del uso eficiente de los recursos y la energía. La EE, como objeto de estudio de la economía, abarca los cambios que se traducen en la disminución de la cantidad de energía utilizada para producir una unidad de actividad económica, medida en términos de PBI o valor agregado. Por lo tanto, la EE, asociada a la eficiencia económica, incluye todo tipo de cambios tecnológicos, de comportamiento y económicos que reducen la cantidad de energía consumida por unidad de PBI (WEC, 2010).

Según la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés), las acciones de EE y de energía renovable son vitales para cumplir con las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC por sus siglas en inglés) e

incluso el aporte de las acciones de EE es al menos tan importante como la de las energías renovables (IEA, 2016: 11).

Un aumento de la EE se define como la reducción del consumo de energía para un nivel dado de servicios o usos, o bien como el aumento del nivel de servicios o usos energéticos para una cantidad dada de energía (IEA, 2014). Desde el enfoque de las ciencias sociales, y en particular desde la economía, la eficiencia energética se define como todos los cambios que se traducen en la disminución de la cantidad de energía utilizada para producir una unidad de actividad económica, medida en términos de PBI o valor agregado. Por lo tanto, la eficiencia energética, asociada a la eficiencia económica, incluye todo tipo de cambios tecnológicos, de comportamiento y económicos que reducen la cantidad de energía consumida por unidad de PBI (WEC, 2010).

En particular, las políticas EE están dirigidas a contrarrestar el crecimiento de la demanda energética, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y a mejorar el abastecimiento interno de energía. Para lograr estos objetivos en la Argentina, el sector residencial es un sector clave; mientras las mejoras en EE en los países industrializados son impulsadas por la propia industria, en los países en desarrollo el sector residencial es el principal impulso (WEC, 2008).

A su vez, el sector residencial es un sector clave para aplicar políticas de EE con el objetivo de reducir las emisiones de GEI, ya que las emisiones producidas por este sector son difíciles de desplazar hacia otros países y, por lo tanto, las políticas energéticas aplicadas pueden llegar a ser más efectivas que en otros sectores de consumo (Pablo-Romero, Pozo-Barajas e Yñiguez, 2017). Además, este sector adquiere especial relevancia, debido a que la mayor parte del *stock* edilicio y su correspondiente consumo de energía pertenece a este sector de consumo final de energía (Golubchikov y Deda, 2012). Al mismo tiempo, según la IEA, si se realiza una comparación sectorial, en el caso del sector de la construcción (fuertemente asociado al consumo residencial) el potencial económico no realizado de implementar medidas de EE es del 80%, el mayor de todos los sectores de la economía (IEA, 2016: 70).

Las políticas de EE en el sector residencial deben ser de carácter multidimensional, es decir, que establezcan sinergias con las políticas habitacionales, incorporando principios de equidad, acceso y desarrollo urbano y regional equilibrado (Golubchikov y Deda, 2012). Debido a dicho carácter multidimensional, mejorar la EE en este sector conlleva diversos cobeneficios sociales, tales como la mejora de las condiciones de vida y de la salud pública, la disminución de la inequidad social y el fomento de la cohesión

social. Si se pierde de vista la integración de las políticas de EE con las demás políticas públicas, las medidas terminan estableciendo objetivos de reducción del consumo tecnocráticos sin ningún tipo de sensibilidad social (Golubchikov y Deda, 2012).

Los interrogantes que guían este trabajo de investigación son: ¿qué políticas de EE se han implementado en la Argentina? ¿Los instrumentos han sido adecuados para superar las barreras existentes? En caso de que hayan sido adecuados pero no se hayan logrado los resultados deseados, ¿a qué se debe?

En el análisis de las políticas públicas un tema fundamental es evaluar si los resultados son los deseados o no. Cuando los resultados no son exitosos esto se puede deber a problemas en tres niveles: i) instrumentos (en cuyo caso es un problema de diseño); ii) implementación; o iii) condiciones de entorno.

Los instrumentos de política son todas aquellas herramientas que promueven, restringen, orientan o inducen a la consecución de los objetivos de política definidos (Cortina Segovia *et al.*, 2007: 127). Por lo tanto, para que las políticas o estrategias de EE tengan los resultados deseados, deben estar diseñadas para contemplar las barreras específicas existentes. Las barreras son mecanismos que inhiben la inversión en tecnologías energéticamente eficientes y económicamente rentables, que se encuentran a nivel sectorial (Ruchansky *et al.*, 2011). Por su parte, las condiciones de entorno o habilitantes son el contexto nacional e internacional en el cual se aplican las políticas de EE y constituyen factores claves para su desarrollo. Este marco habilitante abarca a todas las condiciones institucionales, regulatorias, económicas y políticas favorables para promover y facilitar a la política de EE (Bolt *et al.*, 2012; Recalde, 2016; Zabaloy, Recalde y Guzowski, 2019).

En este contexto, el objetivo del presente trabajo es analizar cuáles han sido las condiciones de entorno, las barreras y los instrumentos que han permitido el desarrollo de las políticas de EE en el sector residencial en la Argentina entre 1999 y 2017. Se hará especial énfasis en las políticas de EE dirigidas al consumo de energía eléctrica.^[1] A tal fin, se realizarán hipótesis sobre cuáles son las condiciones habilitantes y las barreras a la EE en base a una revisión bibliográfica de la literatura existente. Por otro lado, se determinará el tipo de instrumentos para la EE en la Argentina a partir de la revisión de las distintas políticas y programas implementados en el país. Luego

[1] Aunque muchas de las políticas de EE son transversales a las distintas fuentes energéticas, como por ejemplo la implementación de códigos de construcción, y las guías de EE con consejos prácticos, entre otros.

de analizar el desempeño de estas dimensiones en la Argentina, se deducirán las relaciones subyacentes entre las mismas.

Por lo general, las temáticas relacionadas con el sector energético y en particular la eficiencia energética suele estar vinculado al campo de acción de áreas temáticas duras como por ejemplo la ingeniería. Sin embargo, el estudio del sector energético y de las políticas energéticas desde el enfoque de las ciencias sociales permite vislumbrar situaciones o problemáticas vinculadas a actores sociales, contextos institucionales, entre otros, que de otra forma permanecerían inadvertidas. Al mismo tiempo, de esta forma se contribuye al estudio de políticas con una alta vinculación con la tecnología desde el enfoque de las ciencias sociales, como es el caso de las tecnologías existentes para mejorar la eficiencia en los hogares, como por ejemplo los electrodomésticos más eficientes. Uno de los principales aportes de este trabajo es comprender qué condiciones institucionales facilitan o imposibilitan el fomento de la tecnología de eficiencia energética. De acuerdo con Bertoni *et al.* (2010), decidir qué fuentes energéticas utilizar y cómo utilizarlas para promover un desarrollo sustentable requiere implementar herramientas analíticas de las ciencias sociales. En palabras de los autores: “La matriz energética no se diseña en un laboratorio y se implementa en un taller, es una construcción social y responde al resultado de un juego entre diferentes intereses y relaciones de poder” (Bertoni *et al.*, 2010: 21).

El trabajo se estructura de la siguiente manera. En la segunda sección se analizan brevemente las características energéticas del sector residencial de la Argentina. En la siguiente sección se realiza un estudio de los determinantes de las políticas de EE en el país; a tal fin, se estructura en tres subsecciones referidas a las condiciones habilitantes, las barreras y los instrumentos de las políticas de EE en el sector. En la cuarta sección se plantea el vínculo entre los determinantes analizados en las secciones previas. Por último, se presentan las reflexiones finales.

CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR RESIDENCIAL ARGENTINO

En esta sección se realiza un análisis breve de las principales características energéticas del sector residencial y se vinculan con las características energéticas del país en su conjunto, ya que el análisis de la matriz energética permite entender las decisiones sobre política energética para promover el desarrollo de una sociedad y además permite discutir el impacto de posibles alternativas energéticas (Bertoni *et al.*, 2010).

Antes de analizar qué decisiones se deben tomar en materia de políticas públicas de EE, primero es necesario contemplar el punto de partida, es decir, cuál es la matriz energética en la Argentina. Según el manual metodológico del Balance Energético Nacional (BEN), el BEN constituye el principal instrumento estadístico para analizar el sector energético y definir políticas públicas a mediano y largo plazo en la Argentina (Ministerio de Energía y Minería, 2016).

De esta forma, es posible detectar si las políticas de EE implantadas en el sector residencial en la Argentina son pertinentes, es decir, si están dirigidas a las principales fuentes energéticas del sector.^[2]

Por otro lado, no es posible analizar la matriz de consumo final nacional o sectorial sin reparar en los eslabones previos de la cadena energética, es decir, sin analizar algunos aspectos fundamentales de la oferta primaria de energía, asociada a los recursos energéticos a los cuales puede acceder la sociedad, y de la oferta secundaria de energía, asociada a las tecnologías con las cuales cuenta la sociedad para transformar los recursos energéticos.

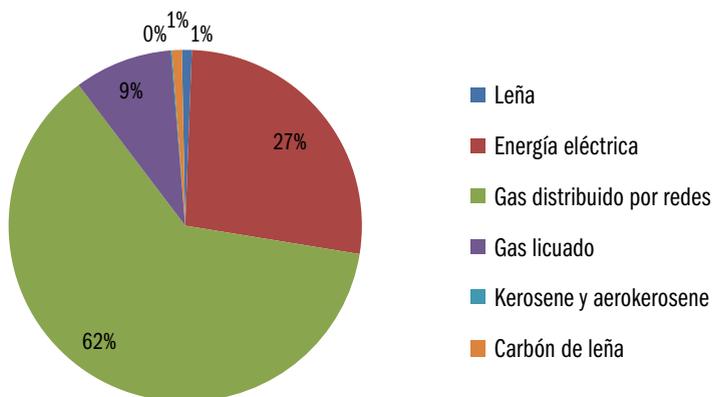
En el caso de la Argentina la oferta interna primaria de energía depende fuertemente de los combustibles fósiles. Según los datos del BEN del año 2017, el gas natural tuvo una participación del 54% y el petróleo de 31%. Por lo tanto, las principales fuentes energéticas que consume el sector residencial son derivados de estos. Como se puede observar en el gráfico 1, el gas natural representa el 64% del consumo del sector. La segunda fuente energética en importancia es la energía eléctrica, que representa el 24% del consumo. En este caso, los combustibles fósiles también están presentes ya que la mayor proporción de la generación de electricidad es térmica (63% para el año 2017) (Cammesa, 2017).

En términos de los conceptos analizados previamente, la mayoría de los recursos energéticos con los cuales cuenta el país son fósiles, y la tecnología para transformar parte de esos recursos en electricidad, que es una de las fuentes energéticas más modernas (Jiménez y Yépez-García, 2016), es térmica.

Asimismo, si se analiza la evolución histórica de la distintas fuentes de energía en el consumo del sector residencial (gráfico 2) se puede observar

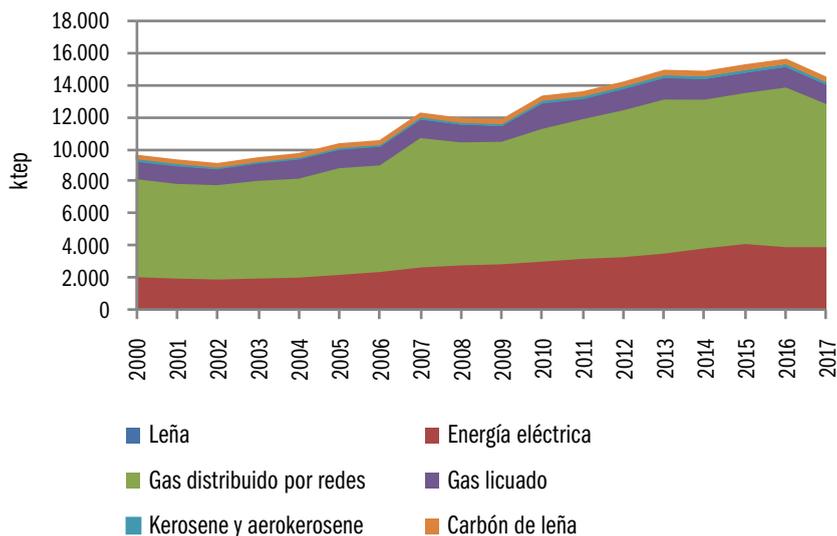
[2] A modo de ejemplo, si las políticas (universales) de EE de Argentina se concentraran en el consumo de leña, las mismas casi no tendrían efecto, ya que no es una de las principales fuentes energéticas en la matriz de consumo. Si se tratase de una política de EE focalizada, entonces sí tendría un efecto, aunque pequeño, al estar dirigida a la población que consume leña.

Gráfico 1. Estructura del consumo energético por fuentes, año 2017



Fuente: elaboración propia a partir de datos del Balance Energético Nacional 2017.

Gráfico 2. Evolución de la estructura del consumo energético por fuentes en el período 2000-2017



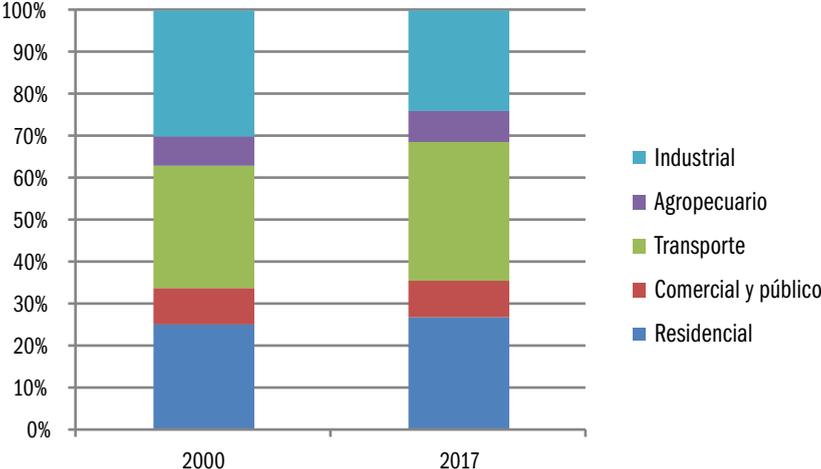
Fuente: elaboración propia a partir de datos de los BEN.

que el consumo de gas natural se encuentra en franco aumento. La electricidad muestra un leve aumento en los últimos años y las demás fuentes se mantienen relativamente constantes a lo largo de todo el período. Además, se puede afirmar que, en general, el consumo energético del sector residencial aumentó sostenidamente a lo largo del período analizado, ya que en los primeros años se encontraba por debajo de las 10.000 ktep (miles de toneladas equivalentes de petróleo) y actualmente se encuentra cercano a las 15.000 ktep. Sin embargo, es notable que entre 2016 y 2017 el consumo energético disminuyó levemente, debido principalmente a la disminución de consumo de gas natural distribuido por redes.

En el gráfico 3 se analiza la estructura del consumo energético de la Argentina por sectores para los años 2000 y 2017. Se puede observar que el sector residencial y el de transporte aumentan su participación (de 25% a 27% y de 29% a 32% respectivamente). En contrapartida, el sector industrial disminuyó su participación, pasando de representar el 30% del consumo al 23%.

Al comparar la participación de los principales sectores finales a nivel regional e internacional, se puede afirmar que la participación del sector residencial en el consumo de energía en la Argentina es muy alta. En promedio, en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo

Gráfico 3. Evolución de la estructura del consumo energético por sectores en 2000 y 2017



Fuente: elaboración propia a partir de datos de los BEN.

Tabla 1. Participación de los principales sectores finales en el consumo energético

	Argentina 2017 ^a	América Latina 2016 ^b	OECD 2016 ^c
Transporte	33%	38%	34%
Industrial	24%	30%	22%
Residencial	27%	16%	19%

^a Datos BEN 2017. ^b Datos OLADE 2017. ^c Datos IEA 2019.

Fuente: elaboración propia.

Económicos (OCDE) dicha participación es del 19%, y en el caso de América Latina apenas del 16%. Por lo tanto, existe una evidente necesidad de implementar medidas de EE especialmente dirigidas al sector residencial en la Argentina.

Por último, como en el objetivo del presente trabajo se hace hincapié en el estudio de las políticas de EE dirigidas a modificar los patrones de consumo de la electricidad, es pertinente analizar cuál es el grado de acceso a dicha fuente energética en la Argentina, ya que si el acceso es muy bajo no tiene sentido impulsar ni analizar políticas energéticas específicas para dicha fuente de energía. En la Argentina el acceso a la electricidad es muy alto, el servicio llegó al 98,79% de la población en 2016 (OLADE, 2017). A su vez, el consumo de electricidad per cápita en el mismo año fue de 3,018 kWh/habitante, el cual se encuentra por encima del promedio de América Latina (2,034) (OLADE, 2017), pero por debajo del promedio mundial de 2014 que fue del 3,126, según datos del Banco Mundial.

DETERMINANTES DEL MARCO HABILITANTE PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La importancia del marco institucional y del contexto histórico y social resulta fundamental a la hora de analizar el sector energético de una economía nacional. En efecto, el sistema energético interactúa con diferentes dimensiones: la economía, la sociedad, el medioambiente y el plano político. Dichas interacciones son tan importantes que las políticas energéticas, que tengan como objetivo promover el desarrollo sustentable, deben tener un carácter necesariamente sistemático (OLADE, CEPAL y GTZ, 2000: 84).

Otro tema central al estudiar políticas energéticas es la importancia de la planificación energética, y por lo tanto, la importancia del Estado en

dicho proceso. La complejidad de la energía, no solo en sus dimensiones técnicas, sino en las socioculturales, geopolíticas, económicas y ambientales genera una necesidad de intervención de los poderes públicos en los sistemas energéticos (Abadie *et al.*, 2017: 3). Esto se refuerza con el hecho de que la energía posee una doble dimensión, es decir, es un bien estratégico pero al mismo tiempo posee la misión del servicio público (Abadie *et al.*, 2017: 4).

Por lo tanto, desde un enfoque sistémico y multidimensional, se desprende que los resultados de cualquier política energética dependen de diversos elementos, como por ejemplo las barreras a la entrada, los actores involucrados en el diseño y en la implementación de la política, los instrumentos a utilizar y las condiciones de contexto nacional e internacional, entre otros (OLADE, CEPAL y GTZ, 2003).

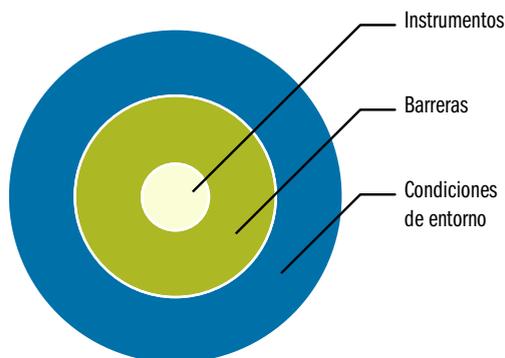
Uno de los determinantes de la política energética son las “condiciones de entorno, de borde o habilitantes” –las cuales se vinculan con el contexto macroeconómico nacional e internacional (Zabaloy, Recalde y Guzowski, 2019)–, como el comercio exterior, los acuerdos internacionales, los mercados financieros; y el contexto sociocultural de un país, en el que se cuentan los usos y costumbres de la población, y el nivel educativo.

Otro de los determinantes son las barreras específicas a las cuales se enfrentan las diferentes acciones de eficiencia. Como se mencionó anteriormente, las barreras son mecanismos que inhiben la inversión en tecnologías que son energéticamente eficientes y económicamente rentables que están presentes en cada sector (Ruchansky *et al.*, 2011). Por último, otro determinante que influye en el desempeño de las políticas de EE son los instrumentos seleccionados, que son aquellas herramientas que promueven, restringen, orientan o inducen la consecución de objetivos de política previamente definidos (Cortina Segovia *et al.*, 2007: 127).

Como se puede ver en la figura 1 los instrumentos consisten en el determinante más específico y se encuentran condicionados por la existencia de barreras y por las condiciones de entorno (determinante más global). Para que una política energética sea exitosa no debe presentarse ningún tipo de dificultad o problema en ninguno de los tres niveles presentados.

En las próximas subsecciones se estudiarán con mayor detalle las condiciones de entorno de las políticas de EE en el sector residencial, las barreras a las cuales se han enfrentado y los instrumentos que se han seleccionado para llevarlas a cabo en el caso de la Argentina. Además, en las siguientes secciones se hará hincapié en los vínculos y retroalimentaciones entre estos tres elementos.

Figura 1. Determinantes de las políticas de EE



Fuente: elaboración propia.

Las condiciones de entorno

Las condiciones habilitantes se refieren a situaciones que no dependen del hacedor de política y por lo tanto se encuentran en una instancia ajena y de nivel superior. Estas condiciones enmarcan a la política energética y no pueden modificarse mediante estrategias, programas o instrumentos (OLADE, CEPAL y GTZ, 2003). En este sentido, las condiciones de borde generan un marco institucional, regulatorio, político y económico que influye, determina o favorece la promoción e implementación de la política (Boldt *et al.*, 2012: 9-13). Como las condiciones no se encuentran dentro de la órbita de decisión de los actores sociales involucrados en la elaboración de acciones de eficiencia no es posible modificar dichas condiciones con instrumentos de política, pero la *performance* de dichos instrumentos se verá afectada por estas condiciones de entorno (Zabaloy, Recalde y Guzowski, 2019).

En muchos casos, las condiciones de entorno de las políticas de EE pueden coincidir con algunas condiciones de entorno de otras políticas energéticas, como por ejemplo de la promoción de las energías renovables. Por estos motivos, siguiendo la literatura de condiciones de borde existente (Bouille, 1999; UNEP, 2011; Recalde, 2016; Recalde, 2017; Recalde, Bouille y Girardin, 2015, entre otros), se presenta en la tabla 2 una categorización posible de las condiciones de entorno que podrían enfrentar las políticas de EE en el sector residencial.

Tabla 2. Descripción de las condiciones de entorno para la EE en el sector residencial

Condición habilitante	Subcategoría	Descripción/Relevancia
Institucionales	Alto grado de compromiso	Los altos niveles de compromiso con la EE, y el reconocimiento de sus cobeneficios contribuyen a incrementar y mejorar los arreglos institucionales, la regulación.
	Organización institucional	La existencia de instituciones, u organizaciones dentro de las instituciones de regulación de energía dedicadas exclusivamente a la promoción de la EE facilita el diseño y la implementación de las políticas. Estas instituciones deberán contar con una fuerte capacidad institucional (capacidad técnica, <i>management</i> y recursos financieros).
Políticas y regulatorias	Existencia de un marco estable y claro y cumplimiento de las leyes	La existencia de regulaciones claras y estables es una de las condiciones necesarias para la puesta en marcha de acciones de EE en todos los sectores.
	Sinergia con otras políticas relacionadas	Las políticas de EE en el sector residencial, especialmente las relacionadas con la edificación, son transversales. Deben tomarse en cuenta las relaciones y la sinergia con otras estrategias y políticas implementadas por otros ministerios o instituciones gubernamentales.
Económicas y financieras	Condiciones macroeconómicas	Se requiere de condiciones macroeconómicas determinadas que colaboren en la remoción de las barreras. En particular, la existencia de condiciones macroeconómicas será de relevancia para remover las barreras tecnológicas cruciales para facilitar el acceso a la tecnología por parte de las familias.
	Distribución del ingreso	Las situaciones de desigualdad en la distribución del ingreso podrían implicar que las tecnologías más eficientes se encuentren fuera del alcance de las familias de más bajos ingresos. Adicionalmente, en estos casos la tasa de descuento de dichas familias es naturalmente más alta para este tipo de inversiones.
	Desarrollo del mercado financiero y acceso al financiamiento	Se requiere que en condiciones de mercado inestables se limita el acceso al financiamiento por parte del Estado, lo que limita la capacidad de establecer planes de financiamiento a las familias, y de establecer programas de EE.

Condición habilitante	Subcategoría	Descripción/Relevancia
Económicas y financieras	Precios energéticos y esquemas de tarificación eficientes	<p>La existencia de distorsiones en los precios energéticos es uno de los factores que más afecta negativamente a las acciones de EE.</p> <p>Por otro lado, se requieren estructuras tarifarias con esquemas medios crecientes. Las estructuras con tarifas medias decrecientes promueven el consumo ineficiente de energía en los estratos de población de mayores niveles de ingreso, al tiempo que son inequitativas.</p> <p>La ausencia de distorsiones de precios es considerada una condición necesaria para orientar la toma de decisiones sobre el consumo energético.</p> <p>La estructura tarifaria deber ser tal que se promueva el consumo eficiente y se atienda a aspectos relacionados con la equidad y distribución del ingreso.</p>
Naturales	Dotación de recursos naturales	<p>En general, los países que poseen menos recursos naturales tienen mayores incentivos para promover la EE, ya que esta les permite acercarse más al objetivo de la soberanía energética.* Además, el hecho de que la abundancia de recursos energéticos sea un factor que explica el bajo desempeño de las medidas de EE podría estar vinculado a la hipótesis de la maldición de los recursos naturales.**</p>
Información	Información transparente, de calidad y desagregada por sectores y usos	<p>El correcto diseño y monitoreo de las políticas requiere de información del consumo energético en el sector residencial, desagregado por fuentes y por usos energéticos. La información debe ser confiable y periódica.</p>
Conocimiento y concientización	Reconocimiento de la importancia de la EE	<p>La existencia de conocimientos sobre la importancia y el aporte de las acciones de eficiencia, las oportunidades de eficiencia y cómo ponerlas en marcha es fundamental. Se incluye el conocimiento académico y organizacional, y el conocimiento y concientización a nivel familiar, a fines de poder tomar decisiones al momento de adquisición de equipamiento o sistemas de construcción, por ejemplo.</p>

* Esta se define como la capacidad de ejercer control y regular de manera racional, limitada y sustentable la explotación de los recursos energéticos, conservando cierta flexibilidad que le permita sobrellevar las presiones externas (Lahoud, 2005).

** Los países que disponen de una gran dotación de recursos naturales, que se han especializado en la extracción y la exportación de los mismos, están entrapados en el subdesarrollo. Al concentrarse la actividad económica en dichos recursos, se distorsiona la estructura y asignación de recursos económicos del país, se redistribuye regresivamente el ingreso nacional, aumenta la pobreza, se consolidan mentalidades “rentistas”, se profundizan los problemas institucionales, se alienta la corrupción y se deteriora el medioambiente (Schuldt y Acosta, 2009).

Fuente: elaboración propia con base en Boldt *et al.* (2012) y Bouille (1999).

Con respecto a las condiciones institucionales para la promoción de la EE en la Argentina, se puede decir que existe un grado considerable de compromiso ya que se declara de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía a través del Decreto N° 140 del Poder Ejecutivo Nacional (PEN) en 2007. En la misma norma se aprueba el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE). Sin embargo, aún no existen metas de EE establecidas por ley o un plan nacional a corto, mediano y largo plazos sobre el manejo de las políticas de EE en los diferentes sectores consumidores de energía.

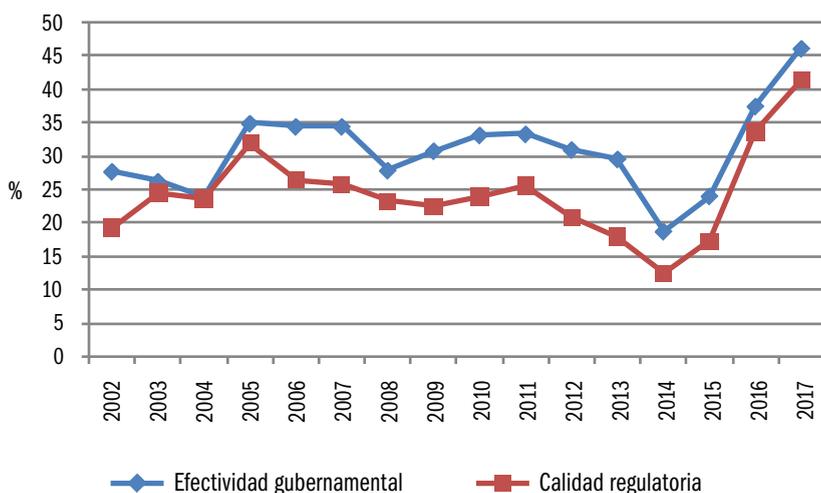
Con respecto a la organización institucional, actualmente el país cuenta con la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética dependiente del Ministerio de Hacienda de la Nación. Durante un breve tiempo (2015-2018) funcionó la Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética, creada mediante el Decreto N° 231 del PEN, sin embargo en la reestructuración de los ministerios nacionales del año 2018 se disolvió. Este hecho constituye una clara evidencia de la inestabilidad institucional del país.

Por su parte, con respecto a las condiciones políticas y regulatorias, se puede afirmar que existen diversos incentivos y estructuras para promover la EE en el sector residencial (tal como se puede observar, al final de este artículo, en el cuadro 1). Sin embargo, se han evidenciado algunos problemas de inestabilidad de las normas, como por ejemplo, el Programa de Uso Racional de la Energía Eléctrica (PUREE). Este programa se lanzó en 2004, mediante la Resolución 552 de la Secretaría de Energía, y se derogó a través de la Resolución N° 7 del Ministerio de Energía y Minería en enero de 2016. En el transcurso de ese período el programa sufrió varios cambios que se mencionarán más adelante.

Asimismo, la percepción sobre la habilidad y efectividad de las instituciones gubernamentales para formular e implementar políticas no es muy buena. En el gráfico 4 se analiza la evolución de los indicadores de calidad regulatoria y efectividad gubernamental de los indicadores de gobernabilidad del Banco Mundial. Los indicadores fueron utilizados en la versión rango percentil, en el cual se indica el rango del país (*ranking*) entre todos los países cubiertos por el indicador agregado, con 0 correspondiente al rango más bajo y 100 al rango más alto.^[3] Como se puede observar en el gráfico, hasta el año 2014 ambos indicadores presentan un porcentaje bajo, es decir que en el *ranking* de países se encuentra en posiciones de bajo des-

[3] Para más información sobre la metodología de estos indicadores, véase <<http://info.worldbank.org/governance/wgi/index.aspx#doc>>.

Gráfico 4. Evolución de los indicadores regulatorios de la Argentina en el período 2002-2017



Fuente: elaboración propia sobre la base de datos de World Bank.

empeño. Sin embargo, es notable el incremento de los mismos durante los últimos tres años. Además, es notable que el indicador de efectividad gubernamental tiene mejor desempeño en todo el período en relación con el de calidad regulatoria.

En el caso específico de las políticas de EE, Smedby (2010) sostiene que el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONU-REE) ha tenido falta de visibilidad y una carga administrativa significativa, que generó en la población expectativas bajas. En relación con las expectativas, la autora sostiene que la población considera que las políticas públicas son impredecibles, con lo cual no se esfuerzan para intentar entenderlas, dando lugar a profecías autocumplidas (Smedby, 2010).

Por otro lado, en relación con las sinergias de las políticas públicas se puede afirmar que, si bien existen otras políticas de EE orientadas al sector industrial, de transporte y público, no se da una articulación con otro tipo de políticas macroeconómicas, como por ejemplo, el impulso al sector de la construcción y la industria nacional, entre otros. En efecto, Smedby (2010) afirma que ninguno de los instrumentos implementados por el PRONU-REE creó oportunidades de negocios en el sector de la construcción, principalmente por falta de objetivos a largo plazo y de continuidad de las políticas.

Asimismo, en relación con la política ambiental, se pueden analizar las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC por sus siglas en inglés) para evaluar la sinergia entre la EE y la mitigación del cambio climático. En el caso de la Argentina en las NDC no se menciona a la EE como una estrategia de mitigación.^[4] Sin embargo, en el Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático sí se menciona a la EE como un medio para alcanzar los compromisos de emisiones de GEI evitadas.^[5]

La Argentina presenta mayores inconvenientes, en particular, en las condiciones de borde económicas y financieras. Según el índice de competitividad global de 2016, las condiciones macroeconómicas no son las deseadas. En efecto, dicho estudio señala que el contexto macroeconómico del país es débil y el sector financiero ineficiente. A su vez, se reconoce que la inflación y las regulaciones sobre el tipo de cambio son los factores más problemáticos para invertir en el país.^[6]

Asimismo, en lo que respecta aspectos distributivos, hasta la fecha existe solo un proyecto de EE en el sector residencial articulado con objetivos de equidad. Tal proyecto es el Programa Federal de Vivienda y Mejoramiento del Hábitat de Pueblos Originarios y Rurales. En el reglamento de la Resolución 993/2010 de la Secretaría de Obras Públicas se establece que los proyectos que surjan como consecuencia de la implementación de este programa deberán tener en cuenta los lineamientos del PRONUREE, destinado a contribuir y mejorar la EE.

El acceso al mercado financiero aún no se encuentra desarrollado en el ámbito de la promoción de la EE en el sector residencial. En otras palabras, actualmente existen diversos programas de financiamiento para implementar mejoras de EE pero están destinados exclusivamente al sector industrial. Para el caso de los hogares aún no existen líneas de financiamiento para implementar mejoras en EE, lo cual presenta una gran desventaja.

Por último, dentro de las condiciones económicas-financieras se pueden mencionar los precios energéticos. En este punto es importante hacer una distinción entre el concepto de precios energéticos y tarifas energéticas.

[4] Véase <<http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Argentina%20First/17112016%20NDC%20Revisada%202016.pdf>>.

[5] Véase <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_de_accion_nacional_de_energia_y_cc_1.pdf>.

[6] Véase <<http://reports.weforum.org/global-competitiveness-report-2015-2016/economies/#economy=ARG>>.

Las tarifas^[7] constituyen prestaciones patrimoniales no tributarias y se definen como la remuneración o contraprestación exigible al usuario o beneficiario de un servicio público otorgado directa o indirectamente por una administración, que será de distinta naturaleza según el modo de gestión de dicho servicio (Villar, 2000, en Masbernart, 2017). En otras palabras, las tarifas están asociadas al importe que debe abonar un individuo por el uso de servicios públicos. Las empresas que proveen energía en la Argentina, sean de electricidad o gas natural, se encuentran reguladas por el Estado, por lo tanto constituyen servicios públicos y se utiliza el término de tarifa para referirse al precio final que deben abonar los usuarios finales. Según Albi *et al.* (1994: 574), tanto cuando el Estado decide producir bienes y servicios como cuando decide que la producción no sea directa, es decir que la realicen empresas privadas reguladas, el precio de venta es un precio, es decir, una tarifa pública. Un punto relevante a tener en cuenta es que las políticas de precios públicos son sensibles a la persecución de metas políticas y privadas por parte de quienes intervienen en la fijación de reglas de precios: políticos, burócratas, sindicatos y gestores de empresas públicas (Albi *et al.*, 1994: 575).

En contraposición, el concepto de precios energéticos está asociado al funcionamiento de un mercado energético, en efecto, los precios son mecanismos de coordinación entre consumidores y productores (Albi *et al.*, 1994: 574).^[8] En el caso puntual de la electricidad, en el mercado eléctrico mayorista se pueden diferenciar dos conceptos de precios energéticos. Por un lado, existe el precio monómico, pagado a los generadores, y por otro el precio estacional, pagado por los distribuidores. Existen dos precios en lugar de uno, porque el precio monómico cambia permanentemente en el mercado spot^[9] según el despacho de energía eléctrica. Las diferencias entre ambos se cubren con el fondo de estabilización (Observatorio Económico Social UNR, 2017).

[7] Según Navajas (2015), las tarifas energéticas que pagan los usuarios finales incluyen costos de transmisión y distribución e impuestos *ad valorem*. Lo cual implica una diferencia respecto a los precios energéticos.

[8] A diferencia de la teoría económica de los precios, que estudia cómo se forman los precios en función de la tecnología, escasez, etc., la teoría económica de los precios públicos parte del establecimiento de los objetivos de política pública y analiza las consecuencias de los diseños tarifarios alternativos sobre dichas metas (Albi *et al.*, 1994: 574).

[9] En el mercado spot, los precios varían en forma horaria de acuerdo a variación de la demanda y a la disponibilidad de los equipos que haya en cada momento. Para más información véase <<http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3583>>.

Asimismo, resulta relevante definir a los subsidios energéticos. Según Navajas (2015), los mismos se definen como la diferencia entre el precio sombra de oferta y el que paga la demanda. Por lo tanto, una forma de estimar los subsidios energéticos es medir la diferencia entre el precio que percibe la oferta y el que paga la demanda, ambos antes de impuestos, multiplicada por la cantidad consumida (Navajas, 2015: 14).

Si bien en este trabajo no se estiman las distorsiones en precios energéticos, se utilizan los resultados del informe Climatescope 2017 para saber si existen o no precios distorsionados. Según dicho informe los precios de la electricidad están en alguna medida distorsionados por la existencia de subsidios energéticos.^[10] De hecho, si se analizan los resultados de dicho estudio para el año 2016,^[11] se nota una mejora en este punto ya que antes la distorsión por subsidios era mayor. Esto constituye una consecuencia directa de la política energética actual (activa al menos hasta junio de 2019) que tiene como objetivo disminuir los subsidios al consumo energético, con el consecuente incremento tarifario. El primer paso se dio en 2016 a través de la Resolución 6 del Ministerio de Energía y Minería, que modificó los precios mayoristas de la energía eléctrica.

En relación con las condiciones naturales, para evaluar cuál es la dotación de recursos naturales se analiza el índice de autoabastecimiento energético,^[12] ya que en este trabajo el foco recae sobre los recursos ener-

[10] Dentro de la sección Power Sector Structure, en la pregunta “Retail electricity prices aren’t distorted by subsidies” el resultado es “somewhat”. Véase <<http://2017.global-climatescope.org/en/country/argentina/#/enabling-framework>>.

[11] <<http://2016.global-climatescope.org/en/country/argentina/#/details>>.

[12] Para realizar este análisis se utiliza el grado de autoabastecimiento (AAB). Este indicador muestra el porcentaje de la energía que requiere el país proviene de recursos propios y se define como:

Si:

$$AAB = \frac{BP1}{ABT} * 100$$

AAB >100, el sistema es exportador

AAB <100, el sistema es importador

Donde

BP1: Producción energía primaria

ABT: Abastecimiento bruto total

ABT = ABFP + ABFS – BSI

ABFP: Abastecimiento bruto fuente primaria

ABFP = $\sum ABFPi$

ABPFS: Abastecimiento bruto fuente secundaria

ABFS = $\sum ABFSj$

BSI: Producción energía secundaria

géticos. Según los datos del BEN, para 2016 en la Argentina dicho índice fue del 88%, es decir, que 88% de la energía fue generado con recursos propios. En otras palabras, la Argentina se encuentra muy cerca de lograr la meta de autoabastecimiento (100%).

Por otro lado, en la Argentina existe una buena disponibilidad de información energética. Es posible conocer el consumo y estructura de mismo de todos los sectores de la economía, incluyendo al residencial. Esta información, que es confiable y periódica, se desprende de los balances energéticos que publica la Secretaría de Energía. No obstante, aún no existe un relevamiento de datos sobre balances de energía útil para todo el país. Sin embargo, en diciembre de 2016 se realizó una Encuesta Nacional sobre Consumo y Usos de la Energía en Hogares, a modo de prueba piloto, en aproximadamente 60 hogares de la ciudad de La Plata (MINEM, 2017). Por otro lado, existe un aplicativo para calcular y generar la etiqueta de EE de calefacción conforme la norma IRAM 11900 en la página del Ministerio de Energía y Minería, con el objetivo de difundir la norma y permitir la evaluación de los proyectos de construcción desde el punto de vista de la EE (MINEM, 2017).

En relación con la concientización, el gobierno ha realizado diversas campañas de difusión y concientización. En 2015 hubo una campaña denominada “Hagamos click. Cuidemos la energía”. El programa, implementado entre 2012 y 2014, consistió en visitas a más de 400 escuelas distribuidas a lo largo del país con el fin de despertar en los niños una conciencia responsable en la utilización de la energía.

Luego, a partir de 2016 el gobierno lanzó diversos programas de educación y capacitación docente: Primer Taller de Formación de Eficiencia Energética; Diplomatura en Gestión de la Energía; programa Formación de Formadores de Docentes, entre otros (MINEM, 2017). Además, se diseñaron dos manuales de apoyo docente: “Educación para el uso racional y eficiente de la energía. Niveles inicial, primario y secundario de las escuelas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires”^[13] y “Uso racional y eficiente de la Energía. Material educativo para docentes”.^[14]

Las acciones más específicamente relacionadas con el sector residencial fueron la elaboración de la “Guía de buenas prácticas para el uso responsable de la energía”, dirigida a los hogares, la “Guía de uso responsable de la energía en edificios y viviendas multifamiliares” y la campaña de comuni-

[13] <https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/anexo_curricular_uso_racional_y_eficiente_de_la_energia.pdf>.

[14] <<https://scripts.minem.gob.ar/octopus/archivos.php?file=7652>>.

cación masiva del uso responsable de la energía 2016/2017. Esta última se enfocó en la electricidad a partir de tres ejes: conciencia, sinceridad, gestión y hábitos, con el objetivo principal de que la población reconozca la complejidad que hay detrás de los procesos necesarios para que la electricidad llegue a los hogares de los ciudadanos (MINEM, 2017).

Las barreras específicas

La inversión en EE en el sector residencial y en el de la construcción suele estar por debajo del nivel considerado óptimo. En consecuencia, se genera la denominada brecha de eficiencia energética (*Energy efficiency gap*). Esta se define como la diferencia entre el nivel actual de EE y nivel potencial de EE (Golubchikov y Deda, 2012; OECD *et al.*, 2008). La existencia de esta brecha de EE se debe a la presencia de las fallas de mercado^[15] o bien a las barreras de mercado para la EE (OECD *et al.*, 2008; Bouille 1999). En otras palabras, se puede afirmar que en el caso de las medidas de EE existen externalidades.^[16] En particular, son externalidades positivas, ya que el nivel de EE que arroja el mercado es inferior al nivel óptimo, debido principalmente a que no se contemplan los beneficios sociales que genera la EE. Por esta razón, se estudian las barreras que dificultan la implementación de mejoras de EE en el sector residencial.

Como se mencionó anteriormente, las barreras específicas son mecanismos que inhiben la inversión en tecnologías que son energéticamente eficientes y económicamente rentables (Ruchansky *et al.*, 2011). Estas pueden ser culturales, institucionales, técnicas y de mercado. Suelen encontrarse con mayor o menor intensidad en todos los países. Sin embargo, dependiendo del grado de penetración, desarrollo del mercado y políticas desarrolladas, las barreras pueden presentarse con mayor intensidad en una u otra economía (Ruchansky *et al.*, 2011). Según un informe de la IEA y la CEPAL, en América Latina existen barreras comunes a la región que dificultan las mejoras en EE. Algunas de ellas incluyen subsidios ineficientes en los precios de la energía, limitada experiencia y capacidad local en EE, falta de capacidad institucional para la toma de decisiones, diferencias en la calidad

[15] Situaciones en las cuales alguno de los supuestos de los teoremas de bienestar no se cumplen y como consecuencia el equilibrio de mercado no asegura resultados óptimos (en el sentido de Pareto) (Mas-Colell *et al.*, 1995: 350).

[16] Situaciones que se dan cuando los consumidores o productores se ven afectados directamente por las acciones de otros agentes en la economía (Mas-Colell *et al.*, 1995: 350).

y la disponibilidad de datos e información del sector energético y en EE, y mecanismos de financiamiento inadecuados para la EE (IEA/CEPAL, 2015).

En la literatura existen diferentes clasificaciones de barreras para la EE en el sector residencial. Gupta *et al.* (2017) centran la clasificación en las barreras a la EE en el sector de la construcción desde un punto de vista macroeconómico, es decir, desde las condiciones existentes en el contexto. Las diferentes barreras son: económicas o financieras, gubernamentales, de conocimiento y aprendizaje, de mercado, organizacionales y sociales, y tecnológicas. En cambio, Yeatts *et al.* (2017) clasifican las barreras desde la perspectiva del individuo y dentro de cada barrera, como subcategorías, aparecen diferentes cuestiones macroeconómicas que afectan la decisión del individuo. Las barreras son: de conocimiento, de acceso y de intención.

Asimismo, según un informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos las barreras se pueden clasificar en barreras de mercado y fallas, barreras financieras y fallas de información (OECD *et al.*, 2008). Por otro lado, Golubchikov y Deda (2012) sostienen que los puntos clave para incentivar las medidas de EE en el sector residencial son: los incentivos, la información, la iniciativa, la innovación y la inversión. Si bien los presenta como puntos clave, también pueden ser vistos como barreras del sector, ya que de no darse alguna de esas condiciones no se lograría el objetivo de EE.

De acuerdo a la revisión de la literatura mencionada, en este trabajo se clasifican las barreras de la siguiente manera:

- Barreras económicas-financieras
 - Señales de precios
 - Estructura tarifaria
 - Falta de acceso al financiamiento
 - Horizontes temporales de corto plazo para la inversión
 - Riesgo de inversión
 - Problema principal-agente
- Barreras tecnológicas
 - Falta formación de recursos humanos en EE
 - Falta de infraestructura
 - Situaciones de *lock-in*^[17] tecnológicos

[17] El *lock-in* o bloqueo tecnológico consiste en la rigidez de un sistema socio-técnico para experimentar cambios tecnológicos profundos. Esta situación se inicia con la existencia de rendimientos crecientes y con el surgimiento de instituciones públicas y privadas que los sustentan. Entre dichas instituciones se encuentran: investigación y desarrollo acumulado en un grupo de tecnologías, infraestructura adaptada a las mismas,

- Barreras institucionales
 - Patrones de consumo culturales
 - Ineficacia gubernamental
- Barreras de información
 - Desconocimiento de las ventajas de la EE
 - Desconocimiento de los programas vigentes de EE
 - Incertidumbre sobre funcionamiento de tecnología eficiente

Como antecedente en la detección de barreras a la EE en la Argentina, se puede mencionar un estudio realizado en el marco de la CEPAL en el año 1999. Si bien el país y en particular el sector energético han experimentado grandes cambios, algunas de las barreras detectadas en aquel entonces todavía se encuentran vigentes.

Las principales debilidades encontradas fueron el bajo desarrollo del mercado interno de capitales y su marcada volatilidad, el alto grado de incertidumbre, las crecientes asimetrías en la distribución del ingreso, la falta de claridad acerca del área de incumbencia de las acciones o medidas de política tendientes a mejorar la EE (coordinación de organismos públicos), escasa o nula dotación de personal capacitado para abordar los problemas específicos de la EE, bajos niveles de precios energéticos por el esquema regulatorio^[18] y por la omisión de costos externos asociados al impacto ambiental, ausencia de información, falta de acceso al financiamiento, entre otras (Bouille, 1999).

Algunas de las barreras mencionadas ya han sido superadas en la actualidad. Por ejemplo, con respecto a la coordinación de las acciones de EE, hoy en día el ente encargado de llevarla a cabo es la Subsecretaría Energías Renovables y Eficiencia Energética. Si bien esto representa un avance respecto de la década de 1990, es un leve retroceso respecto de años previos, cuando existía una entidad abocada exclusivamente a temas de EE. Si bien las políticas de energías renovables y las de EE están íntimamente relacionadas, ambas tienen especificidades propias que ameritan un tratamiento diferenciado.

■ conocimiento acumulado, marco institucional adaptado, surgimiento de cadenas productivas complementarias, aceptación social, etc. (Bersalli, 2016: 62).

[18] Otros autores coinciden, afirmando que los precios de la electricidad disminuyeron en la década de 1990 (McKenzie y Mookherjee, 2003: 176; Murillo y Finchelstein, 2004: 139; Gerchunoff *et al.*, 2003: 34). Sin embargo, existe un debate en torno a esta temática y otros autores afirman que sucedió todo lo contrario (Arza, 2002; Azpiazu y Basualdo, 2004).

Por otro lado, existe difusión de información sobre EE por todas las acciones y campañas que se han realizado en el último tiempo. Asimismo, el nivel de capacitación en EE actualmente es mayor por lo mencionado en la sección previa. La barrera de falta de recursos humanos formada ya ha sido experimentada anteriormente en el caso de la Argentina y en la región. Por ejemplo, en los inicios de la empresa YPF, en el país no había profesionales con formación especializada en temas de petróleo y se tuvo que recurrir a especialistas del exterior y a organizar viajes para que los técnicos argentinos se formaran en el exterior (Matharan, 2013). En el caso de Uruguay, durante el gobierno de José Batlle se contrató a expertos extranjeros para colaborar con los estudios necesarios para producir alcohol carburante a partir de caña de azúcar (Martínez, 2007). Las políticas científico-tecnológicas constituyen una solución a las barreras tecnológicas asociadas con la formación de recursos humanos y por lo tanto son fundamentales para el desarrollo de nuevas tecnologías, como lo son las tecnologías para fomentar la EE.

En relación con los precios energéticos, un tema central es la existencia de subsidios. En la literatura se puede encontrar que los subsidios distorsionantes que mantienen unos precios energéticos artificialmente bajos son un impedimento para la inversión en EE. En estos casos se genera un déficit tarifario, que es la diferencia entre la cantidad total recaudada por las tarifas reguladas y los costes reales asociados a dichas tarifas, lo cual reduce los incentivos a la EE en los consumidores (Sáenz de Miera y Muñoz Rodríguez, 2009: 12).

Sin embargo, la existencia de subsidios *per se* no implica graves problemas de distorsiones, ya que a veces se instalan para compensar los aumentos de precios internacionales, pero en los casos donde haya problemas en los esquemas regulatorios sí se generan distorsiones (Urbiztondo, 2016: 39).

En efecto, diversos autores encuentran que en la Argentina los subsidios han sido dirigidos hacia las clases sociales más altas. Según Puig y Salinardi (2015), el subsidio al consumo de electricidad en el año 2013 fue relativamente proporcional con una tendencia pro-rico, es decir que el 30% más pobre recibió aproximadamente el 27% de los subsidios mientras que el 30% más pudiente recibió casi el 33% de los mismos. Según Hancevic *et al.* (2016), durante el período 2003-2014, tanto para la electricidad como para el gas natural la distribución de subsidios estuvo sesgada hacia los hogares de ingresos medios y altos, ya que la proporción en los subsidios totales del 20% más rico de los hogares es más del doble que la del 20% más pobre.

Esto se puede explicar con el hecho de que la focalización a partir de cantidades consumidas tiende a ser regresiva (beneficia relativamente menos a

los pobres), debido a la débil relación entre el consumo y el ingreso y a las dificultades de acceso a los servicios de los sectores con menores ingresos (Marchionni *et al.*, 2008).

Instrumentos de promoción

La forma que tiene el hacedor de política de remover las barreras específicas de las acciones de eficiencia es a través de la utilización de instrumentos adecuados diseñados a tal efecto. En este sentido, es clave la selección de los instrumentos correctos, lo que requiere de una identificación clara y correcta de las barreras. Por ello, y dado que en general no se enfrenta una única barrera sino un conjunto de las mismas, existe una batería de instrumentos que suele ser necesario combinar en un portafolio de medidas (Vogel, Lundqvist y Arias, 2015; Shen *et al.*, 2016).

Los instrumentos pueden ir desde aquellos que crean condiciones de acceso a tecnologías eficientes, hasta los tendientes a promover información sobre el uso de las mismas o la formación del capital humano requerido para el desarrollo tecnológico. Sin embargo, aun cuando la selección de instrumentos esté acorde a las barreras específicas, existen problemas de orden superior que hacen que la política no alcance los resultados deseados (Recalde, Bouille y Girardin, 2015).

A partir de una revisión de la literatura (Sáenz de Miera y Muñoz Rodríguez, 2009; Somanathan *et al.*, 2014; WEC, 2013) acerca de los instrumentos de política para promover la EE en el sector de la construcción y en particular en el sector residencial, se presenta la siguiente clasificación de dichos instrumentos: instrumentos económicos; medidas regulatorias o de comando y control; programas de información y educación; acciones voluntarias; otras medidas.

Dentro de los instrumentos económicos, se pueden mencionar los impuestos a la energía, los subsidios o exenciones impositivas para la inversión en EE, los préstamos blandos, los fondos para la EE y la redefinición de la estructura tarifaria, con el objetivo de redistribuir el consumo de energía a lo largo del día para reducir demanda en horas de punta.

Con respecto a la regulación, los instrumentos disponibles son los códigos de construcción, los estándares mínimos para los equipos y electrodomésticos (MEPS, Minimum Energy Performance Standards), el reemplazo compulsivo de ciertos electrodomésticos, el mantenimiento obligatorio de ciertos electrodomésticos, la obligación de instalar de calentadores de agua solares, entre otros.

Por su parte, los programas de información y educación incluyen auditorías energéticas, consultoría energética, campañas de concientización, difusión e información, etiquetado energético de equipamientos, sellos de EE, inclusión en las facturas de información sobre consumos históricos, consumo estándar por equipo, mix de generación del suministrador, etcétera.

El etiquetado voluntario y la reducción del consumo energético sin imposición externa forman parte de las acciones voluntarias.

Por último, puede haber otras medidas de promoción, tales como la financiación de la investigación o, desarrollo e innovación.

Según Vogel, Lundqvist y Arias (2015), los instrumentos para la promoción de la EE se pueden clasificar en dos categorías: directos e indirectos. A través de los primeros el Estado ordena o requiere cierto comportamiento específico de los individuos o instituciones. En cambio, a través de los instrumentos indirectos se incentiva a dichos actores a tomar las conductas deseadas. Estos instrumentos, a su vez, se pueden clasificar en financieros, de procedimiento y comunicativos (Braun y Giraud, 2009 en Vogel, Lundqvist y Arias, 2015).

Si se analizan ambas clasificaciones en conjunto, los instrumentos económicos, los programas de formación y educación, las acciones voluntarias y otras medidas forman parte de los instrumentos indirectos. En cambio, las medidas regulatorias pertenecen a los instrumentos directos. Por lo tanto, las clasificaciones no son excluyentes sino complementarias.

La regulación suele ser más utilizada en el sector residencial y de servicios, porque eliminan la posibilidad de elegir de los consumidores. En cambio en el sector industrial predominan los incentivos financieros. A su vez, sin distinguir por sectores, a nivel mundial los instrumentos de promoción de la EE que predominan son los regulatorios; para el año 2013 representaron el 70% del total y el 60% para el caso de América Latina (WEC, 2013).

Todo tipo de instrumento posee ventajas y desventajas. En efecto, las políticas regulatorias son consideradas eficientes en términos de costos y tiempos. No obstante, se suele subestimar los costos asociados a estas medidas, ya que, por ejemplo, el tiempo y recursos necesarios para asegurar el cumplimiento de las normas regulatorias puede sobrepasar a los beneficios (Vogel, Lundqvist y Arias, 2015). Al mismo tiempo, este tipo de instrumento tiene un bajo grado de respuesta ante cambios en el mercado (Li y Colombier, 2009 en Shen *et al.*, 2016) y requieren un nivel alto de aplicabilidad y continuidad para lograr resultados más efectivos (Shen *et al.*, 2016).

Los instrumentos económicos pueden generar una intensa competencia entre empresas si dichos incentivos no están bien diseñados y gestionados. A su vez, requieren un nivel de financiación consistente que asegure la continuidad de los incentivos económicos (Shen *et al.*, 2016). Las acciones voluntarias, por otro lado, constituyen un instrumento menos efectivo para promover la EE pero poseen la ventaja de ser flexibles y poder adaptarse rápidamente ante cambios en el mercado. Son menos efectivas ya que dependen del entusiasmo, de la actitud y de la cooperación de diferentes actores sociales (Shen *et al.*, 2016).

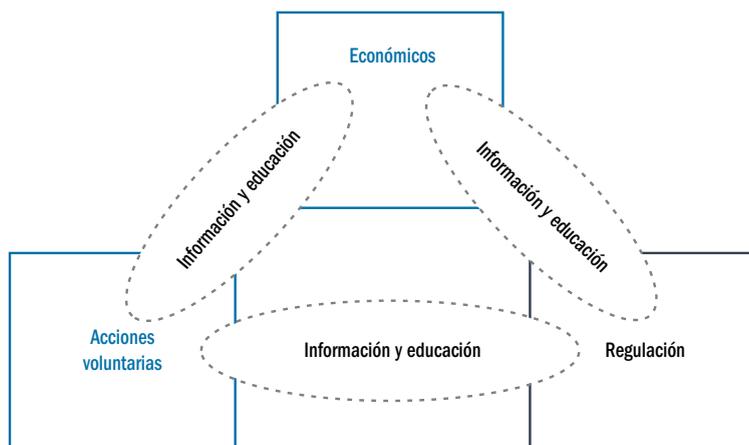
Con respecto a la efectividad de los instrumentos para la promoción de la EE existen diversas experiencias y evidencia a nivel internacional, dependiendo de la región o país del que se trate. A modo de ejemplo, en Alemania los instrumentos regulatorios, los subsidios y los instrumentos de comunicación son aquellos que más motivan a realizar mejoras en el acondicionamiento de los edificios (Vogel, Lundqvist y Arias, 2015). En el caso de la Unión Europea, las mejoras en EE en el sector residencial se deben a la existencia de incentivos financieros y a los estándares mínimos de EE, mientras que las medidas de información, como el etiquetado y las campañas de difusión, no tienen un impacto significativo (Filippini *et al.*, 2014). Esto último se puede deber al “efecto rebote”, en el cual los individuos compran electrodomésticos eficientes pero cambian su patrón de consumo de energía (Filippini *et al.*, 2014).

Más allá de este debate, resulta importante no solo definir qué instrumentos son efectivos sino qué mix de instrumentos permite superar las distintas barreras que se presentan y alcanzar los resultados deseados (Vogel, Lundqvist y Arias, 2015; Shen *et al.*, 2016). Por lo tanto, a la hora de definir un mix de instrumentos, es necesario reconocer que existen interacciones entre los mismos.

Según Nissinen *et al.* (2015), puede ocurrir que la introducción de una norma muy estricta de EE limite el potencial para un impuesto que tenga el mismo propósito, así como también puede ocurrir que la existencia de un instrumento en particular sea un prerrequisito para el uso efectivo de otro instrumento o al menos que facilite el funcionamiento del otro. En la figura 2 se puede observar dicha interacción. Allí se presentan los tipos de instrumentos de acuerdo al grado de intervención del Estado, comenzando por aquellos donde la intervención es nula (acciones voluntarias), hasta aquellos donde la intervención se encuentra en su máxima expresión (regulación). El vínculo entre cada par de instrumentos está dado por las medidas de información y educación.

A modo de ejemplo, la interacción entre los instrumentos regulatorios y los económicos podría darse en el caso de que existan líneas de financia-

Figura 2. Relación entre los instrumentos de promoción de la EE en el sector residencial



Fuente: elaboración propia a partir de Shen et al. (2016) y Nissinen et al. (2015).

miento por parte del Estado para implementar mejoras en las viviendas que estén de acuerdo a los lineamientos del código de construcción. En el caso de los instrumentos económicos y voluntarios, podrían existir subsidios para adoptar medidas de EE que no son obligatorias, como por ejemplo el reemplazo (no compulsivo) de electrodomésticos. Por último, los instrumentos voluntarios deben ir de la mano con los regulatorios. Por ejemplo, si a los fabricantes se les exige el etiquetado de ciertos equipos, además se les puede informar de aquellos artefactos para los cuales existe la posibilidad de realizar el etiquetado voluntario. Las medidas de información y comunicación constituyen el nexo entre cada par de instrumentos. En el primer ejemplo mencionado, se requiere que exista difusión sobre los beneficios de la EE, la existencia de los códigos de construcción y más aún de las líneas de financiamiento disponibles para mejorar la EE de las viviendas.

En el caso de Argentina, los instrumentos utilizados en las políticas de EE se presentan en el cuadro 1. Como se puede observar, en el país predominan los instrumentos regulatorios y de información y educación. Sin embargo, estos últimos comienzan a adquirir relevancia durante los últimos años. Por su parte, los instrumentos económicos son relativamente escasos. El principal instrumento de este tipo fue el programa PUREE que consistía en bonificar la tarifa a los individuos que hayan logrado disminuir el consumo de energía eléctrica y penalizar a aquellos que no lo hicieran. Si bien

es cierto que en los países en desarrollo la regulación cumple un rol preponderante, no se debe perder de vista que los instrumentos económicos complementan a estos y también son necesarios para lograr el objetivo de la EE (Vogel, Lundqvist y Arias, 2015).

Con respecto a las interacciones entre los distintos instrumentos, en términos de la figura 2, lo primero a destacar es la escasa cantidad de instrumentos voluntarios, principalmente relacionados con el etiquetado de electrodomésticos. Si bien es razonable que se les otorgue menor importancia a dichos instrumentos, al tratarse de un país en vías de desarrollo, de cualquier manera se debería intentar formular este tipo de acciones de carácter voluntario, ya que complementan a las demás acciones.

Por otro lado, como se mencionó anteriormente, las medidas relacionadas con las campañas de difusión e información durante la mayor parte del período analizado fueron muy reducidas. Recién a partir de 2016 se implementan y diseñan múltiples acciones tendientes a mejorar el conocimiento de la población sobre la EE. En otras palabras, años previos a 2016 el nexo primordial entre los instrumentos prácticamente era inexistente. Por lo tanto, se puede afirmar que el paquete de instrumentos para la promoción de la EE en el sector residencial de la Argentina no tiene en cuenta los vínculos entre los distintos instrumentos. En consecuencia, resulta necesario reestructurar dicho paquete para generar una mayor interacción y coherencia entre estos, que en definitiva permitan lograr en conjunto una mejora sustancial de la EE del sector residencial.

DISCUSIÓN: EL VÍNCULO ENTRE LAS DISTINTAS DIMENSIONES

En la sección anterior se analizó cuáles son las condiciones de habilitantes, las barreras y los instrumentos seleccionados para promover la EE en el sector residencial de la Argentina. Por lo tanto, ahora se presenta una discusión en torno a la relación existente entre dichos determinantes. Para ello, en primer lugar, resulta necesario estudiar el vínculo entre los instrumentos seleccionados y las barreras existentes, para poder responder a la siguiente pregunta: ¿los instrumentos de las políticas de EE en el sector residencial están dirigidos a superar las barreras detectadas en el sector? Luego, habría que continuar el análisis, respondiendo a: ¿qué relación existe entre la respuesta a la pregunta anterior y las condiciones de borde analizadas?

Se podría decir que las barreras económicas-financieras no están siendo abordadas, ya que no existen instrumentos económicos que faciliten el acceso al financiamiento para implementar mejoras de EE. En este punto es

importante remarcar que no todos los instrumentos de política para promover la EE implican el mismo nivel de financiamiento. Por ejemplo, hay medidas que son fáciles de implementar en términos de financiamiento, tales como las guías y manuales de EE. En cambio, la implementación de estándares mínimos requiere una infraestructura importante en términos de laboratorios de ensayo y en términos de reorganización productiva.

Por otro lado, dentro de las barreras económicas, las tarifas energéticas siguen sin reflejar los verdaderos costos de producción debido a la existencia de subsidios. Al mismo tiempo, estos subsidios suelen dirigirse en mayor proporción a la población de ingresos medios y altos, como se mencionó anteriormente. Sin embargo, actualmente se está intentando revertir la tendencia mediante el aumento tarifario de los servicios energéticos.

También se presentaron barreras tecnológicas principalmente a fines de la década de 1990, cuando se comenzó a promover con mayor énfasis las políticas de EE. A través de la Resolución 225/2000, emitida por la Secretaría de Defensa de la Competencia y del Consumidor, se suspendió por período de tiempo relativamente corto la vigencia de la Resolución 319 de la Secretaría de Industria, Comercio y Minería debido a la inexistencia de laboratorios de ensayos reconocidos, aptos para efectuar la certificación exigida.

Las barreras institucionales se han presentado en reiterados casos. Con respecto a la Resolución 319 de la Secretaría de Industria, Comercio y Minería, no solo se suspendió en el año 2000, sino que no entró en vigencia (al menos de forma parcial) hasta 2007 con la Disposición 86 de la Dirección Nacional de Comercio Interior, que establecía las características y estándares mínimos de EE para las lámparas. Con el correr de los años, desde la Dirección Nacional de Comercio Interior se fueron estableciendo como vigentes distintos puntos de la mencionada resolución (Disposición 859/2008; Disposición 761/2010; Disposición 246/2013; Disposición 219/2015; Disposición 230/2015; Disposición E 170/2016; Disposición E 172/2016). En este caso, se puede observar que las barreras tecnológicas e institucionales están vinculadas, ya que la demora en la puesta en vigencia en parte se debió a problemas técnicos.

A su vez, el Programa de Calidad de Artefactos Energéticos (PROCAE) del año 1999, que consistía en un programa de etiquetado de artículos para el hogar, se vio cancelado en 2001 por la crisis económica, que se reanudó a partir de 2005 (Academia Nacional de Ingeniería, 2012). En este caso también se puede observar la inestabilidad de las instituciones y de las medidas regulatorias, mencionadas previamente, cuando se analizaron las condiciones de entorno de la EE.

Siguiendo con las barreras institucionales, el programa PUREE también sufrió numerosos cambios mientras estuvo vigente. Originalmente, en la resolución 552 de 2004 de la Secretaría de Energía se establecía que para recibir una bonificación el consumo de energía eléctrica, este debía ser menor a los 600 Kwh. Al año siguiente, a través de la Resolución 745 de la Secretaría de Energía, se modifica dicha condición y en vez de determinar un nivel de consumo expresado en Kwh se determina en términos de porcentajes respecto al año base. Al transcurrir un tiempo, en 2008, se vuelve a modificar esta norma mediante la Resolución 797 de la Secretaría de Energía, en la cual se vuelve a establecer un nivel de consumo expresado en Kwh, pero el nivel asciende a 1.000 Kwh. En definitiva, este programa fue relativamente inestable a lo largo del tiempo.

Por último, existe una gran dificultad en la Argentina con respecto a los estándares mínimos de EE para las viviendas, es decir, a los códigos de construcción que representan una barrera institucional. Según Chévez, Martini y Discoli (2016), la decisión del Estado de implementar normas de acondicionamiento térmico en las viviendas no se tradujo en un acompañamiento unánime por parte del resto de las jurisdicciones (provincias), ya que no se han establecido mecanismos integradores que permitieran una adhesión efectiva de dichas jurisdicciones. El principal problema radica en que las normas de acondicionamiento térmico de viviendas dependen de los partidos o departamentos, que en la Argentina son 512 y que se rigen con la legislación de sus respectivas provincias, que son 23 más la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Chévez, Martini y Discoli, 2016). Por lo tanto, la descentralización de las decisiones representa una barrera institucional difícil de remover.

Con respecto a las barreras de información se puede afirmar que los instrumentos utilizados por el Estado son adecuados para sobrellevarlas. No obstante, es necesario continuar con una política de información y educación en EE agresiva. En este sentido, se debe tomar el ejemplo de Chile, ya que en este país, previo a la formulación de políticas de EE, se dio un proceso profundo de concientización que fortaleció y permitió el buen desempeño de los programas de EE.

Todo lo mencionado anteriormente está íntimamente relacionado con las condiciones de borde analizadas previamente. Los mayores inconvenientes para implementar políticas de EE (barreras) están asociados a las condiciones de borde que demuestran un comportamiento menos propicio para el desarrollo de políticas de EE. En este sentido, las barreras económico-financieras son muy fuertes y a su vez las condiciones macroeconómicas (la evolución de los mercados financieros y los precios) no muestran un

buen desempeño. Por otro lado, existen numerosas barreras institucionales y condiciones de borde institucionales que dificultan el desarrollo de medidas de EE.

CONCLUSIONES

El análisis de las políticas de EE dirigidas al sector residencial resulta de vital importancia, ya que el mismo es responsable del 27% del consumo final energético del país, participación que creció desde principios de los años 2000. Al mismo tiempo, como las principales fuentes energéticas utilizadas por el sector son el gas natural y la electricidad (que en su mayoría es de origen térmico), aplicar medidas de eficiencia sería de gran ayuda para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del sector.

Para analizar las medidas de EE en el sector residencial, en este trabajo se plantea la necesidad de abordarlas de manera multidimensional, es decir, de acuerdo con diferentes dimensiones de análisis: las condiciones habilitantes, las barreras y los instrumentos.

Respondiendo a los interrogantes planteados al inicio del trabajo, en la Argentina se han implementado diversas políticas de EE. Las principales han utilizado instrumentos de tipo regulatorio, dejando poco margen a los instrumentos económicos y voluntarios. Sin embargo, más allá de las características e interacciones entre los instrumentos en sí, los mayores inconvenientes para implementar políticas de EE en la Argentina están asociados a las dimensiones de barreras específicas y condiciones de entorno.

En este sentido, las barreras económico-financieras son muy fuertes y, a su vez, a nivel contextual las condiciones macroeconómicas (la evolución de los mercados financieros y los precios) no muestran un buen desempeño. Por otro lado, existen numerosas barreras institucionales y condiciones de borde institucionales que dificultan el desarrollo de medidas de EE. En tanto no mejoren las condiciones de entorno, incluso cuando se logren superar las diversas barreras a través de la implementación de instrumentos acordes a estas, las políticas de EE no serán exitosas.

Por último, no se debe perder de vista que el nexo principal entre los instrumentos de EE es la aplicación de medidas de información y educación. Sin estas, cualquier paquete de políticas energéticas no logrará los resultados deseados.

Cuadro 1. Evolución histórica de los instrumentos para la promoción de EE en el sector residencial de Argentina

Política o medida	Año	Institución	Tipo de Instrumento	Subcategoría de instrumento	Contexto político y económico*
Iniciativa de Iluminación Eficiente (EII)	1999	Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF)/ Corporación Financiera Internacional (IFC)/ Edesur	Regulación	Fabricación de equipos eficientes	Periodo 1999-2001 Constitucional – finalización anticipada del mandato Dr. Fernando de la Rúa. Caída del nivel de actividad y fuerte recesión económica. Altos niveles de fugas de capitales. Política monetaria: corralito financiero. Reducciones de financiamiento del Banco Mundial. Conflictos económicos y sociales. Incrementos en los niveles de desempleo (18,3% en 2001) y pobreza (38% de las personas). Interrupción del financiamiento externo.
			Económico	Precios reducidos	
			Información y educación	Difusión	
PROCAE	1999-2005	Secretaría de Comercio/ Secretaría de Energía	Información y educación	Etiquetado	Periodo 2002-2003 Transición – Dr. Eduardo Duhalde Ley de emergencia pública. Reforma del régimen cambiario. Medidas de relevancia: prohibición de la indexación de deudas, impuestos, precios, o tarifas de bienes o servicios; pesificación 1 a 1 precios y tarifas de servicios públicos; renegociación de los contratos. Altos niveles de desempleo y pobreza. Se mantiene la interrupción del financiamiento externo.
Resolución 319**	1999	Secretaría de Industria, Comercio y Minería	Información y educación	Etiquetado	
Resolución 415 - PURE	2004	Secretaría de Energía	Económico	Estructura tarifaria	
Resolución 552 - PUREE	2004	Secretaría de Energía	Económico	Estructura tarifaria	Periodo 2003-2007 Constitucional – Dr. Néstor Kirchner Crecimiento económico con contención de precios de los servicios. Comienzan a evidenciarse síntomas de crisis energética en 2004. Períodos de interrupción programada de abastecimiento de gas natural a los usuarios interrumplibles. Inicio de los cortes de suministro eléctrico no programado e imprevisto en los períodos de pico de demanda eléctrica en los mayores centros de consumo del país. Pesificación de los precios de potencia, de la energía, costos variables estacionales, y posibilidad de convertir los combustibles líquidos en pesos en la declaración del costo variable de producción. Se inicia la importación fuel oil para poder poner en funcionamiento las centrales térmicas. Se interrumpen los acuerdos de exportación de gas natural a países limítrofes (Chile) en los picos de demanda.
Resolución 745	2005	Secretaría de Energía	Económico	Estructura tarifaria	
Decreto 140 - PRONUREE	2007	Poder Ejecutivo Nacional	Información y educación	Etiquetado	Periodo 2007-2015 Constitucional – reelección Dra. Cristina Fernández de Kirchner Altas tasas de crecimiento económico en el primer período electoral. Conflictos con instituciones de financiamiento externo. Serios problemas de abastecimiento energético. Períodos de interrupción programada de abastecimiento de gas natural a los usuarios interrumplibles. Profundización de los cortes de suministro eléctrico no programado e imprevisto en los períodos de pico de demanda eléctrica en los mayores centros de consumo del país. Incrementos de las importaciones energéticas. Impacto sobre el déficit de la balanza comercial e impactos sobre las reservas. Descubrimiento de grandes reservas de hidrocarburos no convencionales en el yacimiento de Vaca Muerta.
				Campañas de educación y concientización	
			Regulación	Estándares de eficiencia energética mínima Reemplazo compulsivo de equipos	
Resolución 797	2008	Secretaría de Energía	Económico	Estructura tarifaria	Periodo 2007-2015 Constitucional – reelección Dra. Cristina Fernández de Kirchner Altas tasas de crecimiento económico en el primer período electoral. Conflictos con instituciones de financiamiento externo. Serios problemas de abastecimiento energético. Períodos de interrupción programada de abastecimiento de gas natural a los usuarios interrumplibles. Profundización de los cortes de suministro eléctrico no programado e imprevisto en los períodos de pico de demanda eléctrica en los mayores centros de consumo del país. Incrementos de las importaciones energéticas. Impacto sobre el déficit de la balanza comercial e impactos sobre las reservas. Descubrimiento de grandes reservas de hidrocarburos no convencionales en el yacimiento de Vaca Muerta.
Norma IRAM 11.900	2010	Instituto Argentino de Normalización y Certificación	Regulación	Etiquetado calefacción	
Aplicativo Norma IRAM 11.900	2010	Instituto Argentino de Normalización y Certificación	Información y educación	Difusión de la norma	Periodo 2007-2015 Constitucional – reelección Dra. Cristina Fernández de Kirchner Altas tasas de crecimiento económico en el primer período electoral. Conflictos con instituciones de financiamiento externo. Serios problemas de abastecimiento energético. Períodos de interrupción programada de abastecimiento de gas natural a los usuarios interrumplibles. Profundización de los cortes de suministro eléctrico no programado e imprevisto en los períodos de pico de demanda eléctrica en los mayores centros de consumo del país. Incrementos de las importaciones energéticas. Impacto sobre el déficit de la balanza comercial e impactos sobre las reservas. Descubrimiento de grandes reservas de hidrocarburos no convencionales en el yacimiento de Vaca Muerta.
Ley 26.473	2011	Senado y Cámara de Diputados de la Nación Argentina	Regulación	Prohibición de lámparas incandescentes	
Resolución 993 - Programa Federal de Vivienda y Mejoramiento del Hábitat de Pueblos Originarios y Rurales	2010	Secretaría de Obras Públicas	Regulación	Introducción de los lineamientos del PRONUREE en la construcción	Periodo 2007-2015 Constitucional – reelección Dra. Cristina Fernández de Kirchner Altas tasas de crecimiento económico en el primer período electoral. Conflictos con instituciones de financiamiento externo. Serios problemas de abastecimiento energético. Períodos de interrupción programada de abastecimiento de gas natural a los usuarios interrumplibles. Profundización de los cortes de suministro eléctrico no programado e imprevisto en los períodos de pico de demanda eléctrica en los mayores centros de consumo del país. Incrementos de las importaciones energéticas. Impacto sobre el déficit de la balanza comercial e impactos sobre las reservas. Descubrimiento de grandes reservas de hidrocarburos no convencionales en el yacimiento de Vaca Muerta.
Hagamos click. Cuidemos la Energía	2012-2014	Secretaría de Energía	Información y educación	Campaña de concientización	
Resolución conjunta 171 y 126 - RENOVATE	2015	Ministerio de Economía y Finanzas Públicas/ Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios	Económico	Compensación económica única por la comercialización de equipos eficientes	

Política o medida	Año	Institución	Tipo de Instrumento	Subcategoría de instrumento	Contexto político y económico*
Manual Educación para el Uso Racional y Eficiente de la Energía. Niveles inicial, primario y secundario de las escuelas de Ciudad Autónoma de Buenos Aires	2015	Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires Ministerio de Educación	Información y educación	Educación y capacitación	<p>Período 2015-2018</p> <p>Constitucional - Ing. Mauricio Macri Liberalización del tipo de cambio y blanqueo de capitales. Déficit de cuenta corriente. Endeudamiento externo con el Fondo Monetario Internacional. Definición de metas de inflación, que no se han podido cumplir hasta el momento. Recesión económica. Creación de un Ministerio de Energía y Minería según el Decreto 231 del año 2015 del Poder Ejecutivo Nacional. Reestructuración de ministerios y secretarías en septiembre de 2018 mediante el Decreto 801 del Poder Ejecutivo Nacional. El Ministerio de Energía y Minería se disuelve y los asuntos vinculados a la Energía vuelven bajo la órbita de la Secretaría de Energía, dependiente del Ministerio de Hacienda. En el marco de una política de disminución de gasto público se disminuyeron los subsidios energéticos, incrementando fuertemente las tarifas energéticas. Conflictos sociales. Fuerte impulso a las políticas de energías renovables a través el plan RENOVAR. Promoción de los combustibles no convencionales del Yacimiento Vaca Muerta.</p>
Resolución 6	2016	Ministerio de Energía y Minería	Económico	Modificación de precios de energía eléctrica	
Resolución 7	2016	Ministerio de Energía y Minería	Económico	Derogación del PUREE	
Desarrollo de Normativa de Etiquetado de Viviendas	2016	Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética	Información y educación	Certificación/ Sello de EE	
Encuesta Nacional sobre Consumo y Usos de la Energía en Hogares	2016	Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética	Información y educación	Información energética sobre usos energéticos	
Programa Nacional de Educación para la EE	2016	Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética	Información y educación	Educación y capacitación	
Lineamientos para la mejora de la enseñanza de la EE en carreras estratégicas	2016	Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética	Información y educación	Educación y capacitación	
Diplomatura en gestión de la energía	2016	Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética	Información y educación	Educación y capacitación	
Guía uso-residencial	2016	Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética	Información y educación	Campaña de concientización	
Campaña de comunicación masiva del uso responsable de la energía	2016	Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética	Información y educación	Campaña de concientización	
Guía para edificios y viviendas multifamiliares	2017	Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética	Información y educación	Campaña de concientización	
Uso racional y eficiente de la energía. Material educativo para docentes	2017	Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética	Información y educación	Educación y capacitación	

* Toda la información del contexto político y económico hasta el 2015 es elaboración de Recalde y Guzowski (2016). Para luego del 2015 la elaboración es propia con base en Natanson (2018), Observatorio de Políticas Públicas (2018), CEDEB 2017 y <<https://www.cronista.com/especiales/Politica-energetica-en-la-era-Macri-entre-el-tarifazo-las-renovables-y-Vaca-Muerta-20180912-0004.html>>.

** Dentro de esta resolución se enmarcan los etiquetados obligatorios y voluntarios de diversos electrodomésticos. Véase <https://www.minem.gov.ar/servicios/archivos/7721/AS_15119635221.pdf>, <https://www.minem.gov.ar/servicios/archivos/7721/AS_15119635221.pdf>.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abadie, F. *et al.* (2017), *Manual de planificación energética*, Quito, Organización Latinoamericana de Energía.
- Academia Nacional de Ingeniería (2012), “Eficiencia energética. Situación actual y recomendaciones. Un enfoque de política pública”, documento N° 3.
- Albi E., C. *et al.* (1994), *Teoría de la hacienda pública*, Barcelona, Ariel, Economía.
- Arza, C. (2002), “El impacto social de las privatizaciones. El caso de los servicios públicos domiciliarios”, *Segunda serie de documentos de investigación*, N° 10, Buenos Aires, FLACSO.
- Azpiazu, D., y E. Basualdo (2004), *Las privatizaciones en la Argentina. Génesis, desarrollo y principales impactos estructurales. Las privatizaciones y la desnacionalización de América Latina*, Buenos Aires, Prometeo.
- Baranzini, A. *et al.* (2013), “The causal relationship between energy use and economic growth in Switzerland”, *Energy Economics*, N° 36, pp. 464-470.
- Bersalli G. (2016), “El bloqueo tecnológico en el sector eléctrico argentino: barreras a la difusión de las nuevas energías renovables”, en Guzowski, C., M. Ibañez y M. L. Rojas (comps.), *Los desafíos de la política energética argentina*, Buenos Aires, Dunken, pp. 55-82.
- Bertoni, R. *et al.* (2010), *La matriz energética, una construcción social*, Montevideo, UDELAR.
- Boldt, J. *et al.* (2012), *Overcoming Barriers to the Transfer and Diffusion of Climate Technologies*, Copenhagen, UNEP Riso Centre on Energy, Climate and Sustainable Development.
- Bouille, D. (1999), “Lineamientos para la regulación del uso eficiente de la energía en Argentina”, *Serie Medio Ambiente y Desarrollo CEPAL*, N° 16, Santiago de Chile, CEPAL.
- CAMMESA (2017), *Informe anual*. Disponible en: <http://www.melectrico.com.ar/web/index.php?option=com_content&view=article&id=2134:informe-anual-de-cammesa-2017&catid=1:latest-news>.
- CEDEBH (2017), “Informe de coyuntura: relevamiento de indicadores oficiales y privados entre el 16 de junio de 2017 y el 15 de julio de 2017”, Centro de Estudios para el Desarrollo Económico Benjamín Hopenhayn.
- Chávez, P. J., I. Martini y C. Discoli (2016), “Avances en la construcción de escenarios energéticos urbanos del sector residencial a partir del análisis detallado de medidas de eficiencia energética de la República Argentina”, X Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Gramado, Brasil, 26 al 28 de septiembre de 2016.

- Cortina Segovia, S. et al. (2007), *Océanos y costas. Análisis del marco jurídico e instrumentos de política ambiental en México*, Ciudad de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Gobierno de México.
- Filippini, M., L. C. Hunt y J. Zorić (2014), “Impact of energy policy instruments on the estimated level of underlying energy efficiency in the EU residential sector”, *Energy policy*, N° 69, pp. 73-81.
- Gerchunoff, P. (2003), *Comienzos diversos, distintas trayectorias y final abierto: más de una década de privatizaciones en Argentina, 1990-2002*, N° 34, CEPAL.
- Golubchikov, O. y P. Deda (2012), “Governance, technology, and equity: An integrated policy framework for energy efficient housing”, *Energy policy*, N° 41, pp. 733-741.
- Gupta, P., S. Anand y H. Gupta (2017), “Developing a roadmap to overcome barriers to energy efficiency in buildings using best worst method”, *Sustainable Cities and Society*, N° 31, pp. 244-259.
- Hancevic, P., W. Cont y F. Navajas (2016), “Energy populism and household welfare”, *Energy Economics*, N° 56, pp. 464-474.
- IEA (2014), “Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics”, París, <<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-indicators-fundamentals-on-statistics>>.
- (2016), *Energy, Climate Change and Environment 2016 Insights*, IEA, París, <<https://www.iea.org/reports/energy-climate-change-and-environment-2016-insights>>.
- (2017), *Key World Energy Statistics 2017*, París, IEA.
- y CEPAL (2015), *Recomendaciones de políticas de eficiencia energética regionales para América Latina y el Caribe*, París, IEA.
- Jiménez, R. y A. Yépez García (2016), “Composition and sensitivity of residential energy consumption”, *IDB Working Paper Series*, N° 690, Banco Interamericano de Desarrollo.
- Lahoud, G. (2005), “Una aproximación teórica a la soberanía energética e integración regional sudamericana”, Documento de trabajo, N° 31, IDISCO, Universidad del Salvador.
- Marchionni M., W. Sosa Escudero y J. Alejo (2008), “Efectos distributivos de esquemas alternativos de tarifas sociales: una exploración cuantitativa”, Documento de trabajo del CEDLAS, N° 68, Universidad Nacional de la Plata.
- McKenzie, D. y D. Mookherjee (2003), “The distributive impact of privatization in Latin America: Evidence from four countries [with comments]”, *Economía*, vol. 3, N° 2, pp. 161-233.

- Martínez, M. L. (2007), “Noventa años después: el Instituto de Química Industrial de Uruguay y la investigación sobre el carburante nacional”, *Redes*, vol. 12, N° 25, pp. 51-83.
- Masbernat, P. (2017), “Retorno al debate conceptual de tasa y tarifa como un parámetro de los límites del concepto de tributo. Comentario a la sentencia del Tribunal Supremo de España 5037/2015, del 23 de noviembre 2015, recaído en recurso de casación 4091/2013”, *Revista chilena de derecho*, vol. 44, N° 3, pp. 865-884.
- Mas-Colell, A., M. D. Whinston y J.R. Green (1995), *Microeconomic theory*, Nueva York, Oxford University Press.
- Matharan, G. A. (2013), “La investigación industrial en la Argentina: el caso de la industria petrolera de Yacimientos Petrolíferos Fiscales (1925-1942)”, *Redes*, vol. 19, N° 37, pp. 13-41.
- Medrano, P. E. P. (2014), “Consumo de energía y crecimiento económico: evidencia para la República Dominicana”, tesis de maestría, Santo Domingo, Universidad Católica Santo Domingo.
- MINEM (Ministerio de Energía y Minería de Argentina) (2016), *Balance Energético Nacional 2015. Documento metodológico*, Buenos Aires, MINEM.
- (2017), *Memoria Anual 2016. Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética*, Buenos Aires, MINEM.
- Murillo, M. V. y D. Finchelstein (2004), “Privatización y poder de mercado: el caso de la generación de energía eléctrica en la Argentina”, *Desarrollo económico*, vol. 44, N° 173, pp. 131-144.
- Natanson, J. (2018), “Mauricio Macri en su ratonera: el fin de la utopía gradualista”, *Nueva Sociedad*, N° 276, pp. 24-33.
- Navajas, F. (2015), “Subsidios a la energía, devaluación y precios”, Documento de trabajo de FIEL, 122.
- Nieto, C. A. B. y J. C. Robledo (2012), “Relación a largo plazo entre consumo de energía y PIB en América Latina: una evaluación empírica con datos panel”, *Ecos de Economía*, vol. 16, N° 35, pp. 73-89.
- Nissinen, A. *et al.* (2015), “Combinations of policy instruments to decrease the climate impacts of housing, passenger transport and food in Finland”, *Journal of Cleaner Production*, N° 107, pp. 455-466.
- Observatorio de Políticas Públicas (2018), *El año 2018 en clave económica*, Avellaneda, Universidad Nacional de Avellaneda.
- Observatorio Económico Social de la Universidad Nacional de Rosario (2017), *Energía eléctrica en Argentina y Rosario*, Rosario, UNR.
- OLADE (Organización Latinoamericana de Energía) (2017), *Anuario de Estadísticas Energéticas 2017*, Buenos Aires, OLADE.

- , CEPAL y GTZ (2000), *Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe. Guía para la formulación de políticas energéticas*, Quito.
- (2003), *Energía y desarrollo sustentable en ALyC. Guía para la formulación de políticas energéticas*, Santiago de Chile.
- OECD, IEA y AFD (2008), *Promoting energy efficiency investment Case studies in the residential sector*, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, International Energy Agency, Agence Française de Développement.
- Pablo-Romero, M. D. P., R. Pozo-Barajas y R. Yñiguez (2017), “Global changes in residential energy consumption”, *Energy Policy*, N° 101, pp. 342-352.
- Puig, J. P. y L. H. A. Salinardi (2015), “Argentina y los subsidios a los servicios públicos: un estudio de incidencia distributiva”, Documentos de trabajo del CEDLAS, N° 231, Universidad Nacional de La Plata.
- Recalde, M. Y. (2016), “The different paths for renewable energies in Latin American Countries: the relevance of the enabling frameworks and the design of instruments”, *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, vol. 5, N° 3, pp. 305-326.
- (2017), “La inversión en energías renovables en Argentina: el rol de los instrumentos de política y el marco institucional de la política energética”, *Revista de Economía Institucional*, vol. 19, N° 36, pp. 231-254.
- , D. H. Bouille y L. O. Girardin (2015) “Limitaciones para el desarrollo de energías renovables en Argentina”, *Problemas del Desarrollo*, vol. 46, N° 183, pp. 89-115.
- Recalde, M. Y. y C. Guzowski (2016), “Política energética y desarrollo socioeconómico: una aplicación al caso argentino”, en Guzowski, C. (comp.), *Políticas de promoción de las energías renovables: experiencias en América del Sur*, Bahía Blanca, Universidad Nacional de Sur, Series de Extensión, pp. 15-57.
- Ruchansky, B. et al. (2011), *Eficacia institucional de los programas nacionales de eficiencia energética: los casos del Brasil, Chile, México y el Uruguay*, Santiago de Chile, CEPAL.
- Sáenz de Miera, G. y M. A. Muñoz Rodríguez (2009), “La eficiencia energética: análisis empírico y regulatorio”, Documento de trabajo N° 37/2009, Madrid, Real Instituto Elcano.
- Shen, L. et al. (2016), “Research on the development of main policy instruments for improving building energy-efficiency”, *Journal of Cleaner Production*, N° 112, pp. 1789-1803.
- Schuldt, J. y A. Acosta (2006), “Petróleo, rentismo y subdesarrollo: ¿una maldición sin solución?”, *Nueva sociedad*, N° 204, pp. 71-89.

- Smedby, N. (2010), “Energy Policy Development in a Non-OECD Context- Early Experiences of Energy Efficiency Policy for Residential Buildings in Argentina”, tesis de maestría, Lund, Universidad de Lund.
- Somanathan E. *et al.* (2014), “National and Sub-national Policies and Institutions”, en Edenhofer, O. *et al.* (eds), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge y Nueva York, Cambridge University Press, pp. 1141-1205.
- UNEP (2011), *A practical framework for planning pro-development climate policy*, Madrid, United Nations Environment Programme.
- Urbiztondo, S. (2016), “La regulación de los servicios públicos en Argentina, 2003-2015: lógica y balance de tres períodos presidenciales bajo un mismo signo político”, Documento de trabajo de FIEL N° 124. Disponible en: <http://www.fiel.org/publicaciones/Documentos/DOC_TRAB_1457553825843.pdf>.
- Vogel, J. A., P. Lundqvist y J. Arias (2015), “Categorizing barriers to energy efficiency in buildings”, *Energy Procedia*, N° 75, pp. 2839-2845.
- WEC (2008), *Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation*, Londres, World Energy Council.
- (2010), *Eficiencia energética: una receta para el éxito*, Londres, World Energy Council.
- (2013), *World Energy Perspective. Energy Efficiency Policies. What works and what does not*, Londres, World Energy Council.
- Yeatts, D. E. *et al.* (2017), “A systematic review of strategies for overcoming the barriers to energy-efficient technologies in buildings”, *Energy Research and Social Science*, N° 32, pp. 76-85.
- Zabaloy M. F., M. Y. Recalde y C. Guzowski (2019), “Are energy efficiency policies for household context dependent? A comparative study of Brazil, Chile, Colombia and Uruguay”, *Energy Research and Social Sciences*, N° 52, pp. 41-54.



DOSSIER

HACIA UNA HISTORIA DE LA QUÍMICA EN AMÉRICA LATINA, DESARROLLOS Y PROPUESTAS



INTRODUCCIÓN

*Gabriel Matharan**

En la actualidad contamos con una amplia literatura sobre el proceso de emergencia e institucionalización de la química como disciplina en los países muchas veces denominados “centrales” –Estados Unidos, Alemania, Francia e Inglaterra, entre otros–,^[1] pero sabemos muy poco todavía sobre lo ocurrido en América Latina.^[2] En efecto, a principios de la década de 1990, Hebe Vessuri (1993) constataba la escasa producción historiográfica sobre la química en esta región; un hecho llamativo, afirmaba, teniendo en cuenta que posee una larga historia, incluso más que la física. Los escasos trabajos existentes fueron escritos por los propios químicos con un carácter laudatorio y biográfico.^[3] Esta situación, si bien en cierto sentido se ha mantenido, también es cierto que ha comenzado a cambiar, y los trabajos reunidos en esta ocasión son una prueba de ello. En efecto, expresando un panorama historiográfico y el conocimiento acumulado, el presente dossier busca hacer visible el crecimiento y la vigorosidad de la historia de la química en y desde la región; producir un primer mate-

* Docente e investigador de la Universidad Nacional del Litoral, Universidad Autónoma de Entre Ríos y el Centro Ciencia, Tecnología y Sociedad, Universidad Maimónides, Argentina. Correo electrónico: <matharang@gmail.com>.

[1] Entre los trabajos podemos nombrar Knight (1992), Brock (1992), Bensaude-Vincent y Stengers (1993), Trevor (2001), y Bertomeu Sánchez y García Belmar (2006).

[2] Para un análisis de la historia de la química en los países centrales (Alemania, Francia e Inglaterra), semiperiféricos (Italia, España, Rusia, Bélgica, Irlanda, Suecia) y periféricos (Dinamarca, Noruega, Portugal, Grecia, Lituana, Polonia) de Europa, véase Knight y Kragh (1998). Para un balance de la historiografía de la historia de la química en América Latina, véase Matharan (2015).

[3] Como corresponde con los egresados de las carreras de química, las primeras historias fueron escritas por varones.

rial que permita hacer reflexivos los diversos enfoques teóricos, temas y metodologías adoptadas para sus abordajes; elaborar un insumo que alimente futuros estudios comparados en América Latina^[4] y, por último, dilucidar cómo el desarrollo de la química en este contexto regional puede enriquecer las consideraciones sobre este proceso a nivel internacional. Es importante resaltar este último punto. En efecto, no parece ser un problema para los europeos (fundamentalmente) el hecho de que muchos de los presupuestos centrales de las prácticas culturales que reconocen como propias fueran enunciados en la periferia (Said, 1978). Mostrar esto quizás sea el gran desafío para los futuros trabajos sobre la historia de la química en la región.

De la lectura de los trabajos que abordan la historia de la química en Europa y Estados Unidos se puede deducir un modelo de tres etapas/fases,^[5] que aquí presentamos de manera esquemática y simplificada: en la primera fase surgió una actividad de investigación y su práctica en nuevas instituciones como las academias; en un segundo momento, a mediados del siglo XIX, tuvo lugar un proceso de profesionalización asociado a la creación de revistas especializadas, la creación de puestos de trabajo por parte del Estado, su promoción en la enseñanza universitaria, el desarrollo de un nuevo tipo de enseñanza para formar investigadores, el aumento en la constitución de laboratorios y la creciente importancia para el desarrollo de la industria; y por último, la formación de una identidad cognitiva y social, por un lado disciplinaria, con la creación de asociaciones científicas y sus conflictos con otras disciplinas, como la farmacia,^[6] y por el otro profesional, con la creación de asociaciones profesionales o corporativas.^[7] Cabe preguntarse si este modelo es válido para los países donde la química se desarrolló con posterioridad y en condiciones situadas.

Con este interrogante como telón de fondo y sin tener una visión normativa, el dossier presenta un conjunto de indagaciones centradas en casos nacionales –Brasil, México, Colombia, Uruguay y Argentina– que abordan

[4] Un trabajo pionero en el esfuerzo por hacer una historia comparada de la química es el trabajo de Chamizo (2004). En esta línea, véase también Matharan (2016a). Estudios comparados permitirán ponderar con más precisión qué es lo específico de cada país, y qué elementos o procesos son comunes a todos los países de la región.

[5] Es relevante señalar que el pasaje de una etapa a otra no implicó supresión si no convivencia.

[6] Simon (2005). Para el caso de la Argentina, véase Matharan (2016b).

[7] Es importante señalar que estas etapas no implicaron una secuencia lineal y su forma dependió de los diferentes contextos o estilos nacionales. Véase Bensaude-Vincent y Stengers (1993).

el proceso de ingreso y desarrollo de la química en América Latina en sus condiciones particulares y en sus múltiples aspectos y dimensiones. Es importante remarcar que si bien cada trabajo recorta la química y su historia en un espacio nacional, para así poder identificar sus singularidades y complejidades, los relatos incluyen su vínculo con la química internacional en un proceso de co-producción. Con esta toma de posición creemos que podemos prevenirnos del peligro de los nacionalismos historiográficos y sus explicaciones autosuficientes.^[8]

El período global abarcado por los estudios empíricos del dossier comprende desde el siglo xvii hasta la década de 1950. Este lapso de tiempo coincide con “momentos constitucionales” que hacen visible problemas y marcan mojones en la historia de la química de cada país. Con tal fin, los trabajos adoptaron temporalidades cortas, medias y largas.

Varios de los textos aquí reunidos bordan el proceso de institucionalización de la investigación y enseñanza de la química en sus relaciones con las trayectorias de químicos y químicas, de origen local como internacional. Trayectorias individuales enmarcadas en relaciones sociocognitivas más amplias que permiten: a) hacer visibles las articulaciones entre las condiciones locales situadas del desarrollo de la química y el contexto internacional; b) comprender los inicios de la enseñanza y la investigación química; y, por último, c) mostrar que en sus comienzos la investigación química estuvo vinculada, no solo al ámbito académico, sino también a las necesidades productivas del campo, de la industria y del Estado en formación.

El trabajo de Alcides Beretta Curi se centra en el rol del investigador químico suizo Frédéric Sacc cuando se radicó en la ciudad de Montevideo (Uruguay). Ya en estas tierras, y durante la denominada “primera modernización” (1870-1900), inició estudios químicos sobre los suelos en el Uruguay a partir de su vinculación con la Asociación Rural del Uruguay, que agrupaba los intereses de un sector de terratenientes preocupados por impulsar y modernizar la producción agraria en un país con claro predominio de la actividad ganadera. Las actividades de Sacc revelaron la relevancia que tenía una química aplicada a la producción agraria a la vez que

[8] La nación es, seguramente, una de las categorías históricas que más han resistido el paso del tiempo, como un instrumento que se supone idóneo para estudiar los procesos históricos. A ello ha contribuido también la situación de las fuentes que están organizadas en archivos construidos sobre una base nacional. De esta forma se ha constituido como un *a priori* o preconcepto incuestionable. Sin embargo, elegir un marco nacional implica concebir el objeto de indagación de determinada manera y elegir con ello una forma de explicación. Los procesos sociales, y en especial los fenómenos vinculados a la ciencia, no se explican en forma completa en este marco.

facilitó el establecimiento de relaciones con circuitos de publicaciones y sociedades científicas europeas. El caso tiene un plus de interés, debido a que Sacc fue discípulo del reputado químico alemán Justus von Liebig, reconocido por la historiografía sobre la química como uno de los pioneros del desarrollo de la química agrícola. No es casual, entonces, que Sacc articulara su trabajo con un sector agrario del Uruguay. Además de Sacc, otros discípulos de Liebig se radicaron en Uruguay y, con posterioridad, algunos de ellos se trasladaron a Argentina. Sin dudas, la presencia de discípulos de Liebig en América Latina es un tema que promete mucho para comprender la influencia que pudo haber tenido este químico en el desarrollo de la química latinoamericana.^[9]

Por su parte, Roy Waldhiersen Morales Pérez hace visible y recupera la trayectoria de la primera mujer graduada en química en Colombia, Dora Türk Molano, y sus contribuciones al campo de la química colombiana. Su presencia e importancia no ha sido considerada por una “historia oficial” de la química colombiana. En su tesis de doctorado, Türk Molano abordó el estudio de la cafeína, tema relevante teniendo en cuenta que, para mediados de la década de 1940, el café se constituía en el principal producto de exportación del país y se asistía a una bonanza cafetera. Sus trabajos posteriores, que continuaron con la línea de investigación iniciada en su tesis, contribuyeron a las actividades de investigación química que se estaban promoviendo en el país. Sin su vínculo con el desarrollo de la incipiente industria, dichas actividades no pueden ser comprendidas en su complejidad. El caso analizado nos interroga sobre los químicos y químicas invisibilizados, a la vez que abre una agenda de investigación sobre el sesgo de género que pudo haber asumido la química, no solo en Colombia, sino también en América Latina.

Para el caso de México, León Felipe Olivares y Julio César González Hernández analizan la trayectoria académica del ingeniero químico Marcelino García Junco y Payán (1902-1964), quien fuera profesor de Química Orgánica en la Escuela Nacional de Ciencias Químicas (ENCO), hoy Facultad de Química (FQ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y su estrecha vinculación con el proceso de institucionalización.

[9] Actualmente, la historiadora y filósofa de la química uruguaya Lucía Lewowicz está trabajando sobre la presencia de Ernest Fredrick William Seekamp, otro discípulo de Liebig, que llegó al Uruguay para incorporarse a la fábrica de extracto de carne que funcionaba en Fray Bentos (Uruguay). Hay que recordar que fue Liebig quien desarrolló dicha técnica. Para una primera evaluación provisoria de la influencia de Liebig, a través de sus discípulos, en América Latina, véase Maar (2006).

zación de la enseñanza de la química y la construcción del perfil profesional de las carreras de química en México, así como su vinculación con la industria de los esteroides. Para ello, el trabajo resalta su contribución a la enseñanza de la química orgánica a través de sus cátedras y la producción de sus libros de texto y también sus investigaciones sobre hormonas esteroides en el ámbito industrial.

Ronei Clécio Mocellin recupera, para la historia de la química del Brasil, los trabajos de investigación realizados por Vicente Coelho de Seabra Silva Telles (1764-1804), considerado por la historiografía brasileña y portuguesa, el primer “químico moderno” de lengua portuguesa, nacido en el hoy territorio brasileño entonces colonia portuguesa. El análisis de su trayectoria, fundamentalmente en la Universidad de Coimbra (Portugal), permite vincular sus problemas de investigación con los temas filosóficos, científicos y sociales propios de la “República de los químicos” durante las últimas décadas del siglo XVII y principios del siglo XVIII (Siglo de las Luces). Además, muestra que las investigaciones llevadas a cabo por Reabra Telles se encontraban en la frontera disciplinaria de la época, contribuyendo a su avance.

Un abordaje diferente, que ayuda a completar el cuadro histórico sobre el estado de la investigación química en Colombia expuesta por Roy Waldhiersen Morales Pérez, fue el adoptado por Ricardo Andrés Franco, quien, para analizar el campo de la química en Colombia durante el período 1950-1999, realizó estudios bibliométricos y cuantitativos de la presencia de las producciones académicas en las publicaciones *Journal of the American Chemical Society* y *Revista Colombiana de Química*. El autor concluye que la participación a nivel internacional de los químicos colombianos, en este período, fue reducida debido a que la organización de las instituciones y entidades gremiales era apenas incipiente para la época.

Por último, Gabriel Matharan analiza la química en la Argentina. Para ello estudia la travesía de sentidos que tuvo la química, identificando tres momentos que la fueron constituyendo, momentos que se recortan tanto en el nivel institucional como el cognitivo. En efecto, en el plano institucional, la química primero fue enseñanza, luego se transformó en una profesión y, finalmente, comenzó a ser investigada de manera rutinaria, financiada y desarrollada por profesionales preparados y cualificados. En el plano cognitivo, la identidad de la química no estuvo exenta de conflictos disciplinarios, fundamentalmente aquellos que enfrentaban, por un lado, a farmacéuticos y médicos, y, por el otro, a químicos e ingenieros químicos, dando lugar a diferentes identidades químicas. En cada uno de estos

momentos la química estuvo o buscó estar articulada: con los diferentes modelos económicos (agroexportador e industrial); con diferentes disciplinas que fueron apropiándose, a la vez que produciendo conocimiento químico; y con diferentes instituciones que le fueron imprimiendo al conocimiento químico rasgos singulares.

Todos los trabajos reunidos, en definitiva, dejan entrever: a) diferentes tipos de trayectorias: las puramente académicas como las híbridas, es decir, académicas-industriales-estatales; b) que durante el período analizado la dinámica de intercambio de la “química latinoamericana” se conformó a partir de una matriz cuyo rasgo dominante parece haber sido más que la vinculación con un “modelo” único, la selección activa de las tradiciones existentes en el ámbito mundial, recreando a la vez que contribuían a la construcción de estas; c) que para explicar el ingreso y desarrollo de la química en la región es necesario estudiar los procesos de circulación y apropiación de teorías y prácticas de enseñanza, equipos, bibliotecas, información, instrumentos, representaciones, modelos pedagógicos y espacios de formación; d) contextualizar la actuación de diversos químicos y químicas a partir de considerar su convergencia/ensamble con diversos grupos sociales e instituciones como las sociedades químicas nacionales, la industria, el Estado y la universidad. En efecto, las ideas y las “voluntades” de quienes impulsaron el desarrollo de la química en sus múltiples aspectos debieron apoyarse sobre infraestructuras sociales existentes, así como también en la creación de nuevas instituciones. De esta manera, la química fue ganando un espacio en las diferentes culturas locales.

EPÍLOGO

Para terminar, una breve nota sobre la historia del dossier: la reunión de este conjunto de trabajos es un proyecto personal largamente anhelado, que se fundamenta en la convicción de la necesidad de realizar, dada la existencia de una masa de trabajos sobre la historia de la química en América Latina, estudios históricos comparados entre los países de la región. Con dicho proyecto en mente invité a colegas de reconocida trayectoria de diferentes países –Colombia, México, Uruguay y Brasil–, quienes aceptaron inmediatamente. Va mi sincero agradecimiento y toda mi gratitud a ellos. Espero que este dossier sea el puntapié para futuros trabajos en colaboración.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bensaude-Vincent, B. y T. Stengers (1993), *Histoire de la chimie*, París, Editions La Découverte.
- Bertomeu Sánchez, J. R. y A. Alberto García Belmar (2006), *La revolución química. Entre la historia y la memoria*, Valencia, Universitat de València
- Brock, W. (1992), *The Fontana history of Chemistry*, Londres, Fontana Press.
- Chamizo, J. A. (2004), “Apuntes sobre la historia de la química en América Latina”, *Revista de la Sociedad Química de México*, N° 48, pp. 165-171.
- Knight, D. (1992), *Ideas in Chemistry. A History of the Science*, Londres, Athlone.
- y H. Kragh (1988), *The making of Chemist. A Social History in Europe, 1789-1914*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Maar, J. H. (2006), “Justus Von Liebig, 1803-1873. Parte 1: Vida, Personalidad, Pensamiento”, *Química Nova*, vol. 29, N° 5, pp. 1129-1137.
- Matharan, G. (2015), “Hacia una historia social de la química en la Argentina (1801-1955)”, tesis de doctorado, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes.
- (2016a), “La constitución de la química como disciplina en Argentina, México y Colombia: un estudio comparado”, *Educación Química*, México, vol. 27, N° 1, pp. 67-73.
- (2016b), “La química y sus vínculos con la farmacia durante su proceso de institucionalización en Buenos Aires (1801-1896)”, *Revista Ea*, vol. 8, N° 2, pp. 1-37.
- Said, E. (1978), *L'orientalisme. L'Orient créé par L'Occident*, París, Seuil.
- Simon, J. (2005), *Chemistry, Pharmacy and Revolution in France, 1777-1809*, Aldershot-Burlington, Ashgate.
- Trevor, H. L. (2001), *Transforming Matter. A History of Chemistry from Alchemy to the Buckyball*, Baltimore, The John Hopkins University Press.



TERRATENIENTES, NUEVA AGRICULTURA E INICIOS DE LA CIENCIA EN EL URUGUAY DE LA MODERNIZACIÓN (1870-1900)*

*Alcides Beretta Curi***

RESUMEN

El artículo presenta resultados avanzados de una investigación en curso que indaga sobre el proceso de construcción de las referencias agronómicas por parte de los terratenientes que constituyeron y rigieron la Asociación Rural del Uruguay, en el último tercio del siglo XIX. La práctica de *nueva agricultura* implicó la aplicación de los avances científicos a la producción agropecuaria y una ineludible relación de los terratenientes innovadores con la ciencia europea. Se considera el objeto de estudio en una perspectiva amplia, que vincula centro y periferia, instituciones científicas y corporaciones agrarias. En este contexto, el estudio se centra en el rol del científico suizo Frédéric Sacc en Montevideo, y los inicios de la química en el Uruguay de la primera modernización (1870-1900).

PALABRAS CLAVE: TERRATENIENTES INNOVADORES – QUÍMICA – FRÉDÉRIC SACC

* El artículo resume resultados de una línea de investigación sobre los terratenientes innovadores organizados en la Asociación Rural del Uruguay, la presencia de científicos extranjeros y los inicios de la ciencia en el Uruguay, en el período 1870-1914. Agradezco los comentarios y aportes a una versión anterior del texto, realizados por la doctora Lucía Lewowicz; como es de rigor, los errores son responsabilidad del autor.

** Centro de Estudios Interdisciplinarios Latinoamericanos, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad de la República, Uruguay. Correo electrónico: <alcides.berettacuri@gmail.com>.

INTRODUCCIÓN

Este estudio se inscribe en una línea de investigación que tiene por objetivo conocer el proceso de construcción de las referencias agronómicas por parte de los terratenientes que constituyeron y rigieron la Asociación Rural del Uruguay (ARU), en el último tercio del siglo XIX. Considera el objeto de estudio en una perspectiva amplia, que vincula centro y periferia en el proceso de construcción de la ciencia agronómica, así como la relación entre instituciones científicas y corporaciones agrarias. Finalmente, aborda el caso uruguayo, no por excepcional, sino en el marco de procesos más amplios que involucraron a la región austral y el continente latinoamericano.

En esta perspectiva, el estudio se centra en el rol del científico europeo Frédéric Sacc en el ejercicio de la química, aplicada a varios objetos y en particular, al estudio de los suelos en el Uruguay. Al respecto, se detiene en su relación con la ARU, y la facilitación de vínculos con sociedades científicas europeas. Interesan sus desempeños como inductor en la construcción temprana de referencias agronómicas actualizadas en el país, lo que significaba, en primer término, el tránsito de las referencias bibliográficas españolas a otras más diversas y recientes, que incluían como principal componente las de origen francés.

LA CIENCIA ENTRE CENTRO Y PERIFERIA

Weinberg apunta que para las élites dirigentes de los nuevos estados latinoamericanos, era necesario modernizar y estimular la producción agrícola para alcanzar un desarrollo económico de base capitalista (Weinberg, 1998). En función de estos requerimientos, las élites estaban interesadas en la participación de sus respectivas naciones en las redes científicas y tecnológicas (McCook, 2013).

Estas iniciativas se desarrollaron en el contexto de la introducción de nuevas corrientes como el positivismo, el spencerianismo y el darwinismo (Bhering y Maio, 2011). El positivismo proporcionó un reconocimiento social para la ciencia como fuente de progreso y conocimiento práctico. Vessuri (2006) señala que en América Latina tuvo escasa incidencia en el desarrollo de las ciencias –en claro contraste con Europa–, por una fuerte tradición en el comportamiento de las élites dirigentes que, en general, orientaron a sus hijos hacia las profesiones liberales (médicos, abogados) en desmedro de otros estudios, como la ingeniería o la química. No obstante,

las investigaciones recientes –a las que se afilia este estudio– reconocen un universo más complejo en el que, lenta pero no excepcionalmente, se abrieron camino las carreras relacionadas con las ciencias agrarias, bien en universidades o en centros de formación técnica.

La llamada “nueva agricultura” asoció los desarrollos técnicos en la agricultura con los avances obtenidos en el campo de la biología, la química, la genética, la botánica, la fisiología y la zoología. Para hacer de la nueva agricultura una realidad, fue principal la difusión de los nuevos conocimientos y técnicas, la experimentación, la educación y la divulgación agrícola pero también e ineludible, la contratación de científicos y técnicos extranjeros. Pacheco Troconis destaca que este trasvase de los recursos humanos se procesó bajo la responsabilidad del Estado, cuya burocracia valorizó la importancia de las ciencias agrícolas a los efectos de mejorar la producción agropecuaria (Pacheco Troconis, 2008).

El ingreso de estos países a la nueva agronomía colocó en un lugar privilegiado su vínculo con la ciencia en el contexto de las relaciones entre centro y periferia, entre producción científica en el centro y rol subordinado de la ciencia periférica. Chambers y Gillespie cuestionan la perspectiva de un centro europeo y una periferia mundial para abordar la historia de la ciencia, así como las relaciones entre ciencia y lugar, o la identificación de los parámetros locales (Chambers y Gillespie, 2000). Como observa Quintero Toro: “La ciencia colonial es vista ahora como una parte importante de la empresa del colonialismo y las colonias ahora son entendidas como lugares dinámicos de apropiación y producción de conocimiento científico, con influencia directa sobre la formación científica de las metrópolis” (Quintero Toro, 2006: 166).

En la construcción de la ciencia agronómica, Fernández Prieto aporta una perspectiva interesante, al considerar que todas las áreas de producción de algún tipo de ciencia, incluyendo América Latina y el Caribe, han actuado como “islas de conocimiento”. Cada isla se ha dedicado a crear, adoptar y aplicar procedimientos científicos en los que se combinan las prácticas tradicionales y modernas. Las conexiones a través de estas islas conforman un “archipiélago global del conocimiento científico”. Si la demanda del mercado internacional incidió en la expansión de la producción de materias primas, fue necesario también introducir y adoptar nuevos conocimientos científicos y agrícolas tanto para que los productores se encontraran en condiciones de competir en los mercados mundiales como para enfrentar problemas comunes: erosión de los suelos y epidemias agrícolas, entre otros (Fernández Prieto, 2013). Superando la perspectiva de una América Latina receptora pasiva de saberes y prácticas, los nuevos estudios demuestran su

participación activa en la construcción de una ciencia moderna más abierta que trasciende la tradicional dicotomía entre centros y periferias (Fernández Prieto, 2015).

Concurriendo a una mejor comprensión del tema, ha sido principal el aporte de los estudios de la ciencia en redes, que completa el marco para considerar las acciones desplegadas por los llamados “terratenientes progresistas” en varias naciones de América Latina y el Caribe. En países como Argentina, Brasil, Chile, Cuba, Venezuela, México y Uruguay, estas élites innovadoras constituyeron asociaciones que los representaron y que no funcionaron únicamente como grupos de presión. Efectivamente, uno de sus objetivos fue implementar una moderna agronomía en el contexto de los procesos de modernización registrados en el último cuarto del siglo XIX. En el caso de los países sudamericanos, y particularmente los australes, la relación entre desarrollo de la ciencia, conocimiento agronómico, instituciones científicas y corporativas fue relativamente estable y profunda, aunque no exenta de tensiones, de modo que, coincidiendo con la valoración de Moyano (2013), se configuró una realidad que cuestiona la imagen de una clase terrateniente ajena a la moderna agropecuaria.

La vinculación de las asociaciones de terratenientes con instituciones de perfil académico y científico fue relativamente prolongada. Estas corporaciones agrarias recibieron a los científicos que recalaron en sus países, incidieron a nivel de gobierno para su contratación, crearon instancias para divulgar sus conocimientos (sesiones con las comisiones directivas institucionales, conferencias, publicaciones, etc), requirieron y recibieron asesoramientos diversos, acciones que supuestamente les permitiría encarar una actividad agropecuaria de carácter científico. Esa relación estrecha de las corporaciones agrarias con el espacio científico fue percibida por varios contemporáneos. Indudablemente y con un criterio muy amplio, a inicios del siglo XX Henri Delaunay incluyó a varias de ellas (Sociedad Rural Argentina, Sociedad Nacional de Agricultura de Río de Janeiro, Sociedad Nacional de Agricultura de Chile y Asociación Rural del Uruguay), en un registro internacional de instituciones académico-científicas (Delaunay, 1903).

Entre los primeros estudios científicos que se desarrollaron en América Latina figuraron los botánicos –por su bajo costo y escasos requerimientos de instrumental y laboratorios–, que despertaban cierto interés por lo que podían aportar a la implantación de una agricultura moderna (IIICA, 1967). Su iniciación y desarrollo –entre fines del siglo XVIII e inicios del siguiente– se relacionan con la presencia de naturalistas y científicos europeos, que llegaron a América Latina. Unos lo hicieron temporalmente, pero otros no retornaron a sus países de origen y fueron responsables del desarrollo de

instituciones, como las estaciones agrícolas y escuelas agropecuarias (Pacheco Troconis, 2008).

Europeos con diferentes formaciones (agrónomos, agrimensores, botánicos, químicos, entomólogos, entre otros) se instalaron en América Latina. Importantes en número y por sus antecedentes, los que llegaron a los países australes (Argentina, Chile y Uruguay). En su mayoría, contratados por los estados, sociedades de terratenientes y centros universitarios. Conformaron redes regionales a través de viajes periódicos, correspondencia, envío de muestras. Conservaron vínculos con sus países de origen y con instituciones científicas y académicas europeas. Su presencia, en lo específico de este estudio, concurrió directa o indirectamente, al desarrollo de una moderna agricultura. Generalmente, estos hombres se vincularon a los escasos recursos humanos existentes en la región y aportaron al desarrollo de la ciencia en la periferia, en un diálogo desigual pero fructífero con el centro. Por otra parte, fortalecieron una tradición de relacionamiento con las principales instituciones europeas asociadas al desarrollo de la ciencia y su difusión.

LOS ANTECEDENTES DEL DOCTOR FRÉDÉRIC SACC

Varios científicos europeos estuvieron en Uruguay de paso, como Charles Darwin. Otros se instalaron de por vida, como Ernest Gibert y José de Arechavaleta. Y otros permanecieron por tiempo prolongado, como fue el caso de Frédéric Sacc. Todos ellos participaron en redes más o menos amplias, y estuvieron peor o mejor ubicados en esa trama de vínculos científicos. A ella se sumaron los primeros científicos uruguayos que en la Universidad de la República –concretamente en la Facultad de Medicina–, el Museo Nacional de Historia Natural, el Laboratorio Municipal y otras dependencias del Estado, iniciaron modestas actividades de investigación, como el caso de Florentino Felippone. En el período abordado, el desarrollo de la botánica y de la química encontró un creciente interés entre los terratenientes uruguayos, por las posibles aplicaciones prácticas en la agricultura y en la ganadería.

Los nuevos estudios sobre agronomía hicieron lugar a la aplicación de la química para el tratamiento de los suelos agotados. En este campo, destacaron las investigaciones realizadas por Justus von Liebig. Su libro *Chemistry in Its Application to Agriculture and Physiology* (1847) tuvo un enorme impacto, y abrió camino a nuevos emprendimientos aplicados. Una nueva generación de químicos formados por Liebig o en el entorno su influencia, concurrieron a profundizar y ampliar el campo disciplinar. En

este marco se ubica un científico que cumplió un importante papel en el desarrollo de la *nueva agricultura* en Uruguay: Frédéric Sacc.

Frédéric Henri Louis Charles Sacc Dupasquier

Frédéric Sacc nació en Cortaillod, cantón de Neuchatel (Suiza), en 1819, en el seno de una familia encumbrada de esa localidad, y falleció en Chile, en 1890.^[1] Su padre, el doctor Frédéric Louis Ferdinand Sacc, prusiano de nacimiento (Potsdam, 1784-Colombier, 1861), fue médico particular del rey Federico Guillermo III, y se desempeñó como médico-cirujano del ejército prusiano que invadió Francia en 1815, fijando luego su residencia en Suiza (Société Neuchâteloise de Généalogie, s./f.). Fue condecorado con la Cruz de Hierro, adquirió la ciudadanía suiza y fue miembro honorario de la Sociedad Médica de Neuchatel (Cornaz y De Pury, 1861). El doctor Sacc invirtió en propiedades urbanas, en varias sociedades de capital, así como en fincas rurales, destinadas principalmente a viñedos. En 1816 se había casado con Marianne Louise Henriette Dupasquier Perret (Cortaillod, 1781-1851), hija de un industrial de Cortaillod.

El joven Frédéric nació en un hogar bilingüe –francés y alemán– que facilitó su concurrencia a centros universitarios en Francia y en los estados alemanes. Inicialmente, se inclinó por los estudios de matemáticas en la Universidad de Estrasburgo, pero luego se orientó a la química, que cursó en la Universidad de Giessen. Allí fue discípulo de Justus von Liebig, alcanzando el grado de doctor en 1844 (Société Zoologique d'Acclimatation, 1854). En un primer momento, se dedicó a la preparación de colorantes para fibras textiles en Thann, Alsacia (Schwitzguébel-Leroy, 1988), razón por la que sus planes incluían la radicación en Estrasburgo, donde se proponía instalar un laboratorio. Sin embargo, ese proyecto se alteró cuando sus amigos le convencieron de hacerlo en Neuchâtel, proyecto que concretó en 1846 (Universidad de Neuchâtel, 1910; Feuille d'Avis de Neuchâtel, 1890).

Frédéric Sacc contrajo matrimonio con Salomé Charlotte Bischoff (Basilea, Suiza, 1823-1905), hija de Jean-Jacques Bischoff (Basilea, 1797-1865), banquero en Basilea, y de Caroline Françoise Aimée Kestner (1802-1872). El matrimonio tuvo cuatro hijos: Caroline Louise, Anna, Louise y Frédéric.

[1] En páginas genealógicas se indica que falleció en Chile; referencias en la prensa, indican la ciudad de Ginebra (Suiza).

SACC Y LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN LA PRIMERA ACADEMIA DE NEUCHÂTEL

En 1841 había sido creada oficialmente la Académie de Neuchâtel y cuando Sacc retornó a su ciudad natal, las autoridades académicas le ofrecieron ejercer como profesor de química, actividad que desarrolló entre 1845 y 1848. La contratación de Sacc planteó algunos problemas, por las inversiones que implicaba instalar un laboratorio químico; pero la utilidad que ofrecía a la industria fue un argumento decisivo para la asignación de recursos (Société Neuchâteloise de Généalogie, s./f.).

La labor docente de Sacc se concentró en dos cursos, uno de química general y otro de química aplicada a la agricultura, a los que se sumaron breves presentaciones complementarias: “Analyse chimique”, “Chimie organique” y “Chimie inorganique”, durante el año académico 1846-1847; “Chimie appliquée à l'économie humaine et domestique”, en el año académico 1847-1848 (Schwitzguébei-Leroy, 1988). En sus notas y libros dejó constancia de que, para su curso, usó la obra *Éléments de chimie inorganique et organique* del científico Friedrich Wöhler,^[2] amigo y colaborador de Liebig (Sacc, 1848). Una publicación de 1900 le señalaba como uno de los individuos destacados del cuerpo docente de esa institución (De Tribolet, 1900).

En 1846-1847 se desempeñaba como secretario de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel (*Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel*, 1846-1847). La revolución de 1848, triunfante en Neuchâtel, procedió a la supresión de la Academia, identificada con el pensamiento monárquico (Petitpierre, 1935a; Schwitzguébei-Leroy, 1988). La percepción de la figura de Sacc por parte de los liberales de 1848 puede inferirse de la síntesis que recogía una publicación genealógica local: “Frédéric Sacc, conseiller aulique, fils d'un médecin de régiment en Prusse” (Petitpierre, 1935b: 275).

LA INVESTIGACIÓN PARA LA INDUSTRIA TEXTIL

Luego de la revolución de 1848, Sacc emigró a Francia. Entre 1848 y 1866 se desempeñó como químico en la actividad industrial (Dauphin y Poublan, s./f.), primeramente en Mulhouse y luego en una fábrica de Gros, en Wasserling (Fرتون, 1990). La investigación de Sacc se centró en la producción de colorantes para la fabricación de tejidos (Nieto Galán, 1996). El

[2] Friedrich Wöhler (Fráncfort del Meno, 1800 - Gotinga, 1882), químico alemán que realizó la síntesis de la urea.

doctor Proust, en 1818, había constatado que la aloxana –sustancia obtenida a partir del ácido úrico–, bajo la acción del amoníaco, generaba una materia colorante que se denominó ácido purpúrico y luego murexida. En 1840, Liebig anunció que la murexida sería de gran utilidad para el arte de teñir; pero no fue un hecho sino hasta 1853, cuando Frédéric Sacc y Albert Schlumberger la produjeron a partir del guano, y difundieron su uso en los talleres de Alsacia, obteniendo una amplia gama de colores, desde los amarillos al rojo y el amaranto (Maigne, 1864). Al principio, el tinte se aplicaba exclusivamente a la lana con una sal de estaño como mordiente.

Durante esos años, Sacc realizó investigación ensayando también con otras sustancias, presentando a la Société Industrielle de Mulhouse varios informes: un procedimiento con áloes para la coloración de tejidos (Dollfus, 1855), con plantas no usadas en la industria textil, como la cuajaleche^[3] (Dollfus, 1855). En 1861, reportaba la fijación del azul índigo sobre el algodón por aplicación del vapor (Nægely, 1861), o un color amaranto sobre los tejidos de lana mediante la transformación de la aloxana^[4] por el calor (Penot, 1861). Incluyó otros procedimientos para fijar las materias colorantes, por la formación en los tejidos de un jabón insoluble (Société Industrielle de Mulhouse, 1872) y por el uso de goma para espesar los colores (Société Industrielle de Mulhouse, 1856).

PROFESOR EN LA SEGUNDA ACADEMIA DE NEUCHÂTEL

En 1866, retornó a la enseñanza universitaria, cuando una ley creó la segunda Académie de Neuchâtel (comprendiendo las facultades de Letras, Ciencias y Derecho), y su desempeño se extendió hasta 1875 (Huntress, 1851). El doctor P. Konrad le recordaba entre varios científicos que habían concurrido a la superación de la crisis institucional de 1848 (Konrad, 1917-1918). Allí se ocupó de la construcción de un laboratorio –en el pabellón Este del Nuevo Colegio–, considerado un emprendimiento modelo, que describió en su libro *Le Laboratoire de chimie de Neuchâtel* (Sacc, 1869).

Su desempeño docente articuló exitosamente con la investigación y una estrecha vinculación con sociedades científicas. A inicios de la década de 1870 registraba vínculos con sociedades científicas prestigiosas y había reci-

[3] Nom. bot. *Galium verum*. Hierba de la familia de las rubiáceas usada para cuajar la leche en la elaboración de quesos.

[4] La aloxana es producto de la oxidación del ácido úrico por el ácido nítrico o por una mezcla del ácido clorhídrico y de clorato de potasa.

bido algunas distinciones: ingresó como miembro de la Société des Sciences Naturelles y del Club Jurassien; la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, de Francia, lo incorporó como uno de sus miembros, y la Société impériale et centrale d'agriculture de France, lo designó como miembro correspondiente extranjero en Suiza (Société Neuchâteloise de Généalogie, s./f.). En la tapa de la tercera edición de su *Chimie du sol*, constaba que era

Professeur à l'Académie de Neufchâtel en Suisse, Membre correspondant de la Société centrale d'agriculture de Francia, de San Isidro y de Toulon. Distinguido como "Membre honoraire" de Sociétés d'acclimatation de Berlín y de Moscú; "Membre correspondant" de la Société industrielle de Mulhouse, de la Société d'histoire naturelle de Colmar, Chevalier de l'ordre R. W. de Frédéric, etc., etc. (Sacc, 1873).

En este período, publicó varios libros y artículos sobre química agrícola y nutrición de las plantas, entre los que destacan *Précis élémentaire de chimie agricole* (1848); *Essai sur la garance* (1861) y *Éléments de chimie minérale ou asynthétique* (1871a). También realizó una traducción del texto *Précis d'analyse chimique qualitative et quantitative*, de Frésenius (1845-1847, 2 vols.). Parte de su obra temprana está consignada en publicaciones de carácter bibliográfico (Lorenz, Jordell y Stein, 1871). Además, escribió numerosos artículos y dictó conferencias sobre muy variados temas: química, ciencias naturales, zoología, recursos del subsuelo, entre otros (Larousse, 1875).

En la década de su desempeño en la segunda Academia, el doctor Sacc continuó investigando sobre materias colorantes. Sin embargo, se concentró en una agenda que privilegió las sustancias antisépticas para la conservación de alimentos. Y este interés se relaciona directamente con el transporte de carnes desde América del Sur hacia Europa, lo que probablemente determinó su viaje a Montevideo en 1875 (*Feuille d'avis de Neuchatel*, 1890). Sus investigaciones se insertaron en un campo de investigación abordado desde varios centros en Europa y los Estados Unidos, que apuntaban al hallazgo de nuevas formas de conservación de los alimentos.

Superando una confusa historia

Las referencias a los últimos quince años de su vida (1875-1890) presentan numerosas lagunas y contradicciones. A mediados de la década de 1870 viajó a América del Sur, interesado en resolver los problemas relativos a la conservación de carnes y frutas, que venía estudiando desde tiempo atrás

(Société Industrielle de Mulhouse, 1873). En una nota necrológica muy documentada, se estimaba que “probablemente esta preocupación lo guió hacia Montevideo en 1875” (*Feuille d’Avis de Neuchâtel*, 1890: 4).

Las actividades de Sacc en la segunda mitad de la década de 1870 son controvertidas y probablemente se originan en un error del *Dictionnaire historique et bibliographique de la Suisse* (Attinger, Godet y Türler, 1933). Fruton toma por válida esta referencia, indicando que en 1875 habría recibido una invitación del gobierno chileno, para desempeñarse como profesor en su especialidad, permaneciendo en ese país entre 1875 y 1890 (Fruton, 1990). Esa información es reiterada por Georg Schwedt (Schwedt, 2013). Jacquat, si bien contradice ese dato, únicamente señala a 1875 como año de partida para Sudamérica (Jacquat, 2010). En cuanto a la información aportada por el propio Sacc, en 1876, una publicación británica lo referenciaba como “profesor de Química, de Neuchâtel, Suiza, en el extranjero”, pero no indicaba el país desde donde escribía (*The London Gazette*, 1876: 907). Estudios más recientes concurren en parte a perpetuar esa confusión, al indicar que emigró a Bolivia en 1870, para desempeñarse como químico en la explotación de minas, y que posteriormente fue profesor en la Universidad de Santiago de Chile (Matthey, 2010).

También es dudoso el traslado a esos destinos, acompañado de su familia, o que al menos lo hiciera su hijo Frédéric –también científico como su padre–, quien más tarde ejerció como químico en Johannesburgo, San Francisco y Buenos Aires, ciudad esta última en la que falleció, en 1907 (Dornes, s./f.).

La correspondencia de Sacc con publicaciones científicas francesas no hace referencia alguna a su contratación por la Universidad de Chile, pero sí respecto a su estancia en Uruguay y luego en Bolivia. Iniciada la década de 1880 radicó en este último país, donde ocupó una cátedra para la enseñanza de la historia natural y se desempeñó como profesor de química y director del Laboratorio Nacional de Cochabamba. En esa estancia, publicó varios trabajos (Sacc, 1887), documentados en publicaciones seriadas (Ministerio de Instrucción Pública, 1911). Durante más de dos años sus cartas llegaron a varias sociedades científicas europeas: sus informes daban cuenta de su interés por numerosos asuntos de botánica agrícola y de química orgánica (De Vilmorin, 1886)

La investigación realizada desde Uruguay esclarece los años de su estancia en este país y permite establecer la siguiente cronología para el período 1875-1890: 1) Sacc abandonó Suiza en 1875 con destino al Imperio del Brasil, invitado por el gobierno para instalar una escuela de agricultura en la capital, iniciativa que no prosperó (Acevedo, 1934) (Es posible que se

dirigiera entonces a Buenos Aires); 2) poco después se trasladó a Montevideo (¿1876?), permaneciendo en Uruguay hasta 1882; 3) ese año retornó a Europa (estancias en Suiza, Francia y Alemania); 4) fue contratado por el gobierno de Bolivia (¿1883?) para encargarse del Laboratorio Nacional de Cochabamba (Barral, 1884); 5) fue contratado por la Universidad de Chile en 1890, año de su fallecimiento.

UN CIENTÍFICO SUIZO EN MONTEVIDEO Y EL APORTE DE LA QUÍMICA APLICADA A LA AGRICULTURA

Algunas consideraciones a tener en cuenta para dar contexto a las investigaciones del doctor Frédéric Sacc, sus viajes y desempeños en América Latina.

En primer lugar, el impacto de la Revolución Industrial. El crecimiento de la población europea y la necesidad de atender una creciente demanda de alimentos exigió no solo nuevos territorios proveedores, sino el desarrollo de tecnologías que aseguraran su conservación durante las travesías oceánicas. El Río de la Plata presentaba un gran reservorio ganadero, pero hasta inicios del siglo xx las carnes se conservaban por medio del tratamiento con sal y se exportaban en viajes prolongados. Pese a tratarse de un producto nutritivo y barato, su sabor era poco agradable, razón por la que nunca fue aceptado en el mercado europeo. En Uruguay, durante la década de 1860, se inició la producción de carnes enlatadas, con dos experiencias. Una empresa muy breve, “La Trinidad” (fundada en 1868), resultado de la sociedad de capitales entre Lucas Herrera y Obes y el financista austriaco José de Buschental, cuya producción proveía la demanda del ejército francés (Jacob, 1978). Y la otra data de 1865, cuando una sociedad de capitales europeos instaló en Frany Bentos un establecimiento de grandes dimensiones –Lewowicz adjetiva el emprendimiento de “coloso” (Barrán y Nahum, 1967; Lewowicz, 2016)–. El establecimiento elaboraba las carnes con un método avalado por Liebig. En este contexto de una demanda sostenida de alimentos para la Europa industrial es que debe situarse el viaje del doctor Sacc a Uruguay.

Es altamente significativo que en los años previos a este viaje al Río de la Plata, Sacc se dedicara a investigar sobre la conservación de frutas, legumbres, leche y carnes, publicando varios artículos y registrando algunas patentes. Varios de sus trabajos alcanzaron cierta notoriedad, como “Improvements in the preservation of fresh meat and vegetables, and in the preparation of extract of meat. According to this Provisional Specification,

acetate of soda is employed in the preparation of meat and vegetables, an in the preparation of extract of meat” (Woodcroft, 1872: 169). En 1873, había tramitado algunas patentes para la conservación de frutas, y en los años previos al viaje, sus investigaciones aportaron varios estudios sobre la conservación de leche, carnes y legumbres. El tema era de especial interés para el comercio internacional de estos productos en las travesías oceánicas. Por otra parte, la elección de Uruguay como destino de ese viaje hace suponer que el doctor Sacc estaba en conocimiento respecto al establecimiento de la Liebigh Extract of Meat Company (Lemco) en Fray Bentos. Es estimable, entonces, alguna relación con esta exitosa experiencia ya que, según Fruton, Sacc formó parte de la red de científicos constituida en el entorno de Justus von Liebigh (Fruton, 1990).

En tercer lugar, surgen algunas interrogantes que actualmente no es posible responder. ¿Por qué viajar a Uruguay, donde ya existían dos establecimientos que elaboraban carnes enlatadas, uno de ellos con capitales europeos? En los archivos locales –como el ARU, Archivo General de la Nación de Uruguay– no se ha encontrado información que arroje luz al respecto. No parece que Sacc viajara en misión confiada por Liebigh, ni de la correspondencia de algunos hombres vinculados a la empresa en Fray Bentos surge un contacto entre el químico y el círculo de empresarios y científicos en esa localidad. Llama también la atención que Sacc publicara –en la prensa local– una invitación a capitalistas para constituir una sociedad para la explotación de carnes. Invitación de la que no resultó emprendimiento alguno.

Finalmente, la estancia de Sacc en Uruguay coincidió con la experiencia del ingeniero francés Charles Tellier (1876) en el transporte de carne por el frío, en una travesía entre Francia y el Río de la Plata. En los años siguientes, el sistema se fue perfeccionando y en la década de 1880 se instalaron los primeros frigoríficos en la Argentina: Sansinena de Avellaneda (1883) y los británicos de Campana y Pampas (1886). En síntesis, la estancia de Sacc en Montevideo fue contemporánea de tres métodos de conservación de carnes (ovinas y bovinas) por la salazón –cuyo origen se remontaba al período colonial–, y los ensayos más recientes por el enlatado y el frío.

La relación del doctor Frédéric Sacc con los terratenientes innovadores

En 1871, un sector de terratenientes innovadores fundó la ARU. La iniciativa trascendió el mero ejercicio de grupo de presión y apostó –en el seno de una clase dedicada a la ganadería– por un programa centrado en la agri-

cultura moderna y las industrias derivadas de esta actividad. Durante tres décadas, los innovadores conservaron la dirección institucional hasta que diversos episodios —entre otros, el excesivamente lento crecimiento de la agricultura y la aparición de la filoxera— precipitaron la emergencia de un grupo ganadero modernizador de Paysandú que, en las elecciones de 1901, desplazó a los “agricultores”, tomó el relevo de la conducción e instaló la ganadería como proyecto central de la institución (Beretta Curi, 2011).

La ARU instaló una biblioteca actualizada de la moderna agropecuaria que en la década de 1890 disponía de más de tres mil libros y folletos, mantenía vínculos con instituciones científicas, sociedades agropecuarias e institutos agronómicos de la región y Europa. Recibió a varios científicos europeos que llegaron al país, procurando retenerlos mediante contratos del Estado. Los estudios botánicos y químicos fueron de alto interés para los terratenientes innovadores, que buscaron aplicar estos estudios en la agricultura. El fomento de la inmigración europea y la colonización agraria, la mecanización de la agricultura, la promoción de diversos cultivos de uso industrial —la viticultura fue la insignia modernizadora de la institución—, la conjugación de agricultura y ganadería, la formación de agricultores especializados y cuadros técnicos intermedios, entre otros temas, conformaron el programa modernizador.

En esos años, los terratenientes impulsaron varias iniciativas para apoyar principalmente el desarrollo de la agricultura, en un país con claro predominio de la actividad ganadera. Entre las principales, la creación de la Comisión Central de Agricultura (CCA), de un laboratorio químico, de una escuela agraria para la formación de capataces y peones especializados (podadores, injertadores, etc.), de un instituto agronómico.

Frédéric Sacc llegó a Montevideo a fines de 1875 o en el primer semestre de 1876, cuando aún se sentían los efectos del “año terrible” (crisis económico-financiera y golpe de Estado militar). Se iniciaba una década de gobiernos autoritarios —etapa conocida en la historia uruguaya como militarismo—, cuyos titulares aceptaron a la ARU como un interlocutor privilegiado. En ese contexto político-social muy favorable a su desempeño, esta élite dirigente impulsó con firmeza el programa modernizador.

Entre mediados de la década de 1870 e inicios de la siguiente, Sacc tuvo un activo desempeño en Montevideo. Un diálogo sostenido con los dirigentes de la ARU generó un ambiente favorable a su trabajo. En 1878, la CCA —creada a instancias de la ARU y cuya dirección era integrada por socios de esta corporación— presentó al gobierno un proyecto para nombrar un inspector de Agricultura y propuso a Sacc para ese cargo (CCA, 1878-1879). Entre los cometidos de la Inspección figuraban recorrer los espacios rurales

del país, visitar los establecimientos agrícolas y realizar recomendaciones a los terratenientes y agricultores; también la de realizar el análisis químico de diversos productos y sustancias que le presentara la CCA. Sacc fue designado inspector de Agricultura (septiembre de 1878) y director del Laboratorio Químico (marzo de 1879). El bachiller Florentino Felippone fue nombrado auxiliar del Laboratorio (CCA, 1878-1879). En 1881 se le confió a Sacc impartir un curso de agronomía en la Escuela de Artes y Oficios. En esa institución organizó el laboratorio de química agronómica, donde realizó alrededor de doscientos análisis (Acevedo, 1934).

En estos últimos años, la investigación está mejor posicionada para conocer la relación de Sacc con los terratenientes innovadores, organizados en la ARU. El científico fortaleció el reciente descubrimiento de los terratenientes respecto al papel que entraba a jugar la ciencia en la producción agrícola. Si bien es cierto que quienes querían innovar no lo ignoraban, la presencia de este científico en Montevideo significó un permanente abonar de esta necesidad. No es un hecho menor que la ARU publicara algunos de sus libros sobre química —traducidos al español a partir de últimas versiones francesas (Sacc, 1880a)—, se organizaran varios programas de conferencias impartidos en la sede de esta institución, y fueran numerosas las notas publicadas por Sacc en el Boletín de la CCA y en el órgano oficial de la ARU.

El programa de la ARU y la labor del doctor Sacc

Al presente no se ha localizado documentación sobre el laboratorio ni sobre su programa de análisis. Los reportes de Sacc, publicados en algunas revistas locales y en el exterior, permiten una primera aproximación a un proyecto que fue tomando consistencia pero que la supresión del presupuesto —por parte de un Estado asfixiado por las deudas— dejó inconcluso.

El laboratorio químico recibió periódicamente, de los terratenientes de la ARU, muestras de frutos, tierras, piedras —especialmente mármoles—, metales, maderas y diversas sustancias del subsuelo que podían originar proyectos de explotación sistemática y de uso industrial. A título ilustrativo, a fines de 1880 lo hicieron varios dirigentes de la gremial: Domingo Ordoñana (frutos de la acacia timbó y tambetiro amarillo), Lucio Rodríguez (ricino rojo o *ricinus palma Christi*), Luis de la Torre (viña Clinton), Federico Balparda (*vitis palmata*). Sacc los sometió a análisis, y publicó los resultados en el boletín de la Société Nationale d'Agriculture de France (SNAF, 1881a).

En 1881, sostuvo una importante correspondencia con la Société Nationale d'Agriculture de France —en carácter de corresponsal—, enviando notas, estudios y análisis realizados en el laboratorio de Montevideo. La temática fue muy diversa, como se desprende de los siguientes datos: una nota relativa a la utilización de la parte verde de las hojas de la vid, para la fabricación de vino (SNAF, 1881b), sobre variedades de maíz (SNAF, 1881c), sobre papas, tomates, trigo y otras plantas cosechadas en Uruguay (SNAF, 1881d), hojas de higuera, de tabaco, pimienta, árbol del alcanfor, limonero, y cueros de Francia y Uruguay (SNAF, 1881e); un estudio comparado de varias cucurbitáceas de la República Argentina (SNAF, 1881f); de variedades de calabazas (SNAF, 1881g), melocotón blanco tardío, higo de la India, frutos de la acacia timbó, palma butiá, tambetiro amarillo, guayaba de Uruguay, análisis de hojas como el ricino rojo, muestras de tierras, de siropes y licores preparados con algunos de los frutos analizados (fruto de la palmera butiá), etc. (SNAF, 1881a). El informe publicado por la Société Nationale d'Agriculture de France sobre los trabajos realizados en el mes de junio, incluía el análisis de diversas piedras, variedades de hojas y frutos de olivos, de peras Duquesa de Angulema, de Chirca, manzanas, pepinos, de muestras de agua de mar (Departamento de Maldonado) (SNAF, 1881h). De otros reportes, el titulado “Relevé des principales analyses faites au laboratoire de chimie agronomique de Montevideo” consideraba quince plantas existentes en Uruguay (SNAF, 1881i).

Desde los primeros años en la Inspección de Agricultura, fueron cobrando relevancia los análisis de tierras de distintos departamentos del país, principalmente de la zona que se estaba modernizando rápidamente —sobre los litorales del Río de la Plata y el río Uruguay—, donde estaban radicados los establecimientos de los terratenientes innovadores, unas pocas colonias agrícolas, y las pequeñas y medianas explotaciones de agricultores inmigrantes. Estos estudios parecieran responder a una orientación precisa de Sacc, que influyó sobre la élite dirigente de la ARU y de la CCA, generando conciencia sobre la necesidad de incorporar abonos según la composición de las tierras y las necesidades de los cultivos. No sorprende el giro de estos análisis, atendiendo a la formación de Sacc junto a Justus von Liebig y su aporte a la fertilización de los suelos. Desde el estado actual de la investigación en curso, no es aventurado identificar el esbozo de un programa orgánico que perfilaba un proyecto amplio y sistemático de análisis de los suelos del Uruguay. En esos años, la *Revista de la ARU* (RARU) publicó varios artículos de Sacc sobre tierras y aguas, por ejemplo: “Análisis de tierras del país” (Sacc, 1879a; 1880b), “Cual es la utilidad de los análisis” (Sacc, 1880c), “Tierra, su estudio” (Sacc, 1880d; 1880e), “Cal, su benéfica acción

sobre la tierra” (Sacc, 1882a), etc. Elaboró varios informes muy detallados sobre tierras; a título de ejemplo, en 1882 remitió al *Journal Officiel de la République Française* un estudio sobre las tierras productivas del país, con análisis de su composición a partir de muestras tomadas en diferentes localidades (Sacc, 1882b). Las notas e informes fueron numerosos y enviados regularmente. Ese mismo año, elaboró un informe sobre la importancia de los fosfatos de hierro en varias zonas de Uruguay (SNAF, 1882).

Por otra parte, Sacc cumplió un papel relevante en introducir los estudios químicos en el país, que tomarían lugar más tarde en la Universidad. Pero cabe destacar la fértil influencia que ejerció sobre los terratenientes innovadores, al hacerles comprender la importancia de la química aplicada a la producción agraria. Suprimidos los cargos de inspector de Agricultura y de director del Laboratorio Químico, la ARU abordó la creación de un laboratorio propio que, luego de un largo trámite y debate interno, y superada la crisis de 1890, concretó en 1898.

En carácter de inspector de Agricultura, Sacc visitó varios establecimientos agropecuarios, dejando una descripción de sus cualidades y una identificación de sus problemas, anotando con precisión las medidas que debían adoptar los propietarios para subsanarlos. Destaca su informe cuando visitó el viñedo-bodega del catalán Francesc Vidiella, en Colón (Montevideo). Vidiella fue considerado uno de los *padres fundadores* de la vitivinicultura uruguaya y un estudioso del tema. Sacc observó que el propietario había adquirido un terreno no apropiado para ese cultivo, ya que era excesivamente húmedo y propenso a la acumulación de aguas. Este cuadro, en cierto modo, explicaba el fracaso inicial de este pionero que debió proceder al arranqué del viñedo inicial, drenar el terreno y replantar la viña. Sacc lo visitó cuando estaba en pleno tratamiento del suelo y avaló las medidas adoptadas por Vidiella (Sacc, 1878).

Otra dimensión de la labor de Sacc desde la CCA fue la organización de varios ciclos de conferencias, cuyos contenidos fueron divulgados en el boletín que publicaba esa Comisión. En el local de la ARU también organizó un programa de conferencias mensuales sobre temas del mayor interés para los terratenientes: sobre insectos, la filoxera (Sacc, 1879b), la industria del vino –aconsejaba competir en calidad– (Sacc, 1879c), la enseñanza agrícola (Sacc, 1880f). La investigación futura deberá atender este espacio de trabajo del científico en el que realizó una labor de información, educación y concientización, sobre diversos problemas y necesidades del agro uruguayo.

Un aspecto principal y no estudiado aún corresponde a la investigación que Sacc desarrolló en Uruguay sobre la conservación de alimentos, tanto

de carnes como de vegetales. En este caso concreto, deberían privilegiarse las relaciones de Sacc con la empresa Liebig de Fray Bentos, productora de carnes enlatadas, fosfatos y otros productos.^[5] En 1880, la Sociedad de Ciencias y Artes de Montevideo informaba sobre su dedicación al tema:

Las carnes secas que se preparan actualmente en America, tienen mal gusto y mal olor, lo que no impide que se vendan en el Brasil y en las Antillas, pero á un precio sumamente bajo, lo que explica los malos negocios que hacen todos los *saladeristas*. Es necesario pues cambiar de procedimiento en la preparación de las carnes secas destinadas á la exportación para Europa. A este estudio se dedica actualmente M. Sacc (Figuier, 1880: 232).

La investigación tampoco ha atendido la relación científica entre Sacc y José de Arechavaleta, si se tiene en cuenta que Sacc llegó a Montevideo hacia 1875, coincidiendo con Arechavaleta que le precedió. La pequeñez del universo científico montevidiano permite inferir un fructífero diálogo entre estos hombres, con proyecciones sobre el desarrollo posterior de la ciencia en Uruguay. Por otra parte, es necesario recordar que Arechavaleta asumió la dirección del laboratorio químico municipal, que daría origen a la oficina de bromatología de la municipalidad capitalina.

En 1882, Sacc retornó por un tiempo a Europa, manteniendo una fluida correspondencia con dirigentes de la ARU (Grundwaldt Ramasso, 1966).

Importancia de la estadía del doctor Sacc en Montevideo

Los vínculos de Sacc con el mundo universitario europeo y su inserción en redes científicas lo convirtieron en un nexo entre el naciente ámbito científico uruguayo y la ciencia europea. Al respecto puede seguirse ese desempeño vinculante en los trayectos de varios científicos locales (uruguayos o extranjeros radicados en el país) con instituciones científicas europeas, como son los casos de Florentino Filippone, autodidactas como Mariano Berro y Federico Balparda, entre otros. Existe suficiente evidencia de que el doctor Sacc facilitó a la dirección de la ARU el contacto con instituciones científicas y agrarias prusianas y francesas, y no fue excepcional la correspondencia breve de varios terratenientes –Ordoñana, Balparda,

[5] La doctora Lucía Lewowicz desarrolla una investigación que aportará una nueva perspectiva a este estudio y una mayor comprensión a la presencia de Frédéric Sacc en Uruguay.

o Cluzeau Mortet— con algunas de esas instituciones. Por lo tanto, un nodo relevante en la trama de relaciones que se construían entre el centro y la periferia.

Cumplió, también, importante acción en orientar a los terratenientes innovadores hacia las referencias agronómicas francesas. En esta perspectiva, un caso destacado fue el trato de Sacc con Félix Buxareo Oribe (Montevideo, 1858 / Buenos Aires, 1930), cuando el científico suizo llegó a Uruguay en 1875 y Buxareo contaba 17 años. Buxareo era hijo de un poderoso terrateniente y hombre de negocios, perteneciente a la élite dirigente. Sacc le facilitó información sobre las instituciones francesas que formaban agrónomos y, hacia fines de la década de 1870, Buxareo Oribe figuraba como estudiante —junto al uruguayo Teodoro Álvarez, con importantes desempeños futuros— en el Institut National Agronomique (Risler, 1880). El relacionamiento con Sacc allanó el camino para los estudios que realizó posteriormente en el Institut Agricole de Beauvais (Oise), la École d'agriculture de Grignon, la École d'irrigation et de drainage du Lézardeau (Finistère), y en la École forestière (Nancy). Sacc también lo vinculó con la Société Nationale d'Agriculture de France (SNAF), concurrendo, de ese modo, al recorrido, formación y adhesión de Buxareo a la agronomía francesa. En 1907, la Société Nationale d'Acclimatation de France reconocía a Buxareo Oribe —“chevalier du Mérite agricole”— como uno de sus miembros activos (Société Nationale d'Acclimatation de France, 1907) y, en 1922, lo promovió a “Officier” (Mangin, 1922). Pese a sus largas permanencias en el exterior —se desempeñó en el servicio diplomático uruguayo tanto en las sedes de París como en Buenos Aires—, Félix Buxareo Oribe fue un hombre muy influyente en sus relaciones familiares, de amistad y de clase, y asumió fuertes compromisos corporativos como dirigente de la ARU. Parte de la bibliografía de origen francés de la biblioteca de la ARU fue adquirida a instancias de sus recomendaciones, así como otros registros bibliográficos de ese origen se integraron vía donación de una parte de su biblioteca privada. Estas referencias hacen de Buxareo un discípulo privilegiado de Sacc, no en cuanto a su formación disciplinar sino respecto a la comprensión de los temas y problemas agrarios, así como en su inserción en las redes científicas europeas.

A MODO DE CIERRE

El estudio aporta insumos para responder algunas de las preguntas centrales de la investigación en curso: ¿cómo se construyeron las referencias agro-

nómicas locales que permitieron el desarrollo, en Uruguay, de la llamada nueva agricultura? ¿Cómo se construyeron los vínculos de los protagonistas de la modernización agraria con la ciencia europea? ¿Cómo incidieron los científicos radicados en Uruguay, y en particular el doctor Sacc, en el desarrollo de una moderna disciplina agropecuaria y en sentar bases para el desarrollo de la ciencia local?

La pertinencia de estas y otras preguntas se comprende si tenemos en cuenta que, hasta la primera década del siglo xx, la Universidad de la República (única en el país) no contó con facultades de Agronomía y de Veterinaria, y fuera de ese ámbito era limitadísima la investigación que se desarrollaba en espacios afines a las ciencias agrarias. Tampoco se crearon instituciones públicas o privadas de nivel terciario que formaran agrónomos. Las iniciativas para el desarrollo de una moderna agricultura quedaron libradas a una nueva clase de terratenientes, cuya élite innovadora fundó la ARU en 1871.

Al constituirse el Uruguay como Estado (1830), y atendiendo a la breve historia colonial, podía estimarse un limitadísimo acceso a alguna bibliografía agronómica. No obstante, la condición de Montevideo como puerto ya había permitido la recepción de libros europeos, lo que explica la existencia de algunas bibliotecas privadas de importancia en el tema, como las que pertenecieron a los presbíteros José Manuel Pérez Castellano y Dámaso Antonio Larrañaga. Hasta la segunda mitad del siglo xix, las principales referencias agronómicas fueron españolas, en tanto unos pocos textos y manuales franceses se conocieron a través de autores españoles o de traducciones españolas.

En la década de 1860 algunos hombres de la élite realizaron viajes a la región (Argentina, Brasil, Chile) y a Europa, un hecho que se incrementó en las décadas siguientes. El contacto directo con productores, corporaciones agrarias y técnicos abrió nuevas perspectivas a los terratenientes, principalmente a la élite rectora de la ARU. En esos años, la bibliografía de origen francés se fue imponiendo como una referencia obligada para quienes querían realizar una agricultura moderna. Las lecturas –cada vez más generalizadas en francés– se completaron con la contratación de agrónomos y expertos europeos, así como un redireccionamiento en los estudios de sus hijos que, no en pocos casos, se orientaron a las ciencias agrarias. En estas décadas finales del xix, los institutos agronómicos de Santiago de Chile y de la provincia de Buenos Aires fueron una referencia, en tanto la Escuela de Grignon fue el principal atractivo en Francia.

En este contexto, la presencia del doctor Frédéric Sacc nos remite a un actor privilegiado que ejerció una influencia intelectual y científica sobre la

élite terrateniente interesada en innovar y desarrollar agricultura en Uruguay. Puede afirmarse que dejó instalada en el país la conciencia sobre la necesidad de la química aplicada a la producción agropecuaria, una pequeña y actualizada bibliografía en la materia, y el primer laboratorio químico en el país. Finalmente, el desempeño de Sacc no fue una historia en solitario. Contemporáneamente, otros científicos radicados en el Uruguay –Ernest Gibert, José de Arechavaleta– aportaron sus conocimientos y experiencias, que concurrieron a sentar las bases de una pequeña comunidad científica en el país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, E. (1934), *Anales históricos del Uruguay*, t. iv, Montevideo, Barreiro y Ramos.
- Attinger, V., M. Godet y H. Türlér (dirs.) (1930), *Dictionnaire historique et bibliographique de la Suisse. Tome cinquième*, Neuchâtel, Administration du Dictionnaire historique et biographique de la Suisse.
- Barral, J. A. (1884), “Compte rendu des travaux de la Société depuis le 27 juin 1883 jusqu’au 2 juillet 1884”, *Mémoires de la Société Nationale d’Agriculture de France*, t. cxxix, pp. 245-272.
- Barrán, J. P. y B. Nahum (1967), *Historia rural del Uruguay moderno. Tomo 1: 1851-1885*, Montevideo, Ediciones de la Banda Oriental.
- Beretta Curi, A. (2011), *Agricultura y modernización, 1840-1930*, Montevideo, Universidad de la República.
- Bhering, M. y M. Maio (2011), “Ciência, Positivismo e agricultura: uma análise do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio na Primeira República”, *Varia Historia*, vol. 27, N° 46, pp. 689-709.
- Chambers, D. y R. Gillespie (2000), “Locality in the History of Science: Colonial Science, Technoscience, and Indigenous Knowledge”, *Osiris*, vol. 15, pp 221-240.
- Comisión Central de Agricultura de la R. O. del U. - CCA (1878-1879), *Boletín Oficial de la Comisión Central de Agricultura*.
- Cornaz, E. y F. de Pury (1861), *L’écho médical*, vol. 5.
- Dauphin, C. y D. Poublan (s.f.), “Sacc, Frédéric (1819-1890)”, en Dauphin, C. y D. Poublan (eds.), *S’écrire au XIXe siècle. Une correspondance familiale*, Compléments historiographiques, Biographies, S, París, EHESS. En línea: <<http://correspondancefamiliale.ehess.fr/index.php?5162>>.
- De Tribolet, M. (1900), “Le mouvement scientifique à Neuchâtel au dix-neuvième siècle”, en Société Helvétique des Sciences Naturelles, *Actes de la*

- Société Helvétique des Sciences Naturelles - 82^{me} Session du 31 juillet au 2 août 1899 à Neuchâtel*, Neuchâtel, Imprimerie Paul Attinger, pp. 3-36.
- De Vilmorin, H. (1886), “Rapport sur les communications de M. Sacc relatives a l’histoire naturelle agricole de l’Amérique du Sud”, *Mémoires de la Société Nationale d’Agriculture de France*, t. cxxx, Paris, Hotel de la Société / Librairie de J. Tremblay, pp. 425-427.
- Delaunay, H. (1903), *Annuaire International des Sociétés Savantes*, Paris, A. Lahure, Imprimeur-Éditeur.
- Dollfus, D. (h) (1855), “Rapport annuel. Fait a l’assemblée générale du 26 Décembre 1855”, *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, t. xxvii, pp. 145-166.
- Dornes, O. (s./f.), “Sacc, Frédéric; fiches individuelles”. Disponible en: <http://oldornes.free.fr/genealogie/pages_genea/fiche_2191.htm#part3>
- Fernández Prieto, L. (2013), “Islands of Knowledge: Science and Agriculture in the History of Latin America and the Caribbean”, *Isis*, vol. 104, N° 4, p. 789.
- (2015), “Introducción. Ciencia, agricultura y saberes locales en América Latina y el Caribe: Nuevas perspectivas”, *Asclepio*, vol. 67, N° 1, p. 1.
- Feuille d’Avis de Neuchâtel (1890), “Frédéric-Edouard Sacc, professeur, 1819-1890”, *Feuille d’Avis de Neuchâtel*, año cxxv, N° 111, 13 de mayo, p. 4.
- Figuier, L. (1880), “El comercio de ganado en América y Mr. Sacc”, *Boletín de la Sociedad de Ciencias y Artes*, año iv, N° 20, pp. 231-232.
- Fruton, J. S. (1990), *Contrasts in Scientific Style: Research Groups in the Chemical and Biochemical Sciences*, Filadelfia, American Philosophical Society.
- Grundwaldt Ramasso, J. (1966), “Historia de la Química en el Uruguay 1830-1930”, *Revista del Instituto Histórico y Geográfico del Uruguay*, vol. 25, pp. 123-142.
- Huntress, E. H. (1951), “Centennials and Sesquicentennials during 1951 with Interest for Chemists and Physicists”, *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, vol. 79, N° 1, pp. 3-44.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA (1967), *Las ciencias agrícola en América Latina. Progreso y futuro*, San José, Costa Rica, IICA.
- Jacob, R. (1978), “La industria tradicional. 1 La industria de la carne”, en Beretta Curi, A. et al. (eds.), *La industrialización del Uruguay, 1870-1925*, Montevideo, Fundación de Cultura Universitaria, pp. 75-110.
- Jacquat, M. (2010), “175 ans de Zoologie des vertébrés dans le Bulletin et les Mémoires de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles”, *Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles*, t. 131, pp. 73-89.
- Konrad, P. (1917-1918), “A travers nos ‘mémoires’ et nos ‘bulletins’”, *Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles*, t. XLIII, pp. 3-17.

- Larousse, P. (1875), *Grand Dictionnaire Universel du XIX siècle, Français, Historique, Géographique, Mythologique, Bibliographique, Littéraire, Artistique, Scientifique, etc. etc. Tome Quatorzième*, París, Administration du Grand Dictionnaire Universel.
- Lewowicz, L. (2016), *Lemco*, Montevideo, INAC.
- Liebig, J. Von (1847), *Chemistry in its applications to agriculture and physiology*, Londres, Taylor and Walton.
- Lorenz, O. H., D. Jordell y H. Stein, (1871), *Catalogue général de la librairie française*, París, Hachette.
- Maigne, W. (1864), *Dictionnaire classique des origines, inventions et découvertes dans les arts, les sciences et les lettres*, París, Larousse et Boyer Libraires-Éditeurs.
- Mangin, L. (1922), “Discours prononcé par M. Mangin”, *Bulletin de la Société Nationale d’Acclimatation de France*, año 69, pp. 121-127.
- Mathey, W. (2010), “Les arthropodes dans le bulletin”, *Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles*, t. 131, pp. 41-68.
- McCook, S. (2013), “Introduction”, *Isis*, vol. 104, N° 4, pp. 773-776.
- Ministerio de Instrucción Pública-Chile (1911), “Catálogo de la Biblioteca Philippi, adquirida para el Museo Nacional”, *Boletín del Museo Nacional de Chile*, t. 3, N° 2, pp. 469-551.
- Moyano, D. (2013), “Políticas públicas, educación agrícola y difusión de conocimientos en el agro argentino (1880-1940)”, dossier “Políticas públicas, educación agrícola y difusión de conocimientos en el agro argentino (1880-1940)”, en <[historiapolitica.com](http://www.historiapolitica.com)>, <<http://www.historiapolitica.com/dossiers/agroargentina/>>.
- Nægely, C. (h.) (1861), “Rapport annuel. Fait a l’assemblée générale du 26 Décembre 1860”, *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, t. xxxi, pp. 5-25.
- Nieto Galán, A. (1996), “Industria textil e historia de la tecnología: las indianas europeas de la primera mitad del siglo XIX”, *Revista de Historia Industrial*, N° 9, pp. 11-37.
- Pacheco Troconis, G. (2008): “Ciencias agrícolas y modernización en Venezuela. El rol de los profesionales extranjeros en sus inicios, 1870-1935”, *Ensayos Históricos*, vol. 20, N° 20, pp. 177-201. Disponible en: <http://190.169.30.98/ojs/index.php/rev_ah/article/view/5223/5028>.
- Penot, A. (1861), “Notice nécrologique de M. Daniel Dollfus fils, lue à la séance du 29 Mai 1861”, *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, t. xxxi, pp. 393-402.
- Petitpierre, J. (1935a), “Autour de l’Université de Neuchâtel”, *Feuille d’Avis de Neuchâtel*, año 197, N° 138, 15 de junio, p. 6.

- (1935b), *Patrie Neuchâteloise*, Neuchâtel, Editions de la Baconnière, vol. 2, “Châtillon, manoir aux portes de la Béroche”, pp. 273-279.
- Quintero Toro, C. (2006), “¿En qué anda la historia de la ciencia y el imperialismo? Saberes locales, dinámicas coloniales y el papel de los Estados Unidos en la ciencia en el siglo xx”, *Historia Crítica*, N° 31, pp. 151-172.
- Risler, E. (1880), “Rapport annuel sur les travaux et la gestion de l’Institut national agronomique - 1879”, *Annales de l’Institut National Agronomique*, año 3, N° 3, pp. 1-21.
- Sacc, F. (1848), *Précis élémentaire de chimie agricole*, París, Librairie Agricole de la Maison Rustique.
- (1861), *Essai sur la garance*, París, Victor Masson et fils.
- (1869), *Le laboratoire de chimie de Neuchâtel*, Neuchâtel, Impr. H. Wolfrath et Metzner.
- (1871a), *Eléments de chimie organique ou asynthétique*, París, Eugène Lacroix Imprimeur-Éditeur.
- (1871b), “Visita á la quinta de D. Francisco Vidiella”, *Boletín Oficial de la Comisión Central de Agricultura*, año II, t. II, N° 12.
- (1873), *Chimie du sol*, 3ª ed., París, Librairie Agricole de la Maison Rustique.
- (1877), *Trabajos del Laboratorio Nacional de Química en Cochabamba*, Cochabamba, Imprenta de El Heraldito.
- (1879a), “Análisis de tierras del país”, *Revista de la ARU*, año VIII, N° 15, p. 346.
- (1879b), *Revista de la ARU*, año VIII, N° 17, p. 309.
- (1879c), *Revista de la ARU*, año VIII, N° 20, p. 444.
- (1880a), *Química del suelo, por el Dr. Sacc*, Montevideo, Imprenta de la Nación.
- (1880b), “Análisis de tierras del país”, *Revista de la ARU*, año IX, N° 23, p. 657.
- (1880c), “Cual es la utilidad de los análisis”, *Revista de la ARU*, año IX, N° 17, p. 466.
- (1880d), “Tierra, su estudio”, *Revista de la ARU*, año IX, N° 20, p. 594.
- (1880e), “Tierra, su estudio”, *Revista de la ARU*, año IX, N° 21, p. 627.
- (1880f), *Revista de la ARU*, año IX, N° 9, p. 200.
- (1882a), “Cal, su benéfica acción sobre la tierra”, *Revista de la ARU*, año XI, N° 15, p. 479.
- (1882b), “Observations sur les terres arables”, *Journal Officiel de la République Française*, año 14, N° 74, pp. 83-88.
- Schwedt, G. (2013), *Liebig und seine Schüler. Die neue Schule der Chemie*, Berlín, Springer-Verlag,

- Schwitzguébei-Leroy, A. (1988), *Histoire de l'Université de Neuchâtel. Tome I: La première Académie 1838-1848*, Neuchâtel, l'Université de Neuchâtel/ Editions Gilles Attinger.
- Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel (1846-1847), "Séance du 12 novembre 1846", *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel*, t. II, pp. 3-10.
- Société Industrielle de Mulhouse (1856), *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, t. XXVIII.
- (1872), "Séance du 30 octobre 1872", *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, t. XLII, pp. 391-398.
- (1873), "Séance du 25 juin 1873", *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, t. XLIII, pp. 399-404.
- Société Nationale d'Acclimatation de France (1907), "Liste Supplémentaire des Membres de la Société Nationale d'Acclimatation de France", *Bulletin de la Société Nationale d'Acclimatation de France*, año 54, pp. 4-7.
- Société Nationale d'Agriculture de France - SNAF (1881a), "Séance du 6 juillet 1881", *Bulletin des séances de la Société Nationale d'Agriculture de France*, Tome Quarante et unième, pp. 463-487.
- (1881b), "Séance du 16 février 1881", *Bulletin des séances de la Société Nationale d'Agriculture de France*, Tome Quarante et unième, pp. 91-108.
- (1881c), "Séance du 9 mars 1881", *Bulletin des séances de la Société Nationale d'Agriculture de France*, Tome Quarante et unième, pp. 156-177.
- (1881d), "Séance du 6 avril 1881", *Bulletin des séances de la Société Nationale d'Agriculture de France*, Tome Quarante et unième, pp. 243-256.
- (1881e), "Séance du 4 mai 1881", *Bulletin des séances de la Société Nationale d'Agriculture de France*, Tome Quarante et unième, pp. 315-326.
- (1881f), "Séance du 25 mai 1881", *Bulletin des séances de la Société Nationale d'Agriculture de France*, Tome Quarante et unième, pp. 355-373.
- (1881g), "Séance du 15 juin 1881", *Bulletin des séances de la Société Nationale d'Agriculture de France*, Tome Quarante et unième, pp. 396-424.
- (1881h), "Séance du 17 août 1881", *Bulletin des séances de la Société Nationale d'Agriculture de France*, Tome Quarante et unième, pp. 545-564.
- (1881i), "Séance du 23 février 1881", *Bulletin des séances de la Société Nationale d'Agriculture de France*, Tome Quarante et unième, pp. 108-140.
- (1882), "Séance du 12 juillet 1882", *Bulletin des séances de la Société Nationale d'Agriculture de France*, Tome Quarante-deuxième, pp. 442-453.
- Société Neuchâteloise de Généalogie (s./f.), *Biographies neuchâteloises*. Disponible en: <<http://www.sngenealogie.ch/biographies-neuchateloises.html>>.
- Société Zoologique d'Acclimatation (1854), *Bulletin de la Société Zoologique d'Acclimatation*, t. I.

- The London Gazette* (1876), “Patent Law Amendment Act, 1852. Office of the Commissioners of Patents for Inventions”, *The London Gazette*, 25 de febrero, pp. 905-908.
- Universidad de Neuchâtel (1910), *L'Université de Neuchâtel: ses origines, la première et la seconde Académie, son organization actuelle*, Neuchâtel, Université de Neuchâtel.
- Vessuri, H. (2006), “Academic Science in Twentieth-century Latin America”, en Saldaña, J. J. (ed.), *Science in Latin America. A History*, Austin, University of Texas Press, pp. 197-230.
- Weinberg, G. (1998), *La ciencia y la idea de progreso en América Latina, 1860-1930*, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica.
- Woodcroft, B. (1872), *Chronological and Descriptive Index of Patents Applied for and Patents Granted, Containing the Abridgements of Provisional and Complete Specifications*, Londres, George Edward Eyre & William Spottiswoode.



DORA TÜRK MOLANO, O DE OLVIDOS Y SILENCIOS EN LA HISTORIA DE LA QUÍMICA COLOMBIANA*

*Roy W. Morales Pérez***

RESUMEN

Las contribuciones de mujeres en los distintos campos del conocimiento científico han sido desconocidas por la historia oficial de las ciencias, dado que la pregunta por la presencia o ausencia de mujeres de entrada es desestimada desde el modelo masculino hegemónico en el que se asume que la ciencia es una construcción objetiva, neutral y universal, que ofrece las mismas posibilidades de ingreso y desarrollo en el campo a todos sus practicantes, sin importar condiciones de género, edad, raza, religión o filiaciones políticas. Esta situación resulta particularmente cierta para el caso colombiano puesto que, sumado a las barreras estructurales que limitaban el acceso a la formación de las mujeres en determinados campos del saber, el proceso de institucionalización de las disciplinas científicas es muy reciente y, por tanto, las historias de las ciencias en Colombia que se han escrito, han ocultado a la sombra de los “padres fundadores” las aportaciones que las mujeres científicas han realizado al campo de las ciencias. En este sentido, en un primer momento, desde el marco de los estudios sociales de la ciencia, se presenta en este trabajo una aproximación histórico-social a la institucionalización de la química en Colombia, para en un segundo

* Esta investigación fue financiada parcialmente a través del programa beca pasantía Jóvenes Investigadores e Innovadores año 2012 del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS) y a la Universidad Nacional de Colombia.

Agradezco muy especialmente a la profesora Dora Inés Munévar de la Universidad Nacional de Colombia por sus sugerencias e inquietudes en relación con versiones preliminares de este trabajo.

** Grupo de Estudios Sociales de la Ciencia la Tecnología y la Medicina (GESCTM), Universidad Nacional de Colombia. Correo electrónico: <rwmoralesp@unal.edu.co>.

momento abordar las contribuciones al campo de la química colombiana realizadas por Dora Türk Molano, una de las dos primeras mujeres graduadas de química en el país, cuya presencia y contribuciones no han sido consideradas por la historia oficial de la química colombiana.

PALABRAS CLAVE: HISTORIA DE LA QUÍMICA EN COLOMBIA – FACULTAD DE QUÍMICA – UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – DORA TÜRK MOLANO

INTRODUCCIÓN

Si la institucionalización de la química como disciplina científica en Colombia solo se dio hasta hace un par de décadas, no resulta sorprendente que los esfuerzos académicos que buscan estudiar su historia como campo de conocimiento y profesión en el país sean un proyecto aún en proceso de consolidación. Al aproximarnos a estos textos que ensamblan la historia oficial e interrogarlos en relación con el lugar de las mujeres científicas en la química colombiana, se abre un panorama problemático e interesante. Esta pregunta, aunque básica, no es de segundo orden, pues como afirma Wajcman, “en la historia de la ciencia, una tarea inicial del feminismo ha sido descubrir y recuperar a las mujeres que han sido ‘ocultas’ por la historia” (Wajcman, 1995: 201).

Indagar por las presencias o ausencias de las mujeres científicas en las ciencias parece un debate superado, incluso puede resultar como una pregunta inocua. Sin embargo, consideramos que son escenarios que convocan a su exploración y problematización. Conocer las biografías de estas mujeres científicas, en el marco de los contextos socioculturales de emergencia en los que desarrollaron su quehacer científico, resulta importante, pues posibilita nuevas comprensiones de la ciencia y del proceso de organización dentro de las instituciones científicas (Fox, 1995). Particularmente para el caso de la historia de la química en Colombia, el nombre de Dora Türk Molano, una de las primeras mujeres químicas graduadas en el país, solo se menciona de manera anecdótica y subordinada en uno de los textos más importantes de la historia de la disciplina en el país, como lo veremos más adelante, desconociendo sus contribuciones en diversos órdenes al campo de la química colombiana. Así pues, para aproximarnos a esta figura pionera en esta área del conocimiento, a continuación adelantaremos una aproximación de orden heurístico a las historias de la química en Colombia, con el propósito de ubicar algunos elementos de comprensión en torno al proceso de institucionalización de la química como disciplina científica en

el país y desde allí ubicar algunos elementos de orden cultural, político e histórico en el que Dora Türk Molano inició su trayectoria académica en la Universidad Nacional de Colombia.

BREVE APROXIMACIÓN A LA INSTITUCIONALIZACIÓN DE LA QUÍMICA EN COLOMBIA

Antes de iniciar una aproximación a la historia del proceso de institucionalización de la química en Colombia, resulta necesario realizar una delimitación conceptual con relación a lo que en este trabajo se entiende por *institucionalización*. Consideramos que esta categoría remite a la valoración y validación que la sociedad en su conjunto hace de un campo de conocimiento, en virtud de las demandas y potencialidad de bienestar para el conglomerado social, proceso que implica necesariamente la articulación del campo de conocimiento al sistema de valores y las percepciones socioculturales (Pérez y Gómez, 2008). Es decir, en palabras de Honig, citado por Runge-Peña, por procesos de institucionalización vamos a entender los “procesos dinámicos de creación, formación y desarrollo continuado de órdenes sociales” (Runge-Peña, 2016: 155). Este proceso se formaliza, en el caso de las ciencias y las tecnologías (cyt), entre otras cosas, en la organización de centros de investigación y laboratorios especializados, museos, programas de formación básica y avanzada, reglamentación para el ejercicio de la profesión, la celebración de encuentros académicos como congresos, seminarios y simposios; la organización de sociedades y asociaciones gremiales, la publicación de revistas científicas especializadas, el fomento de programas de becas e intercambios académicos, financiación para las actividades de investigación, y en general el reconocimiento social de la actividad científica y de aquellos que la practican (Restrepo, 2000).

Resulta importante indicar que en el marco del desarrollo de este proceso, son variados los actores, repertorios y agendas que se movilizan (Latour, 1987), dentro de lo cual cobra relevancia la configuración de una historia común, un mito original desde el que se acoge un sentido identitario, se legitima la acción (Restrepo, 1996), se recluta y socializa a los nuevos miembros del colectivo, estableciendo una frontera que señala lo legítimo y lo autorizado, lo cual implica necesariamente excluir, marginalizar e invisibilizar a determinados actores y agendas (Arango, 2011).

Para el caso latinoamericano (Vessuri, 1994, 2007; y Weinberg, 1996) y, en particular, colombiano (Becerra y Restrepo, 1993; y Restrepo, 1991, 1998), la institucionalización de la cyt ha sido más bien un fenómeno

reciente. En el campo de la química, en Colombia, como señalan Cubillos, Poveda y Villaveces (1993) y Cubillos (2006), inicia bien entrado el siglo xx, pues como se mostrará más adelante, las actividades en esta materia se realizaban en el siglo xix de forma independiente por un grupo reducido de intelectuales pertenecientes a las élites sociales, sin que estas tuvieran articulación profunda con la industria o los proyectos sociales, económicos y culturales de la nación (Restrepo, 1998; Cubillos, Poveda y Villaveces, 1993). Sin embargo, la idea de que la ciencia conduciría al progreso del país estaba implantada ya desde el siglo xix (Restrepo, 1998), y diversos factores, entre ellos un estable ambiente político nacional, sin guerras civiles que truncaran el desarrollo de la nación, y un período de relativa bonanza económica (Cubillos, Poveda y Villaveces, 1993), permitieron que la química como actividad científica propiamente dicha, iniciara su proceso de institucionalización en la década de 1930. Una burguesía fundamentalmente agropecuaria, gracias a los capitales acumulados en este período, comenzará a invertir recursos para el desarrollo de la industria, pues como señala Vessuri (1994), el desarrollo de la industria de base química se consideraba en este momento como “un vector del progreso tecnológico”.

HISTORIAS DE LA QUÍMICA EN COLOMBIA

Si la institucionalización de la química como disciplina científica en el país solo se dio hasta hace un par de décadas, no resulta sorprendente que los esfuerzos académicos que buscaran estudiar su historia como campo de conocimiento y profesión en el país sean aún mucho más recientes. La particularidad de estos relatos es que han sido producto, en su mayor parte, del trabajo de científicos del campo (Obregón, 1995), que fueron “actores de momentos importantes del desarrollo de una disciplina, o fueron testigos excepcionales de tales acontecimientos” (Becerra y Restrepo, 1993: 550). De esta manera, y compartiendo lo señalado por Restrepo en relación con la obra de estos científicos-historiadores:

Gracias a estos textos podemos saber algo sobre la imagen de ciencia que querían proyectar, los valores científicos que proclamaban, las ideas que sustentaban en relación con cuál sería el método científico por excelencia, su definición de jerarquías entre disciplinas, y sus patrones de evaluación de las obras, las carreras y los estilos de los científicos (Restrepo, 1996: 270).

Dentro de estos trabajos se encuentra el de los químicos egresados de la

Universidad Nacional de Colombia Germán Cubillos, Flor Marina Poveda y José Luis Villaveces, *Notas para una historia social de la química en Colombia* (1993), obra auspiciada por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas (COLCIENCIAS), que se desarrolló en el marco del proyecto “Historia social de la ciencia en Colombia”. En este trabajo, los autores proponen una periodización para el desarrollo de la química colombiana, sin pretensión de que sea una versión definitiva y acabada, rígida e inamovible, sino con la intención que permita una interpretación general de la institucionalización de la química como fenómeno social vinculado a los contextos histórico-culturales y político-económicos del país. A esta periodización, Cubillos, Poveda y Villaveces (1993) la denominan hipótesis de los cinco estadios, según la cual en el primer estadio –que abarca desde finales del siglo XVIII hasta la década de 1920– la química no se configuraba como disciplina, si bien se contaban con esfuerzos aislados de individuos, sin embargo estos estaban desarticulados de los proyectos generales de la nación. En el segundo estadio o etapa de vocación industrial, que abarca la década de 1930 y hasta los primeros años de la posguerra, se fundan en las primeras instituciones dentro del campo de la química con el propósito de modernizar el país con el desarrollo de la industria de base química; durante el período de posguerra, se asiste a la etapa de vocación analítica o tercer estadio (1948-1965), en el que la incursión de las industrias norteamericanas en la región ensambla nuevos órdenes sociales, conllevando a la coaptación de las aún jóvenes industrias nacionales por parte del empresariado norteamericano y a la de relegar la labor de los químicos como investigadores para la industria, al de técnicos para el control de calidad. El cuarto estadio o etapa de vocación científica (1960-1975) se caracteriza por la consolidación de instituciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico, la financiación de investigaciones estratégicas por parte de organismos multilaterales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Organización de Estados Americanos (OEA). Es un período en el que muchos profesores reciben apoyos económicos para realizar estudios de maestría y doctorado en el exterior; todo lo cual permitió recuperar el sentido de la investigación y la innovación dentro del colectivo de químicos, ampliando a su vez los horizontes del ejercicio profesional en el país. Finalmente, Cubillos, Poveda y Villaveces (1993) proponen el quinto estadio que, si bien no recibe un rótulo particular en la propuesta original, nos tomamos aquí la libertad de denominar *etapa de internacionalización* (1970-presente), en la cual emergen los programas de formación posgradual a nivel de maestría y doctorado, se funda la *Revista Colombiana de Química*, principal medio de divulgación de los resultados

de las investigaciones químicas adelantadas en el país y se incursiona, cada vez más, en las prácticas de los proyectos científicos de centros de cálculo norteamericanos y europeos que van a marcar el derrotero de la política científica y del desarrollo de las actividades científicas en el Departamento de Química en adelante. Valga indicar que, para los propósitos de este artículo, se centrará la atención en algunos eventos sucedidos durante el segundo estadio, contexto en el que Dora Türk Molano, primera doctora en Química, adelanta su actividad académica en el país.

Lejos de ser arbitraria, la periodización de Cubillos, Poveda y Villaveces (1993) encuentra un diálogo con lo propuesta de Vessuri (1994, 2007), quien establece cinco períodos de tiempo en los que se enmarca el establecimiento y desarrollo de la ciencia en Latinoamérica: los inicios de la ciencia a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, que se enmarca en el proyecto de modernización de la región de la mano de la ideología del progreso y de la ciencia positivista, seguido de un período de la consolidación de instituciones, laboratorios, y facultades de ciencias (1918-1940); posteriormente, se percata un período de desarrollo entre 1940 y 1960, en el cual se propendió el desarrollo de las capacidades científicas locales, para posteriormente organizarlas en un marco político gubernamental de ciencia y tecnología durante el período 1960-1980, que claramente se delimitaba en los referentes europeo-occidental y norteamericano; finalmente, se inicia un período en el que el Estado fue dejando su papel primordial como mecenas de la investigación en ciencia y tecnología, y poco a poco, se abrió la puerta para que los sectores industriales privados financiaran estas actividades, en gran parte debido a la posibilidad de aplicación industrial y por ende por su potencialidad de desarrollo económico.

En relación con el primer estadio de la química colombiana, el trabajo pionero *Historia de la química en Colombia* (1985), de Ramiro Osorio Osma, químico graduado en la primera promoción de la Universidad Nacional en 1942, intenta sistematizar y construir una narrativa e historia común para la comunidad química colombiana, para lo cual ubica como génesis y mito originario (Obregón, 1995) de las ciencias químicas en el país las actividades metalúrgicas adelantadas por Juan José D'Eluyhar (1754-1796), en el marco de la Real Expedición Botánica al Nuevo Reino de Granada (1783-1816), liderada por el médico gaditano José Celestino Mutis y Bosio (1732-1808), argumento este que coincide con lo señalado por Santiago Díaz Piedrahita y Marietta Mejía de Mesa (2010).

La obra de Osorio Osma presta especial atención a los “padres fundadores” de la química colombiana (Arango, 2011), aquel conjunto de primeros científicos especialistas en el campo de la química entre los que se destacan

José María Cabal (1769-1816), Jorge Tadeo Lozano (1771-1816), Ezequiel Uricoechea (1834-1880), Libordio Zerda (1830-1919), Vicente Restrepo (1837-1899), Francisco Montoya (1850-1922), Rafael Zerda Bayón (1850-?), Eduardo Lleras Codazzi (1885-1960), Guillermo Kohn Olaya (1899-1976), Antonio Barriga Villalba (1893-1986), Ernesto Pinzón Hernández (1901-1980), Jorge Ancízar Sordo (1908-2002), Joaquín Molano Campuzano (1913-2003), Sven Zethelius Peñalosa (1921-1995) y Eduardo Calderón (1923-), entre otros, de quienes se exalta su contribución en la organización de las primeras sociedades e instituciones científicas del país, algunas de ellas propiamente del campo de la química, como la Sociedad de Naturalistas Neogranadinos (1859), Sociedad de Naturalistas Colombianos (1870), la Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia (1867), la Escuela de Minas de Medellín (1886), Laboratorio de la Fábrica de Municiones del Ministerio de Guerra (1927), el Laboratorio Químico Nacional (1928) y el Instituto Nacional de Higiene Samper Martínez (1925), el Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia (1938) y la Sociedad Colombiana de Químicos (1941).

Durante el segundo estadio (1938-1948), denominado etapa de vocación industrial, la química como ciencia moderna se consolida en el país e inicia formalmente su proceso de institucionalización, con una apuesta estatal concreta en el marco de los ideales de progreso y modernización perseguidos por los gobiernos de la denominada República Liberal (1930-1946). La lectura que hacen Cubillos, Poveda y Villaveces (1993) de las razones que llevaron a la consolidación del segundo estadio de la química en Colombia, coincide con los planteamientos de Vessuri: “la ciencia moderna hace su aparición en la región, estrechamente ligada a los principios del programa del positivismo europeo, como parte integral de los esquemas de modernización política y económica de las nuevas naciones” (Vessuri, 1994: 41).

En el marco del proyecto de modernización de la nación, la química, como ciencia directamente vinculada al desarrollo industrial y la tecnificación agraria, entroncó con este proyecto y buscó responder directamente a las necesidades nacionales Restrepo (1991: 62) pues “la sobrevivencia económica, el desarrollo industrial y el progreso científico están inextricablemente vinculadas” (Vessuri, 1994: 41).

Pero para que este proyecto se concretara, era de perentoria necesidad consolidar una comunidad experta en el campo de la química que hasta el momento era escasa en el país, de allí la necesidad de crear un centro de formación de químicos. Ello condujo a la creación de la Facultad de Química de la Universidad Nacional de Colombia en 1939 y organizar con ello los estudios de química en el país, con el objetivo de fundar las bases de la

industria nacional de base química. Comisionado para esta labor, fue posicionado bajo el cargo de Director del Departamento el químico español doctor Antonio García Banús (1888-1955), un exiliado de la guerra civil española, que llegó al país junto con Enrique Moles, gracias a los oficios del presidente Eduardo Santos Montejó, como lo señalan Osorio (1985: 128) y Silva (2011). Sin embargo, no fue menor la oposición que se desarrolló por la vinculación de García Banús a la Universidad Nacional de Colombia, pues los colectivos académicos locales, gran parte de ellos asociados a sectores políticos conservadores, reclamaban que en el nuevo Departamento se debería privilegiar la vinculación de químicos nacionales, en adición que veían con sospecha a este extranjero y proclamaban el peligro que representaban para el país su filiación con los ideales anarquistas, que podían contaminar las mentes de los jóvenes colombianos (Silva, 2011).

Persona de las más altas calidades científicas, que le valieron ser candidato al Premio Nobel de Química en 1937, el profesor García Banús fue, como lo señala Osorio Osma, un destacado profesor en la Universidad Nacional que introdujo métodos novedosos de enseñanza e investigación en el campo de la química, así como un “aliento vivificante y renovador” de la vida y organización universitaria (Osorio, 1985: 128). A su llegada, el profesor García Banús encontró prevenciones por parte de algunos de los profesores de la Universidad, particularmente de José Ancízar Sordo (1908-2002), presidente de la Escuela de Farmacología y Farmacia, y de Antonio María Barriga Villalba (1896-1986), profesor de esta Facultad y más adelante presidente de la Sociedad Colombiana de Químicos, quienes veían amenazada aún desde antes del arribo del profesor español, su bien establecida cultura académica y monopolio de las actividades relacionados con la química en el sector de educativo, industrial y burocrático en Santa Fe de Bogotá.

Tales prevenciones se debían, entre otras cosas, por la decisión de crear la nueva Facultad de Química por parte del gobierno nacional aparentemente sin consultarle a la comunidad académica de la Escuela de Farmacia y a su presidente, lo que implicaba que ahora los escasos recursos serían distribuidos entre las dos dependencias y ello acarrearía un desequilibrio presupuestal, que implicaba una transformación en las lógicas burocráticas de contratación y distribución de los profesores para las cátedras de química en la Universidad Nacional (Silva, 2011). Asimismo, ya creada la Facultad de Química y designado como decano, García Banús tuvo que enfrentar dificultades con miembros del cuerpo profesoral, por sus reiteradas ausencias a las clases, dado que el oficio docente para estos primeros químicos se asumía más como una actividad alterna a los escasos y monopolizados cargos en la burocracia estatal (Vessuri, 1994: 50), en los ministerios o en la

industria que daban apertura para la actuación de la élite de los químicos colombianos (Silva, 2011: 62). Sin embargo, debido a que los “cazadores de brujas resucitaron su trasnochada y sucia campaña contra los ‘rojos españoles’” (Osorio, 1985: 132), Antonio García Banús dejó el país en 1947 tras ocho años de labores continuas en la Universidad Nacional, para trasladarse a Venezuela donde moriría en 1955.

El tercer estadio o etapa de vocación analítica (1948-1965), período de posguerra, está caracterizado por una expandida incursión de capitales e industrias norteamericanas, que agobiaron a la aún muy joven industria nacional, lo que conllevó a la aparición de la ingeniería química como disciplina independiente de la química, y que confinó la profesión de químico al control de calidad. Precisamente, en 1948 se cambia el nombre de Facultad de Química a Facultad de Química e Ingeniería Química y más adelante en 1958 también se cambia el nombre de la Sociedad Colombiana de Químicos por Sociedad Colombiana de Químicos e Ingenieros Químicos (1958). Sin embargo, a pesar de estas convulsionadas transiciones, en 1950 se fundó la *Revista Química e Industria* (1950), publicación de carácter gremial y divulgativo editada por la Sociedad Colombiana de Químicos (SOCOLQUIM), en 1951 se celebró el I Congreso Nacional de Química, y se crearon el Instituto de Investigaciones Tecnológicas (IIT) (1958) y el Instituto de Asuntos Nucleares (IAN) (1959), todos ellos con la participación de egresados de la carrera de Química.

Dora Türk Molano: sus contribuciones a la química colombiana

Para iniciar este apartado, vale la pena recordar que en el trabajo de Osorio (1985), primero de la historia de la química en Colombia, las mujeres químicas colombianas parecen no existir, mientras que en trabajos posteriores (Cubillos, 2006; Cubillos, Poveda y Villaveces, 1993; Poveda *et al.*, 1989), si bien se empieza a reconocer la presencia de mujeres científicas, el lugar otorgado es de segundo orden. Sin embargo, es importante también resaltar como notable excepción el trabajo realizado por Cubillos (2011), que permite reconocer el papel protagónico que han tenido Flor Marina Poveda y Margoth Suárez Mendieta en la historia de la química, al ser las primeras mujeres egresadas de los programas de posgrado del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia. Varios trabajos posteriores, entre ellos los de Lucy Cohen (2001) y Leyini Parra (2008), han documentado la participación y contribución de científicas pioneras en diversos campos de las ciencias, las ingenierías y otras profesiones en

Colombia, pero ninguno de estos ha indagado por las pioneras para el caso de la química colombiana. Este ha sido un trabajo iniciado, sistemáticamente, desde el Grupo de Estudios Sociales de la Ciencia, la Tecnología y la Medicina de la Universidad Nacional de Colombia (Morales-Pérez, 2017).

Para iniciar esta búsqueda, retomemos un pasaje de *Historia de la química en Colombia* que pasaría como una simple anécdota y comentario al margen:

El “español rojo” había dado, además, a la sociedad colombiana conservadora y clerical de la época una prueba de que, a pesar de sus altísimas calidades como educador y humanista, a pesar del peso científico de sus investigaciones, que lo habían llevado a ser candidato al premio Nobel de Química un año antes de su huida de España, a pesar de ser el principal motor de la formación de la nueva y pujante comunidad química, era un personaje inaceptable: en un viaje a México se divorció de su esposa y *contrajo segundas nupcias con una de las químicas recién egresadas de la Universidad Nacional, Dora Türk*. Esto fue inaceptable para las autoridades universitarias. Con su nueva esposa, tomó nuevamente el camino del desierto para instalarse en Mérida, donde moriría en 1955 (Cubillos, Poveda y Villaveces, 1993: 235. Énfasis del original).

En este pasaje, y a la sombra del nombre del doctor Antonio García Banús, el “rojo español”, se menciona fugazmente el nombre de Dora Türk, y se señala efímeramente que fue una de las primeras químicas graduadas de la Universidad Nacional de Colombia. Más allá de eso, un lector desprevenido, como fue mi caso propio, no tendría conocimiento de la importancia de este nombre para la historia de la química colombiana. Mientras que Alfonso Barón Plata, Guillermo Campo Restrepo, Alberto Díaz Forero, Bernardo Fajardo Pinzón, Álvaro de Narváez Vargas, Ramiro Osorio Osma, Joaquín Antonio Prieto Isaza y Bernardo Uribe Vergara han sido reseñados en diversos estudios, por ser ellos los primeros químicos graduados de la Facultad de Química de la Universidad Nacional de Colombia en 1942 (Cubillos, 2006; Cubillos, Poveda y Villaveces, 1993; Gutiérrez, 1992; Osorio, 1985), el nombre de Dora Türk solo es un nombre que se asocia subordinadamente con el del fundador de la Facultad de Química de la Universidad Nacional de Colombia.

Al detallar la lista de estudiantes matriculados en 1942 en la Facultad de Química resaltan dos aspectos importantes (figura 1): en el cuarto año de la Carrera de Química, el último antes de obtener la titulación, la cohorte estaba compuesta no por ocho (los pioneros señalados antes), sino por nue-

Figura 1. Lista de estudiantes matriculados en la Facultad de Química, 1942

CIENCO.....57 alumnos ¹ 24	
<u>TERCER AÑO</u>	<u>CUARTO AÑO</u>
1.- Chaves Uribe Guillermo	1.- Baron Alfonso
2.- Fernandez Ferulenda Alfonso	2.- Campo Guillermo
3.- Icaza Gonzalo	3.- Diaz Alberto
4.- Jimenez Victor Manuel	4.- De Narvaez Alvaro
5.- Jimenez José Manuel	5.- Fajardo Bernardo
6.- Lopez Hector Hernan	6.- Osorio Ramiro
7.- Mendoza Luis Francisco	7.- Ortiz Constanza
8.- Moncada Felix Alfonso	8.- Prieto Joaquín
9.- Padilla Beatriz	9.- Uribe Bernardo
10.- Pineda Eduardo	
11.- Puentes Anibal	
12.- Restrepo Pedro	
13.- Rodriguez Luis E.	
14.- Rojas Cruz Luis	TOTAL DE ALUMNOS.....10.2o.y 3er.año
15.- Ronderos Guillermo	<u>OCHENTA Y CUATRO (84)</u>
16.- Turk Dora	
17.- Vargas Estrada Raul	
18.- Zethelius Sven	
Bogotá marzo 7 de 1942	

Fuente: Archivo Central Histórico, Universidad Nacional de Colombia.

ve estudiantes, una de ellas mujer, Constanza Ortiz, de quien no se guarda registro en las actas de grado en el archivo histórico de la Universidad Nacional de Colombia, lo que lleva a conjeturar que se trata de la primera mujer que inicio estudios de química en el país, pero que finalmente no se graduó con la primera promoción.

Ahora bien, para el año 1943, los registros académicos señalan que las estudiantes Beatriz Padilla y Dora Türk eran estudiantes activas de la Carrera de Química de un total de 16 estudiantes de la cohorte (figura 2), y teniendo en cuenta la reglamentación establecida para otorgar el título de Químico, según Acuerdo 25 de febrero 8 de 1939, la cual definía que:

Los estudios de Química se harán en cuatro años, después de los cuales se presentará un examen de reválida para recibir el diploma en Ciencias Químicas. Quienes así lo deseen pueden realizar una tesis durante un año y obtener el título de Doctor en Ciencias Químicas (Cubillos, 2006: 261).

Figura 2. Estudiantes de último año. Facultad de Química, 1943

343

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE QUIMICA
SECRETARIA

Al contestar,
citar este número

276

Bogotá, noviembre 22 de 1943

SEÑOR
SECRETARIO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
E.S.D.

Según lo que solicitó ese despacho telefónicamente a esta Secretaría, me permito enviar a Ud. la lista de los alumnos de último año de esta Facultad.

Isaza Gonzalo
Jimenez José Manuel
Jimenez Victor
Lopez Hector Hernan
Mendoza Luis Francisco
Moncada Felix
Padilla Beatriz
Puente Anibal
Rojas Cruz Luis
Ronderos Guillermo
Restrepo Pedro
Rodriguez Luis Enrique
Turk Dora
Vargas Raul
Zethelius Sven
Chaves U. Guillermo

Sin otro particular, me suscribo del señor Secretario muy atento y S.S.

J. CALVO BANCHEZ

REGISTRO NO. 2934

UNIVERSIDAD NACIONAL
SECRETARIA GENERAL

22 NOV 1943

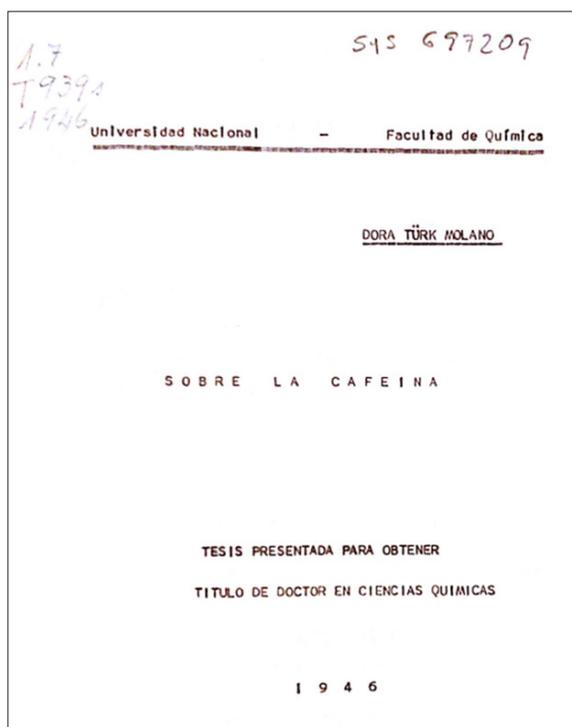
50-A

SECRETARIA
BOGOTÁ

Fuente: Archivo Central Histórico, Universidad Nacional de Colombia.

Revisando el archivo de la Biblioteca de la Universidad Nacional, el primer trabajo que reposa en este centro documental corresponde al de Dora Türk Molano titulado “Sobre la cafeína”, que fue desarrollado bajo la tutela del doctor Antonio García Banús. Por tanto, y dado que no fue posible localizar en el Archivo Histórico de la Universidad Nacional las actas de grado de las primeras promociones de egresados de la carrera de Química, las evidencias recuperadas del archivo histórico de la Facultad de Química nos permiten afirmar que las primeras mujeres en graduarse de la carrera de química en Colombia en 1943 fueron Beatriz Padilla y Dora Türk Molano. Debe subrayarse que, una vez adelantada la investigación documental en la Biblioteca y en el Archivo Histórico de la Universidad Nacional de Colombia, la tesis “Sobre la cafeína” es la primera en escribirse en el país, y por ende, dadas las políticas de graduación de la época, Dora Türk Molano la primera mujer doctora en ciencias químicas graduada en una universidad colombiana (figura 3).

Figura 3. Portada tesis “Sobre la cafeína” de Dora Türk Molano



Fuente: Universidad Nacional de Colombia.

Nos detendremos en adelante en la figura de Dora Türk Molano, no solo por la reivindicación de su trabajo científico y académico —que, como hemos visto, se encuentra subordinado en las historias oficiales de la química colombiana a la sombra de su esposo—, sino porque una vez consultado el Archivo Histórico de la Universidad Nacional, resultó imposible avanzar en la búsqueda de información sobre la trayectoria académica de Beatriz Padilla. Este dato empírico, sin embargo, abre una veta de análisis que puede ser indagado en futuras investigaciones.

Adicionalmente, al parecer Dora Türk Molano se destacó como estudiante de la carrera de Química, lo que queda al menos en parte demostrado con el mérito de haber ganado “por sus máximas condiciones de aplicación” una beca para cursar el tercer año de los estudios de química en 1942.^[1]

Por su sobresaliente rendimiento académico, en 1944 ingresa como ayudante de laboratorio y como profesora de Química biológica en la Facultad de Veterinaria, en reemplazo del ilustre profesor doctor Eduardo Lleras Codazzi, convirtiéndose de esta forma en la primera profesora de Química de la Universidad Nacional de Colombia (figura 4).

Su tránsito docente por la Universidad Nacional fue tan exitoso que, en 1946, Dora Türk Molano fue presentada ante el ministro de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) en Colombia, doctor Gregory Rezanov, para continuar estudios de posgrado en Moscú. En su presentación, el rector de la Universidad Nacional expresa lo siguiente:

La señorita Türk sobresalió como alumna de la Facultad de Química de esta Universidad y ha continuado trabajando en ella, pues tiene evidentes dotes para la investigación y el estudio. Es además profesora en nuestra Facultad de Veterinaria y es una de las mujeres de quienes más puede esperarse.^[2]

Este breve texto da cuenta de las cualidades y calidades académicas y científicas de Dora Türk, quien finalmente no se decantó por continuar sus estudios en la URSS, sino que ese mismo año, por Resolución 44 de 1946 (octubre 7), se le confiere una beca para cursar estudios de posgrado^[3] en

[1] Archivo Central Histórico, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Química, Correspondencia, 1942, f. 353.

[2] Archivo Central Histórico, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Química, Correspondencia, 1946, f. 190.

[3] Archivo Central Histórico, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Química, Correspondencia, 1946, f. 187.

Figura 4. Registro de personal docente, Dora Türk Molano

UNIVERSIDAD NACIONAL -- REGISTRO DE PERSONAL DOCENTE																		
Nombre		Dora Türk					Nacionalidad			Colombiana		Año de nacimiento			1921			
DEPENDENCIA	HONORARIO	TITULAR	ENCARGADO	CATEDRÁTICO	LIBRE	ESPECIALIZADA	JEFE CLÍNICA	AGRECIADO	JEFE TRABAJOS	ASISTENTE	DIRECTOR	INTERNO	PREPARADOR	No. FECHA NOMBRAMIENTO				
														ACUERDO	RESOLUCIÓN	DÍA	MES	AÑO
DETALLE														ACUERDO	RESOLUCIÓN	DÍA	MES	AÑO
Química														147	15	Abril	1944	
Química			X											336	13		1943	
Química														104	12	Mayo	1943	
Química			X											55	11	Julio	1944	
Química														56	11	"	1944	
"														589	27	Agosto	1944	
Apellido		Apellido					Nombre			Cédula o Tarjeta No.		Expedida en						
TUFK							DORA			148801		Bogotá						

Fuente: Archivo Central Histórico, Universidad Nacional de Colombia.

el Laboratorio Químico del Instituto Pasteur en París,^[4] bajo la tutela del prestigioso químico Ernest Fourneau. La beca consistía en la estadía por un período de un año en el Instituto con una asignación mensual de US\$150, y los correspondientes pasajes de ida y vuelta.

Las tareas principales de la estadía de la profesora Türk Molano consistían en colaborar con los trabajos de investigación del distinguido profesor francés en el área de la química orgánica, procurando “suministrar una información lo más completa posible de la enseñanza de la Química en los centros científicos de París”,^[5] con el compromiso de prestar servicios docentes en la Facultad de Química una vez regresara a Colombia.^[6]

[4] Archivo Central Histórico, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Química, Correspondencia, 1946, f. 183

[5] Archivo Central Histórico, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Química, Correspondencia, 1946, f. 831

[6] Archivo Central Histórico, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Química, Correspondencia, 1946, f. 183

Sin embargo, la beca de la profesora Türk terminó antes de lo previsto, dado que como se menciona al inicio de este apartado, Dora Türk Molano contrajo nupcias en París con su antiguo profesor y director de tesis doctor Antonio García Banús, hecho este que se configuraba como inaceptable por parte de las directivas de la Facultad de Química, y que sería un “costo político” para su carrera. En carta fechada el 30 de septiembre de 1947, el secretario general de la Universidad doctor Otto de Greiff, le informa al decano de la Facultad de Química la cancelación de la beca de la doctora Dora Türk de la siguiente forma:

Incluyo en la presente copia de la resolución N° 557 del Sr. Rector, aprobada en sesión del Consejo Directivo del 19 del presente mes, por la cual se cancela la beca concedida a la señorita Dora Türk, *hoy señora de García Banús*, a partir del próximo mes de octubre.^[7]

Las razones expuestas por la Universidad Nacional para la terminación del contrato en momento alguno aducen incumplimiento de las actividades académicas asignadas como contraprestación por la beca, como consta en el siguiente texto:

Tengo a la vista la Resolución No 557 del presente año, por medio de la cual las Directivas de la Universidad declaran cancelado el contrato por cuanto que *la señorita Turk contrajo matrimonio y no puede continuar cumpliendo su obligación*.^[8]

Dora Türk y Antonio García Banús viajaron finalmente a Venezuela, lugar donde en 1955 a la edad de 66 años muere García Banús en la ciudad de Caracas (Nieto-Galán, 2004). Sin embargo, Dora Türk Molano continuó su trabajo académico y convalidó su título ante el Ministerio de Educación de la República de Venezuela en 1959. Fue profesora adjunta de la Universidad de Los Andes en Mérida (Venezuela), donde estuvo vinculada hasta 1953 (López y Ranaudo, 2016: 205). Posteriormente, en 1954, se traslada a la Universidad Central de Venezuela de la que fue profesora y jefe de Trabajos Prácticos de Química Inorgánica de la Escuela de Química. En la Escuela de Química se destaca su trayectoria académica en el campo de la química inorgánica y la cristalografía, trabajos que desempeñó luego

[7] Archivo Central Histórico, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Química, Correspondencia, 1947, f. 344 (subrayado añadido).

[8] *Ibid.*

Figura 5. Carta de Dora Türk Molano al Decano de la Facultad de Química, Universidad Nacional de Colombia, 1947

Ms. Garofa Banus
(Née Türk)
n.º. 25 St. Michel
Paris 6e.

Septiembre 4/47

Señor Dr. Luis Montoya V.
Decano de la Facultad de Química
Universidad Nacional.

Estimado Doctor:

Hace algunos días recibí su atenta carta del 18 de Agosto, la que he leído con mucho interés.

El Instituto Pasteur estuvo cerrado durante el mes de Agosto y no pude hacer la diligencia que Ud. me pedía; hoy iré para arreglar ese asunto y le pondré al corriente de todo.

Estamos buscando los libros para enviarle títulos y precios; creo será más conveniente comprarlos aquí por intermedio de un agente de las casas principales o directamente a los editores ya que si Ud. los compra por intermedio de los libreros Colombianos los precios se recargan cuando menos en un 40% conforme me dijeron en algunas librerías. Luego si Ud. cree conveniente le enviaré precios para que los compare con los de Bogotá y si cree que conviene puede enviarme los dólares a la Embajada y yo haré que le remitan los libros como paquetes postales.

Supongo que Ud. ya sabe por el Dr. Galindo que me casé hace unas semanas con el profesor García, que está conoigo desde el 23 y que piensa regresar a Venezuela el próximo 18; por ahora no le acompañaré pues quiero terminar antes de salir los trabajos que tengo comenzados.

No me parece del todo, después de casada con el profesor, continuar cobrando la beca de la Universidad Nacional y tanto menos por cuanto no podemos regresar por el momento a la U. N. por razones que Ud. conoce tan bien como yo. Esto para mí y para mi esposo, es algo Doctor, que nos duele mucho pues Ud. sabe, mejor que nadie, como queremos a la U. N. y más a la F. de Química.

Si Uds. creen como nosotros pensamos, que debo cancelar la beca desde el mes de Septiembre le ruego me lo haga Ud. saber lo más rápidamente posible.

No quisiera de ninguna manera que lo que le escribo dictado por razones de delicadeza, que Ud. comprenderá, lo interpreten Uds. como un deseo de romper con la U. N. a la que tanto debo; como Ud. sabe Dr. Montoya, tanto aquí como en otra parte del mundo donde yo me halle, siempre me consideraré como una hija de nuestra Facultad y siempre estaré dispuesta a hacer cuanto pueda por la Facultad.

Con o sin la beca de la U. N. continuaré aquí; como antes le decía, mis trabajos hasta su fin; hablémos con el F. Fourneau y acordemos que valga la pena de este pequeño sacrificio por nuestra parte quedándose yo 2 ó 3 meses más en París.

Como antes le decía y vuelvo a repetirlo continuaré a la entera disposición de la U. N. cualquiera sea la determinación que Uds. tomen respecto a mí.

Le ruego el favor de decirme si debo comunicar todo esto oficialmente al Consejo Directivo o si basta esta carta para Ud. Decano.

En espera de sus gratas noticias y rogando a Dios que me envíe a todos los amigos y compañeros me despido de Uds. muy afectuosamente.

Fuente: Archivo Central Histórico, Universidad Nacional de Colombia.

de haber realizado una formación investigativa en la Universidad Lomonósov (Moscú), entre 1964 y 1969. En la Escuela de Química de la Universidad Central de Venezuela continuará sus labores académicas hasta 1977, año en que alcanza su jubilación. En 1980, como lo indican López y Ranaudo, la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela otorgó a Dora Türk Molano el mérito de profesor honorario. Türk Molano falleció en enero de 1999, en la isla de Margarita, Venezuela.

La vida de la profesora Dora Türk es apenas el inicio de un nuevo capítulo por explorar, una puerta que queda abierta en la búsqueda por comprender el significado de ser mujer científica en la Colombia a mediados del siglo xx. Lo iniciado aquí es apenas una tarea limitada e inconclusa, sin embargo, se configura en una invitación a continuar interrogando la historia de la química colombiana, labor con un fructífero camino por delante, que aún hoy se debe construir.

“SOBRE LA CAFEÍNA” Y LOS ESTUDIOS PIONEROS EN EL CAMPO DE LA QUÍMICA EN COLOMBIA

Como se señala en el primer apartado, la química se establece institucionalmente en Colombia durante el período de la República Liberal (1930-1946), con el firme propósito de configurar la industria nacional. Estos procesos dinámicos y multidimensionales (económicos, industriales y científicos) se realizan a lo largo del estadio de vocación industrial (1938-1948) que han definido Cubillos, Poveda y Villaveces (1993) y que, como hemos visto, encuentran eco en la propuesta de Vessuri (1994). En este sentido, el trabajo de tesis doctoral de Dora Türk Molano “Sobre la cafeína” –que como se ha mencionado es uno de los primeros formalmente desarrollados en el campo de la química en Colombia– se inscribe, en términos kuhniianos, en el paradigma que se establece en el segundo estadio, el desarrollo de la química industrial.

Procederemos entonces en la etapa final de este trabajo, y de manera introductoria, a brindar algunos elementos para aproximarse a la tesis “Sobre la cafeína”, y con ello a reconocer las contribuciones científicas de Dora Türk a la institucionalización del campo de la química en Colombia.

En primer lugar, vale la pena destacar que a la tesis “Sobre la cafeína” le fue otorgada Mención Honorífica, según consta en Acta N° 4 del 28 de noviembre de 1946. Asimismo, destaca que en el marco del XVI Congreso Nacional de Cafeteros se le haya otorgado un reconocimiento público a Dora Türk por el trabajo de tesis realizado y un premio por \$500, con el

fin de continuar con las investigaciones sobre estos temas, de interés muy particular para esta asociación gremial. En comunicación del 29 de noviembre de 1946, el Secretario del Congreso, Mario Anibal Melo, señalaba:

El XVI Congreso Cafetero felicita efusivamente a la señorita Dora Türk Molano por su importante trabajo de tesis Sobre la Cafeína y su recuperación en los productos subsidiarios del café... demostrando con ello una vez más, que las profesiones en otrora época inalcanzables para la mujer, constituyen ahora una meta hacia la cual se dirigen con confianza las nuevas generaciones femeninas.^[9]

Estos elementos dan cuenta de la importancia del tema sobre el que versó la tesis de doctorado de la primera mujer doctora en química del país, particularmente teniendo en cuenta que, para el momento, el café se constituía en el principal producto de exportación nacional y se asistía a una bonanza cafetera. Por ende, las investigaciones de este nuevo campo científico que se consolidaba en el país serían muy bien percibidas como medio para potenciar esta industria.

Veamos la estructura del documento de tesis.

“Capítulo I. Breve resumen histórico sobre la cafeína.” En este primer apartado se realiza una aproximación a la historia del café y el té, y por supuesto, a los procesos de configuración de la materialidad discursiva de la sustancia denominada cafeína a lo largo del siglo XIX.

“Capítulo II. Resumen de los productos naturales donde se encuentra la cafeína.” A lo largo de este capítulo un argumento central en la tesis de Dora Türk se comienza a configurar: la concentración de cafeína que se encuentra en el té (2%) es superior a la del café (1,0-1,85%). Sin embargo, los materiales derivados del procesamiento industrial del té (una industria naciente en aquella época en el país), eran totalmente desaprovechados, razón por la cual se esforzará en desarrollar un proceso químico-industrial que permita extraer este alcaloide de los residuos industriales de la planta de té.

“Capítulo III. Productos y caminos posibles que permiten sintetizar o aislar la cafeína.” Aquí Dora Türk realiza un abordaje muy importante en relación con el aprovechamiento de los residuos del procesamiento del café, que se convierten en insumos importantes para la extracción de cafeína, particularmente del hollín (producto de tostación del café) y el pergamino de los granos. Así mismo, se indica que, de las podas de la planta de té, solamente son aprovechadas las hojas más jóvenes, mientras que las hojas más

[9] XVI Congreso Nacional de Cafeteros, acta N° 4 del 28 de noviembre de 1946.

grandes son desechadas sin un útil aprovechamiento por parte de los agricultores. Como veremos más adelante, los aspectos novedosos de la tesis, y las aportaciones que genera Dora Türk Molano a la química colombiana, es el aprovechamiento de estas materias primas en procesos industriales con potenciales beneficios para la economía nacional.

“Capítulo iv. Propiedades físicas y químicas de la cafeína.” A lo largo de este capítulo, se adelanta una revisión acuciosa en relación con las propiedades físico-químicas de la cafeína, lo cual resultará crucial en la parte final de la obra en tanto que, de la comprensión de dichas propiedades, depende en gran medida la propuesta de planta de extracción de cafeína que se propone como innovación industrial para el aprovechamiento de estas materias primas.

“Capítulo v. Reacciones analíticas de la cafeína.” Este apartado de la tesis contempla una amplia revisión bibliográfica que da cuenta de la diversidad de reacciones de color que experimenta la cafeína, y que permiten no solo su identificación sino también su cuantificación. También, se abordan métodos experimentales específicos que permiten diferenciar la cafeína de otros alcaloides tales como la teofilina y la teobromina.

“Capítulo vi. Determinación cuantitativa de la cafeína.” Luego de realizar un ejercicio de revisión de literatura a partir de los cuales se fundamentan los capítulos anteriores, en la siguiente parte del documento, comenzando en este capítulo, aborda los procedimientos experimentales aplicados y las mejoras de estos teniendo en cuenta las condiciones particulares de experimentación en ese momento de la Facultad de Química de la Universidad Nacional. De sus pruebas, Dora Türk concluye en este apartado que la mayor parte de los métodos de precipitación propuestos en la literatura no son rutas totalmente adecuadas para determinar cafeína, en tanto que las materias primas con las que se trabajan (hojas de café y té, hollín y pergamino) resultan de compleja manipulación y además presentan bajos rendimientos para su aprovechamiento en proyectos industriales.

“Capítulo vii. Estudio de los productos residuales del café para su aprovechamiento en la obtención de la cafeína.” Aplicando los métodos corregidos que indagó en el capítulo anterior, Dora Türk documenta las extracciones realizadas empleando las materias primas que son generadas de los productos de desechos antes mencionados. Así, encuentra que las hojas de té y, muy especialmente, el hollín de las tostadoras podrían emplearse a escala industrial para la extracción de cafeína, no así el pergamino debido a su bajo porcentaje de cafeína, el cual, sin embargo, en disponibilidad de cantidades elevadas de materia prima (como es el caso en la industria del café en Colombia), podría ser considerado.

“Capítulo VIII. Estudio de los residuos del té colombiano como posible fuente de cafeína.” En este capítulo se aborda un análisis para el beneficio de las hojas de té en la producción de cafeína. Así, se indica que el té en la década de 1940 en Colombia constituía un esfuerzo agropecuario muy localizado y aún en proceso de maduración en el territorio nacional. Lo anterior conlleva que el té, en comparación con el café, fuese un cultivo más costoso, máxime cuando de este se desaprovechaban importantes materias primas que son tratadas como residuos sin consideración de su potencial uso y aprovechamiento industrial. Dado que en las hojas de té en promedio se tiene un contenido de 3,8%, este se convertía para Dora Türk en una fuente valiosa para potenciar una industria de extracción de cafeína a partir de materias primas derivadas de procesos agrícolas locales, lo que a futuro permitiría la conformación de una industria farmacéutica para la síntesis de medicamentos derivados de la cafeína.

“Capítulo IX. Anteproyecto de una planta para la extracción de cafeína.” Finalmente, en el último capítulo de la tesis se detalla un proceso industrial para el beneficio de las hojas de café y té con miras a la producción a escala industrial de cafeína, que contempla, en términos generales: secado de las hojas y molienda, extracción, defecación y carbonatación, concentración, extracción y finalmente purificación de la cafeína. Para cada uno de estos procesos, se describen con sumo detalle los procesos que se deben llevar a cabo, partiendo de las condiciones experimentales del laboratorio de trabajo, que conllevan la aplicación no solo del aparataje conceptual revisado en los primeros capítulos de la tesis, sino además de los resultados de los ensayos realizados a las materias primas a escala de laboratorio.

De otra parte, para el aprovechamiento de los residuos de los tostadores, hollín principalmente, la autora propone cinco etapas: extracción con agua, primera cristalización y purificación de la cafeína, concentración y tratamiento de las aguas madres, extracción con disolvente de la cafeína de los residuos y, finalmente, purificación de la cafeína por extracción. El diseño presentado por Dora Türk permite no solo la extracción de cafeína a partir de los insumos ya descritos, sino también la extracción de otros alcaloides importantes como la treobomina y quinina, el primero a partir de la cáscara de cacao y el segundo a partir de la cinchona.

CONCLUSIONES

Lejos de asumir la institucionalización de una disciplina científica como un proceso objetivo, neutral y ahistórico, la historia social de la ciencia nos

muestra que, en lugar de ello, este se configura como un campo en disputa en los que se conjugan diversos actores, intereses y políticas. La historia ortodoxa de ese proceso también configura mitos originarios en los que se legitiman unos actores y se invisibilizan otros. En el caso de la historia de la química colombiana, a la sombra de los padres fundadores, se han olvidado y silenciado las aportaciones y contribuciones realizadas por Dora Türk Molano al campo de la química. Reconocer sus contribuciones constituye un paso hacia adelante para, desde puntos de vista marginales y por tanto privilegiados (Harding, 1986), posibilitar comprensiones sobre la naturaleza contingente de las ciencias y las historias que sobre ellas se construyen (Kragh, 2007). Un fructífero campo para ensamblar los casos de mujeres científicas en la química colombiana conocidos y menos reconocidos está por delante. Este modesto trabajo ha pretendido brindar algunos elementos de tensión y abrir algunas vetas analíticas que puedan ser abordados en estadios futuros de esta u otras investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango, L. G. (2011), “A la sombra de los padres fundadores de la sociología”, en L. G. Arango y V. Mara (eds.), *El género: una categoría útil para las ciencias sociales*, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, pp. 17-46.
- Becerra, D., y O. Restrepo (1993), “Las ciencias en Colombia: 1783-1990. Una perspectiva historico-sociologica”, *Revista Colombiana de Educación*, N° 26, pp. 31-95.
- Cohen, L. (2001), *Colombianas en la vanguardia*, Medellín, Universidad de Antioquia.
- Cubillos, G. (2006), “Departamento de química, gestor de las ciencias químicas en Colombia”, en Cubillos, G. (ed.), *Facultad de Ciencias: fundación y consolidación de comunidades científicas*, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, pp. 257-306.
- (2011), “Las primeras”, *Innovación y Ciencia*, vol 18, N° 3, pp 8-23.
- , F. M. Poveda y J. L. Villaveces (1993), “Notas para una historia social de la química en Colombia”, en Vasco, C. E., D. Obregón y L. E. Osorio (eds.), *Historia social de la ciencia en Colombia*, Bogotá, Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas, pp. 185-303.
- Díaz Piedrahita, S., y M. M. de Mesa (2010), *Una etapa en el desarrollo de la química en Colombia. Vida y obra de Rafael Zerda Bayón*, Bogotá, Academia Colombiana de Ciencia Exactas, Físicas y Naturales.

- Fox, M. F. (1995), "Women and scientific careers", en Jasanoff, S. *et al.* (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Thousands Oaks, Londres y Nueva Delhi, Sage Publications, pp. 205-223.
- Gutiérrez, A. (1992), "50 años de la química en Colombia", *Revista Colombiana de Química*, vol. 21, N° 1-2, pp. 1-6.
- Harding, S. (1986), *The science question in feminism*, Londres, Cornell University Press.
- Kragh, H. (2007), *Introducción a la historia de la ciencia*, Barcelona, Crítica.
- Latour, B. (1987), *Science in action. How to follow scientist and engineers through society*, Cambridge, Harvard University Press.
- López, L. y M. A. Ranaudo (2016), *Mujeres en ciencia: venezuela sus historias inspiradoras*, Caracas, Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales.
- Morales-Pérez, R. W. (2017), *Participación y contribución de mujeres científicas al campo de la química colombiana: el caso del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia (1939-1999)*, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia.
- Nieto-Galán, A. (2004), "Free radicals in the European periphery: translating organic chemistry from Zurich to Barcelona in the early twentieth century", *The British Journal for the History of Science*, vol. 37, N° 2, pp. 167-191.
- Obregón, D. (1995), "Historiografía de la ciencia en Colombia", en Tovar Zambrano, B. (ed.), *La historia al final del milenio. Ensayos de historiografía colombiana y latinoamericana*, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, vol. 2, pp. 539-618.
- Osorio, R. (1985), *Historia de la Química en Colombia*, Bogotá, Instituto de Cultura Hispánica.
- Parra, L. (2008), "Breve recuento histórico de las mujeres colombianas en la ciencia y la ingeniería", *Antropología Social*, N° 10, pp. 155-166.
- Pérez, E., y Gómez, A. (2008), "Igualdad y equidad en ciencia y tecnología en Iberoamérica", *ARBOR Ciencia, Pensamiento y Cultura*, vol. 184, N° 733, pp. 785-790.
- Poveda, A. *et al.* (1989), *Desarrollo e inserción social de la química y bioquímica en Colombia. Estado actual y perspectivas*, Bogotá, Misión de Ciencia y Tecnología.
- Restrepo, O. (1991), "Sociedades de naturalistas. La ciencia decimonónica en Colombia", *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias, Exactas, Físicas y Naturales*, N° 68, pp. 53-64.
- (1996), "De efemérides y tradiciones. La historia de la ciencia en la *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*,

- 1936-1995”, *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, vol. 20, N° 77, pp. 269-280.
- (1998), “En busca del orden: Ciencia y poder en Colombia”, *Asclepio*, vol. 50, N° 2, pp. 33-75.
- (2000), “La sociología del conocimiento científico o de cómo huir de la ‘recepción’ y salir de la ‘periferia’”, en Obregón, D. (ed.), *Culturas científicas y saberes locales*, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, pp. 197-220.
- Runge-Peña, A. (2016), “La conformación disparatada del campo disciplinar y profesional de la pedagogía: entre disciplinarización y profesionalización”, en Martínez-Boom, A., A. Ruíz-Silva y G. Vargas-Guillén (eds.), *Epistemología de la pedagogía*, Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional.
- Silva, R. (2011), *Política y saber en los años cuarenta. El caso del químico español A. García Banús en la Universidad Nacional*, Bogotá, Universidad de Los Andes.
- Sismondo, S. (2010), *An introduction to science and technology studies*, Oxford, Wiley-Blackwell.
- Vessuri, H. (1994), “La ciencia académica en América Latina en el siglo xx”. *Redes. Revista de Estudios Sociales de La Ciencia*, vol. 1, N° 2, pp. 41-76.
- (2007), “O inventamos o erramos”. *La ciencia como idea-fuerza en América Latina*, Bernal, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.
- Wajcman, J. (1995), “Feminist theories of technology”, en Jasanoff, S. *et al.* (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Thousands Oaks, Londres y Nueva Delhi, Sage Publications, pp. 189-204.
- Weinberg, G. (1996), “La ciencia y la idea de progreso en América Latina, 1860-1930”, en Saldaña, J. J. (ed.), *Historia social de las ciencias en América Latina*, México, Coordinación de la Investigación Científica, pp. 349-436.

MARCELINO GARCÍA JUNCO Y LOS PRIMEROS TEXTOS DE QUÍMICA ORGÁNICA EN MÉXICO

Felipe León Olivares /
Julio César González Hernández***

RESUMEN

El presente trabajo tiene el propósito de describir y analizar la trayectoria académica del ingeniero químico Marcelino García Junco y Payan (1902-1964), quien fue profesor de Química orgánica en la Escuela Nacional de Ciencias Químicas (ENCQ), hoy Facultad de Química (FQ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). La investigación, en particular, pretende resaltar su contribución a la enseñanza de la Química orgánica a través de sus cátedras y libros de texto. El estudio se llevó a cabo desde una perspectiva histórica que tiene como contexto la ENCQ entre 1920 y 1956 y su vínculo con la industria de los esteroides; se realizó a través de la consulta de fuentes documentales del Archivo Histórico de la UNAM, en especial el Fondo Escuela Nacional de Ciencias Químicas y la Sección de Expedientes de alumnos y académicos. También se realizaron entrevistas con familiares del ilustre químico mexicano.

PALABRAS CLAVE: FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS – MARCELINO GARCÍA JUNCO
– HISTORIA DE LA QUÍMICA EN MÉXICO – QUÍMICA ORGÁNICA

* Escuela Nacional Preparatoria de la Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: <felipeleon@unam.mx>.

** Maestría en Educación Media Superior, Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. Correo electrónico: <jcesgoh@gmail.com>.

INTRODUCCIÓN

Este ensayo tiene el propósito de analizar la trayectoria académica del ingeniero químico Marcelino García Junco y Payan (1897-1969), quien fue profesor de Química orgánica en la Escuela Nacional de Ciencias Químicas (ENCQ), hoy Facultad de Química (FQ) de la UNAM. Así como su contribución a la enseñanza de la química orgánica en la ENCQ a través de sus cátedras y libros de texto. Marcelino García Junco forma parte del grupo generacional de estudiantes que participaron en el Programa de Becarios de la Facultad de Ciencias Químicas, entre 1921 y 1925 (León, 2018). En este programa algunos estudiantes realizaron estudios en Alemania, Inglaterra y Francia, entre los que destacan Fernando Orozco, Marcelino García Junco, Fernando González, Teófilo García Sancho, Francisco Díaz, entre otros. Este grupo generacional de 27 estudiantes ha sido poco estudiado, a pesar de haber contribuido a la institucionalización de la enseñanza e investigación química en México (Garritz, 2007; Garritz *et al.*, 2015). En este contexto, como lo señala Luchilo (2006), la movilidad internacional de estudiantes universitarios es una de las principales alternativas para la formación profesional de los químicos en México y, por lo tanto, un factor relevante en el proceso de difusión de la ciencia en México. La movilidad internacional de estudiantes de educación superior ha permitido mejorar su formación académica y su visión cultural (Corbella, 2018). Los viajes científicos han sido un medio de difusión del conocimiento científico de los países desarrollados a los países de la periferia (Simões *et al.*, 2003: 1).

Analizar este grupo de becarios desde la perspectiva de grupo generacional (González, 1984), implica reflexionar sobre la movilización de un grupo, la difusión de la ciencia, el asociacionismo, el grupo de poder, el vínculo con la industria, entre otros aspectos (Curiel, 2001). Desde esta perspectiva, el estudio está centrado en la trayectoria académica de García Junco porque, en cierto sentido, existe una estrecha vinculación con el proceso de institucionalización de la enseñanza de la Química y la construcción del perfil profesional de las carreras de Química en México, así como su vinculación con la industria de los esteroides.

LOS PRIMEROS AÑOS EN VILLAHERMOSA

Marcelino García Junco y Payan nació en San Juan Bautista Villahermosa (hoy Villahermosa), Tabasco, en 1897. Sus padres fueron Francisco García Junco Ruiz (1867-1928), quien nació en Sevilla, España, y Débora Payan

Figura 1. Marcelino García Junco, a su llegada a la Facultad de Ciencias Químicas, en la Ciudad de México, 1918



Fuente: AGFQ. UNAM, sin clasificar.

Burelo (1870-1967) de Comalcalco, Tabasco. Ambos se dedicaron a atender una hostería y una licorería. Marcelino fue el segundo de nueve hermanos. Sus estudios de educación primaria los realizó en el Instituto Hidalgo de su pueblo natal entre 1904 y 1910, así como los estudios preparatorios en el Instituto “Juárez” de Tabasco entre 1911 y 1916. El Instituto “Juárez” impartió educación superior y una de las carreras profesionales era Farmacia. Así fue que Marcelino García Junco cursó los dos primeros años de Farmacia entre 1916 y 1917. Las asignaturas del primer año fueron Química general (mineral y orgánica), Historia de las drogas, Primer curso de Farmacia y Práctica en una Botica. Para el segundo año fueron Análisis Químico, Segundo curso de Farmacia, Química biológica, Farmacia galénica, Nociones de bacteriología. El interés de trabajar para ayudar a su familia lo hizo trasladarse a la Ciudad de México en 1918 (figura 1). Al llegar a la ciudad de México se incorporó como ayudante estudiante de farmacia en la inspección de comestibles de la Secretaría de Salubridad, del gobierno de México, en septiembre de 1919. Sin embargo, su inquietud por terminar sus estudios de Farmacia lo hace ingresar a la recién fundada Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de México.^[1]

[1] AHUNAM, expediente alumno núm. 750.

EL INGRESO A LA FACULTAD

La Escuela Nacional de Industrias Químicas (ENIQ), hoy Facultad de Química de la UNAM, se fundó en 1915 durante el gobierno constitucionalista a través de la Dirección General de Enseñanza Técnica, dependencia de la Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes (SIPBA). Su objetivo fue impulsar y desarrollar la industria nacional con la difusión de conocimientos teóricos y prácticos relacionados con la Química.^[2] En estos años la sociedad mexicana vivía el proceso de construcción del nuevo orden social surgido de la Revolución Mexicana (Ulloa, 1979).

Los inicios de la ENIQ fueron de estructuración académica y material. Durante el primer año se ofrecieron las carreras de Químico industrial, Peritos químicos en la Industria y Prácticos en la industria. Los estudiantes que ingresaron solo presentaron su constancia de haber cursado la educación primaria superior. Al promulgarse la Constitución de 1917, el gobierno suprimió la Secretaría de Instrucción Pública y en la nueva Ley de Secretarías de Estado estableció un Departamento Universitario y de Bellas Artes que dependerían del Ejecutivo. El nuevo organismo estaría integrado por las escuelas de Jurisprudencia, Medicina, Ingeniería y la ENIQ. En este año, la escuela, bajo la dirección del ingeniero químico Juan Salvador Agraz,^[3] se incorporó a la Universidad y, posteriormente, pasó a ser la Facultad de Ciencias Químicas (FCQ). En este momento se suprimieron las carreras anteriores. La FCQ propuso la carrera de Ingeniero químico y el grado de Doctor en Química. Los requisitos de los estudiantes para ingresar fueron acreditar las materias de los estudios de bachillerato que impartía la Escuela Nacional Preparatoria (ENP).^[4]

[2] *Boletín de Educación* (1915), t. 1, N° 2, México, p. 2.

[3] Juan Salvador Agraz se graduó en el Institut de Chimie Applique de la Universidad de París, Francia, en 1903. Posteriormente ingresó a la Universidad de Berlín, Alemania, donde se graduó como Doctor en Filosofía, en la especialidad de Química, en 1905, con el estudio "Determinación de pesos moleculares por tonometría". A su regreso a México, ocupó la cátedra de Química en la Escuela Nacional Preparatoria. También fue nombrado Químico en Jefe del Instituto Geológico Nacional e impartió la cátedra de Filosofía Química en la Escuela Nacional de Altos Estudios de la Universidad Nacional (Agraz, 2001).

[4] La Escuela Nacional Preparatoria es una institución que imparte estudios de Educación Media Superior en México. Desde sus orígenes, en 1867, fue la responsable de regular los estudios preparatorios para ingresar a los estudios profesionales. En 1910, al refundarse la Universidad Nacional de México, se incorporó a esta y fue fundamental para consolidar el proyecto de Universidad Nacional (Marsiske, 2001). Actualmente, la Escuela Nacional Preparatoria y el Colegio de Ciencias y Humanidades son las institucio-

A pesar de los disturbios políticos de la época, los estudiantes de provincia que habían estudiado en los institutos científicos y literarios solicitaban su pase a la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) o cursar algunas materias en la FCQ para revalidar sus estudios e ingresar a la Universidad. Por ejemplo, Marcelino García Junco llegó del Instituto Científico y Literario del Estado de Tabasco o Teófilo García Sancho, quien estudió en la Escuela Preparatoria de Jalisco.^[5] También hubo estudiantes como Fernando Orozco, quien nació en Durango, pero realizó su preparatoria en la ENP.^[6] Los alumnos provincianos revalidaban sus estudios en la ENP para obtener su pase de estudios preparatorios a la Facultad.

Los problemas más notorios de la Facultad, desde su fundación, fueron la falta de personal docente y el cambio constante de sus planes de estudio. En mayo 1918, la Sociedad de Alumnos solicitó la renuncia del director y del secretario general del plantel al rector de la Universidad, sin embargo, solo logró la renuncia del segundo y que en su lugar quedara el alumno Marcelino García Junco de recién ingreso en la carrera de Ingeniero Químico. También, lograron que el alumno de cuarto año de Químico industrial Manuel González de la Vega ocupara la cátedra de Química de los metaloides. La falta de profesor fue una constante en estos años, al grado de que algunos estudiantes se ofrecían para colaborar sin cobrar un salario, como fue el caso de García Junco, quien se incorporó como Químico Primer Ayudante de Laboratorio Experimental en sustitución del profesor Manuel González de la Vega, quien había renunciado, en abril de 1918.^[7] La Sociedad de Alumnos de la Facultad de Ciencias Químicas, bajo la dirección de Praxedis de la Peña, informaba que Marcelino García Junco y Fernando Orozco serían los representantes para asistir al Congreso Universitario (De la Peña, 1918).

A pesar de la situación, el director Juan Salvador Agraz planeó los festejos del segundo aniversario de la Facultad. De esta manera, convocó a un concurso científico en septiembre de 1918, que tuvo como tema la influencia del estudio de la química, pura y aplicada, sobre el desarrollo cultural de México. Los trabajos se presentaron bajo los pseudónimos “Deu Juvantes”, “Fósforo”, “Nitrógeno” y “Polux”.

■
nes que imparten la educación media superior en México, como parte de la infraestructura educativa de la UNAM.

[5] AHUNAM, expediente alumno núm. 45.807.

[6] AHUNAM, expediente alumno núm. 45.652.

[7] AHUNAM, expediente alumno Marcelino García Junco, núm. 750.

El jurado dio lectura a los trabajos y decidió que el ganador fue el de “Deu Juvantes”, al abrir el sobre ganador se descubrió que el trabajo correspondía a Marcelino García Junco, quien había elaborado una reseña histórica de la química, con algunos ejemplos sobre las aportaciones de la química en diferentes etapas de las civilizaciones antiguas. Al final del ensayo, enfatizó que para “el desarrollo cultural de un país primero hay que crear el cuerpo de instructores que ha de propagar la ciencia o arte que se trate de implantar y no se puede encontrar otra ciencia que tenga más alcance ni sea más necesaria que la química”.^[8]

Entre 1918 y 1920 García Junco cursó las siguientes materias: Matemáticas superiores, Geometría descriptiva y estereotomía, Topografía y dibujo topográfico, Primer curso de Alemán, Segundo curso de Química general (metales), Tercer curso de Química general (Primero de orgánica), Análisis químico cualitativo y cuantitativo, Tecnología Química inorgánica, Cuarto curso de Química general (Segundo de orgánica), Mineralogía y geología, Tecnología química orgánica, Análisis industrial. Asignaturas de la carrera de Químico técnico.^[9]

Para abril de 1919, el director fundador, el ingeniero químico Juan Salvador Agraz, renunció y lo sustituyó el farmacéutico Adolfo P. Castañares (1880-1919), dando inicio a la etapa de los farmacéuticos de la ENP. De inmediato, hubo cambios en los planes de estudio. Así, la FCQ ofrecía la carrera de Químico farmacéutico, y la de Ingeniero químico cambió a Químico técnico y desapareció la de doctor en Química. Posteriormente, al morir Castañares su lugar lo ocupó el farmacéutico Francisco Lisci, desde agosto de 1919 hasta junio de 1920. Posteriormente, la dirección la ocupó Roberto Medellín (1881-1941)^[10] (Vasconcelos, 1920). Medellín, que de inmediato realizó cambios sustanciosos en los planes de estudio. Para 1920 las carreras que impartía la Facultad eran Químico farmacéutico, Químico técnico y Químico ensayador (García, 1985). En esta época las cátedras de Análisis orgánica elemental la impartía Francisco Lisci; Química orgánica con prácticas Julián Sierra, entre otras.

[8] AGFQ. Fondo Javier Padilla, sin clasificar, 1918.

[9] AHUNAM, expediente alumno Marcelino García Junco, núm. 750, p. 27.

[10] Roberto Medellín Ostos (1881-1941). Farmacéutico egresado de la Escuela Nacional de Medicina. Fue catedrático en la Escuela Nacional Preparatoria y en la Facultad de Ciencias Químicas de la UNAM. Durante su trayectoria académica ocupó varios puestos, entre los que destacan: Director de la Facultad de Ciencias Químicas, Rector de la Universidad Nacional de México, Director general del Instituto Politécnico Nacional, entre otros. Archivo General de la Facultad de Química-UNAM (AGFQ-UNAM).

Sin embargo, al fundarse la Secretaría de Educación Pública (SEP), bajo la dirección de José Vasconcelos, solicitó los servicios de Roberto Medellín en la SEP y será este último quien generó el Programa de Becarios para enviar estudiantes de la FCQ a realizar estudios en Europa, en 1921.

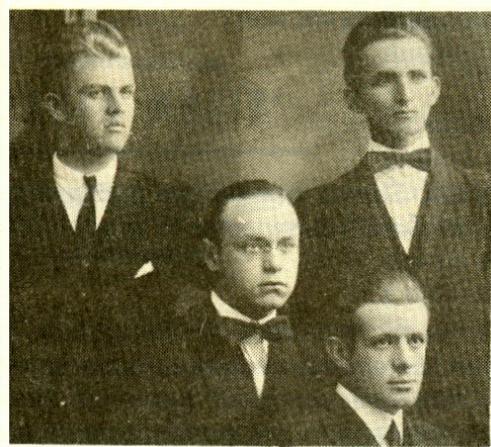
EL PROGRAMA DE BECARIOS

El Programa de Becarios de la FCQ se gestó a iniciativa de la Sociedad Mexicana-Americana de Intercambio Escolar, con el apoyo de la Dirección de Enseñanza Técnica, Industrial y Comercial, de la recién fundada Secretaría de Educación Pública, en 1921. La Universidad, por su parte, tuvo un Departamento de Intercambio Universitario, cuyos objetivos eran mantener relaciones con instituciones similares de países extranjeros tanto de América como de Europa. El Programa tuvo como objetivo central formar recursos humanos para atender la falta de profesores en la FCQ, así como desarrollar la incipiente industria química en el país. Julián Sierra (1872-1924), quien había ocupado la dirección de la FCQ en lugar de Medellín, seleccionó un grupo de 27 estudiantes que se incorporaron al Programa de Becarios.

Los estudiantes, empezaron a salir hacia Europa desde 1922 hasta 1923. Algunos de ellos fueron Teófilo García Sancho, Marcelino García Junco, Luis de la Borbolla, Enrique Sosa Granados, Alfonso Romero, A. Agustín Solache, Práxedis de la Peña, Fernando Orozco y Alberto Sellerier, entre otros (figura 2). Julián Sierra, director de la FCQ, les indicó a los estudiantes becarios que debieran de apropiarse de los conocimientos industriales desde la materia prima, el proceso, la mano de obra, los medios de comunicación y el capital, con el interés de desarrollar la industria en México y, además, que debieran formarse profesionalmente para resolver el déficit de profesores en la Universidad. García Junco, por su parte, tuvo que suspender su labor docente al partir a Europa, él impartía las cátedras Química inorgánica y Química orgánica experimental.

En estos años la FCQ construyó nuevos edificios y los talleres industriales de cerámica, vidrio, hule, entre otros, mientras los estudiantes becarios se formaban en algunas universidades europeas. Uno de los estudiantes más exitosos en su formación en Europa fue Marcelino García Junco, quien estudio el doctorado en Filosofía en la especialidad de ciencias químicas en la Instituto Químico de la Universidad de Marburg, Alemania. Fernando Orozco, Marcelino García Junco y Práxedis de la Peña, durante sus vacaciones, elaboraron un libro de *Análisis químico* que pudiera servir en el futuro a los estudiantes mexicanos (León, 2018).

Figura 2. Alumnos de la Facultad de Ciencias Químicas, 1919



De izquierda a derecha: Teófilo García-Sancho, Marcelino García Junco, Alberto Sellerier y R. Illescas.
Fuente: Illescas, Cecilia (1991), *Rafael Illescas Frisbie: químico, mexicano, maestro y amigo*, México, Imprenta Venecia, p. 92.

Los estudiantes becarios mantuvieron comunicación con Julián Sierra, quien era director de la Facultad de Ciencias Químicas en esta época. García Junco, en su carta de octubre de 1921, le informaba que ya estaba inscrito y las materias que iba a cursar eran: Química orgánica general, Análisis cualitativo y Física general. Asimismo, envió los apuntes escritos del curso de Química orgánica impartido por el doctor V. Auwers. Al año siguiente, le informa que en la clase de Química anorgánica han tomado nota de las actividades experimentales. Julián Sierra, por su parte, contesta que procure visitar al mayor número de industrias y procure asimilar el industrialismo y energía de ese pueblo.

En otra carta a Julián Sierra, García Junco le informa que fue invitado por la Universidad a impartir una conferencia, y que fue felicitado por sus profesores alemanes por las calificaciones obtenidas en sus exámenes; además que ha construido un equipo para una síntesis orgánica y obtenido buenos resultados. Comenta que sus compañeros Orozco y De la Peña se han convertido en un par de investigadores incansables en el ámbito de la industria. García Junco logra concebir el desarrollo de la industria de la siguiente manera:

La industria en un país es una de las principales fuentes de bienestar. Las industrias que se relacionan con la Química, sin excepción se alimentan de

dos factores indispensables: la investigación abstracta de laboratorio y la aplicación de la enseñanza y es adquirida al terreno de la práctica. La Facultad de Ciencias Químicas, lleva su cometido en cuanto a la segunda condición, es decir, formar químicos, posteriormente éstos, desarrollaran la industria. [...] Hace un siglo los alemanes estudiaban química en París, hoy desde hace 40 años no hay pueblo sobre la tierra en química tan adelantado como los alemanes [...], aquí en Alemania leen en el Berichete. Pero nosotros nunca hemos hecho nada en química, nuestra industria es copia y desgraciadamente no de la mejor industria, que la buena industria ha sido importada del Rhin. Pues bien, trabajemos por remediar esa laguna. Siendo así que esta obra es precisamente la continuación del trabajo del maestro Medellín y Castañares.^[11]

Marcelino García Junco se casó en Alemania con la Química Berthel Rohde (1905-1972). Al llegar a México vivieron en la casa de La Adormidera en el centro de la ciudad.^[12]

Después de haber transcurrido cuatro años de haber iniciado el Programa de Becarios de la FCQ entre 1921 y 1925, llegó el momento para regresar y dar cuentas a la Facultad de Ciencias Químicas y a la SEP. Marcelino García Junco, por su parte, volvió a México con la idea de que sabía más que sus compañeros, aunque, debido a su temperamento, no se graduó en Alemania (Illescas, 1991: 11). Para los estudiantes que lograron graduarse en el extranjero la Universidad Nacional de México les revalidó sus estudios por los correspondientes en la Facultad de Química y Farmacia que fue de Ingeniería química a Fernando Orozco, Teófilo García, Alfonso Romero y Práxedes de la Peña.

DOCENCIA, ASOCIACIONISMO Y DIFUSIÓN DE LA QUÍMICA ORGÁNICA

Al transcurrir los primeros años de trabajo docente, los nuevos catedráticos fueron incorporando la nueva cultura científica adquirida en Europa. Por ejemplo, en 1925, le asignaron a Marcelino García Junco la clase de Química orgánica en la FCQ, y de manera inmediata editó el libro *Curso de Operatoria de Química Orgánica*. El texto está organizado en cinco capítulos: el primero dedicado al análisis elemental del carbono, hidrógeno,

[11] AHUNAM, expediente alumno Marcelino García Junco, núm. 750, p. 35.

[12] Entrevista al maestro David García Junco Machado, ciudad de México, julio de 2014.

oxígeno, nitrógeno, azufre y halógenos; el segundo, a los criterios de pureza, como el punto de fusión, de ebullición, tensión de vapor, densidad y la prueba de solubilidad; el tercero, a los métodos de purificación como la decoloración, cristalización, destilación, extracción y sublimación; el cuarto, a la preparación de sustancias como el yoduro de metilo, el fenol, la ftalimida y el índigo, entre otros. Finalmente, en el quinto capítulo, se explicaba el uso de algunos equipos para el análisis elemental cuantitativo de sustancias orgánicas, como fueron los aparatos desecadores de aire y oxígeno, de desprendimiento de gas carbónico, para almacenar gases como aire, oxígeno y dióxido de carbono, empleando potasa cáustica para este último. También se abordaba la determinación cuantitativa de carbono, hidrógeno, halógenos y azufre (García Junco, 1925) (figura 3). El texto lo dedicó a su profesor Juan Graham Casasús.^[13]

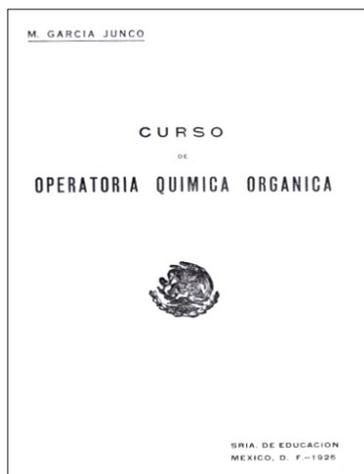
Para 1925, la Universidad aún dependía de la Secretaría de Educación Pública y la FCQ cambió de nombre por Facultad de Química y Farmacia (FQF) y Escuela Práctica de Industrias Químicas, bajo la dirección del farmacéutico Ricardo Caturegli. García-Junco, por su parte, también es contratado por la Escuela Nacional Preparatoria para impartir la cátedra de Química orgánica.

En esta época, el jefe de Clases de Química de la ENP era el farmacéutico Pedro de Lille;^[14] en colaboración con el profesor Marcelino García Junco diseñaron el Programa del Segundo Curso de Química orgánica para Médicos, Químicos y Farmacéuticos. Este programa lo pusieron en marcha en 1926. En particular, García Junco planeó su cátedra y editó el *Curso elemental de química orgánica. Tomo I*, en 1927, cuyos contenidos fueron: Composición de los compuestos orgánicos; Hidrocarburos saturados y no saturados; Halogenuros de radicales hidrocarbonados; Constitución de los alcoholes, éteres, thioalcoholes y thioéteres; Constitución de las aminas, fosfinas y arsinas; Constitución de los compuestos órgano-metálicos; Derivados de los ácidos por transformación del carboxilo; Sustancias que se forman por la sustitución del hidrógeno de la cadena hidrocarbonada unida al carboxilo de un ácido; Sustancias de

[13] Juan Graham Casasús nació en San Juan Bautista Villahermosa, Tabasco, México. Farmacéutico y médico egresado del Colegio Militar de la ciudad de México. Director del Instituto Juárez de Villahermosa. Toda su vida ejerció la medicina en Tabasco.

[14] Pedro de Lille Borja (1874-?) se graduó como Farmacéutico en la Escuela Nacional de Medicina en 1895. Su trabajo de tesis fue “Estudio sobre la raíz del *Physalis costomata*” (costomata)” (Ortiz, 2002: 265). Cursó materias aisladas en la Facultad de Filosofía y Letras para Graduados y en la Escuela Normal Superior. Impartió la cátedra de Química en la Escuela Nacional Preparatoria (AHUNAM, expediente de alumno 11 922).

Figura 3. Portada del libro Curso de Operatoria de Química Orgánica, de Marcelino García Junco, 1925

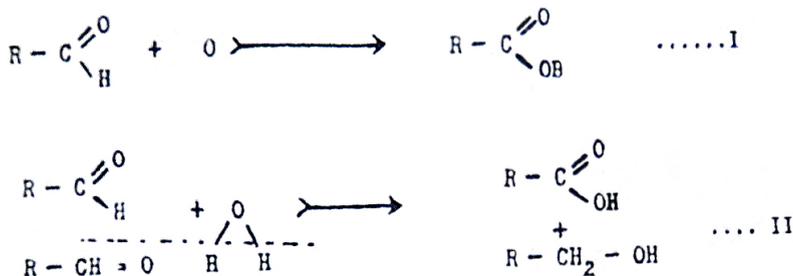


Fuente: García Junco (1925).

función alcohólica múltiple o alcoholes polivalentes; Hidratos de carbono; Éteres sacáridos o glucósidos; Producto de oxidación más avanzada de los alcoholes polivalentes; Compuestos derivados de la urea; Compuestos cianúricos; Interpretación química de algunos fenómenos biológicos de importancia (García Junco, 1927). A manera de ejemplo, en un apartado del capítulo vi “Productos de oxidación de los alcoholes: aldehídos, quetonas y ácidos”, García Junco explica la obtención de ácidos carboxílicos a partir de la “facilidad con que es capaz de oxidarse el hidrógeno del agrupamiento aldehídico transformándose en agrupamiento carboxilo que caracteriza a los ácidos carboxílicos (1), la oxidación puede verificarse a expensas de otras moléculas del mismo aldehído que se reduce, y entonces se obtiene una mezcla de alcohol y ácido (2), es la reacción de Cannizzaro”^[15] (figura 4).

[15] Stanislao Cannizzaro (1926-1910). Químico italiano que durante el Congreso de Karlsruhe insistió a sus colegas para que admitan la distinción entre átomo y molécula, hoy conocida como Hipótesis de Avogadro. Entre sus contribuciones se encuentra la reacción que lleva su nombre. Es una reacción química que consiste en la dismutación de un aldehído sin hidrógeno en alfa (no enolizable) catalizado por una base, para dar una mezcla de un alcohol y una sal de un ácido carboxílico (Morrison, 1998). García Junco no menciona que es medio básico.

Figura 4. Obtención de ácidos carboxílicos por el método de Cannizzaro



Fuente: García Junco (1927: 122).

En 1927, Ricardo Caturegli dejó la dirección de la Facultad en manos de Manuel Noriega, un farmacéutico egresado de la ENM. En esta época cesó todo apoyo a la Facultad y, con el paso de los años, los talleres fueron desapareciendo paulatinamente, debido a que dejaron de tener importancia y resultaban demasiado caros en una época en que el presupuesto de la Facultad era disminuido cada año. Las carreras que ofrecía la Facultad eran la de Químico, Ingeniería Química, Químico Farmacéutico y Químico Metalurgista.

En 1927 se creó la carrera de Químico, en la que se intentaba desarrollar un profesionista que se dedicara a la Química Industrial o al Control de Calidad, así nació una de las carreras de mayor importancia en la Universidad.^[16] Mientras tanto, los becarios se iban incorporando a la planta docente de la Facultad y participaban en la conformación de la Sociedad Química de México,^[17] que se habría refundado en 1926, bajo la dirección del farmacéutico Francisco Lisci, como presidente; químico técnico Ignacio Rentería, como secretario; farmacéutico Juan Manuel Noriega, como tesorero, y como vocales, los ingenieros químicos Alejandro Terreros y Rafael Illescas.

La Sociedad Química de México se planteó como objetivos:

[16] AHUNAM, Fondo Ciencias Químicas, caja 5, exp. 52, p. 1.

[17] La Sociedad Química de México se fundó en 1910; su primer presidente fue el farmacéutico Adolfo P. Castañares (1880-1919) y el vicepresidente Franz Hiti. Debido a los acontecimientos de la lucha armada de la Revolución Mexicana y el lento proceso de institucionalización de la enseñanza de la Química en la Universidad Nacional, hasta 1926 se conformó el asociacionismo profesional de los químicos en México.

Agrupar a todos los químicos mexicanos, para ayudarse mutuamente y velar por los intereses de la profesión. Ayudar al Gobierno y a las empresas particulares a tener personal idóneo. Proporcionar todas las facilidades a los socios para buscar trabajo. Colaborar con el Poder Público a fin de conseguir el más exacto cumplimiento de las disposiciones legales relativas al ejercicio científico de la profesión química en toda la República. Trabajar por la implantación de las reformas legislativas que tiendan a mejorar dicha profesión. Fundar una publicación como órgano de la Sociedad Química Mexicana, que se denominará *Revista Química*. Establecer un laboratorio para cubrir las necesidades de la Sociedad, que estará sujeta a una reglamentación interior, entre otros estatutos (García, 1927a: 33).

Marcelino García Junco asumió la dirección de la Sociedad Química de México (SQM), en marzo de 1927. Sus colaboradores fueron: Juan de Goribar, como Jefe de Redacción; Alberto Sellerier en la Sección de redacción y Carlos F. Ramírez, como Administrador. En este año García Junco publicó el artículo “Aplicación de la ultrafiltración al análisis cuantitativo” en la revista de la Sociedad, técnica empleada en química coloidal y que hoy en día se emplea en operaciones analíticas a las que se presenta en un precipitado de consistencia de jalea. También publicó el programa del curso de Química orgánica experimental (parte teórica) que se impartirá en la Facultad de Química y Farmacia en el año lectivo de 1928. El programa está dividido en tres secciones: cíclica, homocíclica y heterocíclica. Así como la parte práctica. Organizado en tres trimestres con 14 prácticas; entre las que destacan: éter de petróleo a partir de gasolina, extracción de colesterol del cerebro o de los cálculos biliares, preparación de la anilina, determinación de la magnitud molecular, entre otras prácticas (García Junco, 1927).

Los primeros años de vida de la SQM transcurrieron en un México en busca de estabilidad política después de la guerra cristera y en los que también se logró la autonomía universitaria. García Junco, por su parte, fue integrante del Consejo Universitario.

Entre las actividades de los profesionistas de la química a finales de la década de la década de 1920 fue la consultoría general a la incipiente industria con la fundación de laboratorios, entre los que destacan: Control Químico Agrícola e Industrial de Rafael Illescas; Laboratorio Químico de Francisco Ugalde, Laboratorio de Análisis Químicos, Clínicos y Bacteriológicos de Juan Manuel Noriega, entre otros. En esta etapa García Junco, escribió el libro *Análisis químico de orinas*, los temas que detalla son: Caracteres generales de la orina, Elementos fisiológicos y patológicos más importantes y examen microscópico. Texto dirigido a estudiantes e indus-

triales de Farmacia y Medicina (García Junco, 1928). Libro dedicado a su maestro el farmacéutico Ricardo Caturegli.

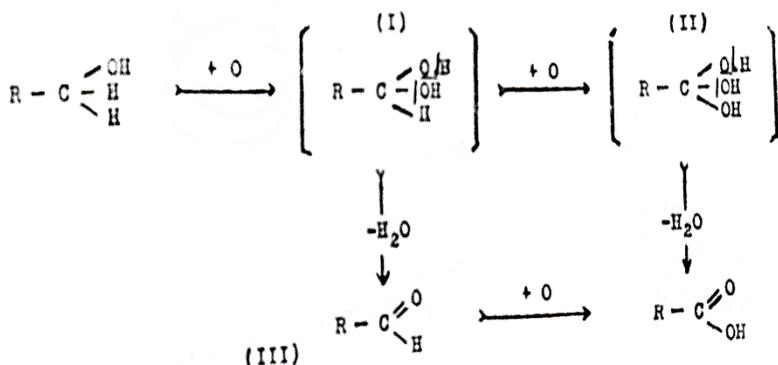
García Junco continuaba en la actualización de su *Tratado de Química Orgánica*, la segunda edición apareció en 1929. Esta edición consta de tres partes, integrada por 35 capítulos. En la segunda parte incluye los capítulos: Compuestos isocíclicos más sencillos, Estudio especial de las principales series de cicloparafinas, terpenos y alcanfores, ciclohexatrieno o benceno y derivados, derivados de los nitrocompuestos, compuestos aromáticos derivados por sustitución de hidrógenos en el núcleo aromático por oxhidrilos, compuestos isocíclicos con núcleos condensados, compuestos heterocíclicos con núcleos sencillos y condensados, materias colorantes, alcaloides, sustancias de constitución desconocida y de importancia fundamental en las reacciones químicas que se verifican en los organismo, y datos históricos referentes a la química (García Junco, 1929a). En el capítulo vi, sobre productos de oxidación de alcoholes, el autor explica que los alcoholes se comportan frente a los agentes oxidantes que no descomponen la molécula de manera diversa, aunque sean alcoholes primarios, secundarios o terciarios. Esto consiste en que la cantidad de hidrógeno que queda en los carbonos en que se encuentra insertado el oxhidrilo, es variable. En efecto, un alcohol primario conserva dos hidrógenos unidos al carbón en que esta insertado el oxhidrilo; un alcohol secundario conserva sólo uno y, por último, los alcoholes terciarios no conservan ninguno, como se puede ver en la figura 5.

En el *Tratado de Química Orgánica* de 1929, señala el autor que las nociones elementales están impresas en caracteres grandes y tratados con la extensión que exige el Programa de la Escuela Nacional Preparatoria, y los caracteres en pequeños están destinados para profundizar los contenidos para los estudiantes de las Facultades de Química o de Medicina de la Universidad Nacional. García Junco dedicó el libro al farmacéutico Roberto Medellín.^[18]

Marcelino García Junco mantenía su actividad como docente en la Escuela Nacional Preparatoria, en la Facultad de Química y Farmacia y en la Facultad de Filosofía y Letras en la cátedra de Química biológica. La Facultad de Química y Farmacia le otorgó la cátedra de Materias primas, en 1930. La Escuela Normal Superior, por su parte, le otorgó el nombra-

[18] Roberto Medellín Ostos (1881-1941). Nació en Tantoyuca, Veracruz, México. Estudió la carrera de Farmacia en la Escuela Nacional de Medicina, director de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional en 1920. Jefe del Departamento de Educación Técnica de la Secretaría de Educación Pública, Rector de la Universidad Nacional de México, 1932, entre otros cargos públicos (León, 2014).

Figura 5. Oxidación de alcoholes



Fuente: García Junco (1929: 147).

miento de profesor libre de técnico de la enseñanza de la química. También solicitó al rector en turno de la UNAM, licenciado Ignacio García Téllez, la revalidación de sus estudios realizados en la Universidad de Marburg, Alemania. La comisión que revisó el expediente de García Junco, encabezada por el director de la Facultad de Química y Farmacia, Roberto Medellín, consideró que el profesor, por haber terminado sus estudios de doctorado en la Universidad de Marburg, Alemania, y haber demostrado satisfactoriamente su labor docente por más de cinco años, así como, por haber publicado varias obras de su profesión, le otorgó el grado de Licenciado en Ciencias. En 1932, García Junco envió al Secretario General de la UNAM su trabajo de tesis para el examen de Doctor en Ciencias. Este le solicitó a García Junco que llevara a la Facultad de Filosofía y Letras las obras publicadas: libros, folletos, artículos para demostrar su competencia en la materia que imparte, como la indica el Reglamento de Grados que otorga la Universidad. Finalmente, hasta enero de 1933 se conformó la comisión académica para revisar la tesis de García Junco. La comisión estuvo integrada por el doctor Fernando Orozco, el farmacéutico Ricardo Caturegli y el químico técnico Rafael Illescas. El grupo académico indicó que para dictaminar la tesis primero era necesario solicitar literatura a Alemania en relación al tema de la tesis. En julio del mismo año, la comisión le informó al Secretario General de la UNAM que no han recibido la literatura de Alemania y, por lo tanto, se dictaminará en cuanto lleguen los materiales. En agosto, la comisión citó a García Junco para indicarle que ampliara la tesis y, nuevamente en septiembre de 1933, la comisión le informa al Secretario General de la UNAM que García Junco haría la ampliación de la tesis. En

dicho oficio García Junco escribe: “con esta fecha recojo un ejemplar de mi tesis que fue rechazada por el jurado, 30 de noviembre de 1933”.^[19]

En 1933 es profesor de Análisis Químico, y nuevamente, hay cartas de los alumnos dirigidas al director, donde explican que falta a sus clases, en algunos casos no firma la asistencia. En esta clase solicita la impresión de un folleto sobre nomenclatura química. En esta época nace su primer hijo, Juan Manuel García Junco Rohde, en 1929. Al año siguiente, Francisco García Junco Rohde y en 1932 Marcelino García Junco Rohde.

En 1935 la Escuela Nacional de Ciencias Químicas inauguró el aula Leopoldo Río de la Loza.^[20] La ceremonia la presidieron el Fernando Orozco, director de la ENCQ; Marcelino García Junco, catedrático de Química en la ENCQ; Héctor Mata, presidente de la Federación Nacional de Estudiantes; Amador Ugalde e Ignacio López, presidente y tesorero de la Sociedad Farmacéutica Mexicana, respectivamente, que obsequió un busto de Río de la Loza (Auias, 1935: 6). García Junco dedicó el libro al farmacéutico Roberto Medellín.

LA ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUÍMICAS

Al finalizar la década de 1930 se dieron varios acontecimientos relevantes en el ámbito político, económico y educativo. El primero fue la nacionalización de la industria petrolera, en 1938, época en que se vinculó la educación con la industria nacional; en segundo lugar, a la llegada de los exiliados españoles en 1939 a consecuencia de la derrota de la República española, el gobierno cardenista los recibió en la “La Casa de España” (Lida, 1990), con la finalidad de apoyar a los intelectuales españoles para que continuaran sus labores de investigación. Entre el grupo de exiliados se encontraban algunos investigadores químicos, entre ellos, Modesto Bargalló, José Giral, Francisco Giral, Ignacio Bolívar y Antonio Madinaveitia, así como otros científicos humanistas (Giral, 1994); a algunos de ellos, la Universidad, de manera generosa, los acogió en su seno. Es en estos años cuando el doc-

[19] AHUNAM, expediente alumno Marcelino García Junco, núm. 750, p. 44.

[20] Leopoldo Río de La Loza (1807-1876), nació en la Ciudad de México. Sus estudios profesionales de Cirujano los realizó en la Escuela Nacional de Medicina, en 1823; así como la carrera de Farmacia, en 1828, y la de médico en 1833. Impartió la cátedra de Química médica y Química analítica en la ENM, y Química general en la ENP, entre otras. Colaboró en la edición de las *Farmacopeas mexicanas*, y es autor del libro *Introducción al estudio de la Química* de 1862. En el campo de la investigación aisló y caracterizó el ácido pipitzahooico (Urbán, 2000). Este último es el primer producto natural aislado en América Latina.

tor Giral inició su colaboración con la ENCQ. García Junco, con su temperamento, debatió la enseñanza de los adelantos de la química orgánica, como fue el caso de los compuestos esteroidales.

En 1939 García Junco escribió *La dialéctica de la vida*. Los temas expuestos son: i) uniformidad sustancial cualitativa del Universo; ii) ideas pretéritas acerca de la estructura y composición de las sustancias; iii) surgen las formas actuales de la Química; iv) origen de los conceptos modernos acerca de la estructura de la materia; v) los modelos atómicos; vi) el estado coloidal y las moléculas gigantes; vii) el fenómeno de la vida; viii) la química de la célula viviente y la química de los químicos; ix) el problema de la plasmogénesis; x) el alma. Texto fue muy comentado por la comunidad en la Universidad (Muñoz, 2003).

Por su parte, Fernando Orozco dirigió la Escuela Nacional de Ciencias Químicas, entre 1935 a 1941. Orozco, becario formado en Alemania, pensaba que la enseñanza de la química no era el entrenamiento para desempeñar un oficio, sino una actividad de naturaleza intelectual basada en el método científico. Desmanteló los talleres de oficios y en su lugar construyó laboratorios de enseñanza científica. Modificó los planes de estudio y se formalizaron las carreras de Químico, Químico Farmacéutico Biólogo, Ingeniería Química y Ensayador Metalurgista. Con su sensibilidad, creó un ambiente universitario mediante el concurso de maestros que fortalecieron la vida académica de la Facultad. El período de 1935-1942 fue una época brillante, en el sentido de que marcó la consolidación de la Ingeniería Química como carrera profesional y el inicio de la etapa de la profesionalización de la enseñanza de la química en México (Padilla, 2001).

Mientras las grandes potencias se enfrentaban en la Segunda Guerra Mundial por el control económico y político en el mundo, Latinoamérica, en particular México, implantaba el modelo económico de sustitución de importaciones y de manera acelerada inició su proceso de industrialización. La ENCQ impartía en las carreras de Químico, Ingeniero Químico y Químico Farmacéutico las cátedras de Química Orgánica Acíclica y Química Orgánica Cíclica durante los primeros años de los años cuarenta del siglo XX. Los temas que se analizaban en la cátedra de Química Orgánica Acíclica eran: análisis cualitativo y cuantitativo elemental, diversos compuestos orgánicos como hidrocarburos saturados y no saturados, alcoholes, éteres, ésteres, cetonas, aminoácidos, lípidos, etc. Para la clase de Química Orgánica Cíclica, se estudiaban los compuestos isocíclicos, las cicloparafinas, terpenos y alcanforos, hidrocarburos bencénicos, entre otros temas. Las cátedras estaban acompañadas con actividades experimentales, el texto que se utilizó fue el *Tratado de Química Orgánica* de García Junco, de 1943, y

Química Orgánica, de Víctor V. Richter. Los profesores a cargo de las cátedras fueron Marcelino García Junco, Manuel Lombera, Alfonso Graf y Humberto Estrada, éste último ayudante de la cátedra.

El *Tratado de Química Orgánica* de García Junco, de 1943, se editó en dos tomos. El primero incluía cuatro unidades: Serie alifática o acíclica; Serie isocíclica u homocíclica; serie heterocíclica y Operatoria química orgánica. En segundo tomo incluía los compuestos homocíclicos. Entre los que destacan: Hidrocarburos homocíclico polimetilénicos; Compuestos mononucleares derivados del ciclo-propano, ciclobutano, ciclohexano; Terpenos y alcanforos; Cicloparafinas policíclicas; Estereoquímica de los compuestos mononucleares policíclicos, Ciclohexatrieno; Derivados de los hidrocarburos: bencénicos, nitrocompuestos y aminas aromáticas; Compuestos mononucleares policíclicos; Grupo del indeno; Naftaleno y derivados; Antraceno y derivados; Fenantreno, fluoreno y otros hidrocarburos mononucleares policíclicos. Por ejemplo, en el apartado del androstano explica que son sustancias que se han extraído de la orina de animales machos y de los testículos. Como característica tiene la de provocar la aparición de los caracteres sexuales antes de la pubertad. Algunas de ella son la androsterona, dehidro-androsterona y testosterona (figura 6).

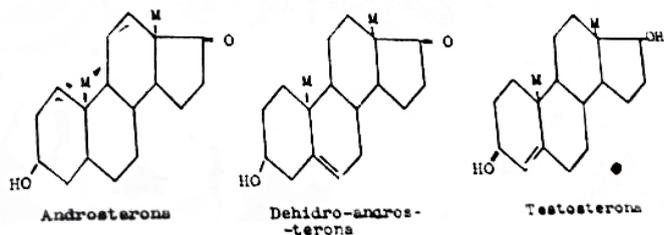
El texto se utilizó en los cursos de orgánica en la Escuela Nacional de Ciencias Químicas de la UNAM hasta finalizar la década de 1950. García Junco dejó de prestar sus servicios a la ENCQ de la UNAM en 1939.

Marcelino García Junco, en los primeros años de la década de cuarenta, fue Jefe de Investigación en los Laboratorios Hormona, y en la etapa de Syntex fue su consultor. Amparo Barba y sus compañeras le decían “El maestro” por su reconocimiento a su capacidad intelectual (figura 7). Sus familiares platican que de manera cotidiana se levantaba a las 6:00 am y se trasladaba al laboratorio de su casa en la Adormidera. El laboratorio tenía su biblioteca privada. Un día llegaron unas personas de Noruega a buscar a Marcelino García Junco, pero como su esposa era muy celosa, los corrió con malos modos. García Junco, al enterarse, se separó de ella.

GARCÍA JUNCO Y LA INDUSTRIA DE LOS ESTEROIDES

Después de la Primera Guerra Mundial, la industria farmacéutica empieza a desarrollarse aceleradamente en Europa y los Estados Unidos, y se expande por otras regiones. En México, empieza a manifestarse a principios de los años treinta. El ingreso de empresas farmacéuticas al mercado nacional mexicano se realiza en la forma de representaciones comerciales de produc-

Figura 6. Estructura de la androsterona, dehidro-androsterona y testosterona



Fuente: García Junco (1943, t. II).

Figura 7. Marcelino García Junco con el grupo de investigadoras en los Laboratorios Syntex, en 1954



Fuente: Archivo personal Amparo Barba Cisneros.

tos importados, que más tarde se terminan de constituir en filiales de las grandes empresas farmacéuticas. Su actividad consistía en realizar operaciones de mezcla, formulación y empaquetado de especialidades farmacéuticas a escala industrial. Algunas empresas de esta época son The Sydney Ross Co, SA, de 1929; Johnson & Johnson de México, SA, de 1931; los

Laboratorios Hormona y Chinoin Productos Farmacéuticos, SA, de 1933; Grupo Russel, SA, de 1933; los Abbott Laboratorios de México, SA, de 1934; y la Bayer de México, SA, de 1937 (De María y Campos, 1977).

Es importante hacer notar que existía la empresa Triarsán, filial de los Laboratorios Hormona; en esta época, los propietarios eran el licenciado Licio Lagos Terán, el doctor Federico A. Lehman y el profesor Marcelino García Junco; la empresa producía testosterona y progesterona, y gozaba de la exención de impuestos (Asociación Nacional de Fabricantes de Medicamentos, 2006: 18; Mancebo, 2004: 97). De las empresas nombradas solo Chinoin Productos Farmacéuticos, SA, fue de capital mexicano.

Los fundadores de Laboratorios Hormona fueron Emeric Somlo —húngaro de nacimiento, empresario, proveniente de la empresa Gedeon Richter, con estudios en derecho, llegó a México a finales de los años veinte— y Federico Lehmann —químico y médico alemán, que provenía de los departamentos opoterápico y farmacológico del Instituto Seroterápico de Dresden, Alemania, cuya llegada a México fue a finales de la década ya referida—. Somlo y Lehmann decidieron asociarse en 1932 y formar esa industria de productos farmacéuticos. Somlo aportaría el capital y Lehmann la parte técnica. Como lo denotaba su nombre, la línea de producción era fundamentalmente las hormonas, que entonces se obtenían por extracción de fuentes animales, aunque había varios grupos de químicos en Europa y Estados Unidos que, principalmente, intentaban producirlas por vía sintética.

Los Laboratorios Hormona estaban organizados en distintos departamentos: productos opoterapéuticos —que era el departamento de extracción propiamente dicho—, valoraciones biológicas, productos sintéticos, control histológico, analítico, de hormonas sintéticas, de síntesis orgánica, y un departamento de tabletas o envasado. El grupo de investigadores estaba conformado por los químicos Alfonso Boix, Francisco Giral, Carlos Widmer y Marcelino García Junco, único químico mexicano que trabajaba en la empresa. Como biólogo estaba Edmundo Fisher; Álvaro Tachiquin como encargado del área de histología, y Francisco de P. Miranda y Teófilo Ortiz como consultores científicos. Además, el control clínico estaba en manos de Alfonso Olivo, José Chávez y Luis Baz, que trabajaban en el Hospital General y en el Hospital Juárez, respectivamente. Finalmente, Hermann Moose funcionaba como corresponsal en el extranjero. La producción de este grupo llegó a ser muy considerable, tuvieron sucursales en Cuba, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Ecuador, Nicaragua, Venezuela, Bolivia y Colombia (Laboratorios Hormona, 1935: 8). Su productividad científica les permitió introducir productos con carácter de especialidad

farmacéutica, tal es el caso del acetato de cortisona, cuyo nombre comercial era la *colisona* (Kirk y Othmer, 1966: 340).

En 1941 llegó a México el químico Russell E. Marker (1902-1995), con una beca de la Parker Davis para estudiar las hormonas esteroidales (ACS *et al.*, 1999). Marker planteó que el punto clave en la síntesis de las hormonas esteroides estaba en una materia prima alternativa y con esta hipótesis prestó atención a las plantas como fuente principal de esteroides. La transformación de productos naturales a progesterona constituyó toda una revolución en la síntesis orgánica de hormonas esteroides. Este proceso químico fue conocido como “Degradación de Marker”. En estos años Marker encontró, entre otros vegetales, el “cabeza de negro” (*Dioscorea mexicana*) y el barbasco (*Dioscorea composita*, *Hemsl*), cerca de Tierra Blanca, Veracruz. Estos vegetales contienen una alta cantidad de diosgenina que es el intermediario para obtener por síntesis orgánica los esteroides. Marker sugirió al presidente de la Parke-Davis que se industrializara en México dicho proceso, pero los acontecimientos bélicos de la Segunda Guerra Mundial impidieron establecer una filial de dicha empresa. Para 1943, Marker se presentó en los Laboratorios Hormona en la ciudad de México, con 2 kg de progesterona. Los empresarios Somlo y Lehmann persuadieron a Marker para formar una empresa que se llamó Syntex. Después de producir aproximadamente 30 kg de progesterona e incidir de manera notable en el mercado mundial, Marker y Somlo tuvieron desacuerdos económicos. Finalmente, Marker abandonó Syntex y los empresarios contrataron a George Rosenkranz (1916-2019)^[21] para restablecer el proceso. Entre 1945 y 1949, Rosenkranz logró transformar a Syntex en un laboratorio industrial con personal profesional que provenía tanto de la UNAM como del extranjero. El grupo de investigación de Rosenkranz estuvo conformado por Steve Kaufmann, colega del laboratorio de Ruzicka; Juan Pataki, J. Norimbersky, Jesús Romo, Andrés Landa de la UNAM, entre otros. En estos años lograron sintetizar de manera industrial progesterona, testosterona, entre otros productos esteroidales. En 1949, Syntex contrata a Carl Djerassi y este investigador solicita a Rosenkranz que establezca un Programa de Cooperación con el Instituto de Química de la UNAM. De esta manera, estudiantes graduados forman parte del grupo de investigación, entre los que destacan: Luis E.

[21] George Rosenkranz nació en Budapest, Hungría, realizó estudios en Ingeniería Química y el doctorado en Ciencias Técnicas en el Instituto Federal de Tecnología de Zúrich, bajo la dirección de Leopoldo Ruzicka. Los acontecimientos bélicos de la Segunda Guerra Mundial lo hace trasladarse a Cuba, donde trabajó en los Laboratorios Vita Plascencia, y de donde Syntex lo contrató en 1945.

Miramontes, José Iriarte, Enrique Batres, Octavio Mancera, entre otros. Este grupo de investigación logra la síntesis de la cortisona y la norentindrona (19-nor-17- α -etinilttestosterona), que sería el principio activo de la píldora anticonceptiva. En 1952 los Laboratorios Syntex mantenían el control tecnológico de la industria de los esteroides. Esta posición fue el resultado de la investigación científica y por la protección del Estado del barbasco, en cuya materia prima estaban basados los procesos industriales. En 1956 la empresa fue absorbida por la compañía Ogden Corporation de los Estados Unidos (León, 2001).^[22]

Los últimos años

En los primeros veinticinco años de vida de la Facultad de Ciencias Químicas, se conformaron las profesiones de la química con la notoria presencia de sus egresados en la industria petrolera, del azúcar, la metalúrgica, productos químicos y farmacéuticos, papel, hilados y tejidos, fermentaciones, pinturas, grasa y jabones, y explosivos, donde realizaban diferentes labores de manufactura, proceso, control de calidad y administración, entre otras funciones. Sin embargo, se desatendió la investigación entendida como actividad creadora de conocimientos para sustentar el desarrollo tecnológico en las diferentes áreas de la industria química. Ante esta problemática se daría la gestación del primer centro de investigación química en México, el Instituto de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, en 1938.

En los primeros años de la década de 1940, los profesores que impartían la cátedra de Química orgánica en la ENCQ fueron Manuel Lombera Lugo y Alfonso Graf. Los textos que utilizaron fueron el de García Junco y el Richter de *Química orgánica* (Camargo, 1983). Al finalizar la década, los doctores Humberto Estrada, Jesús Romo, José F. Herrán –graduados en la Escuela de Graduados de la UNAM– impartieron los cursos teóricos de Química orgánica en la ENCQ y los profesores José F. Herrán y José Iriarte realizaban la parte experimental de la asignatura antes de trasladarse a Ciudad Universitaria en 1954 (Estrada, 1944). Cabe destacar que dichos investigadores del Instituto de Química colaboraron en los laboratorios Syntex y fueron los responsables de incorporar las nuevas metodologías de investigación en la UNAM como fue la espectroscopia (León, 2006), y los

[22] Para conocer la importancia de Syntex y su impacto en la formación de recurso humanos en México, véanse los trabajos de León (2001, 2003 y 2011).

textos como el Fieser and Fieser y el de Gilman. Posteriormente se utilizaron los textos de Química orgánica de Roberts y Caseiro, Bonner y Castro, Salomons, Cram y Hammon, Smith y Cristol, Morrison y Boyd, durante las décadas de 1950 y 1960 (Camargo, 1983).

García Junco, por su parte, continuó asesorando a los Laboratorios de Investigación Syntex hasta mediados de la década de los años cincuenta. Posteriormente, vendría una etapa de reflexión académica, como lo muestra su obra la *Magia de los sentidos* de 1962, donde plasma su conocimiento sobre la historia de la química (García Junco, 1962).

García Junco, asimismo, nunca perdió el interés de mantener su obra vigente, como lo fue el *Nuevo Tratado de Química orgánica*, actualizado en 1967. El texto contiene 53 capítulos desde la química de los compuestos del carbono acíclicos, cíclicos hasta heterocíclicos. Presenta un capítulo dedicado a los alcaloides y un apéndice con los temas de enzimas, hormonas y vitaminas. Al finalizar el texto presenta una cronología de la historia de la química orgánica. El texto lo dedica al licenciado Licio Lagos.^[23]

Finalmente, Marcelino García Junco, murió el 8 de marzo de 1969 en la ciudad de México.

CONCLUSIONES

Marcelino García Junco forma parte del grupo generacional de químicos formados en Europa en la segunda década del siglo xx que forjaron el México moderno. García Junco, al lado de Fernando Orozco, Teófilo García Sancho, Fernando González y Francisco Díaz Lombardo, entre otros, son los representantes de esa generación pujante que soñó con una industria nacional, fundada en la construcción de una tecnología mexicana. Todos ellos contribuyeron a la construcción del perfil disciplinario de las carreras del área de Química en la Escuela Nacional de Ciencias Químicas, hoy Facultad de Química de la UNAM. Es el grupo de mexicanos que crearon instituciones que fomentaron el desarrollo científico-tecnológico en diferentes campos de la química y la industria.

[23] Licio Lagos Terán (1902-1992) nació en Veracruz, México. Estudió la Licenciatura en Derecho en la Escuela Nacional de Jurisprudencia de la Universidad Nacional de México, en 1925. Fue accionista y empresario industrial. Asesor de los Laboratorios de Investigación Syntex (León, 2001).

Sus primeros cursos de la carrera de Farmacéutico en el Instituto Científico de Villahermosa, Tabasco, le permitieron a García Junco sobresalir en la Facultad de Ciencias Químicas en la ciudad de México, como alumno aventajado al grado de impartir cátedra y ganar concursos científicos. Al participar en el programa de Becarios de la Facultad de Ciencias Químicas, en 1921, y realizar estudios en el Instituto Químico de la Universidad de Marburg, Alemania, se apropia de los conocimientos teóricos de la Química orgánica y se percata de la importancia de la industria química alemana. Al llegar a México, García Junco se incorpora como docente en la FCQ e inicia el proceso de integrar el conocimiento adquirido en Alemania y apoyar la edificación del perfil profesional de las carreras de la FCQ. De inmediato logra publicar su texto *Curso de Operatoria de Química Orgánica*, en 1925, que fomenta el desarrollo de las actividades experimentales de la química orgánica. Al transcurrir un par de años presenta su texto *Curso elemental de química orgánica Tomo I*, en 1927. Con el paso de los años académicos, se consolida como texto de abordaje de la química orgánica dedicada a la serie alifática heterocíclica. Este texto será un clásico en la enseñanza de la Química orgánica durante las siguientes tres décadas. El texto se edita en 1929, 1943 y 1967.

Por otra parte, es importante resaltar de su colaboración en la industria de las hormonas sintéticas. Su labor como asesor e investigador, primero en los Laboratorios Hormona, y posteriormente, en los Laboratorios de Investigación Syntex dan muestra importante de esta etapa única en la historia de la química en México en la etapa de industrialización del país. Asimismo, García Junco participó como miembro y presidente de la Sociedad Química de México que gestó el asociacionismo profesional de los químicos en el México contemporáneo.

En suma, Marcelino García Junco dejó una huella imborrable en su paso por el desarrollo de la industria y sobre todo en la academia, fue parte de la primera generación de becarios de la FCQ y uno de sus mejores representantes, a su regreso puso todo su empeño por mejorar la enseñanza de la química en México, prueba de ello son sus múltiples cátedras en diversas instituciones y sus libros que fueron utilizadas por generaciones de estudiantes de diversos niveles educativos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agraz, G. (2004), *Juan Salvador Agraz 1881-1949*, México, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Auias, S. J. (1937), “Se rinde homenaje en la Escuela de Ciencias Químicas al eminente Químico Mexicano Leopoldo Río de la Loza”, *Química y Farmacia*, Unión de Químico-Farmacéuticos y Farmacéuticos, t. III, N° 8, p. 6.
- Boletín de Educación* (1915), t. I, N° 2, México, p. 2.
- Corbella, V. I. y S. Elías. (2018), “Movilidad estudiantil universitaria: ¿qué factores inciden en la decisión de elegir Argentina como destino?”, *Perfiles Educativos*, vol. 40, N° 160, pp. 120-140.
- Curiel, F. (2001), *Elementos para un esquema generacional aplicable a cien años (aprox.) de literatura patria*, México, Instituto de Investigaciones Filológicas, UNAM.
- De la Peña, P. (1918), *Chemia*, México, Sociedad de Alumnos de la FCQ.
- De María y Campos, M. (1977), “La industria farmacéutica en México”, *Comercio Exterior*, vol. 27, N° 8, pp. 888-912.
- García, T. (1927), “Al lector”, *Revista Química, Sociedad Química Mexicana*, vol. 1, N° 1, p. 1.
- García Junco, M. (1925), *Curso de Operatoria Química Orgánica*, México, Secretaría de Educación Pública.
- (1927), “Aplicación de la ultrafiltración al análisis cuantitativo”, *Revista de Química, Sociedad Química de México*, vol. 2, N° 7-8, pp. 73-84.
- (1927), *Tratado de Química Orgánica*. T. I, México, Talleres Gráficos de la Nación.
- (1928), *Análisis Químico de orinas para el diagnóstico clínico*, México, s/e.
- (1929), *Tratado de Química Orgánica*, México, Talleres Gráficos de la Nación.
- (1933), *Compendio de Química Orgánica*, México, Porrúa Hnos. y Cía.
- (1939), *La dialéctica de la vida*, México, Departamento Editorial Laboratorios García Junco.
- (1943), *Tratado de Química Orgánica*, t. I, México, Porrúa Hnos. y Cía.
- (1943), *Tratado de Química Orgánica*, t. II, México, Porrúa Hnos. y Cía.
- (1962), *La magia de los sentidos*, México, Compañía Editorial Continental.
- y M. Morales. (1932), *Nociones fundamentales de Química*, México, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Garritz, A. (2007), “Breve historia de la educación química en México”, *Boletín de la Sociedad Química de México*, vol. 1, N° 2, pp. 3-24.
- y J. L. Mateos (2015), *Historia de la Facultad de Química de la UNAM. Su primer siglo: 1916-2016*, México, Facultad de Química, UNAM.
- Giral, F. (1994), *Ciencia española en el exilio (1939-1989)*, Madrid, Anthropos.
- González, L. (1984), *La ronda de las generaciones*, México, Secretaría de Educación Pública.
- Illescas, C. (1991), *Rafael Illescas Frisbie, químico, mexicano, maestro y amigo*, México, Imprenta Venecia.

- Kirk, R. y D. Othmer (1966), *Enciclopedia de Química Industrial*, México, UTHEA.
- Laboratorios Hormona (1935), *Vademecum*, México.
- Lida, C. E., J. A. Matesanz y J. Zoraida (2000), *La Casa de España y El Colegio de México*, México, El Colegio de México.
- León, F. (2001), “El origen de Syntex, una enseñanza histórica en el contexto de ciencia, tecnología y sociedad”, *Revista Sociedad Química de México*, vol. 45, N° 1, pp. 93-96.
- (2003), “Luis E. Miramontes Cárdenas y la investigación aplicada de los compuestos 19-nor-esteroides”, *Educación química*, vol. 14, N° 1, pp. 47-51.
- (2011), “Amparo Barba en los Laboratorios Syntex”, *Educación Química*, vol. 22, N° 3, pp. 249-253.
- (2018), “Génesis de la movilidad estudiantil en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de México: 1920-1935”, *Perfiles Educativos*, IISUE, UNAM, en prensa.
- Mancebo, F. (2004), “Tres vivencias del exilio en México: Max Aub, Adolfo Sánchez Vázquez y Francisco Giral”, *Migraciones y Exilio*, N° 5, pp. 85-102.
- Martínez, S., P. Aceves y A. Morales (2007), “Una nueva identidad para los farmacéuticos: la Sociedad Farmacéutica Mexicana en el cambio de siglo (1890-1919)”, *Dynamis*, N° 17, pp. 263-285.
- Marsiske, R. (2001), *La Universidad de México. Un recorrido histórico de la época colonial al presente*, México, UNAM / CESU / Plaza y Valdés Editores.
- Morrison, R. T. y R. Boyd (1998), *Química orgánica*, México, Pearson Addison Wesley.
- Luchilo, L. (2006), “Movilidad de estudiantes universitarios e internacionalización de la educación superior”, *Revista CTS*, vol. 3, N° 7, pp. 105-133.
- Ortiz, M. (2002), *Las tesis de farmacia del siglo XIX mexicano*, México, Biblioteca de Historias de la Farmacia, Universidad Autónoma Metropolitana.
- Simões, A., A. Carneiro y M. Diogo (eds.) (2003), *Travels of Learning. A Geography of Science in Europe*, Boston, Springer-Science.
- Ulloa, B. (1979), *Historia de la Revolución Mexicana. La revolución escindida*, México, El Colegio de México.
- Vasconcelos, J. (1920), *Boletín de la Universidad*, vol. 1, N° 1, México, Secretaría de Educación Pública.

Fuentes

- IISUE-UNAM, Archivo del Instituto de Investigaciones Sobre la Universidad y la Educación de la UNAM, Fondo “Escuela Nacional de Ciencias Químicas”.
 Archivo General de la Facultad de Química-UNAM (AGFQ-UNAM). Sin clasificar.
 AHUNAM, Expediente académico Marcelino García Junco y Payan, 20/131/750.
 AHUNAM, Expediente de alumno Pedro de Lille Borja 11 922.

SEABRA TELLES E A QUÍMICA DO SÉCULO DAS LUZES

*Ronei Clécio Mocellin**

RESUMO

Historiadores brasileiros e portugueses estão de acordo quanto ao nome do primeiro “químico moderno” de língua portuguesa, trata-se do luso-brasileiro Vicente Coelho de Seabra Silva Telles (1764-1804). Neste artigo pretendemos investigar sua trajetória de pesquisa com o objetivo de conectá-la com os temas filosóficos, científicos e sociais próprios à química e à filosofia natural das últimas décadas do século XVIII. De modo mais específico, gostaríamos de descrever a maneira como as investigações de Seabra Telles dialogam com aquelas dos principais representantes da “República dos químicos” do século dito das Luzes.

PALAVRAS-CHAVE: SEABRA TELLES – FOURCROY – QUÍMICA – FILOSOFIA NATURAL – SÉCULO DAS LUZES

INTRODUÇÃO

Historiadores brasileiros e portugueses estão de acordo quanto ao nome do primeiro “químico moderno” de língua portuguesa, trata-se do luso-brasileiro Vicente Coelho de Seabra Silva Telles (1764-1804) (Filgueiras, 1985, 2015; Amorim da Costa, 1995; Ferraz, 1997; Simões, Carneiro e Diogo, 1999; Maar, 2008; Martins 2013; Luna, 2013). Ainda estudante, Seabra Telles introduziu em nosso idioma o novo léxico químico proposto por

* Universidade Federal do Paraná, Departamento de Filosofia. Correio eletrônico: <roneimocellin@ufpr.br>.

Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794) e seus “colaboradores”, e a última obra de sua breve existência foi a tradução da nova nomenclatura francesa para o português e para o latim. Ele também é igualmente saudado por ter feito isso já no primeiro tomo de seu *Elementos de chimica*, publicado em 1788, um ano antes que o químico francês publicasse seu *Traité élémentaire de chimie*. As opiniões talvez sejam menos consensuais acerca de sua originalidade teórica, embora todos, historiadores e contemporâneos de Seabra Telles, reconheçam a qualidade de seus trabalhos experimentais realizados no Laboratório químico da Universidade de Coimbra.

Essa concordância aponta que o público lusófono dispunha de textos escritos de acordo com a nova nomenclatura desde sua proposição em 1787 pelo grupo de químicos franceses (Guyton de Morveau, Lavoisier, Berthollet, Fourcroy, Adet e Hassenfratz). Poderíamos inferir desta constatação que a partir de então a química, através de seu ensino, suas investigações e sua indústria, ganharia destaque no Reino português e na sua Colônia sul americana. Contudo, não foi o que ocorreu e o conhecimento químico foi institucionalizado somente ao longo dos séculos XIX e XX, tanto em Portugal quanto no futuro Brasil independente. A obra de Seabra Telles teve pouquíssima repercussão e o seu *Elementos de chimica*, que ele considerava como sendo um compêndio e não como um tratado completo, jamais foi adotado como manual de ensino, mesmo sendo um dos mais atualizados da época.

No caso brasileiro é embaraçante constatar que, além dos historiadores profissionais, o nome do primeiro químico moderno nascido no país seja completamente desconhecido do grande público. Não fosse a iniciativa do químico e historiador Carlos A. L. Filgueiras, a comemoração dos 250 anos de nascimento de Seabra Telles teria passado despercebida do público nacional.^[1] Do outro lado do Atlântico um melhor reconhecimento lhe é conferido e a Sociedade Portuguesa de Química instituiu em 2002 a medalha “Vicente de Seabra”, que premia “a alta qualidade, originalidade e autonomia do trabalho de investigação em Química desenvolvido em Portugal por um inventor de idade não superior a 40 anos”.^[2] A seguir, pretendemos justamente identificar em sua trajetória de pesquisa algumas dessas qualidades apontadas na premiação em sua homenagem.

Outra constatação é a de que Seabra Telles estudava em uma Universidade que propiciava o contato com as ideias e as pessoas envolvidas nas transfor-

[1] Simpósio comemorativo organizado pelo programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal de Minas Gerais (Filgueiras *et al.*, 2014).

[2] <<https://www.spq.pt/premios/vicente-seabra>>.

mações no plano científico e cultural europeu da segunda metade do século das Luzes. A Universidade de Coimbra passou por uma profunda transformação a partir de 1772 com as reformas promulgadas por José I, um monarca absolutista que reinou entre 1750 e 1777. Esta Reforma universitária foi sugerida e posta em prática por Sebastião José de Carvalho e Melo (1699-1782), o Marquês de Pombal, e por Francisco Lemos de Faria Pereira Coutinho (1735-1822), seu Reitor. A criação da Academia das Ciências de Lisboa em 1779 já no reinado de Maria I (1777-1792) vinha complementar o projeto de introdução em Portugal das novas práticas científicas tal como realizadas nos principais reinos europeus. O objetivo dos reformadores era recuperar o atraso econômico português e as ciências modernas eram consideradas como o principal meio para uma melhor exploração das riquezas do reino e de suas colônias (Simões, Carneiro e Diogo, 1999).

Para isso foram contratados professores estrangeiros, como os filósofos naturais italianos Domenico Vandelli (1730-1816), que provavelmente já se encontrava em Portugal desde o início dos anos 1760, e Giovanni Antonio Dalla Bella (1726-1823), ambos professores da Universidade de Pádua. Também foi intensificado o contato com homens de ciência portugueses vivendo ou tendo vivido no estrangeiro (os chamados “estrangeirados”). O Marquês de Pombal era ele mesmo um desses “estrangeirados”, tendo vivido e estudado em Viena e em Londres. Também eram, por exemplo, o médico António Ribeiro Sanches (1699-1783), que introduziu as ideias de Herman Boerhaave (1668-1738) na medicina portuguesa, o botânico Felix Avellar Brotero (1744-1828), que escreveu um importante compendio de botânica durante seu exílio na França, ou ainda o renomado físico experimental João Jacinto de Magalhães (1722-1790), que vivia em Londres e que mantinha uma intensa troca epistolar com os principais atores científicos da época, como Richard Kirwan (1733-1812), Joseph Priestley (1733-1804), James Watt (1736-1819), Torbern Bergman (1735-1784), Guyton de Morveau (1737-1816), Lavoisier dentre outros. Também foram incentivadas viagens de estudantes ao exterior, das quais a expedição de que fez parte o luso-brasileiro José Bonifácio de Andrada e Silva (1763-1838) ao longo da década de 1790 é frequentemente apontada como a de maior sucesso, pois o consagrou como um grande cientista no cenário europeu (Scott, 1981; Ferraz, 1997; Filgueiras, 2015).

É bem conhecido que existe uma explícita influência do projeto epistêmico defendido por Francis Bacon (1561-1626) e pelos enciclopedistas franceses nos novos *Estatutos* da Universidade de Coimbra promulgados em 1772 (Ferraz, Alfonso-Goldfarb e Waisse, 2014). O “programa baconiano”

animava as investigações científicas do século XVIII, que tinham como objetivo “interpretar” e “dominar” a Natureza. A continuidade de um “programa baconiano” no século XVIII é perceptível tanto em seus aspectos epistemológicos, quanto em suas características metodológicas e historiográficas (Zaterka e Mocellin, 2018). Embora guarde certa distância em relação à metafísica de Bacon, ou ainda de sua maneira de classificar os conhecimentos, o projeto enciclopédico conduzido por Denis Diderot (1713-1784) e Jean d’Alembert (1717-1783) se aproximava das linhas gerais de um “programa baconiano” (Proust, 1995).^[3]

Seabra Telles nasceu em Congonhas do Campo, Minas Gerais, e estudou no mais importante colégio da Capitania, o Seminário de Mariana, no qual teve uma boa formação em ciências naturais. Isto graças ao cônego Luís Vieira da Silva (1735-1802), um professor ilustrado e futuro participante do movimento social contestador da Coroa portuguesa conhecido como a Inconfidência Mineira (1789) (Frieiro, 1981). O interesse de Seabra Telles pelas ciências naturais e a elevada posição social e econômica de sua família o conduziram à Universidade Reformada de Coimbra. Chegou em Coimbra em 1782/1783 e passou a ter contato outros estudantes aspirantes à cientistas, tornando-se amigo de José Bonifácio, com quem frequentava os cursos de química de Vandelli, juntamente com outro “químico moderno” português, Thomé Rodrigues Sobral (1759-1829). No ano seguinte, já matriculado na Faculdade de Filosofia, pois pretendia tornar-se médico, participou ativamente da “aventura baloeira” dos alunos de Vandelli, que construíram vários balões, primeiro os preenchendo com ar quente, depois com o “gás inflamável” de Priestley ou “gás hidrogênio” de Lavoisier. Seabra Telles concluiu a Faculdade de Filosofia em 1787, obtendo o título de doutor em Medicina em 1790 e no ano seguinte o de doutor em Filosofia natural. Após sua formação, Seabra Telles continuou ligado à Universidade, sendo nomeado primeiramente como demonstrador de química e de metalurgia e a seguir como professor substituto de mineralogia, botânica, zoologia, agricultura. Somente no final da década tornou-se pro-

[3] Utilizamos aqui a já tradicional definição de T. Kuhn. O programa baconiano pode ser compreendido como “um novo conjunto de áreas de investigação que devido ao seu status de ciências à insistente característica do século XVII sobre a experimentação e a compilação de histórias naturais, incluindo a histórias dos ofícios. A este segundo grupo pertencem, em particular, o estudo do calor, da eletricidade, do magnetismo, e da química” (Kuhn, 1961: 186). Assim, *grosso modo*, este “programa” de conhecimento inclui aspectos de quantificação, construção de instrumentos técnicos, reprodutibilidade, comunidades de homens de ciência trabalhando de maneira cooperativa, novas técnicas e métodos e filósofos naturais operando nos laboratórios (Sukopp, 2013: 58).

fessor de química, porém jamais foi efetivado como professor catedrático (Filgueiras, 2015).

Não pretendemos, contudo, descrever aqui uma nova biografia de Seabra Telles, o que, na medida das informações arquivistas disponíveis, já foi realizado pelos historiadores acima citados. O que nos interessa é sua trajetória de pesquisa, que oferece a possibilidade de nos familiarizar com temas filosóficos, científicos e sociais próprios à química das últimas décadas do século XVIII. De modo mais específico, gostaríamos de conectar os problemas de pesquisa tratados por ele aos debates teóricos e experimentais tratado pela “República dos químicos” do século dito das Luzes.^[4] Tentaremos evitar o *télos* historiográfico que aceita, direta ou indiretamente, o fato de que se tornar um “químico moderno” é sinônimo de uma “conversão” ao *sistema químico* de Lavoisier. Isto nos leva a empregar na leitura dos textos de Seabra Telles e de seus contemporâneos um *método hermenêutico* que procura se aproximar daquele empregado por Hélène Metzger, que defendeu a necessidade de tentarmos nos tornar, na medida do possível, contemporâneos da mentalidade do autor estudado, sem julgá-lo em função do que se passará posteriormente (Metzger, 1997; Freudenthal, 1988).

A QUÍMICA DAS LUZES: TEORIAS, PRÁTICAS E LINGUAGENS

As definições dadas à química ao longo do século não diferiram muito daquela proposta por Pierre-Joseph Macquer (1718-1784) em seu *Éléments de chymie theorique*, a de uma ciência que se dedicava a “separar as diferentes substâncias que entravam na composição de um corpo, a reconhecer suas propriedades e analogias e as reagrupar novamente para fazer reaparecer o primeiro mixto com todas as suas propriedades” (Macquer, 1749: 1). *Análise* e *síntese* eram os operadores conceituais que estruturavam o trabalho experimental dos químicos em seus laboratórios. Gabriel-François Venel (1723-1775), autor do artigo “Química” da *Encyclopédia*, organizava seu discurso em defesa da respeitabilidade cognitiva deste conhecimento contrapondo, justamente, o domínio material próprio à investigação química, o dos *mixtos*, e aquele ao qual se limitava a investigação físico-matemática, o dos *agregados* materiais. Os *mixtos* eram constituídos, portanto, pela união de partes diferentes, eram heterogêneos, enquanto os *agregados* eram for-

[4] Empregamos a expressão “República dos químicos” para indicar que a química era uma das entidades federativas da “República das ciências”, evitando assim expressões anacrônicas como “disciplina” ou “comunidade científica” (Passeron *et al.*, 2008).

mados de partes iguais, sendo então homogêneos (Venel, 1753: t. 3, 408-437). Em seu famoso *Dictionnaire de chymie* (1766), Macquer distinguia as *partes integrantes* dos corpos, que seriam “as menores moléculas nas quais os corpos podem ser reduzidos sem serem decompostos”, das *partes constituintes* que seriam as “substâncias diferentes, que por sua união e sua combinação mútua constituem realmente os corpos mixtos” (Macquer, 1766: t. 1, 176).

Embora Georg Ernst Stahl (1659-1734) considerasse que todos os corpos fossem formados pela combinação dos elementos *água* e *terra* (*vitrificável*), seus seguidores ampliaram o número de *elementos primitivos* incluindo também o *fogo* e o *ar*. Cabe destacar, todavia, que esses quatro elementos não correspondiam mais aos quatro *elementos qualitativos* de Aristóteles, mas eram *corpos simples* obtidos no final de um processo de *análise química*. No artigo “Elementos” de seu *Dicionário*, Macquer afirmava que:

[...] em química dá-se o nome de elemento aos corpos que são de tal simplicidade que todos os esforços da arte são insuficientes para decompô-los [...]. Os corpos aos quais temos reconhecido esta simplicidade são o fogo, o ar, a água e a terra mais pura, pois os efeitos das análises mais completas e mais exatas não produziram nenhuma outra coisa ao chegar a seu termo (Macquer, 1766: t. 1, 399).

Porém, esses *elementos* não eram obtidos em uma primeira análise química, de modo que os químicos tiveram que considerar a existência de outros níveis de *elementaridade* (Bensaude-Vincent, 2008: 51-64).

No artigo “Princípios”, Macquer denominava de *princípios primitivos* os quatro elementos resultantes ao cabo de múltiplos processos analíticos, e chama de *princípios principiados* às elementaridades obtidas em outros estágios da análise. Segundo Macquer, “esses princípios principiados merecem este nome, pois após separá-los de um corpo eles subsistem em seu estado, caracterizados por propriedades que lhes são particulares, não podendo receber alteração senão por uma nova análise, e que são capazes de reproduzir, através de uma recomposição, um composto inteiramente semelhante àquele do qual eles tinham sido separados. A maior parte dos agentes químicos, tais como os ácidos e os álcalis, são desta espécie” (Macquer, 1766: t. 2, 293-297).

Os químicos do século XVIII também propuseram novas formulações teóricas para explicar as transformações e a identidade material das substâncias químicas. A mais importante dizia respeito à noção de *relação* ou de *afinidade química*. O comportamento individual das substâncias químicas

não era produto de nenhuma essencialidade, mas o resultado das relações que elas tinham com outras, de modo que sua identidade era sempre relacional. Seu conhecimento dependia de operações químicas que permitiam a decomposição e a formação de *mixtos*, operações que possibilitavam a *ação mixtiva*. As condições para que ocorresse uma *mixtion* (miscibilidade, união *per minima* e instantânea, proporções fixas) e a identidade relacional dos corpos químicos constituíam o fundamento cognitivo da *Tabela de relações* de Etienne-François Geoffroy (1632-1731), publicada em 1718 (figura 1). Ela representava operações de deslocamento ($A + BC \rightarrow AC + B$). Ao serem aproximadas a uma distância adequada pela dissolução (aquosa ou ígnea), as partes constituintes (elementos, princípios) dos *mixtos* interagiam formando outros, com novas propriedades químicas. Cada coluna representa-

Figura 1. Tabela de Geoffroy, em tradução portuguesa, 1793

TABELA DAS DIFERENTES RELAÇÕES OBSERVADAS ENTRE DIFERENTES SUBSTÂNCIAS
seg. Mr. Geoffroy, extractada das Mem. da Acad. Ann. de 1718. Est. 1.^o

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
↪	⊗	⊗	⊗	▽	⊗	⊗	SM	♂	♀	♁	♀	☾	♂	♁	▽
⊗	♂	♂	♁	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	☾	☾	♀	♁	♁	♂	♁
⊗	♁	♀	☾	⊗	⊗	⊗	⊗	♂	☾	♀	PC	♀	♁	♁	⊗
▽	♀	♁	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	♀	♁						
SM	☾	♀	▽		♁		♁	♁	♀						
	♀	☾	♂		♁			☾	Zc						
			♀					♁	♁						
	☾		☾					♀							
								☾							

↪ *Espirito ácido.*

⊗ *Acido do Sal marinho.*

⊗ *Acido nitroso.*

⊗ *Acido Vitriólico.*

⊗ *Sal alkali fixo*

⊗ *Sal alkali volátil.*

▽ *Terra absorvente.*

SM *Subst.^o metallias.*

♀ *Mercurio.*

♁ *Regulo d'Antim.*

☾ *Ouro.*

☾ *Prata.*

♂ *Cobre.*

♂ *Ferro.*

♁ *Chumbo.*

♂ *Estanho.*

Zc *Zinco.*

PC *Pedra Calaminar.*

♁ *Enxofre mineral.*

♁ *Principio oleoso ou Enxofre Princip.*

♁ *Espirito de Vinagre.*

▽ *Agua.*

⊗ *Sal.*

♁ *Esp.^o de Vinho e Esp.^o ar dentes*

Fonte: Klein (1995: 80). Correspondência moderna aproximada: Espíritos ácidos (ácidos em geral); Ácido do sal marinho (ácido clorídrico); ácido nitroso (ácido nítrico); ácido vitriólico (ácido sulfúrico); Sal álcali fixo (mistura de carbonato de sódio e carbonato de potássio); Sal álcali volátil (carbonato de amônio); Terra absorvente (terras alcalinas, óxidos, carbonatos...); Régulo de antimônio (antimônio); Pedra calaminar (carbonato de zinco); Enxofre mineral (enxofre); Princípio oleoso (óleos); Espírito do vinagre (ácido acético); Espírito do vinho (etanol, além de outros álcoois).

va uma ordem de afinidades, de modo que o *mixto* que encabeçava a coluna deslocava um dos elementos/princípios constituinte dos que vinham abaixo e assim sucessivamente (Holmes, 1989; Klein, 1995).

No entanto, a natureza da força responsável pelos movimentos químicos era um tema controverso. Na Academia de ciências francesa, fortemente influenciada pelo mecanicismo cartesiano, alguns viam nessas “relações químicas” uma forma disfarçada de introduzir o conceito newtoniano de atração na esfera da química, outros, ao contrário, apontavam a identidade de uma força própria à esfera da química, que denominaram de *afinidade química*. Havia, assim, uma diferença fundamental entre uma interpretação química e uma interpretação mecânica para as “diferentes relações”, pois, enquanto para a primeira só existia afinidade atrativa, devido à miscibilidade entre partes dos *mixtos*, a segunda estendia ao domínio das transformações materiais a dupla atração/repulsão. Mas esta ambiguidade não impediu que Bernard de Fontenelle (1657-1757), Secretário da Academia e crítico dessa camuflagem newtoniana, visse nela um operador propriamente químico do progresso científico, de maneira que “poderia tornar-se uma lei fundamental das operações químicas, & guiar com sucesso aqueles que nelas trabalham” (Fontenelle, 1731: 100; Audidière, 2016). A sequência das investigações possibilitaria não somente conhecer os resultados qualitativos dessas relações, mas também sonhar com a possibilidade de medi-las numericamente.

O desenvolvimento experimental ocorreu tanto nos processos de análise e de purificação das substâncias químicas pelo emprego de novas técnicas (por exemplo, a extração por solvente), quanto no emprego de novos instrumentos físicos como a máquina pneumática inventada por Stephen Hales (1677-1761), que permitia o isolamento dos “ares” liberados durante uma operação química. A multiplicação de “corpos simples” (termo empregado por Macquer desde os anos 1750) e de novos materiais acentuava um problema de comunicação, não apenas entre os próprios químicos, mas também na institucionalização do ensino de química. Como demonstrou Maurice Crosland, em seu livro clássico sobre a história da linguagem da química, os químicos do século das Luzes são frequentemente críticos em relação à linguagem e a escrita que eles utilizam. Além da dificuldade de nomear os novos corpos isolados e analisados, muitas substâncias com as mesmas propriedades eram conhecidas por diferentes nomes, enquanto outras tinham o mesmo nome, mas tinham propriedades diferentes (Crosland, 1978).

A sistematização racional dessa linguagem se tornava, portanto, cada vez mais urgente. Em 1767, motivado por Macquer, o químico sueco Torben

Olof Bergman (1735-1784) iniciou um trabalho sistemático sobre a nomenclatura dos sais (Carlid e Nordsdtröm, 1965: 100-137; Beretta, 1988). Segundo ele, os sais deveriam ser enquadrados em um sistema uniforme, onde o nome revelaria a composição. Ele começou então a reformar a nomenclatura e a remover os nomes herdados da tradição química. Para o estabelecimento de uma nova nomenclatura química, Bergman inspirava-se no modelo botânico criado por seu antigo professor, Carl von Linné (1707-1778). Como mostrou Crosland, a reforma da nomenclatura botânica influenciou consideravelmente a atitude de Bergman em relação a uma reforma da terminologia química. No sistema proposto por Lineu, cada planta deveria ser nomeada por um binômio latino, com um substantivo para designar o gênero ao qual pertencia e um adjetivo que o especificava, mais um sufixo indicando o pertencimento a uma família. Bergman tentou então adaptar em química o princípio de uma nomenclatura latina baseada neste método analítico, sem considerações de caráter accidental. Foi graças à nomenclatura química que uma amizade epistolar começou entre o químico sueco e Guyton de Morveau, químico-advogado da Academia de ciências de Dijon e discípulo de Macquer (Bret *et al.*, 2016).

Em 1779, Bergman publicou o primeiro volume de *Opuscula physica et chemica*, obra que representa a melhor síntese de seu pensamento químico (Beretta, 1988). No ano seguinte, Guyton de Morveau o traduziu para o francês (Bergman, 1780). Ele achava que o sistema binomial de Bergman era o melhor, mas considerava que regras mais rigorosas seriam necessárias para que a química tivesse uma nomenclatura exata. Se Guyton de Morveau teve esse sentimento ao traduzir o livro de Bergman, ele foi reforçado pelo convite do editor Charles-Joseph Panckoucke (1736-1798) para assumir a direção de um dicionário de química de uma nova enciclopédia que ele gostaria de publicar, a *Encyclopédie Méthodique*. Assim, para os químicos do início dos anos 1780, a nomenclatura química tinha se tornado um assunto de grande importância, tanto para atividade docente, quanto para o trabalho de tradução e de divulgação da química em periódicos científicos.

Em 1782, Guyton de Morveau publicou uma dissertação em que procurava convencer os químicos de que a perfeição de sua ciência estava ligada à excelência de sua linguagem. Esta dissertação é de fato o primeiro trabalho dedicado exclusivamente à nomenclatura química. Embora ele tenha recebido a influência de Macquer e de Bergman, Guyton de Morveau adotava um ponto de vista original, proclamando que a reforma da linguagem de uma ciência deveria ser considerada como uma reforma da própria ciência. Portanto, os químicos deveriam se livrar das analogias enganosas usadas na identificação de substâncias químicas, uma vez que eram deriva-

das de aparências grosseiras e circunstâncias acidentais, como a cor, a textura, suas propriedades medicinais ou o nome de seu “descobridor”. O entendimento de tal nomenclatura custava mais do que a compreensão da própria ciência, por isso era absolutamente necessário estabelecer novos princípios que devessem determinar a escolha do nome em todas as circunstâncias (Guyton Morveau, 1782).

Seu projeto repousava em cinco princípios: 1º uma frase não é um nome; 2º as denominações devem ser convencionais e específicas; 3º é preferível um nome sem significado que uma denominação ligada a ideias falsas; 4º na introdução de um novo nome, este deve ter sua raiz em uma língua morta (latim, grego); 5º as denominações devem seguir as regras das línguas nacionais. Esses princípios, associados à regra binomial de Lineu, permitiram a Guyton nomear e organizar em uma tabela os 18 ácidos e as 24 “bases” então conhecidas (4 terras, 15 metais, 3 álcalis, flogístico e álcool), bem como prever o nome de suas combinações, o que elevava para 500 substâncias cujas denominações poderiam ser facilmente conhecidas (Guyton de Morveau, 1782: 382).

Apesar de suas limitações, o sistema proposto por Guyton de Morveau foi muito bem recebido pela “República dos químicos”. A avaliação feita por ele mesmo quatro anos após a publicação de sua dissertação mostra que seu objetivo fora alcançado. Na advertência do primeiro volume da *Encyclopédia Métódica*, ele afirma que seu sistema de nomenclatura era adotado por seus compatriotas Macquer, Buffon, Fourcroy, mas também por químicos estrangeiros como Fontana, Kirwan, Landriani, Crell e Bergman. Além disso, esta nomenclatura também era usada nas traduções francesas de vários trabalhos como, por exemplo, o *Manuel du minéralogiste* de Bergman e os *Mémoires de chymie* de Scheele, mas também nas dissertações publicadas no *Observations sur la physique* e no *Journal de Sçavans* (Guyton de Morveau, 1786: vi; Smeaton, 1954).

Em 1787, Guyton de Morveau foi a Paris para discutir com Lavoisier e a equipe de químicos que o rodeavam no laboratório do Arsenal sobre suas diferenças de opinião acerca da composição dos combustíveis. O manifesto deste empreendimento coletivo foi o *Mémoire sur la nécessité de réformer & de perfectionner la nomenclature de la chimie*, que foi lido por Lavoisier na reunião pública da Academia de Ciências de 18 de abril. Depois de apresentar a filosofia que inspirou a reforma e seus princípios gerais, foi a vez de Guyton de Morveau ler seu *Mémoire sur la nécessité de réformer & de perfectionner la nomenclature de la chimie*, que tratava da aplicação dos princípios desta nomenclatura metódica. Antoine François Fourcroy (1755-1809) apresentou um *Mémoire pour servir à l'explication du tableau de nomencla-*

ture e Pierre Auguste Adet (1763-1834) e Jean Henri Hassenfratz (1755-1827) leram um *Mémoire sur les nouveaux symboles établis en accord avec la nomenclature*. Finalmente, em 29 de agosto, Lavoisier e Guyton apresentaram à Academia a obra impressa, com o título *Méthode de nomenclature chimique*, contendo as várias dissertações lidas nos meses anteriores. Apenas Guyton de Morveau, Lavoisier, Berthollet e Fourcroy são mencionados como autores do livro, os jovens colaboradores Hassenfratz e Adet são eclipsados. Embora não tenha apresentado nenhuma dissertação, o nome de Claude Louis Berthollet (1748-1822) aparece na página de rosto, provavelmente porque sua fama acrescentava autoridade à empreitada, reforçando a impressão de um consenso entre os grandes nomes da química francesa (Guyton de Morveau *et al.*, 1994).

Se destacamos particularmente alguns eixos de investigação desenvolvidos pela química francesa, isto se deve por ser esta a tradição de pesquisa que mais influenciou os trabalhos de Seabra Telles. Como o jovem pesquisador luso-brasileiro se posicionava diante das grandes questões da química de sua época? Como a química se relacionava com sua concepção de Filosofia natural? A seguir, procuraremos inserir suas investigações no diálogo entre autores da época, sem buscar nelas seus acertos ou equívocos, mas apenas descrever seus problemas de pesquisa e suas possíveis respostas.

A QUÍMICA DE SEABRA TELLES

Para se tornar um químico, alertava Macquer, era absolutamente indispensável dispor de um laboratório equipado com todos os instrumentos e materiais para realizar as operações próprias desta ciência (Macquer, 1766: t. 2, 19). Ao chegar na Universidade de Coimbra, Seabra Telles pode contar com um excelente laboratório que, à exceção do rico laboratório de Lavoisier no Arsenal, não era inferior aos demais laboratórios químicos europeus (Ferraz, 1997: 52; Martins, 2013: 76). Os instrumentos e os produtos químicos disponíveis aos professores e aos estudantes permitia que eles reproduzissem os experimentos descritos nos manuais e dissertações, mas ainda de propor novos procedimentos, de modo que eles estavam conectados a uma rede de informações internacional que estabelecia certo “consenso republicano” entre os químicos da época.

O primeiro trabalho de pesquisa publicado por Seabra Telles foi sobre a fermentação, um tema que já era recomendado pelo novo *Estatuto* do Curso Filosófico. O reformador destacava a importância e os principais

tipos de fermentação a serem investigadas: *espirituosas, acidas e pútridas*. Mas ele não designava a sua causa, deixando assim um campo de investigação em aberto (EUC, 1772: L. 3, 372). A classificação adotada no *Estatuto* era a mesma proposta por Macquer em seu *Dicionário* (1766: t. 1, 493-97), e por Jacob Spielmann (1722-1783), cujo livro *Institutiones Chemie*, também publicado em 1766, servirá de referência para o curso de química do professor Vandelli (Spielmann, 1766: 325 ss.), e ambos a remetiam à Boerhaave (1754). Não eram os únicos tipos de fermentação, mas suas características representavam as demais variações. Ela também era adotada pela principal referência empregada por Seabra Telles, a segunda edição do livro *Éléments d'histoire naturelle et de chimie* de Fourcroy (1786: t. 4, 153 ss.) e também será empregada por Lavoisier em seu *Traité élémentaire* (1789: t. 1, 139 ss.). No caso da obra de Fourcroy é importante observar a edição utilizada por Seabra Telles, a segunda, pois ela foi escrita quando Fourcroy ainda não estava de acordo com o *sistema oxigênio* de Lavoisier, embora ele estivesse de pleno acordo com a nomenclatura proposta por Guyton de Morveau, que também será adotada por Seabra Telles (Smeaton, 1966: 14; Fourcroy, 1786: t. 1, vii).

No *Discurso preliminar* de sua *Dissertação sobre a Fermentação em Geral, e suas Espécies*, Seabra Telles destaca a utilidade prática de se conhecer as fermentações e anuncia seus objetivos de pesquisa, que eram dois. O primeiro consistia “em explicar a verdadeira causa dos fenomenos, que se observaõ na fermentação”. O segundo trataria da composição do *éter* (que hoje denominamos sais inorgânicos), obtido da operação química entre o *espírito do vinho* (etanol) combinado com ácidos minerais, como o vitriólico (sulfúrico), o nitroso (níttrico), o marinho (clorídrico), etc. A definição de fermentação dada por Seabra Telles é exatamente a mesma que a proposta por Fourcroy:

A Fermentação he hum movimento espontaneo, que, dadas certas circunstancias, se excita somente em os succos e fluidos, e apenas em algumas partes solidas dos Reinos organizados, que depois dele mudaõ inteiramente de propriedades (Seabra Telles, 1787: 6; Fourcroy, 1786: t. 4, 153).

Assim como Fourcroy, ele também descrevia as condições essenciais para que ocorressem as fermentações, bem como as razões de suas diferenças. Porém, Fourcroy não propunha nenhuma explicação para a causa química dos processos fermentativos, de modo que oferecer uma resposta bem argumentada acerca disso consistiria um trabalho original. Da mesma maneira em relação à composição do *éter*, um dos produtos obtidos a partir da fer-

mentação, pois Fourcroy apenas enuncia as duas teorias em voga. A primeira era a de Macquer, que considerava que o *espírito do vinho* era composto por *água* e *flogisto*, de modo que o *éter* era formado pela combinação do ácido mineral com a água, o que tornava o *espírito de vinho* mais concentrado de *flogisto*. Assim, a composição do *éter* e do *espírito do vinho* só diferia quanto à quantidade de *flogisto*, que se manifestava pela consistência mais oleosa do líquido. Outra teoria exposta por Fourcroy era aquela de seu antigo professor, Jean-Baptiste Bucquet (1746-1780), que discordava de Macquer acerca da composição do *espírito de vinho* e considerava que o produto de suas operações com ácidos inorgânicos era um tipo de *nafta*, que dissolvida no *óleo* resultante da operação química consistia no *éter* licoroso (Fourcroy, 1786: t. 4, 177 ss.).

As explicações oferecidas por Seabra Telles às questões deixadas em aberto por Fourcroy foram as seguintes. No primeiro caso, ele considerava que a falta de resposta era natural até a incontestável demonstração da decomposição da água feita por Lavoisier em 1783, de modo que:

[...] agora que se conhecem estas novas verdades, concebo facilmente que este movimento intestino he produzido sem duvida alguma pela agoa decomposta a beneficio do calor. Esta decompoem-se em gás inflâmavel, e ar puro, ou oxyginio, do qual huma parte se combina com o principio carbonaceo da materia mucilaginoso-saccarina, e fôrma o acido cretoso, que sendo mais leve que o liquido fermentante sobe à superficie fazendo bolhas que se observaõ (Seabra Telles, 1787: 12).

Em uma nota, Seabra Telles também explicita sua concordância com Lavoisier acerca da natureza do *ar puro* ou *vital*, que seria formado pela “materia do fogo, ou do calor, e huma base a qual [Lavoisier] chama de oxyginio e que Morveau chama de base acidificante dos ácidos” (nota a: 11). Quanto à composição do *éter*, após descrever uma sequência de experiências realizadas com diferentes ácidos inorgânicos, ele conclui tratar-se de uma nova combinação formada pelo *oxyginio* destes ácidos com o *espírito de vinho*, com a libertação de um gás inflamável que se encontrava neste álcool. Ele termina sua dissertação descrevendo alguns métodos de retardar as fermentações pútridas, raciocinando a partir das diferenças de afinidades químicas entre essas substâncias e os reagentes adequados para neutralizá-las, bem como suas proporções (Seabra Telles, 1787: 54).

Em 1788, Seabra Telles publicou seu segundo trabalho acadêmico, uma *Dissertação sobre o Calor*. Uma das questões de pesquisa aqui abordada derivava das últimas informações obtidas pelos químicos e pelos físicos sobre a

natureza do *fogo*, da *luz* e do *calor*. Tratava-se da manifestação de uma mesma substância ou eram fenômenos originados de diferentes causas? O *calor* era um *fluido material* ou resultava da agitação mecânica de partículas materiais muito sutis? O *fogo* na sua forma *livre* era o mesmo que em sua forma combinada, denominado pelos químicos de *flogisto*? Suas principais referências eram os artigos “Fogo” e “Flogisto” da segunda edição do *Dicionário* de Macquer (1778), o primeiro tomo do livro de Fourcroy, o *Mémoire sur la chaleur*, escrito por Lavoisier em colaboração com Pierre-Simon de Laplace (1749-1827) e publicado em 1783, bem como os textos de Adair Crawford (1748-1795), de Bergman, de Kirwan, além da influente obra *Essai sur la nouvelle théorie du feu élémentaire*, publicado em Londres em 1780 pelo seu conterrâneo João Jacinto de Magalhães.^[5]

Neste trabalho Seabra Telles também buscava uma via original. Macquer considerava que o *fogo elementar* ou *flogisto* era da mesma natureza que a *luz*, mas que era diferente do *calor*, que ele considerava produto de um movimento mecânico. Lavoisier, por sua vez, considerava que o *fogo elementar* era igual ao *calor*, embora fosse diferente da *luz*. A hipótese aventada por Seabra Telles era a de que “o calor, pois, o fogo elementar, a luz, o phlogisto dos corpos em quanto a mim he huma, e a mesma cousa” (Seabra Telles, 1788a: 14). Além de Macquer e de Lavoisier, sua hipótese também contrariava a opinião de Fourcroy, que considerava que o calor era bem diferente da luz, pois “existem muitas luzes que não produzem calor, assim como encontramos muito calor sem luz” (Fourcroy, 1786: t. 1, 127). Para demonstrar sua hipótese, Seabra Telles utiliza os conceitos de *calor específico* e *calor absoluto*, termos que ele encontrara no livro de Magalhães, embora lhes atribuísse um significado um pouco diferente. De acordo com Magalhães, que dizia apenas apresentar os resultados Joseph Black, Crawford e, sobretudo, de Kirwan (Scott, 1981):

[...] o calor absoluto é o fogo elementar, que se encontra espalhado em todos os corpos físicos, [e] o calor específico é a quantidade de calor absoluto que pertence à cada elemento ou partícula integrante de um corpo qualquer em certo estado; ou, em outras palavras, é a proporção numérica das partículas elementares do fogo, pertencendo à cada parte específica de um corpo qualquer sob uma forma determinada (Magalhães, 1781: t. xvii, 376).

[5] Este texto foi publicado na França no periódico *Observations sur la physique* em 1782 e foi determinante para chamar a atenção de Lavoisier sobre a questão do calor (Poirie, 1993: 147).

Ao contrário de Magalhães, Seabra Telles não considera que o *calor específico* tinha apenas uma relação física com as *partes constituintes* dos corpos, mas que “este calor he aquelle, que entra na composição, e faz parte da essência dos corpos [...]. Este é o phlogisto, ou a luz combinada de Macquer; o calor combinado de Lavoisier, o calor latente dos chimicos do Norte, e finalmente o calor específico do nosso Magalhaes” (Seabra Telles, 1788a: 17-18). Para ele, demonstrar esta igualdade servia como prova de sua hipótese de que o flogisto não era outra coisa senão uma forma específica de fogo ou de calor. Sua conclusão era então a de que “o calor não he movimento, mas hum fluido, cuja afinidade com os corpos he muito variável” (1788a: 29). Além da discordância de Seabra Telles em relação a Lavoisier e a Fourcroy quanto à identidade entre o calor e a luz, ele também não estava de acordo com a explicação dada por eles para a operação de combustão. Ele concordava que “para que qualquer corpo se queime he preciso o acesso do ar”, e que isso provocava um aumento de “peso” do produto obtido, porém ele partilhava a explicação conciliatória dada por Macquer para o fenômeno. Esta explicação considerava que no momento em que uma parte de *ar vital* era absorvida, o *flogisto* retido era liberado na forma de luz e calor. Na verdade, a tentativa de conciliação entre a hipótese de Lavoisier da combinação com o *ar vital* com a uma correspondente liberação do *flogisto* do corpo combustível havia sido proposta em 1776 por Guyton de Morveau, e foi retomada por Macquer no artigo “Ar” da segunda edição de seu *Dicionário* (Guyton de Morveau, 1776; Macquer, 1778: t. 1, 57). Naturalmente, aqui se revela uma diferença importante na concepção do que seria um “corpo combustível”, pois, enquanto para aqueles que acreditavam, como Macquer, que eles eram ricos em flogisto, para Lavoisier o fenômeno era causado pelo *calórico* que, combinado com o *princípio oxigênio*, formava o *ar vital*. Segundo Fourcroy, a teoria proposta por Lavoisier

[...] era absolutamente o inverso daquela de Stahl [...], pois todos os corpos que Stahl acreditava serem compostos nos quais estava presente o flogisto, são olhados na teoria de [Lavoisier], como seres simples que têm grande afinidade com o ar puro [...] (Fourcroy, 1786: t. 1, 144).

Enfim, apesar de certas reticências em relação à explicação de Lavoisier para a combustão, Seabra Telles conclui sua dissertação fazendo alguns comentários sobre a respiração. Segundo ele, “Fourcroy, Lavoisier, e de la Place dizem, que na respiração há huma combustão: nós somos do parecer destes celebres Filósofos, que levoñ sempre adiante das suas palavras o cunho da experiência, única mestra das sciencias fisicas” (Seabra Telles, 1788: 40).

Após publicar essas dissertações, Seabra Telles passou a se dedicar a seu Compêndio. Ainda não havia em língua portuguesa um manual de fácil acesso às teorias modernas da química. Basta lembrar que a mais importante obra de química em português era o *Elementos de Chimica e de Farmacia*, publicado em 1783 por Manoel Henriques de Paiva (1752-1829), que era essencialmente uma versão do texto latino *Fundamenta Chemiae* de Giovanni Scopoli (1723-1788) (Paiva, 1783; Scopoli, 1777; Filgueiras, 1991: 133). O primeiro tomo do seu *Elementos de Chimica*, publicado em 1788, é dividido em duas partes. Na primeira, ele apresenta um rápido resumo dos principais fatos experimentais e das teorias mais aceitas entre os químicos da época, diz ele, “para dahi tirarmos leis geraes, que nos sirvaõ de chave no systema da chimica”. A segunda parte é dedicada às operações químicas propriamente que, alertava ele, deveria ser estudada e praticada no laboratório. No *Discurso preliminar*, Seabra Telles também explicitava sua posição filosófica, bem como a relação que considerava existir entre a química e a filosofia natural:

Se reflectirmos sobre a origem dos conhecimentos humanos ainda os mais metafísicos, veremos, que todos são devidos á observação, e experiência. Mas nenhuma sciencia precisa mais deste socorro, do que aquella, que trata de examinar, e conhecer a natureza dos corpos. A Chimica he, a que toma isto a seu cargo, porem como a variedade dos corpos he infinita, faz-se manifesto, que esta sciencia não pode chegar á sua perfeição, se não depois de muito trabalho, e summa difficuldade. A Natureza he prodigiosa tanto na immensidade das suas producçoens, como na variedade, com que nos oculta os seus passos (Seabra Telles, 1788b: t. 1, vi).

O Compêndio começa com uma breve história da química, dividida por Seabra Telles em seis épocas: origem da química entre os egípcios; a química entre os árabes; alquimia; química médica e farmacêutica; química do século do século XVII; tempo atual. Segundo ele, atualmente, a química deveria ser definida como:

[...] a sciencia que trata de conhecer a natureza dos corpos decompondo-os em seus princípios, recompondo-os, quando possível, por meio da acção reciproca de huns sobre os outros [...]. A decomposição dos corpos em seus princípios faz-se por meio da *Analyse* [e] a composição faz-se por meio da *Synthese*, que não he, senão a combinação dos princípios constituintes de hum corpo qualquer (Seabra Telles, 1788b: 9-10).

Logo a seguir, Seabra Telles apresenta sua concepção acerca das afinidades químicas e expressa a sua concordância em relação à terminologia empregada pelos “celebres Macquer, Morveau, e Fourcroy” para identificar os diversos tipos de *princípios* presentes nos corpos materiais (1788b: t. 1, 19). No entanto, aqui também temos outro ponto de discordância do pesquisador luso-brasileiro em relação a Fourcroy. A questão dizia respeito à lei matemática que essas afinidades ou atrações químicas obedeciam, uma que-rela antiga que emergiu em 1745 com a polêmica entre o matemático Alexis-Claude de Clairaut (1713-1765) e o naturalista Georges Leclerc, conde de Buffon (1707-1788). Clairaut era da opinião que, a pequenas distâncias, era necessário adicionar à força do inverso do quadrado ($1/r^2$) um termo na forma de $1/r^n$, sendo $n > 2$. Buffon sustentava, ao contrário, que o inverso do quadrado era a única lei que regia os fenômenos materiais e sua variação era devida à figura dos corpos (Kim, 2003: cap. 5). Embora Fourcroy estivesse de acordo com a identidade entre as afinidades químicas e as atrações newtonianas, ele partilhava a opinião de Clairaut e considerava que a lei das atrações químicas não era a mesma do quadrado da distância (Fourcroy, 1786: t. 1, 93). Ao contrário, seguindo as recomendações do próprio *Estatuto* (EUC, 1772: L. 3, 370), Seabra Telles afirma que:

A acção reciproca que exercem os corpos huns sobre os outros he devida a huma lei geral da materia, pela qual todos tendem a unir-se huns com os outros com maior, ou menor força, segundo a natureza particular de cada hum; esta lei he aquella, que os Chimicos chamao de Affinidade, e segundo me parece não he diferenciada Attraçao, porém sim esta mesma, como diz Buffon, obrando ou nas massas grandes, ou nos seos elementos, ou corpos muito pequenos (1788b: t. 1, 10).

Quanto à teoria e ao cálculo das afinidades, Seabra Telles seguia, sobretudo, o artigo “Afinidades”, publicado em 1786 no primeiro tomo da *Encyclopédia metódica* por Guyton de Morveau. O mesmo ocorria com sua descrição sobre a natureza e as propriedades dos ácidos, que seguia o artigo “Ácidos” do mesmo autor, que, na verdade, era um longo tratado de mais de quatrocentas páginas. Aliás, Seabra Telles foi designado pela Universidade para traduzir o artigo “Affinité”, porém o trabalho foi efetivamente realizado por seu colega Thomé Rodrigues Sobral e publicado em Coimbra em 1793. Na Inglaterra, Kirwan, estimulado por Guyton de Morveau, prosseguia suas investigações sobre a mensuração das afinidades químicas a partir das proporções de saturação entre ácidos e bases. Kirwan atribuía números aleatórios de afinidade entre ácidos e bases que permitiam estabelecer comparações

de afinidade que possibilitavam a previsão da ocorrência ou não de uma determinada operação química¹. Além de Kirwan, vários outros químicos levaram adiante a investigação sobre a medida das afinidades, como Bergman, Berthollet, Fourcroy ou ainda Karl Friedrich Wenzel (1762-1807). No final da segunda parte do primeiro tomo, Seabra Telles resume em várias tabelas as operações entre ácidos e bases com seus respectivos graus de afinidade, copiados dos textos de Guyton de Morveau, de Fourcroy e de Kirwan (1788b: t. 1, 183-190; Taylor, 2008).

Logo no início da segunda parte do primeiro tomo, Seabra Telles deixava claro que adotaria a nomenclatura publicada pelos químicos franceses em 1787. Também que organizaria seu Compêndio a partir da combinação ou não dos corpos materiais como o *princípio oxigênio*. Nesta organização, diz ele, “nos compreendemos todos os corpos, debaixo de duas classes, incombustíveis e combustíveis. A primeira dividimos em tres ordens, as terras, as substancias salino-terrosas e os saes; a segunda em duas, combustíveis por si e combustíveis não por si, e cada huma destas ordens em vários gêneros, espécies e variedades” (1788b: t. 1, 57). Esta organização fundamentada na combinação com o princípio oxigênio também satisfazia outra determinação do novo *Estatuto* da Universidade, que considerava que o *Sistema classificatório* de Lineu deveria ser adaptado às diferentes ciências naturais (EUC, 1772: L. 3, 352).

O segundo tomo foi publicado somente em 1790. Como epígrafes do texto, Seabra Telles fez uso de duas citações, uma de Lavoisier sobre a importância da nomenclatura e outra de Condillac (*Traité des systèmes*, 1749) sobre a relação entre a linguagem e os métodos analíticos. A seguir, ele começa a descrever as operações e propriedades dos corpos combustíveis, explicando a relação entre a combustão e o *princípio oxigênio*. Não há mais referência à teoria conciliatória de Macquer e de Guyton de Morveau sobre a combustão, que agora era explicada como sendo própria aos corpos “susceptíveis de se combinarem com o oxigênio com maior, ou menor força segundo o grau de afinidade entre ele” (1790: t. 2, 190). Ao descrever as experiências de Lavoisier sobre a decomposição da água, Seabra Telles utiliza uma nota para responder a um crítico de sua *Dissertação sobre a fermentação*, o químico Henriques de Paiva, que num artigo no *Jornal Enciclopédico* de Lisboa de 1788 o havia censurado sobre a adoção de resultados ainda provisórios, além da nova nomenclatura, que o crítico considerava bárbara. Se o autor do artigo, diz ele,

[...] tivesse lido seriamente a ultima Edição de da Chimica de Fourcroy, se ele tivesse repetido, como eu, a analyse, e a synthèse d'agoa não diria

certamente, que as experiências de Lavoisier, e Meusnier etc, tinhaõ sido desmentidas, mas diria como Fourcroy, que esta descoberta he cada vez mais confirmada pelas experiências [...] (1790: t. 2,204; Filgueiras, 2015: 133).

Após organizar a classe dos corpos combustíveis em gêneros, espécies e variedades, devidas à diferentes combinações com o oxigênio, ele conclui seu Compêndio com uma *Dissertação sobre as águas minerais*, um tema cuja investigação era bastante incentivada pelo professor Vandelli e considerado de grande relevância pela Universidade dada sua importância para a medicina (1790: t. 2, 409 ss.; Ferraz, 1997: 105 ss.).

Se desde suas primeiras dissertações Seabra Telles já empregava a moderna nomenclatura, primeiro a de Guyton de Morveau presente na *Enciclopédia metódica*, depois aquela do grupo liderado por Lavoisier, foi somente em 1801 que ele publicou a tradução do *Dicionário de sinônimos* com os novos nomes das substâncias químicas. Porém, é importante observar que o seu *Nomenclatura Chimica Portuguesa, Franceza e Latina, a que se junta os Caracteres Chímicos adaptados a esta nomenclatura por Hassenfratz e Adet*, não é uma tradução do *Méthode de nomenclature chimique*. De fato, Seabra Telles traduziu o *dicionário de sinônimos* tal como apresentado por Fourcroy na quarta edição de seu *Éléments d'histoire naturelle et de chimie*, publicado em 1793 (Fourcroy, 1793: t. 4, 200 ss.). Ele não procedeu, por exemplo, como o tradutor para o castelhano, Pedro Gutiérrez Bueno (1743-1822), que em 1788 traduziu o *Méthode*, não apenas o *Dicionário de sinônimos*, mas também as dissertações de Lavoisier, de Guyton de Morveau e de Fourcroy, o que oferecia ao público hispanófono a argumentação filosófica que fundamentava a nova nomenclatura (Bueno, 1790; Nieto-Galan, 1995). A escolha de Seabra Telles de traduzir somente o *dicionário* foi a mesma do tradutor italiano, Vincenzo Dandolo (1758-1819), que optou por inserir o *dicionário* em um tomo suplementar à sua tradução do *Traité élémentaire* de Lavoisier (Dandolo, 1792: t. 4; Beretta, 1995).

Todavia, é interessante notar que Seabra Telles optou por introduzir os novos termos em português a partir de suas versões latinas e não diretamente do francês, pois ele considerava que “não somente nosso idioma tem mais analogia com ella, como porque a dicção latina he hoje geralmente seguida em todas as obras chímicas, e físicas, que recentemente se tem publicado em língua latina”. Assim, por exemplo, ele deixava de empregar o termo “oxyginio” que seria a tradução literal para “oxygène” e passa a adotar a grafia “oxigenio”, pois esta seria a melhor tradução para o termo latino “oxigenium” (1801: II). Se a apresentação da tradução é bastante breve e não explica em detalhes as novas designações escolhidas, talvez seja porque ele já havia

comentado no primeiro tomo de seu *Elementos de chimica* sobre as terminações que designavam os ácidos, seus diferentes graus de saturação de oxigênio e os sais correspondentes. Em seu Compêndio ele explicava, por exemplo, que “os saes compostos, ou neutros tem seus nomes geraes terminados ou em *atos*, ou em *itos*, como *nitratos* e *nitritos*; no primeiro caso quando a base do accido he saturada de oxygenio e no segundo quando a mesma base não he saturada (1788b: t. 1, 56). Embora alguns críticos tenham apontado algumas deficiências na tradução oferecida por Seabra Telles, ela passou a ser amplamente empregada pelos químicos lusófonos e serviu de modelo para Luís da Silva de Albuquerque (1792-1846), autor de um dos mais importantes livros-textos de física e de química do século XIX, publicado em Lisboa em 1824 (Luna, 2013: 923; Amorim da Costa, 2014: 221).

Enfim, as pesquisas químicas realizadas por Seabra Telles estavam em estreito diálogo com aquelas realizadas pelos mais importantes representantes da química de seu tempo. Não julgamos aqui se suas hipóteses e escolhas eram as melhores, mas procuramos inserir suas investigações em domínios nos quais o debate estava em aberto, em que o “consenso disciplinar” estava ainda por ser construído. Vimos que, em geral, Seabra Telles convergia com as hipóteses de Lavoisier, mas não o fazia à maneira de um novo convertido. Sua aproximação era crítica, procurando sempre chegar a conclusões a partir de seus próprios experimentos, o que o fazia discordar mesmo dos grandes nomes da química da época. Sua trajetória de pesquisa revela tanto proezas quanto vicissitudes da ciência realizada na “periferia” e com Instituições ainda em curso de construção. Após sua morte, Seabra Telles ainda experimentaria mais uma dessas vicissitudes, a do esquecimento coletivo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A química ocupava um lugar central na cultura científica e filosófica do século das Luzes. Útil aos médicos, aos farmacêuticos, aos metalurgistas, aos tintureiros, aos exploradores de minas e de outras riquezas nacionais, a química respondia aos ideais que guiavam o desenvolvimento da ciência. Além de construir um arcabouço teórico e experimental para sua ciência, os químicos também estavam em estreita relação com outras atividades ligadas tanto a domínios da Filosofia natural, quanto atuando diretamente em instituições de Estado destinadas a pôr em prática esses conhecimentos. Do ponto de vista teórico-experimental, a *Tabela* de relações/afinidades de Geoffroy e suas sucessoras representam bem o dinamismo teórico e experimental da química da época. O estabelecimento de manufaturas destinadas

a produzir diversas substâncias químicas também demonstrava que o conhecimento químico era a chave para o progresso. Portanto, a química do século XVIII não vegetava à espera de uma revolução científica que a transformasse numa “ciência moderna” (Holmes, 1989; Príncipe, 2007).

Em Portugal, a importância institucional foi reconhecida tardiamente, sobretudo, a partir da Reforma da Universidade de Coimbra. Para Seabra Telles, “o motivo mais forte porque os homens se entregam ao estudo de qualquer ciência, he sua utilidade”. Esta ideia, presente nos novos *Estatutos*, foi inculcada no jovem pesquisador e correspondia a um outro aspecto importante do “programa baconiano”, a economia produtiva. No caso, uma concepção econômico-produtiva fortemente influenciada pelo “movimento fisiocrata”, cujos principais teóricos eram os franceses François Quesnay (1694-1774) e Pierre Samuel Dupont de Nemours (1739-1817). Tanto em seus clássicos *Tableau économique* (1758) e *Physiocratie* (1768), quanto em seus artigos para a *Encyclopédie* de Diderot e D’Alembert (Evidences, Grains, Fermiers), Quesnay propunha um sistema econômico fundamentado na filosofia sensualista de Condillac e de seus correspondentes ingleses, Bacon e Locke, e que tinha na agricultura a fonte de todas as riquezas (Larrère, 1992). Também são bem conhecidas as contribuições de Lavoisier em favor das proposições fisiocratas, postas em prática em sua vasta propriedade agrícola (Poirier, 1993: 133 ss.; Boulaïne, 1995). Seabra Telles não deixou de contribuir neste domínio, publicando uma *Memoria sobre o método de curar a ferrugem das oliveiras* (1792), e outra *Sobre a cultura do arroz em Portugal* (1800a).

Em sua conferência *La naissance de la médecine social*, Michel Foucault apontou o papel fundamental da ciência química na medicalização das sociedades urbanas ocidentais. Segundo ele, foi na segunda metade do século XVIII que nasceu uma “medicina social”, quando a relação entre a medicina e a química se ampliou para outros domínios daqueles já explorados desde os Iatroquímicos paracelsistas. Trata-se do desenvolvimento de uma medicina de Estado, da prática de uma política da saúde onde se entrecruzava uma nova economia da assistência, uma nova gestão do corpo social e uma melhor compreensão dos fenômenos biológicos próprios a uma população. A higiene era central no funcionamento dessa medicina como instância de controle social. Ela demandava uma intervenção médica autoritária em tudo que era considerado como a origem privilegiada das doenças, como as prisões, os hospitais, os abatedouros, os navios, as instalações portuárias, além das igrejas nas quais ainda se realizavam sepultamentos (Foucault, 1994).

A técnica de fumigações ácidas foi proposta por Guyton de Morveau para combater a proliferação de miasmas provenientes de cadáveres sepul-

tados em igrejas, mas também passou a ser utilizada na profilaxia de presídios e sanatórios (1773; 1801). Esta técnica foi descrita e sugerida por Seabra Telles em sua *Memoria sobre os prejuizos causados pelas sepulturas dos cadáveres nos templos e methodos de os prevenir*, na qual ele retoma suas ideias sobre as fermentações e propunha os melhores meios para se controlar a putrefação de cadáveres sepultados nas igrejas, atitude que ele lamentava. Além disto, ele também propunha técnicas a serem empregadas nos sepultamentos realizados nos cemitérios de Lisboa, bem como as características dos locais em que eles deveriam ser instalados (Seabra Telles, 1800b).

A morte de Seabra Telles em 1804 interrompeu sua produtiva trajetória de pesquisa. Apesar do relativo sucesso de sua versão portuguesa para a nomenclatura química, sua obra teve pouca repercussão e seu Compêndio jamais foi utilizado como manual de ensino, mesmo tendo sido oferecido à “Sociedade Literária do Rio de Janeiro para o uso do seu curso de Chimica”. O curso nunca veio a existir e a própria Sociedade foi extinta em 1794 durante a chamada Conjuração Fluminense. Independentemente de um amplo reconhecimento público, a trajetória de pesquisa de Seabra Telles representa muito bem as qualificações requeridas pela Sociedade química portuguesa para conferir um prêmio em sua homenagem. Seu trabalho foi de alta qualidade, apresentando originalidade e autonomia de pesquisa. Mas se a memória coletiva luso-brasileira não foi muito generosa com seu legado como pesquisador, parece-nos que as investigações de Seabra Telles o colocam com parte de uma tradição filosófica que não depende de reconhecimentos nacionais. Seabra Telles foi um legítimo seguidor de um “programa baconiano”, um filósofo natural que pensava a ciência e seus produtos a partir de um sistema conceitual fundamentado nos ideais iluministas, no qual a emancipação material e intelectual eram as chaves para o progresso científico e social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amorim da Costa, A. (1995), “Lavoisier’s Chemical Nomenclature in Portugal”, em Bensaude-Vincent. B. e F. Abbri (eds.), *Lavoisier in European Context. Negotiating a New Language for Chemistry*, Canton, Science History Publications, pp. 155-172.
- (2003), “Nomenclatura química portuguesa no século XVIII”, em *Actas do Congresso Século das Luzes – Portugal e Espanha e a Região da Prata*, Berlim.
- (2014), *A Ciência no Singular*, Coimbra, Imprensa da Universidade de Coimbra.

- Anstey, P. (2014), “Philosophy of Experiment in Early Modern England: The Case of Bacon, Boyle and Hooke”, *Early Science and Medicine*, N° 19, pp. 103-132.
- Audidière, S. (ed.) (2016), *Fontenelle – Digression sur les Anciens et les Modernes et autres textes philosophiques*, Paris, Classiques Garnier.
- Bacon, F. (1963), “Advancement of learning”, em Spedding, J., R. Leslie e D. D. Heath (eds.), *The works of Francis Bacon*, Londres, Longman, vol. III, pp. 253-491.
- Bensaude-Vincent, B. (2008), *Matière à penser: Essais d'histoire et de philosophie de la chimie*, Paris, Presse Universitaire de Paris Ouest, “L'enigme du mixte”, pp. 51-64.
- Beretta, M. (1988), “T. O. Bergman and the Definition of Chemistry”, *Lychnos*, pp. 37-67.
- (1995), “Italian Translations of the Méthode de nomenclature chimique and the Traité élémentaire de chimie. The Case of Vincenzo Dandolo”, em Bensaude-Vincent, B. e F. Abbri (eds.), *Lavoisier in European Context. Negotiating a New Language for Chemistry*, Canton, Science History Publications, pp. 249-266.
- Bergman, T. (1780), *Opuscules chimiques et physiques*, Dijon, Frantin.
- Boerhaave, H. (1754), *Éléments de Chymie*, 2 tt., Paris, Chez Guillyn.
- Boulaine, J. (1995), “Lavoisier, son domaine de Freschines et l'agronomie”, em *Il y a 200 ans Lavoisier*, Paris, Académie des Sciences, pp. 87-95.
- Bret, P. (org.) (2016), “Louis-Bernard Guyton l'illustre chimiste de la République”, *Annales historiques de la Révolution française*, N° 383, Paris, Armad Colin.
- Bueno, P. G. (1788), *Método de la nueva nomenclatura química*, Madrid, Don Antonio de Sancha.
- Carlid, G. e J. Nordström (eds.) (1965), *Torben Bergman's Foreign Correspondence*, Estocolmo, Almqvist & Wiksell.
- Crosland, M. (1978), *Historical Studies in the Language of Chemistry*, Nova York, Dover Publications.
- Cruz, A. L. R. B. e M. R. de M. Pereira (2009), “Ciência, identidade e quotidiano. Alguns aspectos da presença de estudantes brasileiros na Universidade de Coimbra, na conjuntura final do período colônia”, *Revista de História da Sociedade e da Cultura*, N° 9, pp. 205-228.
- EUC (Estatutos da Universidade de Coimbra) (1772), *Os cursos das Sciencias Naturaes e Filosoficas*, Lisboa, Regia Officina Typografica.
- Dandolo, V. (1792), *Dizionario vecchio e nuovo di nomenclatura chimica*, Veneza, Dalle Stampe di Antonio Zatta.

- Ferraz, M. H. (1997), *As Ciências em Portugal e no Brasil (1772-1822): o texto conflituoso da química*, São Paulo, EDUC-FAPESP.
- , A. M. Alfonso-Goldfarb e S. Waisse (2014), “As ciências modernas na Universidade de Coimbra enquanto reflexo da nova organização enciclopédica do século XVIII”, em Filgueiras, C. A. L. (ed.), *Simpósio Comemorativo: Vicente Coelho de Seabra, 250 anos de nascimento (1764-2014)*, Belo Horizonte, Editora SBQ/MG.
- Filgueiras, C. A. L. (1985), “Vicente Telles, o primeiro químico brasileiro”, *Química Nova*, N° 8, pp. 263-270.
- (2015), *Origens da Química no Brasil*, Campinas, Editora Unicamp.
- (ed.) (2014), *Simpósio Comemorativo: Vicente Coelho de Seabra, 250 anos de nascimento (1764-2014)*, Belo Horizonte, Editora SBQ/MG.
- Fonseca, F. T. (1999), “Scientiae thesaurus mirabilis: estudantes de origem brasileira na Universidade de Coimbra (1601-1850)”, *Revista Portuguesa de História*, N° xxxiii, pp. 527-559.
- Fontenelle, B. (1731), “Éloge de M. Geoffroy”, em *Histoire de l'Académie royale des sciences*, pp. 93-100.
- Foucault, M. (1994), *Dits et écrits*, Paris, Éditions Gallimard, t. III (1976-1979).
- Fourcroy, A. (1786), *Éléments d'histoire naturelle et de chimie*, 2ème édition, 4 tt., Paris, Chez Cuchet.
- (1791), *Éléments d'histoire naturelle et de chimie*, 4ème édition, 5 tt., Paris, Chez Cuchet.
- Freudenthal, G. (1988), “Épistémologie des sciences de la nature et herméneutique de l'histoire des sciences selon Hélène Metzger”, em *Études sur Hélène Metzger, Corpus Revue de philosophie*, N° 8/9, pp. 161-188.
- Friero, E. (1981) [1946], *O Diabo na Livraria do Cônego*, São Paulo, Editora Itatiaia.
- Geoffroy, E.-F. (1718), “Tables des différents rapports observés en Chimie entre différentes substances”, em *Histoire de l'Académie royale des sciences*, pp. 202-212.
- Guyton de Morveau, L. B. (1773), “Nouveau moyen de purifier absolument & en très peu de temps une masse d'air infectée”, *Observations sur la physique*, t. 1, pp. 436-441.
- (1776), “Conciliation des Principes de STHAAL (sic) avec les Expériences modernes sur l'Air Fixe”, *Observations sur la physique*, N° 7, pp. 389-395.
- (1782), “Mémoires sur les dénominations chimiques, la nécessité d'en perfectionner les systèmes, les règles pour y parvenir, suivie du tableau d'une nomenclature chimique”, *Observations sur la Physique*, N° 19, pp. 370-382.
- (1786), *Encyclopédie Méthodique*, t. 1, Paris, Chez Panckoucke.

- (1793), *Tractado das Afinidades Chemicas: Artigo*, no Dicionario de Chimica, fazendo parte da Encyclopedia por ordem de materiais. Tradução de Thomé Rodrigues Sobral, Coimbra, Real Imprensa da Universidade.
- (1801), *Traité sur les moyens de désinfecter*, Paris, Chez Bernard.
- et al. (1994) [1787], *Méthode de Nomenclature Chimique*, ed. e introduction de B. Bensaude-Vincent, Paris, Éditions du Seuil.
- Holmes, F. L. (1989), *Eighteenth-century chemistry as an investigative enterprise*, Berkeley, University of California Press.
- Joly, B. (2008), “Chimie et mécanisme dans la nouvelle Académie royale des sciences: les débats entre Louis Lémery et Etienne-François Geoffroy”, *Méthodos, savoirs et textes*, N° 8.
- Kim, M. G. (2003), *Affinity, that Elusive Dream: A Genealogy of Chemical Revolution*, Massachusetts, MIT Press.
- Klein, U. (1995), “E.F. Geoffroy’s Tables of Different ‘Rapport’ Observed between Different Chemical Substances – A Reinterpretation”, *Ambix*, N° 4, pp. 79-100.
- Kuhn, T. S. (1961), “The function of measurement in modern Physical Science”, *Isis*, N° 52, pp. 161-193.
- Larrère, C. (1992), *L’invention de l’économie au XVIII^e siècle, Du droit naturel à la physiocratie*, Paris, PUF.
- Lavoisier, A. L. (1789), *Traité élémentaire de chimie, présenté dans un ordre nouveau et d’après les découvertes modernes*, Paris, Cuchet Libraire, tome second.
- Luna, F. (2013), “Vicente Seabra Telles e a Criação da Nomenclatura em Português para a Química de Lavoisier”, *Química Nova*, vol. 36, N° 6, pp. 921-926.
- Maar, J. H. (2008), *História da Química: primeira parte, dos Primórdios a Lavoisier*, 2^a ed., Florianópolis, Conceito Editorial, pp. 463-466.
- Macquer, P. J. (1749), *Éléments de chymie theorique*, Paris, Chez Jean-Thomas Herissant.
- (1766), *Dictionnaire de chymie*, 2 tt., Paris, Lacombe.
- (1778), *Dictionnaire de chymie*, 2 tt., 2^{ème} éd., Paris, Lacombe.
- Magalhães [Magellan], J.J. (1781), “Essai sur la nouvelle théorie du feu élémentaire”, *Observations sur la physique*, N° 17, première partie, pp. 375-388.
- Martins, D. R. (2012), “Brasileiros na reforma pombalina: criando novos caminhos da ciência entre Portugal e o Brasil”, em Paiva, J. P., J. A. C. Bernardes (eds.), *A Universidade de Coimbra e o Brasil. Percorso Iconobibliográfico*, Coimbra, Imprensa da Universidade de Coimbra, pp. 33-52.
- (2013), “A Faculdade de Filosofia Natural (1772- 1911)”, em Fiolhais, C., C. Simões, D. Martins (eds.), *História da Ciência na Universidade de Coimbra (1772-1933)*, Coimbra, Imprensa da Universidade de Coimbra, pp. 65-115.

- Metzger, H. (1987), *La Méthode philosophique en histoire des sciences, textes 1914-1939*, Paris, Fayard, “L'historien des sciences doit-il se faire le contemporain des savants dont il parle?” [1923], pp. 9-21.
- Nieto-Galan, A. (1995), “The French Chemical Nomenclature in Spain”, em Bensaude-Vincent. B. e F. Abbri (eds), *Lavoisier in European Context. Negotiating a New Language for Chemistry*, Canton, Science History Publications, pp. 173-192.
- Paiva, M. J. (1783), *Elementos de Chimica e Farmacia*, Lisboa, Impressão da Academia das Sciencias.
- Passeron, I., R. Sigrist, e S. Bodenmann (eds.) (2008), “La République des Sciences”, *Dix-Huitième Siècle*, vol. 40, N° 1, pp. 5-27.
- Pépin, F. (2012), *La philosophie expérimentale de Diderot et la chimie. Philosophie, sciences et arts*, Paris, Garnier.
- Peterschmitt, L. (2005), “Bacon et la chimie: a propôs de la réception de la philosophie naturelle de Francis Bacon aux XVIIIe et XVIIIe siècles”, *Revue Methodos*, N° 5, pp. 1-22.
- Poirier, J.-P. (1993), *Lavoisier*, Paris, Pygmalion.
- Principe, L. (ed.) (2007), *New Narratives in Eighteenth-Century Chemistry*, Pasadena, California Institute of Technology, Springer.
- Proust, J. (1995) [1962], *Diderot et l'Encyclopédie*, Paris, Albin Michel.
- Scopoli, J. A. (1777), *Fundamenta Chemiae Praelectionibus Publicis Accomodata*, Praga, Archigymnasii Typographum.
- Scott, E. L. (1981), “Richard Kirwan, J. H. de Magellan, and the Early History of Specific Heat”, *Annals of Science*, N° 38, pp. 141-153.
- Seabra Telles, V. C. (1787), *Dissertação sobre a fermentação em geral, e suas espécies*, Coimbra, Imprensa Real da Universidade.
- (1788a), *Dissertação sobre o calor*, Coimbra, Imprensa Real da Universidade.
- (1788b/1790), *Elementos de Chimica*, Coimbra, Imprensa Real da Universidade.
- (1792), *Memoria sobre o método de curar a ferrugem das oliveiras*, Coimbra, Imprensa Real da Universidade.
- (1800a), *Memoiira sobre a cultura do arros em Portugal e suas conquistas*, Lisboa, Casa Litteraria do Arco do Cego.
- (1800b), *Memoria sobre os prejuisos causados pelas sepulturas dos cadaveres nos templos, methodo de os prevenir*, Lisboa, Casa Litteraria do Arco do Cego.
- (1801), *Nomenclatura Chimica Portugueza, Franceza e Latina, a que se ajunta os Caracteres Chemicos adaptados a esta nomenclatura por Hassenfratz e Adet*, Lisboa, Casa Litteraria do Arco do Cego.

- Simões, A., A. Carneiro e M. P. Diogo (1999), “Constructing Knowledge: Eighteenth-Century Portugal and the New Science”, em Gavroglu, K., *The Sciences in the European Periphery during the Enlightenment*, Dordrecht, Springer, pp. 1-40.
- Smeaton, W. A. (1954), “The Contributions of P. J. Macquer, T. O. Bergman and L. B. Guyton de Morveau to the Reform of Chemical Nomenclature”, *Annals of Science*, vol. 10, N° 2, pp. 87-106.
- Spielmann, J. R. (1766), *Institutiones Chemiae Praelectionibus Academicis Adcommode*, Argentorati, Johannem Godofredum Bauerum.
- Sukopp, T. (2013), “Robert Boyle, Baconian Science and the Rise of Chemistry in the Seventeenth Century”, *Society and Politics*, N° 7, pp. 54-73.
- Taylor, G. (2008), “Tracing Influence in Small Steps: Richard Kirwan’s Quantified Affinity Theory”, *AMBIX*, vol. 55, N° 3, pp. 209-231.
- Venel, G.-F. (1753), “Chymie”, em *Encyclopédie ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, t. 3, pp. 408-437.
- Zaterka, L. e R. C. Mocellin (2018), “Natural History, Chemistry, and Teaching in Modern Scientific Culture”, em Prestes, M. E. B. e C. C. Silva (eds.), *Teaching Science with Context. Historical, Philosophical, and Sociological Approaches*, Cham, Springer, pp. 235-250.



LA QUÍMICA EN COLOMBIA: ¿UNA ACTIVIDAD CIENTÍFICA COMUNITARIA? PUBLICACIONES EN EL PERÍODO 1950-1999

*Ricardo Andrés Franco Moreno**

RESUMEN

En este artículo se comunican los resultados de un proyecto de investigación que consistió en caracterizar producciones académicas desarrolladas en el campo de la química en Colombia durante el período 1950-1999. Desde una aproximación histórica que vincula la perspectiva de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología CTS, con base en criterios bibliométricos y cienciométricos, se analizaron contribuciones realizadas por científicos colombianos en las revistas: *Journal of the American Chemical Society* y *Revista Colombiana de Química*. Se concluye que la participación a nivel internacional de profesionales en el campo, en este período fue reducida y que la organización de las instituciones y entidades gremiales era apenas incipiente para la época. En tal sentido, se reflexiona acerca del carácter comunitario que ha representado el trabajo académico en esta actividad científica en el país.

PALABRAS CLAVE: QUÍMICA EN COLOMBIA – ESTUDIOS CTS – COMUNIDAD CIENTÍFICA – CIENCIOMETRÍA – REVISTAS CIENTÍFICAS

* Profesor Departamento de Química, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia. Grupo de investigación EDUQUVERSA. Doctorando en Ciencias de la Educación, UPTC-RUDECOLOMBIA. Correo electrónico: <rfranco@pedagogica.edu.co>.

INTRODUCCIÓN

Antes de 1920, en Colombia no puede afirmarse con claridad la existencia de una comunidad académica organizada alrededor de la química como disciplina de trabajo profesional. Si bien había unos pocos profesionales que viajaban al exterior a realizar estudios profesionales y de postgrado en esta disciplina, en el país no existían programas de formación específicos en química, ni trabajos de investigación. En ese momento predominaba la producción agrícola de la mano con una industria incipiente y artesanal, lo que ubicaba al estudio de la química dentro de la actividad de profesionales en otras disciplinas como la medicina, la geología y la agronomía, o por parte de bachilleres y autodidactas que profundizaban en el área de las ciencias (Martínez *et al.*, 1993).

Es finalizada la década de 1920 e iniciada la década de 1930, cuando la química comienza a vincularse con el desarrollo tecnológico y con el surgimiento de industrias de productos químicos. Así, aparecerán las carreras de Química e Ingeniería Química, lo cual demandará la creación del *Laboratorio Químico Nacional*, de hecho, la fundación de la *Escuela de Farmacia* en 1929 será determinante en la iniciación de las actividades regulares relacionadas con la química. Años más tarde, con la fundación del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia esa escuela hará parte de esta nueva Unidad académica, siendo influyente el químico español Antonio García Banús, quien fue traído al país por orientación del gobierno de ese entonces (Gutiérrez, 1992).

El primer artículo de un colombiano que aparece en la prestigiosa revista *Journal of the American Chemical Society* se titula: “A rapid method for the determination of organic nitrogen”, y fue publicado por G. Jaramillo (1927). Esta contribución procede del laboratorio de la *escuela UPPER de Agricultura de la república de Colombia* y no está adscrita a alguna institución universitaria o facultad de Química, lo cual es un indicio de la incipiente formación de algunos profesionales en áreas relacionadas con la química en el país. Al respecto, conmemorando los 50 años de la primera promoción de químicos en Colombia, Gutiérrez (1992) señala:

De manera aislada unos cuantos autodidactas o profesionales formados en el exterior, desde el siglo pasado intentaron poner al servicio de nuestro país los desarrollos de la ciencia química logrados en países avanzados tanto científica como industrialmente (Gutiérrez, 1992: 1).

Siguiendo a Martínez *et al.* (1993), en la primera mitad del siglo xx Colombia no fue ajena a los efectos de la Segunda Guerra Mundial, aconteci-

miento histórico que propició cambios importantes en el desarrollo industrial propio, puesto que se instalan industrias de patente hechas a partir de modelos provenientes del exterior y de varias multinacionales, lo cual hace pensar que la comunidad química colombiana nace con vocación industrial, práctica y eficiente con el orden económico y social. El montaje y adaptación de tecnología perdió importancia y el químico se dedicó al control de procesos industriales en el laboratorio, convirtiéndose en empleado de otras ramas y alejándose del desarrollo científico en química, que en otros lugares del mundo, sobre todo en el denominado “norte global” estaba ocurriendo a pasos agigantados (Santos, 2011).

Sin embargo, el inicio de la década de 1940 será escenario de la fundación de la Sociedad Colombiana de Químicos, en mayo de 1941, y cuyo primer órgano de publicación se edita en 1944 con el nombre de *Revista Colombiana de Química*. Es de aclarar que no es esta la misma revista que finalizando la década de los años sesenta fundara la Universidad Nacional de Colombia. Ancizar-Sordo (1944) señala que esta revista: “constituirá el archivo de las investigaciones científicas y técnicas que se realicen en Colombia y el órgano de difusión de los programas y planes de cuanto se refiera al desarrollo de la química pura y aplicada” (Ancizar-Sordo, 1944: 1). Entre los fines de dicha sociedad, se destacan algunos propósitos a nivel científico, social y profesional, visibles en la comunidad nacional e internacional, no obstante, los efectos en la publicación de artículos científicos en revistas especializadas de gran estatura a nivel mundial son muy pocos, por no decir nulos. Por otra parte, la poca cantidad de profesionales en química fue uno de los problemas constantes de esta sociedad, situación que al parecer fue cambiando con la formación de nuevos profesionales, de hecho en el año 1942 se gradúan en Colombia los primeros profesionales químicos e ingenieros químicos. Vale la pena señalar que, finalizando la primera mitad del siglo xx aparece publicado en *Journal of The American Chemical Society* el artículo: “*Pyridine Derivatives. II. Some 6-Methyl-4-hydroxy-2-pyridines and their Derivatives*” por William F. Bruce y L. A. Pérez Medina, quienes figuran adscritos a las instituciones: Institute of Applied Biochemistry Philadelphia, Estados Unidos, y a Universidad de Antioquia, Colombia, respectivamente. En el mismo año, Pérez Medina publica en esta revista, junto con R. P. Mariella y S. M. Mc Elvain, el artículo: “The Preparation and reactions of Some Polysubstituted Pyridines. 2-Methyl-3-hydroxy-5-hydroxymethylpyridine (4-Deshydroxymethylpyridoxin)”, artículo que también es en colaboración.

Dar cuenta del desarrollo científico en un contexto determinado resulta complejo y considerar todas las aristas posibles sería una empresa infinita.

En esta dirección, desde mediados de la década de 1970 en Colombia se formulan algunos cuestionamientos acerca de la evaluación de producciones académicas derivadas de la actividad científica (Ordóñez, 2002). Al respecto, durante la década de 1980 se reconocen algunos aportes de intelectuales interesados en la reflexión sobre el desarrollo científico en Colombia y su impacto en la producción científica, conjugando los análisis con situaciones y hechos particulares del contexto social, económico y político del país en la época (Melo, 1986 y Puerta, 1989). Así, los estudios históricos sobre la ciencia en Colombia se incrementaron desde inicios de la década de 1990, y estos se fueron especificando en los aspectos sociales (Martínez *et al.*, 1993), los institucionales (Lucio, 2003), los histórico-documentales (Franco Moreno, Gallego Badillo y Pérez Miranda, 2009), entre otros.

En el presente estudio, de aproximación metodológica mixta y de especial énfasis en el estudio cualitativo de información proveniente de documentos científicos (Vasilachis de Gialdino, 2006), se parte del criterio planteado por Gallego Badillo (2008), quien postula que uno de los indicadores más sólidos para la caracterización de comunidades científicas lo aportan las publicaciones que circulan en las revistas científicas especializadas, pues las comunidades académicas y científicas a lo largo de la historia han organizado sus formas de divulgación y discusión de sus resultados y avances, siendo de especial importancia las revistas científicas.

En tal sentido y desde el punto de vista de Barona (1994), en el debate historiográfico puede considerarse como científico a quien se le encuentra como autor de publicaciones de artículos en dichas revistas, por cuanto que desde la lógica de la validación de los productos del conocimiento científico, el contenido de los artículos abarcaría buena parte de la ciencia elaborada. Desde esta perspectiva, se han venido consolidando modelos cuantitativos y estadísticos para la evaluación documental de la producción científica, tales como la bibliometría (Araújo y Arencibia, 2002) y la cienciometría (Macías, 1998). De este modo, la cienciometría, durante la última década del siglo xx y la primera del xxi, ha venido cobrando cada vez más importancia en la historia de la ciencia (Kragh, 2007).

No obstante, desde los estudios sociales de la ciencia y la tecnología-CTS (Vessuri, 1992; Restivo, 1992; Kreimer, 2009), se han elaborado serias y fundamentadas objeciones a los modelos y métricas de evaluación cuantitativa de la producción científica, cuestionando que en buena parte de estas dinámicas de medición, aspectos como las lógicas e intencionalidades de producción científica y su respectiva apropiación y usos sociales, abrigan serias limitaciones y sesgos que no necesariamente se reflejan en la producción escrita o en los currículos de quienes se dedican a la actividad científ-

fica. Particularmente Golombek (2007), profundiza en lo que tiene que ver con la vertiginosa proliferación de *papers* y de revistas en las que estos se publican desde prácticas y procesos bastante cuestionables.

Así, el estudio documental se orientó desde la pregunta de indagación: *¿Desde qué publicaciones es posible dar cuenta de que la actividad científica en química en Colombia en el período 1950-1999, tiene un carácter comunitario?*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de la consulta en las bases de datos internacionales Science Citation Index y Latindex, teniendo en cuenta el factor de impacto e indexación del *Journal of the American Chemical Society* y de la *Revista Colombiana de Química*, estas fueron seleccionadas para realizar la respectiva indagación. La tabla 1 presenta la información sobre las revistas.

Journal of the American Chemical Society

Al realizar el rastreo en el buscador especializado de la revista, se encontraron varios artículos publicados por autores colombianos en el período de interés.

Para el estudio de cada artículo, se empleó una ficha de catalogación bibliométrica y se elaboró un resumen analítico crítico de contenidos según lo propuesto por Franco, Gallego Badillo y Pérez Miranda (2009). La información se presenta en las tablas 2 y 3.

Tabla 1. Información específica revistas científicas seleccionadas

Revistas seleccionadas		
	<i>Journal of the American Chemical Society</i>	<i>Revista Colombiana de Química</i>
Descripción general	<ul style="list-style-type: none"> - ISSN: 0002-7863 - Publicación de la American Chemical Society - Indexada en: Science Citation Index, Chemical Abstracts, SCOPUS. 	<ul style="list-style-type: none"> - ISSN: 01202804 - Publicación del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia. - Indexada en Chemical Abstracts, Latindex y Publindex
Link web	< https://pubs.acs.org/journal/jacsat >	< https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/index >

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Artículos publicados por autores colombianos en JACS

Volumen, número, año, título,	Autores Colombia (Institución - ciudad)	Países en colaboración
Journal of the American Chemical Society - JACS		
77, 1955. Extraction of Reserpine and Other Alkaloids from Colombian Rauwolfia Hirsuta.	Bernardo Uribe Vergara. UNAL. Bogotá.	—
79 (22), 1957. The Acid-catalized Dissociation of Bis-9-anthraldehyde.	Santiago Robledo Ocampo UNAL. Bogotá.	USA
92, 1970. Participation of Acetylenic Bonds in Pericyclic Reactions. Thermal Cleavage of β -Hydroxyacetylenes	Jesus Larrahondo. UNIVALLE. Cali.	USA
95 (11) 1973. Evidence for a Planar Transition State in Pericyclic Reactions Involving Acetylenes. A Hammett Study of the Thermal Cleavage of β -Hydroxyacetylenes.	Jesus Larrahondo. UNIVALLE. Cali.	USA
109 (9), 1987. Investigations into the Nature of a Silicoaluminophosphate with the Faujasite Structure	Ligia Sierra de Saldarriaga, Carlos Saldarriaga UDEA. Medellín.	USA
110 (7), 1988. Studies of Silicoaluminophosphates with the Sodalite Structure	Ligia Sierra de Saldarriaga, Carlos Saldarriaga. UDEA. Medellín	USA
118 (45), 1996 Generation and Study of the Reactivity of α -Ammonium Distonic Radical Cations in Solution	Luz Amalia Rios, Rodrigo Paredes. UDECA. Manizales. UNIVALLE. Cali.	Canadá USA
Journal of Chemical Education - JCE		
52 (6), 1975 Precise determination of the absorption maxima in wide bands Journal of Chemical Education	José Luis Villaveces, Jaime De La Zerda y Piero De Milh. UNAL. Bogotá.	—
72 (12), 1995 The Vapor Pressure of Liquid Binary Solutions: An Experiment for the Physical Chemistry Laboratory	Luis H. Blanco, Carmen M. Romero y Ricardo Munar. UNAL. Bogotá.	—
72 (10), 1995 A Systematic Experimental Test of the Ideal Gas Equation for the General Chemistry Laboratory	Luis H. Blanco y Carmen M. Romero UNAL. Bogotá.	—
ACS Symposium Series - SyS		
121, 1980 Simultaneous Interpenetrating Networks Based on Castor Oil Elastomers and Polystyrene: A Review of an International Program	A. Conde UIS. Bucaramanga	USA
443, 1991 Arylcholine Carbonates and Aryl-3,3-dimethyl-1-butyl Carbonates as Inhibitors and Inactivators of Acetylcholinesterase	Miguel Turizo UDEA, Medellín.	USA
588, 1995 Chemical Studies of Myristicaceae Species of the Colombian Amazon	Juan C. Martinez V. y Luis E. Cuca S. UNAL. Bogotá.	—

Volumen, número, año, título,	Autores Colombia (Institución – ciudad)	Países en colaboración
730, 1999 Persistent Photoconductivity in High- T_c Superconductors	D. Girata, W. Lopera, P. Prieto. UDEA. Medellín. UNIVALLE. Cali.	USA
Journal of agricultural and food chemistry - JAFc		
35 (4), 1987 Aroma constituents of the fruit of the mountain papaya (<i>Carica pubescens</i>) from Colombia	Alicia L. Morales, and Carmenza Duque UNAL. Bogotá.	–
47 (4), 1999 C_{13} -Norisoprenoid Glucoconjugates from Lulo (<i>Solanum quitoense</i> L.) Leaves	Coralía Osorio, Carmenza Duque. UNAL. Bogotá.	Japón
Journal of Natural Products - JNP		
52 (6), 1989. Study of <i>salvia palaefolia</i> : absolute configuration of glechomafuran	Jairo Calle y Augusto Rivera UNAL. Bogotá.	España
60 (2), 1997. Diepoxyrrollin and Diepomuricanin B: Two New Diepoxacetogenins from <i>Rollinia membranacea</i> Seeds	Jairo Saez UDEA. Medellín.	Francia España
60 (3), 1997 A New Sulfated Alkene from the Ophiuroid <i>Ophiocoma</i> <i>echinate</i>	Carmenza Duque UNAL. Bogotá.	Argentina
61 (8), 1998 10-Oximeganacone, the First Nitrogenated Acetogenin Derivative Found To Be a Potent Inhibitor of Mitochondrial Complex I	Beatriz Torres, Diego Cortes. UDEA. Medellín.	España
62 (12), 1999 Lanostanoid Triterpenes from <i>Ganoderma lucidum</i>	Jaime Bermejo UNAL. Bogotá.	España
The Journal of Organic Chemistry - JOC		
61 (9) 1996 Two Highly Populated Conformations at Room Temperature of Monterine and Granjine, Antitumor Bisbenzylisoquinoline Alkaloids: Origin and Tridimensional Structures	Jairo Saez UDEA. Medellín.	Francia
62 (1), 1997 A Kinetic Study of the Thermal Decarboxylation of <i>r,r</i> - Difluoro α -Lactone	Rogelio Ocampo, Rodrigo Paredes UDECA y UNIVALLE Manizales y Cali	USA
62 (21), 1997 The Calyculaglycosides: Dilophol-Type Diterpene Glycosides Exhibiting Antiinflammatory Activity from the Caribbean Gorgonian <i>Eunicea</i> sp	Omayra L. Padilla, Juan A. Sánchez. UNAL. Bogotá.	
Journal of Chemical Information and Modeling - JCI		
34 (2), 1994 Upper and Lower Bonds for Molecular Energies		–
Journal of Physic Chemistry - JPC		
103 (48), 1999 Effect of Methyl Ketones in the Belousov-Zhabotinskii Reaction	Igal Berenstein, Jesús Ágreda y Daniel Barragán UNAL. Bogotá.	–

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Número de artículos de colombianos y en colaboración en JACS

Década	Artículos Colombia	Artículos en colaboración con autores extranjeros			
		EUA	España	Francia	Otros
1950-1959	2	1	--	--	--
1960-1969	--	--	--	--	--
1970-1979	3	2	--	--	--
1980-1989	5	3	1	--	--
1990-1999	16	4	3	2	4
Total	26	10	4	2	4
		20			

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra, durante la segunda mitad del siglo xx la presencia de colombianos en esta revista, representada en los 26 artículos que allí circulan y que fueron aumentando década tras década, representa el 0,3% de la producción total, siendo las Universidades estatales: Nacional de Colombia, de Antioquia, del Valle, las tres instituciones de donde provienen la mayoría de las contribuciones, seguidas de universidades como la de Caldas y la Industrial de Santander con algunas publicaciones. El número de artículos clasificados en las áreas de publicación, de acuerdo con la especialidad de las divisiones de la ACS (*journals*), son: química inorgánica (7) química de los productos naturales, mayoritariamente en fitoquímica (6), química orgánica (5), educación en química (3), superconductores (1), química de alimentos (2), fisicoquímica (1) y modelos moleculares (1).

En la mayoría de estos artículos los colombianos no aparecen como únicos autores, sino en colaboración con otros científicos (20 artículos), procedentes de instituciones extranjeras, mayoritariamente estadounidenses y españolas. La participación colombiana es el resultado de la promoción de químicos colombianos para realizar estudios avanzados en el exterior, a causa de las necesidades en la producción industrial, hecho que más adelante tendrá implicaciones en el desarrollo de la química en el país a nivel académico e industrial (Martínez *et al.*, 1993).

Al respecto, llama la atención que desde la década del cincuenta llegaron profesores extranjeros a la Facultad de Química de la Universidad Nacional de Colombia, entre ellos, Marcel Ewert, quien según visiones optimistas del desarrollo científico colombiano, durante más de dos décadas contribuyó aportó en la consolidación de la fisicoquímica en el país, incorporando el componente investigativo en la formación de químicos, y estableciendo rela-

ciones interinstitucionales e internacionales que permitieron importantes convenios de cooperación entre distintas entidades a nivel nacional e internacional (Villaveces, 1975). Por su parte, Gutiérrez (1992) documenta que la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Nacional estaba muy bien posicionada en Latinoamérica en las décadas de 1950 y 1960.

Revista Colombiana de Química

El inventario de la publicación de artículos en revistas científicas especializadas en química en Colombia debería comenzar desde el año 1950, sin embargo, las revistas seleccionadas para tal fin, y que cumplieran con parámetros de indexación y arbitraje, así como de existencia en las hemerotecas locales (*Revista Colombiana de Química* y *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*), solo editan sus primeros volúmenes después de la primera mitad de la década de 1960. Sin embargo, varios artículos encontrados en estas revistas así como los referentes en historia social de la ciencia, aportan importantes elementos para una mejor comprensión e interpretación de los hechos que a nivel científico y tecnológico tuvieron lugar entre las décadas de 1950 y 1970.

El primer número de la *Revista Colombiana de Química* fue editado en el año 1970, lo que en ese entonces representaba un importante logro para el Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, pues en esta publicación consolidada se veían revertidos los esfuerzos que desde 1968 se habían centrado en la edición de los cuatro números de la Revista del Departamento de Química. Como resultado de la revisión documental, en la tabla 4 se reportan los resultados, que permiten establecer que década tras década la cantidad de artículos editados en la *Revista Colombiana de Química* aumentó de manera significativa.

Tabla 4. Publicaciones RCQ

Cantidad artículos / procedencia de autores				
Década	Cantidad artículos	Colombia	Colaboración	Extranjeros
1970-1979	53	45	6	2
1980-1989	85	71	7	7
1990-1999	129	104	20	5
Total	267	220	33	14

Fuente: Elaboración propia.

A pesar del aumento en la cantidad de artículos por edición durante la década de 1990, la cantidad de artículos en colaboración no aumentó, manteniéndose la tendencia de las anteriores décadas, pero disminuyendo la presencia de autores extranjeros en la revista, lo cual es contradictorio con las intenciones estatales de esa época, que se centraban en el logro de la apertura hacia los mercados internacionales. Sin embargo, se identifica un crecimiento cuantitativo de la producción académica en química, puesto que para el ejercicio cuantitativo se parte de la premisa de que, si la ciencia se traduce en lo que circula en las revistas especializadas editado en forma de artículo científico, el correspondiente aumento o disminución del número de citas determinará dicho crecimiento (Barona, 1994). En la tabla 5 se observa el panorama por regiones.

Las regiones con mayor índice de publicación en química son el Distrito Capital (Bogotá), Valle del Cauca, Antioquia y Santander respectivamente. Esto indica que la actividad académica en química se ha desarrollado en este orden de regiones en el país, pues geográficamente es en estos lugares en donde están ubicadas tanto las universidades estatales de mayor incidencia desde el punto de vista científico y tecnológico, como muchas de las industrias influyentes en la economía colombiana. Este comportamiento se corresponde ampliamente con los manuscritos hallados en JACS (tablas 2 y 3). Estas cuatro universidades representan históricamente el escenario de la actividad científica en el país, lo cual refuerza la idea de que es en el desarrollo de la industria en donde tuvo cabida la ciencia desde el control de procesos industriales y la construcción de algunos dispositivos y artefactos tecnológicos en industrias instaladas en las regiones de ubicación de estas universidades.

Lógicamente se pensaría que por ser esta una información procedente de una publicación de la Universidad Nacional de Colombia la mayoría de artículos vendrían de esta institución y que por tanto se limitaría el panorama respecto a las otras instituciones y sus correspondientes regiones. Sin embargo, lo que se encuentra es que, las unidades académicas de esta institución

Tabla 5. Publicaciones por región rcq

Región / Cantidad artículos					
Década	Bogotá	Valle del Cauca	Antioquia	Santander	Otras
1970-1979	44	4	3	1	1
1980-1989	70	9	2	3	1
1990-1999	105	10	6	6	2
Total	219	23	11	10	4

Fuente: Elaboración propia.

han sido de suma importancia en el desarrollo de la actividad científica en Colombia, para lo que bastaría con revisar las publicaciones en ciencias de la naturaleza de otras universidades del país, encontrando seguramente una buena proporción de artículos también provenientes de la Universidad Nacional. Del mismo modo, como se presentará más adelante, las entidades gremiales guardan un estrecho vínculo desde sus orígenes con esta institución.

En cuanto a las citas bibliográficas, se reconoce un progresivo aumento en el número de citas de revistas científicas, pues en la década de 1970 predominaba una tendencia en la cantidad de citas procedentes de libros de texto, comportamiento que cambia notablemente, siendo las revistas especializadas la mayor fuente de citas en la década de 1990 (tabla 6).

En lo referente a las áreas de publicación en esta revista, estas se clasifican en:

- Análisis-Síntesis Orgánica (ASO)
- Análisis-Síntesis Inorgánica (ASI)
- Análisis-Síntesis Bioquímica (ASB)
- Fitoquímica (FTQ)
- Fisicoquímica (FQ)
- Construcción de Equipos-Dispositivos (CED)
- Otras

Tabla 6. Citas bibliográficas rcq

Década / Cantidad de citas por tipo de fuente				
Tipo de fuente	1970-1979	1980-1989	1990-1999	Total
Libros de texto	225	410	470	1.105
Revista impresa	185	789	1.237	2.211
Otros documentos	17	87	132	236

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Área de publicación rcq

Área de publicación / Cantidad artículos							
Período	ASO	ASI	ASB	FTQ	FQ	CED	Otras
1970-1979	18	8	3	1	2	1	1
1980-1989	28	22	22	3	5	5	2
1990-1999	38	24	40	8	18	4	4
Total	94	54	65	12	25	10	7

Fuente: Elaboración propia.

Esta información, junto con los artículos de colombianos encontrados en

la *Journal of the American Chemical Society* (tabla 2), indican que desde la década de 1950 y durante la década de 1970 el análisis y la síntesis orgánica y bioquímica ocuparon en mayor medida la actividad de los químicos del país, siguiendo el análisis y la síntesis inorgánica, la fisicoquímica, la fitoquímica y la construcción de dispositivos.

Asimismo, durante la década de 1980 se presentó un gran incremento en los trabajos en análisis y síntesis bioquímica aplicados en su mayoría a alimentos, así como un aumento en la construcción y desarrollo de equipos y dispositivos para registrar mediciones o realizar algunos procesos en el laboratorio. Este aumento en la publicación de algunos artículos en bioquímica se atribuye al desarrollo del inmunoanálisis cuyos adelantos permitían algunos desarrollos en bioquímica y en endocrinología (Sánchez y Montes, 1984). Como lo muestra el área de publicación, en la década de 1990 los trabajos se centraron en el análisis y síntesis bioquímica, siendo de especial interés lo relacionado con alimentos, alcaloides e inmunoanálisis (Kouznetsov y Palma, 1997). En general, hay una cantidad considerable de trabajos desarrollados en análisis y síntesis orgánica. De hecho, la mayoría de las publicaciones que circulan en la revista internacional *JACS*, versan sobre química orgánica y fitoquímica.

De las publicaciones se deriva también un necesario análisis sobre relaciones entre ciencia y tecnología. Como ya se anotó, iniciando la década de 1980 la química se enfocaba al control de procesos y a la operación de artefactos y dispositivos. Así, sobresalen trabajos en la construcción de equipos para la medición de fotosíntesis neta y transpiración para plantas individuales, desarrollados mediante principios termodinámicos (Polanía, Pérez, y Camacho, 1982). También se desarrollan dispositivos sencillos para la determinación de densidades de soluciones a muy altas precisiones (Pinzón y Blanco, 1983). En esta época se reconocía que la información sobre algunos conceptos químicos tenía connotaciones técnicas sin profundizar en sus implicaciones científicas. En aspectos clave del desarrollo industrial, como la pirólisis del carbón, el hecho de ampliar más los conocimientos sobre su estructura química, posiblemente hacía pensar a los científicos que se estaba comenzando a relacionar los adelantos tecnológicos con el desarrollo científico (Rincón, 1983). No obstante, esos trabajos reflejan una mirada instrumentalista sobre la ciencia, en la que si bien se elaboran artefactos tecnológicos, el fin último es la aplicación para realizar mediciones, como en el caso de potenciómetros, polarógrafos, así como equipos de alta precisión para obtener isothermas de adsorción mediante métodos de adsorción a bajas (Grajales, Moreno y De Palacios, 1983).

Más allá de los anteriores ejemplos, es claro que la mediana articulación entre la tecnología y la actividad científica ha sido consecuencia del desarrollo económico del país, y el equipamiento para la actividad experimental ha sido, por no decir que en su totalidad, traído del exterior, lo que hacía más sencillo y productivo el trabajo práctico, a la vez que se veían disminuidos los trabajos orientados a la construcción de equipos y dispositivos, sin embargo, para aquella época es prematuro hablar de los efectos de la apertura económica y aún se construyen algunos dispositivos para determinaciones en termoquímica (Giraldo, Moreno, y Gómez, 1994).

Al revisar la metodología de trabajo que exhiben los artículos publicados en la RCQ, se aprecia que hay un predominio de trabajos centrados en la observación-experimentación, frente a menos del 50% de trabajos en revisión documental (tabla 8). En este contexto, en general prima una versión de ciencia centrada en la elaboración o en la reproducción de trabajos prácticos de laboratorio siguiendo un método científico, lo que se circunscribe en una lógica empirista y positivista de la ciencia (Gallego Badillo y Pérez Miranda, 1996).

Lo anterior se evidencia al encontrar algunas editoriales con posturas como la de Fonnegra (1976), quien declara:

es necesario entender cómo trabaja el científico, es decir adquirir los conocimientos a través de la observación y la experimentación repetidas, para ello es necesario entender: que el conocimiento parte de datos obtenidos a través de la observación y la experimentación; que la interpretación de los datos se basa en conceptos y principios que cambian a medida que el conocimiento aumenta; que a medida que cambian los conceptos y los principios, el conocimiento también cambia; que si el conocimiento cambia, se debe a que se conocen más y mejor los hechos, que lo que se conocían antes (Fonnegra, 1976: 69)

Tabla 8. Clasificación artículos por metodología de trabajo

Década / Cantidad de artículos				
Metodología	1970-1979	1980-1989	1990-1999	Total
Observación-Experimentación	44	83	93	220
Revisión documental	20	17	10	47

Fuente: Elaboración propia.

De igual modo, se suscitaba la necesidad de una universidad investigativa en donde los futuros profesionales aprendieran el método científico para la puesta en práctica en la solución de problemas de su realidad.

Desde miradas optimistas del desarrollo histórico de la química a mediados de la década de 1970 se elaboraban recorridos históricos lineales en los cuales algunos momentos históricos como el de la “materia primordial”, la relación química-medicina-botánica, las relaciones entre la química y los plásticos, y la química-energía son enlistados como una serie de hechos en el tiempo, en donde la contextualización social, política, económica y cultural es reducida o nula: “el átomo reveló sus misterios y nos entregó una nueva energía, inmensa y pavorosa, que nació con estallidos de muerte pero augura tiempos de prosperidad” (Gómez, 1975: 11). Así, se presenta una visión progresista y acrítica sobre la ciencia y su reconstrucción histórica.

En general los trabajos en química, cuya metodología se centra en el laboratorio, acuden a métodos instrumentales de análisis químico entre los que se destacan la RMN, la espectrofotometría, IR, la cromatografía, la absorción atómica, entre otros. Sin embargo aquellos métodos y técnicas de análisis químico aún tienen vigencia en el país, bastaría con revisar los libros de texto con los cuales los profesores de química desarrollan su ejercicio profesional, y confrontarlos con las citas y referencias bibliográficas que aparecen en la revista colombiana de química en aquel período.

Valorar la configuración de las comunidades científicas desde la característica de la actividad comunitaria implica una relación directa con el tipo de agrupación y el género de autoría (tabla 9).

Como se muestra, durante la década de 1970 hay un predominio de las publicaciones individuales, aumentando paulatinamente a partir de los años ochenta la publicación en parejas, ternas y colectivos de más personas, lo que deja entrever las dificultades que la actividad científica comunitaria en química ha presentado en el país.

Tabla 9. Tipo de Autoría RCQ

Tipo de autoría / Cantidad artículos						
Período	Individual	Pareja	Terna	Cuarteto	Quinteto	Más
1970-1979	28	9	8	1	1	1
1980-1989	16	20	38	6	3	1
1990-1999	14	39	41	18	7	9
Total	58	68	87	25	11	11

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, durante la segunda mitad del siglo xx era común referirse a los “hombres de ciencia”, lo cual se ha aceptado dentro de una perspectiva positivista de la ciencia. En este sentido, el género de autoría (tabla 10) muestra cómo desde la década de 1970 hasta 1999, si bien nunca se equilibró la cantidad de mujeres respecto de los hombres en las publicaciones, sí hubo cierto aumento en la presencia del género femenino. Aquí surge la pregunta acerca de qué implicaciones habrán tenido los movimientos libertarios y feministas durante este período de tiempo en la inclusión de la mujer en los procesos de construcción social, entre ellos, la ciencia (Kreimer, 2009).

La producción científica en química como actividad colectiva en Colombia puede entenderse desde la existencia y dinámica de las entidades que se han configurado desde finales de la primera mitad del siglo xx y al iniciar la segunda mitad del mismo. Así, en el país existen organizaciones gremiales que han contribuido en dicha materia, a saber: la Sociedad Colombiana de Ciencias Químicas – SCCQ, fundada en 1941, ligada al sector industrial y ampliamente relacionada con la revista *Química e industria*; la Federación Nacional de Ingenieros Químicos; creada en 1965, la Asociación Química Colombiana – ASQUIMCO; la Sociedad Colombiana de Química – SOCOLQUIM, el Consejo Profesional de Química de Colombia – CPQCOL, entre otras. Destáquese al respecto que, una de estas entidades ha sido la responsable, normativa y administrativamente, de expedir la tarjeta profesional de químico en el país. Llama la atención, sin embargo, la inexistencia de asociación alguna o de publicaciones científicas especializadas en el campo de la formación inicial de profesores de química.

Otro tanto hay que puntualizar en relación con las dinámicas de comunicación entre científicos, pues de no menor importancia son los encuentros colectivos de especialistas. De hecho, en el año 1951 se realiza en el país el Primer Congreso Colombiano de Química, evento que obedece a la

Tabla 10. Género de Autoría RCQ

Género de autoría / Cantidad autores		
Período	Masculino	Femenino
1970-1979	58	22
1980-1989	151	62
1990-1999	230	158
Total	439	242

Fuente: Elaboración propia.

necesidad de reconocer que hay agrupaciones de químicos con autoridad para trabajar académicamente en la química. Entre los acuerdos a los que se llegó en ese congreso se destacan: la planificación industrial, solicitando al gobierno nacional un censo industrial y exigiendo la presencia de personal calificado en química en las industrias; la solicitud de la creación de un instituto de investigación adscrito al Ministerio de Fomento y a la Universidad Nacional para estudiar lo relacionado con normatividad y calidad. De este evento surgieron iniciativas interesantes en relación con temas de la industria, la higiene, la nutrición y la enseñanza de la química, concluyéndose que el país necesitaba la inversión de capital extranjero (Martínez *et al.*, 1993). De igual modo, comenzando la década de 1970, el interés por establecer canales de comunicación serios y sólidos entre los químicos del país se reafirma:

[...] es nuestro deseo que la revista aparezca periódicamente para que constituya un órgano de información de la actividad Química colombiana, cumpliendo así con el objetivo descrito por el prefacio de la Revista del Departamento de Química (Número 1): Ampliar las vías de comunicación y estrechar los nexos con instituciones y profesionales que, de una u otra manera, utilizan la química como base de sus actividades (Ancizar-Sordo, 1944: 1)^[1]

Entre las instituciones estatales diferentes a las que forman profesionales en el ámbito de la química en el país, que coadyuvaron al desarrollo de la producción académica en el área, a la luz de los créditos en los que la literatura relaciona proyectos y apoyo institucional, fueron: el Laboratorio Químico Nacional (desde la primera mitad del siglo XX), COLCIENCIAS (entidad fundada a mediados de la década de 1960), el Ministerio de Educación Nacional (MEN), el Instituto de Fomento a la Educación Superior (ICFES), el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Nacional de Colombia (CINDEC), el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el Instituto de Ciencias Naturales (ICN), el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), el Instituto Alexander von Humboldt, el Instituto de Asuntos Nucleares cuyo funcionamiento no superó la década de 1980, entre otras. Contribuyeron también entidades del orden internacional como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (de especial connotación por el convenio ICFES-BID en la década de 1980) y la Organización de Estados Americanos (OEA).

[1] Fragmento de la nota editorial del N° 1 de la *Revista Colombiana de Química*, 1971.

Por otra parte, es preciso afirmar que el hecho de publicar artículos científicos en conjunto con otras instituciones del orden local, nacional o internacional, es decir en colaboración, es un indicio tanto de la movilidad de la producción intelectual, como de la conformación de lazos académicos, y en últimas, de comunidades científicas (Gallego Badillo, 2008). En este sentido, con todos los esfuerzos que desde la década de 1940 se hacían para consolidar esas relaciones, lo que se encuentra en Colombia entre 1970 y 1999, es una comunicación muy discreta con los químicos del exterior, hecho que se expresa en la cantidad moderada de artículos publicados en colaboración en la *Revista Colombiana de Química* (tabla 4). Sin embargo, se reconoce la presencia de científicos extranjeros, la mayoría de ellos de Estados Unidos y algunos países de Europa, lo que evidencia el interés de estas naciones por la inversión y multiplicación del capital económico y humano en países en vía de desarrollo.

CONSIDERACIONES FINALES

Finalizando la primera mitad del siglo xx, en Colombia la actividad científica en química se halla en un amplio estado de institucionalización, y es desarrollada por una comunidad de especialistas. Esto si se tienen en cuenta indicadores como la existencia de programas de formación en la disciplina en los niveles de pregrado, maestría y doctorado; revistas científicas especializadas; grupos y semilleros de investigación en el área; entidades gremiales; eventos académicos especializados en el campo; publicaciones de la comunidad académica en revistas locales, nacionales e internacionales; redes de conocimiento en el ámbito académico, entre otros.

La existencia de las publicaciones, las revistas entidades gremiales y la realización de eventos colectivos son factores que dan cuenta de la estructura de la comunicación entre los científicos, y si bien en Colombia existen entidades que los agrupan, y cuentan con unos órganos de publicación, finalizando la primera mitad del siglo xx se vislumbraban los grandes esfuerzos que había que hacer para lograr mayores canales de comunicación tanto internos como externos para mejorar la presencia colombiana en las revistas internacionales. Una indagación similar a la que aquí se presentó se haría necesaria para las dos primeras décadas del siglo xxi.

Indagaciones como las que se han presentado en este documento y su lectura crítica, son de especial importancia, puesto que obligan a reflexionar acerca de cuál es la versión de ciencia que ha sido objeto de enseñanza, cuál ha sido la actitud hacia las ciencias de la naturaleza durante ese período-

do de tiempo, y en qué medida estos cuestionamientos han cruzado la formación de profesores de química. De este modo, la pertenencia de los profesionales formados en el campo de la educación en química a la comunidad científica de los formados en el ámbito teórico específico de la química, desde la perspectiva de Echeverría (1995), está aún por discutirse y analizarse en profundidad.

La información presentada y sus análisis derivados, representan una condición de posibilidad para explorar horizontes conceptuales y metodológicos en la historia de las ciencias, y para emprender acciones que permitan comprender las lógicas de producción académica de la comunidad química colombiana. Las aproximaciones hechas no terminan aquí, y lo que se ha encontrado, si bien es de importancia, constituye solo parte de la documentación que hace necesarias nuevas y sistemáticas revisiones que alimenten la metodología cuantitativa, pero que sobretodo susciten las preguntas, no tanto por el modesto desarrollo científico, sobre esto ya existen consideraciones, ahora vale la pena preguntarse por la incidencia que tiene el profesor de ciencias en la situación científica del país y su correspondencia con el desarrollo económico, educativo y humano. Posiblemente algunas alternativas residan en la conformación de programas de formación de jóvenes investigadores: los denominados semilleros de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancizar-Sordo, J. (1944), "Editorial del primer número de la revista colombiana de Química", *Revista Colombiana de Química. Sociedad Colombiana de Químicos*, vol. 1, N° 1, p. 1.
- Araújo, R. J. y Arencibia, R. (2002), "Informetría, Bibliometría y Cienciometría: Aspectos teóricos", *Acimed*, vol. 10, N° 4, pp. 1-4.
- Barona, J. L. (1994), *Ciencia e historia. Debates y tendencias en la historiografía*, Valencia, Seminari d'Estudis sobre la Ciència.
- Echeverría, J. (1995), *Filosofía de la ciencia*, Madrid, Ediciones Akal.
- Fonnegra, G. R. (1976), "La investigación en la Universidad Colombiana", *Actualidades Biológicas*, vol. 5, N° 18, p. 69.
- Franco, R., Gallego Badillo, R. y R. Pérez Miranda (2009), "Desarrollo Científico en Colombia: Una revisión de las revistas científicas especializadas en ciencias de la naturaleza", *Tecné Episteme y Didaxis*, número extraordinario, pp. 376-385.

- Gallego Badillo, R. y Pérez R. Miranda (1996), *El problema del Cambio en las Concepciones Epistemológicas, Pedagógicas y didácticas*, Santafé de Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional.
- Gallego Badillo, R. (2008), “Ciencias Revistas Especializadas y Comunidad Científica”, *Técné Episteme y Didaxis*, número extraordinario, pp. 9-24.
- Giraldo, G., L., Moreno, J.C. y O. Gómez (1994), “Construcción de un Calorímetro Isoperibólico de Inmersión de precisión”, *Revista Colombiana de Química*, vol. 23, N° 1, pp. 1-15.
- Golombek, D. (2007), *Demoliendo papers*. Buenos Aires, Siglo XXI editores.
- Gómez, M. J. (1975), “La Química, triunfo y desafío”, *Revista Colombiana de Química*, vol. 5, N° 1, pp. 11-19.
- Grajales, M., Moreno, R. y N. De Palacios (1983), “Construcción de un polarógrafo de corriente directa”, *Revista Colombiana de Química*, vol. 5, N° 2, pp. 49-52.
- Gutiérrez, R. A. (1992), “50 Años de la Química en Colombia”, *Revista Colombiana de Química*, vol. 21, N° 1-2, pp. 1-6.
- Kouznetsov, V. y R., A. Palma (1997), “Nuevos Aminoalcoholes y amidas de la Serie y- Piperidínica”, *Revista Colombiana de Química*, vol. 26, N° 1, pp. 15-23.
- Kragh, H. (2007), *Introducción a la historia de la ciencia*, Barcelona, Crítica.
- Kreimer, P. (2009), *El científico también es un ser humano*, Buenos Aires, Siglo XXI editores.
- Lucio, J. (2003), *Ciencia y tecnología en la universidad colombiana*, Bogotá, Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología.
- Macías, C. (1998), “Papel de la Informetría y de la Ciencimetría y su Perspectiva Nacional e Internacional”, *Memorias del seminario sobre evaluación de la producción científica*, SciELO, pp. 1-7.
- Martínez-Chavanz, R. et al. (1993), *Historia social de las ciencias en Colombia*, tomo VI, “Física y química”, Bogotá, COLCIENCIAS, pp. 186-303.
- Melo, J. (1986), “La Historia de la Ciencia en Colombia”, *Universidad de Antioquia*, vol. 53, N° 203, pp. 4-19.
- Pinzón J.A y L. H. Blanco (1983), “Construcción de un Densímetro operado magnéticamente”, *Revista Colombiana de Química*, vol. 12, N° 1, pp. 31-41.
- Polanía, A., Pérez, G. y S. Camacho (1982), “Construcción de un equipo de medida de fotosíntesis neta y transpiración para plantas individuales”, *Revista Colombiana de Química*, vol. 11, N° 1, pp. 57-68.
- Puerta, J. (1989), “El Pensamiento Científico en América Latina”, *Universidad de Antioquia*, vol. 58, N° 218, pp. 15-20.

- Restivo, S. (1992), “La ciencia moderna como problema social”, *Fin de Siglo*, N° 3, pp. 20-39.
- Rincón, J. (1983), “Algunos aspectos de la pirolisis del carbón”, *Revista Colombiana de Química*, vol. 5, N° 2, pp. 49-52.
- Sánchez, M y V. Montes (1984), “Radioinmunoanálisis simultáneo de cinco hormonas esteroidales”, *Revista Colombiana de Química*, vol. 13, N° 1, pp. 83-101.
- Santos, B. de S. (2011), *Una epistemología del sur: la reinvencción del conocimiento y la emancipación social*, México, Siglo XXI editores.
- Vasilachis de Gialdino, I. (2006), *Estrategias de investigación cualitativa*, Madrid, Gedisa.
- Vessuri, H. (1992), “Perspectivas recientes en el estudio social de las ciencias”, *Fin de Siglo*, N° 3, pp. 40-52.
- Villaveces, J. (1975), “Marcel Ewert S. In memoriam”, *Revista Colombiana de Química*, vol. 5, N° 1, pp. 7-9.

MOMENTOS CONSTITUCIONALES EN EL DESARROLLO DE LA QUÍMICA EN LA ARGENTINA (1801-1942)

*Gabriel Matharan**

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto presentar una posible historia de la química, fundamentalmente de la química académica y de la química industrial investigada, a partir del análisis de los diferentes momentos constitucionales por los cuales atravesó en su desarrollo en la Argentina durante el período 1801-1942. Se hace visible una travesía de sentidos asociada a tres momentos constitucionales fuertes que se recortan tanto a nivel cognitivo como institucional. En efecto, primero ingresó al país como una química enseñada vinculada a la farmacia y la medicina; luego, se constituyó como una profesión a la vez que buscó su diferenciación respecto de la farmacia; y por último, se produjo un proceso de diferenciación entre investigación y docencia en química con la aparición de instituciones donde comenzaron a realizarse actividades de investigación. Esta constatación nos permite llamar la atención acerca de que la química en la Argentina posee especificidades que la distinguen y la diferencian de la historia de la química a nivel internacional.

PALABRAS CLAVE: ARGENTINA – MOMENTOS CONSTITUCIONALES – QUÍMICA ACADÉMICA – QUÍMICA INDUSTRIAL

* Docente e investigador de la Universidad Nacional del Litoral, la Universidad Autónoma de Entre Ríos y el Centro Ciencia, Tecnología y Sociedad de la Universidad Maimónides, Argentina. Correo electrónico: <matharang@gmail.com>.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene por objeto presentar una posible historia de la química, fundamentalmente de la química académica y de la química industrial investigada,^[1] a partir del análisis de los diferentes momentos constitucionales por los cuales atravesó en su desarrollo en la Argentina durante el período 1801-1942.^[2] Pretendemos que sea relevante teóricamente para los estudios sobre la constitución de disciplinas en las denominadas “sociedades periféricas”^[3] y para la historia de la ciencia en general de la Argentina. Además, esperamos que se constituya en un insumo para realizar estudios comparados^[4] con otros desarrollos en América Latina^[5] y con ello poder elucidar cómo el desarrollo de la química en este contexto regional puede enriquecer las consideraciones sobre este proceso a nivel internacional.

Para el análisis y la presentación de los datos adoptamos una perspectiva sociohistórica a partir de los siguientes niveles de análisis: a) los variados agentes, sus trayectorias y contextos institucionales dadores de recursos y

[1] En definitiva, es una historia de la química de la cultura letrada. Una historia más amplia debería estudiar el proceso de distribución y circulación (travesías) del conocimiento químico en la sociedad y su apropiación por los diversos sectores/grupos sociales. Así, por ejemplo, para el caso de la literatura argentina de principios de siglo, Beatriz Sarlo habla de la química como los “saberes del pobre” (Sarlo, 1992). También debería abordar cómo se distribuye o se conecta el conocimiento químico en/con otras disciplinas y las características de su producción en diferentes configuraciones institucionales.

[2] Es importante señalar que aquí la bioquímica (e íntimamente ligada a ella la química biológica) no formará parte de nuestro estudio. Esto se debe a que esta se vinculó al campo biomédico, y especialmente a la escuela de fisiología liderada por Bernardo Houssay y, en cuanto tal, posee una historia relativamente independiente del resto de la química ya que estuvo sujeta a los avatares institucionales y políticos de este campo durante gran parte del siglo xx.

[3] Por sociedades periféricas entendemos aquellas “sociedades en las cuales la ciencia se desarrolló con posterioridad y en condiciones particulares respecto de los contextos institucionales más dinámicos, localizados en particular en Europa occidental y en Estados Unidos” (Kreimer, 2000: 187).

[4] En este sentido, por ejemplo, creemos que la historia comparada permite desnaturalizar y problematizar los objetos de análisis, buscar explicaciones que exceden el ámbito de lo nacional y establecer nuevas unidades de indagación como lo regional.

[5] En Latinoamérica, a partir de la década de 1990, vemos progresivamente que la química comenzó a ser indagada por la historia de la ciencia y los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. De esta manera, podemos encontrar trabajos que analizan el desarrollo de la química en contextos nacionales específicos como Venezuela, Brasil, México, Costa Rica, Uruguay, Colombia y Argentina.

limitaciones que han operado sobre la química enseñada y luego sobre la química investigada; b) la co-construcción entre la química, el Estado, la nación y la industria; c) la conquista de una identidad disciplinar propia a partir de su relación con otros campos del conocimiento, y de legitimidad social y, por último, e) la influencia que tuvieron los nacionalismos durante el período bajo análisis.

Es importante señalar que si bien delimitamos la química a partir de la *nación*, categoría histórica que se ha constituido en un *a priori* o preconcepto incuestionable a la vez que principio organizador de las fuentes y documentos existentes sobre historia de la química en el país, los procesos sociales vinculados a la química, y a la ciencia en general, no se explican en forma completa en este marco. Esto se debe a que la química tiene una doble existencia: es una empresa local/nacional a la vez que internacional. De ahí que los ejes arriba definidos estarán atravesados por los procesos de circulación, interacciones, intercambios y conexiones con el espacio denominado internacional (Secord, 2004; Raj, 2006).

Sobre los ejes mencionados, elaboramos un relato que contempla una periodización en tres momentos constitucionales que muestran cómo se fue estructurando/desarrollando históricamente la química: en primer lugar, su ingreso como una química enseñada vinculada a la farmacia y la medicina; en segundo lugar, la química como profesión y su diferenciación respecto de la farmacia; y por último, el proceso de diferenciación entre investigación y docencia en química y la aparición de instituciones donde comenzaron a realizarse actividades de investigación.

EL INGRESO: LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA Y SU RELACIÓN CON LA MEDICINA Y LA FARMACIA (1801-1896)

Durante el primer momento constitucional, la química ingresó^[6] al hoy territorio argentino como una química enseñada vinculada, a nivel curricular, cognitivo e institucional, a la formación de farmacéuticos y médicos y a sus aplicaciones potenciales en la minería y la agricultura. Esto se inició durante la etapa colonial, donde tuvieron lugar las primeras manifestaciones o intentos de enseñar “química” dentro del hoy territorio argentino. Para explicar la circulación y la “localización” como una química enseñada, podemos recurrir a una explicación que articula los intereses vinculados a

[6] Hablamos de ingreso y no de surgimiento, ya que la química es un producto de una reflexión exógena de carácter europeo primero, y luego internacional.

la formación de profesionales de la salud y al comercio que tuvo la Corona española en el puerto de Buenos Aires con los intereses económicos y los esfuerzos de las élites locales por dominar los conocimientos químicos que prometían “modernidad”.

En efecto, formando parte de la educación de los médicos y farmacéuticos, en la Escuela de Medicina del Protomedicato se estableció la enseñanza de la química en 1801. Su primer profesor fue el argentino Cosme Mariano Argerich (1758-1820), graduado de médico en la Universidad de Cervera (España). Para sus clases empleó el texto *Traité élémentaire de chimie* de Lavoisier –posiblemente la traducción que se publicó en Madrid en 1798–, utilizado también en España para los estudios químicos que realizaban los médicos y farmacéuticos (Bensaude-Vincent, García Belmar y Bertomeu Sánchez, 2003; Baña, 2010). De esta manera, las colonias españolas también participaron del armado y circulación internacional del lugar del laboratorio en la “química moderna” al enseñar y difundir esta obra e incluso traducirla mucho antes de que se realizara en España.

Luego de la separación de Buenos Aires de la metrópoli en 1810 y la declaración formal de la independencia en 1816, un grupo social e intelectual, en torno a un proyecto liberal (que dominó la agenda política-ideológica), promovió profundas transformaciones erigiendo un nuevo orden social. En efecto, bajo el llamado “período rivadaviano” se destaca la reforma educativa que derivó en la creación de la Universidad de Buenos Aires (UBA) en 1821. Aquí pudieron desarrollar su proyecto cognitivo que hallaba en una educación de carácter científico la base para formar los ciudadanos que el nuevo orden social republicano necesitaba. La “educación científica” impartida en la universidad no solo suponía nuevas bases para la formación profesional, sino también la asimilación de los valores morales y de progreso atribuidos a la ciencia.

En esta nueva institución universitaria se desarrolló la enseñanza de la química, formando parte de los estudios preparatorios, considerados en ese entonces previos a los propiamente universitarios que se impartían en las “aulas mayores”. Para enseñar química fue nombrado, en 1822, Manuel Moreno (1782-1857), médico argentino que estudió en la Universidad de Maryland (hoy Baltimore), donde entró en contacto con la obra *Traité de chimie élémentaire* (Halperin Donghi, 1967), del químico francés Louis Thenard. De este tomó el contenido de sus clases y adoptó su método de enseñanza centrado en el laboratorio, donde un ayudante (demostrador químico) realizaba demostraciones experimentales en un momento en que la enseñanza de la química en el laboratorio no era demasiado frecuente

(Brock, 1992; Sánchez Ron, 1992).^[7] Pero por conflictos sociales y políticos del país, esta primera experiencia de enseñanza de la química en el laboratorio fue breve y elemental. Sin embargo, contribuyó a la formación de una incipiente cultura del laboratorio ya que de allí en adelante quien enseñase química en Buenos Aires lo haría en el laboratorio.

A la caída de Rosas en 1852, la Argentina, desde el punto de vista del desarrollo científico, estaba como en tiempos coloniales, y los esfuerzos rivadavianos con la creación de la universidad quedaron en recuerdos (Babini, 1993). En el período conocido como “Organización nacional” (1852-1880), se refundó la enseñanza de la ciencia en la UBA, estableciéndose en 1854 la enseñanza de la química en los estudios preparatorios.

Durante este período, el desarrollo de la química en Buenos Aires se relacionó con la radicación del escocés John J. Kyle y del inglés Charles Murray, ambos farmacéuticos, del español doctor en ciencias físico-naturales y luego farmacéutico Miguel Puiggari, y de los químicos alemanes Max Siewert, Fredick Schickendatz y Ernest Seekamp, que fueron discípulos de los principales químicos alemanes de la época (Liebig, Bunsen y Bordie) en otras ciudades del país (Córdoba, Catamarca, San Juan y Entre Ríos).

Con esta diversidad de nacionalidades y tradiciones disciplinares (farmacéutica, química, medicina y ciencias naturales), la constitución de una identidad propiamente química se vinculó a la hibridación de saberes y a la reconversión, principalmente, de aquellos que tenían una formación en farmacia, dando lugar a variadas y cambiantes identidades: desde el farmacéutico, pasando por el “químico farmacéutico”, hasta el químico propiamente dicho. Los extranjeros arribados a nuestro país se vincularon a la industria minera y de extracto de carne, a profesiones como la medicina o la farmacia, a la docencia y a la investigación. De esta forma, en sus inicios la química presenta las características de un “género confuso” (Geertz, 1980), en el sentido de que apareció hibridada con diferentes conocimientos con los cuales fue negociando y renegociando su identidad, fronteras, relaciones y su jerarquía con sus disciplinas vecinas.

Es relevante señalar que, a diferencia de otras disciplinas en la Argentina, el arribo al país de estos profesores extranjeros –salvo el caso de Siewert– no se debió a una iniciativa del Estado orientada a promover la química y las ciencias en general ni tampoco estuvo relacionado con una estrategia sostenida por alguna “potencia científica imperial” preocupada por exportar la ciencia (Basalla, 1967) y, con ella, la química, o por una serie de rivali-

[7] Para un mayor desarrollo, véanse Matharan (2016, 2015a, 2015c).

dades interimperiales, tal como fue el caso de la física y la astronomía en la Argentina (Pyenson, 1985). Por el contrario, en su mayoría, estos “primeros químicos” se radicaron en el país atraídos por las oportunidades económicas, políticas y profesionales y, excepto Puiggari y Schickendatz, ninguno de ellos formó discípulos.

Con el tiempo, la disciplina fue ganando una posición en el currículum académico con la apertura de nuevas cátedras y conformando otras profesiones. Este fue el punto de partida de un proceso de institucionalización, o al menos de institucionalización parcial, en la medida en que implicaba el reconocimiento de la “química” como un área de conocimiento digna de ser incluida en el sistema académico.

La dinámica de la química estuvo marcada, fundamentalmente, por las luchas disciplinarias entre médicos y farmacéuticos y por las transformaciones que la farmacia experimentaba a nivel internacional –al introducir los progresos realizados por la química en el conocimiento del mundo mineral, vegetal y animal–. Así, fueron los “químicos farmacéuticos” quienes buscaron en la química nuevas instancias de legitimación cognitiva e institucional que contribuyeron a su desarrollo en el medio local. A tal fin, realizaron cambios institucionales y cognitivos en su profesión para romper con la subordinación a la corporación médica, desde el ingreso de la enseñanza de la farmacia en Buenos Aires. En efecto, crearon la Asociación Farmacéutica Bonaerense en 1856,^[8] modificaron los planes de estudios de la carrera de Farmacia, donde la química tuvo un lugar destacado, disputaron a los médicos el saber higienista al movilizar el conocimiento químico y promovieron el establecimiento de laboratorios químicos y la enseñanza experimental de la química en los laboratorios.

Los incipientes trabajos de investigación abordaron temas de carácter práctico íntimamente relacionados con los intereses de cognitivos y profesionales médicos, y refirieron a los problemas locales del desarrollo de las ciudades y de un Estado en formación. Entre ellos podemos nombrar los trabajos sobre las plantas de la flora sudamericana con fines terapéuticos o industriales, aquellos relacionados con la higiene y la salubridad y los vinculados al control y conservación de los alimentos. Sus trabajos fueron publicados tanto en revistas locales, como la *Revista Farmacéutica* –creada

[8] Esta creación se enmarcó en la lucha para que la regulación del ejercicio de la profesión y la enseñanza o preparación del farmacéutico estuviera bajo el gobierno de los propios farmacéuticos, y no de los médicos. Esta lucha tuvo lugar en el marco de la existencia de lo que se puede denominar jerarquías tradicionales de las disciplinas liberales (Biagoli, 2008: 18).

en 1958– o los *Anales de la Sociedad Científica Argentina* –cuyo primer número salió en 1874–, como en revistas extranjeras.

LA QUÍMICA COMO SABER DIFERENCIADO (1852-1919)

En el segundo momento constitucional tuvieron lugar dos procesos. A nivel cognitivo, la química buscó diferenciarse de la farmacia; a nivel institucional, se promovió su desarrollo como una profesión. Procesos ocurridos en simultáneo y articulados con la emergencia de un nuevo orden social de carácter republicano y federal que supuso la constitución del Estado, la creación de la nación, el desarrollo urbano y la incorporación al mercado mundial. Nuevo orden social íntimamente ligado al acceso al poder de un sector político-social, la oligarquía, vinculado a un modelo económico agroexportador (Ansaldi y Giordano, 2012a; Ansaldi y Giordano, 2012b). A esta imagen social, los académicos de ciencia, tecnología y sociedad han agregado otra importante dimensión, a saber: que todo orden social supone también un orden cognitivo (y viceversa) (Shapin y Schaffer, 1985; Jasanoff, 2004). En efecto, desde finales de la época colonial y a lo largo del siglo XX, comenzó a generalizarse un nuevo orden cognitivo basado en el conocimiento científico y técnico. Esto, claro, no sin resistencia de otra institución hasta ese momento central en la sociedad: la Iglesia.

Contribuyendo a este orden cognitivo estuvo el trabajo de los primeros “químicos farmacéuticos” que movilizaron y tradujeron sus conocimientos logrando que el Estado demandara su involucramiento e intervenir en cuestiones como la salud pública, la alimentación, el comercio y la agricultura. En este proceso los laboratorios de química se encuentran entre los primeros que fueron ganando una posición cognitiva y social institucional estatal relevante. Esto se hizo visible con la emergencia de espacios de intervención estatal destinados al análisis químico –y la eventual investigación química–, orientados a enfrentar diversos problemas. Estas instituciones u organismos representan el proceso de adquisición de la capacidad de autoridad y de control en estos ámbitos. Con ello la química se erigió en saber legítimo para intervenir en y sobre lo público y en un saber generado por el Estado, conformándose de esta manera en lo que algunos autores denominan “saber del Estado” (Plotkin y Zimmerman, 2012). El Estado reforzaba de esta manera la posición epistemológica de la química. Y viceversa, de ahora en más el Estado encontraba en la cultura de los laboratorios nuevas bases cogniti-

vas para su estructuración y tomas de decisiones. La química y el Estado se co-construían mutuamente.^[9]

En efecto, las élites agrícolas ganaderas del Litoral –incluyendo a Córdoba y a Tucumán (azucarero)–, asociadas a Gran Bretaña –y en menor medida, a intereses financieros europeos– a través de la Sociedad Rural Argentina, vehiculizaron su demanda para que el Estado se involucrara en la expansión agrícola. Como resultado de esta presión, durante la presidencia de José Evaristo Uriburu (1895-1898) se creó el Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación. Aquí, Atanasio Quiroga, junto con el farmacéutico belga Francisco Bosque y Reyes, fundó en 1898 el laboratorio de dicho Ministerio inaugurado como un “instituto de investigación” (Herrero Ducloux, 1923).

Además, en un escenario dominado por el “descubrimiento” de la salud pública como problema social, la cuestión de la higiene en tanto área de problemas a solucionar o intervenir (Gonzalez Leandri, 2010) y las luchas entre diferentes campos de conocimientos en formación (medicina, química y farmacia), se crearon en 1880 el Departamento Nacional de Higiene y la Comisión Nacional de Obras de Salubridad, que luego se convertiría en Obras Sanitarias de la Nación; en 1883 el primer organismo estatal dedicado a tareas de asesoramiento y fiscalización en aspectos químicos en materia alimenticia: la Oficina Química Municipal de la Ciudad de Buenos Aires.

Su organización fue encomendada al docente e investigador en química Pedro Narciso Arata, el cual conocía la frontera disciplinaria fruto de sus viajes a Europa, como el realizado en 1873, donde visitó químicos de Italia, Francia y Alemania y estableció lazos de amistad con Paternó, Cannizzaro, Meyer, Fischer, “y de manera especial, con Berthelot” (*Revista Farmacéutica*, 1922: 667). Para la constitución de la Oficina Química Municipal, Arata viajó a París y visitó el Laboratorio Químico Municipal de dicha ciudad, creado en 1878.

Con posterioridad, se erigió la Oficina Química Nacional, el laboratorio más prestigioso de química durante el siglo XIX según el primer historiador de la química en la Argentina, Enrique Herrero Ducloux (1923). En 1892, se fundó la Oficina Sanitaria Argentina, también llamada Instituto Nacional de Higiene, dependiente del Departamento Nacional de Higiene.

[9] La interacción entre la cultura disciplinaria de la química y la cultura del Estado necesita ser indagada con mayor profundidad. Es decir, qué le pasa a la química cuando migra al Estado en términos identitarios, por ejemplo.

Un acontecimiento importante en este segundo momento constitucional tuvo lugar cuando la química se promocionó como carrera diferenciada en la enseñanza superior con la creación, en 1896, del Doctorado en Química, en la entonces llamada Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFYN) de la UBA. Su constitución puede ser explicada a partir de un Estado que necesitaba profesionales en química para formar parte de los cuadros de un aparato burocrático técnico que debía resolver los problemas que la sociedad le demandaba. Siguiendo el planteo weberiano de la relación entre profesiones, burocracia y constitución del Estado, con Gómez Campo y Tenti Fanfani (1989) podemos afirmar que la génesis de las profesiones debe rastrearse hasta el momento constitutivo del Estado y la sociedad capitalista moderna. Si consideramos este marco sociohistórico, se amplía el horizonte profesional más allá de los conocidos discursos acerca del profesionalismo “liberal”. En efecto, el encuentro entre trabajadores cualificados con formación universitaria y un mercado de trabajo estatal que les ofrece ocupación es lo que permitió el surgimiento de la profesión de químico. En este marco, “la Universidad se expandió formando las profesiones que el crecimiento económico del país necesitaba” (Buchbinder, 2005: 54).^[10] Pero también gracias a los “químico-farmacéuticos”, que en su lucha para superar la subordinación cognitiva e institucional con respecto a los médicos promovieron la enseñanza de la química y buscaron establecer esta nueva titulación (Matharan, 2016; 2015).

El Doctorado en Química tenía una duración de cuatro años. Si bien para la obtención del doctorado se debía realizar una tesis que constaba de un trabajo de investigación, los actores de la época se representaban esta titulación como un título profesional de “perito químico”. La enseñanza de la química en el país se enmarcaba, entonces, dentro de una tendencia internacional donde la profesión del químico se asociaba, durante el siglo XIX, a la de perito químico, o asesor químico, de sólida formación práctica (Brock, 1992).

Las clases se iniciaron en 1897, siendo un rasgo destacado de esta carrera la existencia de un sesgo de género, en lo que refiere a la composición de sus primeros estudiantes, con un marcado predominio masculino. En

[10] Cabe preguntarse si esto no supuso, al igual que en Europa, el establecimiento de “un contrato social” de facto, si no de jure, entre las universidades que se autogobernaban y el Estado. Es decir, mientras se reconocía la autonomía profesional en cuestiones científicas y educativas, las universidades tenían que nutrir al Estado con los practicantes profesionales educados que necesitaba la sociedad, así como para realizar tareas especiales en la administración pública (Torstendahl, 1996).

1902, se recibieron los tres primeros varones. No obstante ello, la primera mujer egresó en 1906 y hacia la década de 1920 la carrera contaba con estudiantes mujeres, tal vez porque permitía montar un laboratorio propio, cercano al hogar o aun en este (Barrancos, 2007; Barberis, 2009).^[11] Hacia 1912 se encontraban diplomados 36 químicos.^[12]

Pero este proceso de “diferenciación/autonomización” no estuvo exento de controversias entre los mismos químicos, como también entre las instituciones, respecto de cómo concebir a la química en sus relaciones con la farmacia. Estas luchas marcaron el derrotero institucional y cognitivo de la química durante el siglo xx. En efecto, cuando el Doctorado en Química comenzó a enseñarse en Escuela de Química y Farmacia de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), también se enseñaba química y farmacia debido a que Enrique Herrero Ducloux, su organizador y primer doctor en Química en el país, sostuvo que debían desarrollarse paralelamente debido a su proximidad cognitiva. Tres años más tarde se creó el Doctorado en Química y Farmacia.

Para ello Herrero Ducloux, que estaba al tanto de la química internacional por sus viajes realizados a Europa, contó con amplias instalaciones y laboratorios para la formación práctica y la investigación en los subsuelos del Museo. Ducloux, comenzó a exigirles a los profesores universitarios que, además de las actividades docentes, fueran investigadores, y que incorporaran sus hallazgos al contenido de sus enseñanzas. Estas exigencias formaban parte del modelo humboldtiano de universidad, que en sus diversas modalidades fue el más influyente para el desarrollo de una educación de avanzada a finales del siglo xix (Clark, 1997). De esta forma quedaban unidos, por primera vez en la Argentina, la docencia de cátedra, la investigación y el laboratorio.

La conflictividad entre la farmacia y la química se trasladó a la ciudad de Santa Fe cuando, en 1919, se creó la carrera de Ingeniería Química, en la

[11] Schiebinger afirma que la ciencia química en Europa era considerada especialmente apropiada para las mujeres. Esta imagen se fue construyendo desde 1795 cuando una autora británica, María Edgeworth, sostuvo que “la química no es una ciencia de ostentación; ofrece una ocupación y una infinita variedad; no exige ninguna fuerza corporal, puede cultivarse en una vida retirada; se aplica de forma inmediata a finalidades útiles y domésticas” (citado en Schiebinger, 1989: 345).

[12] Para dimensionar el número de egresados de la carrera de Química, podemos compararlo con el caso de la física, una de las primeras disciplinas científicas en la Argentina. Así, en la UNLP, epicentro de su desarrollo, entre 1908 y 1921, apenas ocho alumnos se graduaron en la Escuela de Física, y, hasta 1925, solo fueron defendidas seis tesis doctorales (Pyenson, 1985).

Facultad de Química Industrial y Agrícola de la Universidad Nacional del Litoral. La química, de ahora en más, se vinculaba con la ingeniería, las ciencias fisicoquímicas y la química industrial a la vez que surgía un nuevo “centro de referencia local” para la práctica de la química en el país (Matharan, 2010). Damianovich, su organizador, logró que la farmacia se enseñe en otra facultad, continuando y reafirmando de este modo una operación de *diferenciación disciplinar* (Buch, 2006) al romper con la fuerte asociación que había tendido la química con la farmacia en la Argentina durante todo el siglo XIX. Con ello redefinió el estado cognitivo de la química mediante nuevos patrones de cientificidad al relacionar la preparación científica en química con la matemática y la física teórica y experimental. Damianovich planteaba aquí, al mismo tiempo que comenzaba a discutirse en Europa y Estados Unidos, lo que luego será una característica de la química del siglo XX.

La carrera de ingeniería química pudo ser creada en Santa Fe luego de la imposibilidad de llevar a cabo la reforma de los planes de estudios del doctorado en química de la UBA, que fue propuesta en el Primer Congreso Nacional de Química. Con ello, Santa Fe rivalizaría con Buenos Aires (y con La Plata) por convertirse en el centro hegemónico de la química en el país. En consecuencia, se aprecia cómo la química en nuestro país se fue configurando en las singularidades de tres instituciones académicas, en dos carreras propiamente químicas y en diversas carreras, como la farmacia y la medicina, que les fueron dando forma y contenido a las múltiples y cambiantes identidades. Luego, a mediados de la década de 1940, formando parte del proceso de institucionalización de la investigación y de especialización de la química, hicieron su aparición nuevas carreras químicas, como Química Industrial y Licenciatura en Química, carreras vinculadas a ella, como Ingeniería en Combustible e Ingeniería en Petróleo e instituciones donde fue posible constatar actividades vinculadas a la enseñanza e investigación de la química. Estas carreras e instituciones fueron conformando diferentes “culturas de la química” que constituyeron prácticas, actores, operaciones, objetos y espacios que fueron dotando de una identidad diferenciada a la química (Holmes, 1994).

UNA NACIÓN PARA LA QUÍMICA Y UNA QUÍMICA PARA LA NACIÓN: EL SURGIMIENTO DE LA ASOCIACIÓN QUÍMICA ARGENTINA

Como señalan Bensaude-Vincent y Stengers (1997) la “cientificidad” y el reconocimiento social de la química se jugaron también en el ámbito de las instituciones. En 1912, en la Argentina, profesores y egresados

del Doctorado en Química, exclusivamente varones, dieron forma a la Sociedad Química Argentina (SQA),^[13] diferenciándose de esta manera de la Asociación Farmacéutica Bonaerense, creada en 1856, desde la cual se representaban los intereses de los farmacéuticos (y de los químicos) frente al Estado y frente a un campo médico que se estaba constituyendo.

La SQA, en tanto institución híbrida, permitió superar los esfuerzos individuales, construyendo y representando los intereses de la química como campo profesional-disciplinar en un doble sentido: a) en tanto asociación disciplinaria científica, promovió la investigación científica, la realización de reuniones, creó revistas e instauró premios; b) en tanto asociación profesión/corporativa, luchó por reglamentar el ejercicio de la química, ofreció representaciones oficiales que le dieron una visibilidad social y construyó a la vez que defendió los intereses profesionales, monopolizando y controlando el acceso a los títulos y a los empleos correspondientes.

Como consecuencia comenzó a establecerse una delimitación-exclusión entre aquellos que poseían un título universitario de química y aquellos que no. Los primeros reivindicaban para sí el monopolio de ciertas competencias contra los no titulados que, de esta manera, fueron desposeídos no solo de sus competencias, sino también de todos los beneficios asociados con las mismas.^[14] Con este fin, una de las primeras medidas llevadas a cabo para esta Sociedad fue la de luchar por la monopolización de las ocupaciones químicas por parte de los egresados de la Facultad de Química y su protección legal para de esta forma delimitar las condiciones de acceso al incipiente mercado laboral en vías de constitución en torno de problemáticas químicas.

Con la SQA, la química quedaba delimitada por la nación, y con ello podemos hablar de un movimiento de “nacionalización” de la química.^[15]

[13] En 1920 se denominaría Asociación Química Argentina (AQA).

[14] Como señala Parkin, existen dos dispositivos centrales mediante los que se produce el cierre social excluyente: las instituciones que rodean a la propiedad (entendida en tanto control de los medios de producción) y las calificaciones y méritos académicos o profesionales. Este último, habitualmente designado como credencialismo, es el que adquiere relevancia aquí. En efecto, este fenómeno alude al “uso exagerado de los títulos educativos como medio de controlar la entrada a posiciones clave en la división del trabajo” (Parkin, 1984: 70-71).

[15] De manera más amplia, el interés por el estudio del tema del nacionalismo y de la ciencia nacional refiere a una perspectiva teórica de la historia de la ciencia que pone el énfasis en el contexto local y le atribuye un valor explicativo o causal (Saldaña, 1990). Esto se produjo luego de que se cuestionaran los modelos eurocéntricos y difusionistas de la ciencia.

Nacionalización que puede ser entendida, al menos, de tres maneras: por un lado, significa el surgimiento de un estilo nacional de hacer química (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997; Vessuri, 1995), por el otro, el surgimiento de tradiciones científicas nacionales modernas en el contexto de las nuevas naciones poscoloniales (Vessuri, 1991; 1995); y por último, está asociado a la emergencia de un sentimiento de pertenencia a una comunidad química con una determinada frontera e identidad nacional que estructuró y delimitó el territorio de la química y de los que a ella se dedicaban (Hufbauer, 1982; Bertomeu Sánchez y García Belmar, 2006). Aquí adoptamos este último sentido.

De esta forma se aprecia la constitución de un colectivo de químicos, una comunidad a la vez real como imaginada (Anderson, 1993), con una identidad propia, definida por la doble condición de compartir una dedicación común a la química y por pertenecer a un mismo contexto geográfico, territorial y simbólico: la Argentina.^[16] Con esta doble identidad surgieron espacios o “esferas” de intervención e interlocución diferenciados pero profundamente imbricados. Es decir, mientras que en la comunidad química se discutía química, en la nación se discutían las condiciones de posibilidad para hacer química a la vez que se orientaba la química, al menos retóricamente, hacia los problemas de esta.

La “cuestión nacional”, también denominada “primer nacionalismo” o “nacionalismo cultural” (Altamirano y Sarlo, 1997), formó un horizonte ideológico que serviría para “argentinar” y disciplinar a las masas de inmigrantes, masas extrañas, que ponían en peligro, en última instancia, las bases mismas de la nación. Pero al mismo tiempo, trazó una dominante: todo proyecto intelectual debía pensarse como sirviendo al proyecto “nacional”.

[16] Como lo expresa Buch: “Si bien el tipo de reglas, normas y valores que organizan la acción de un investigador hacia el ‘interior’ de la ciencia y el ‘interior’ de la nación son diferentes, ambas ‘interioridades’ responden a una misma forma de pensar que establece ‘límites’ y formas de regulación social que definen de modo distinto qué tipo de entidades o sujetos hay, qué hay que hacer en cada caso, con quién y cómo hay que hablar cuando se trata del ‘afuera’ y del ‘adentro’. En el caso de la nación, adentro hay ‘nativos’ y afuera ‘extranjeros’. En el caso de la ciencia, hacia adentro de sus fronteras hay ‘pares’ y hacia afuera hay ‘legos’. En este sentido, no existen mayores dificultades para entender el problema del nacionalismo y el internacionalismo en la ciencia: es la tensión en la definición de un otro a la nación o un otro a la ciencia. O si se prefiere, definir la identidad última que establece el espacio de solidaridad fundamental de un investigador como científico o como miembro de una comunidad nacional” (Buch, 2006: 421-422).

Con el proceso de redefinición de la química como “ciencia nacional” identificamos cómo la disciplina fue cobrando una determinada identidad que podemos conceptualizar como la adquisición de una independencia relativa respecto de las demás disciplinas científicas argentinas. Esta independencia se empezó a construir a partir de que asume y se le asigna una tarea específica: estudiar las grandes riquezas del suelo argentino y del surgimiento de un nuevo actor social: el químico profesional. Se recorta, de esta forma, un campo de competencia en cuyo interior se definirá la química a partir de su función social pero junto con ella sus relaciones con las otras disciplinas. Esta se presentaba ubicada en un nivel jerárquico dada su importancia como fundamento y como factor de desarrollo y desenvolvimiento de las demás disciplinas. El adelanto científico y técnico de un país se mediría, entonces, por el grado de desarrollo que adquiriría la química.

Por otro lado, el poder político encontraba en la química la legitimación de un discurso de país donde las ideas de nación y progreso iban de la mano. Esto se enmarca en una tradición positivista que se transforma en un discurso dominante para las élites locales y que ofrecía a los intelectuales y los políticos un conjunto de herramientas conceptuales para situar la historia y la sociedad argentina en una perspectiva de progreso. La química fue percibida como uno de los instrumentos principales para transformar la sociedad tradicional en moderna (Matharan 2015a y 2016).

El proceso de “nacionalización” de la química también estuvo asociado a la construcción de una historia en común y nacional que permitió establecer lazos de pertenencia a la vez que se establecieron los momentos fundacionales de la química, sus padres fundadores, se reconocieron las primeras instituciones químicas, etc. Estas historias comunes que tematizan los “orígenes”, lejos de ser neutrales, constituyen una activa intervención en la conformación de una disciplina, constituyendo un linaje, una tradición. Tradición en la que sus autores buscan inscribir su propio nombre. En la Argentina, esta tarea fue realizada por Enrique Herrero Ducloux, primer egresado del Doctorado en Química, quien escribió la primera historia de la química argentina con motivo de cumplirse en 1910 el centenario de la Independencia argentina. El trabajo se denominó “Los estudios químicos en la República Argentina (1810-1910)” (Herrero Ducloux, 1912) y se publicó en 1912 en la Revista de la UBA en diversos fascículos.^[17] Con ello, Herrero Ducloux se constituyó como un “químico historiador”, inscribiéndose en la tradición del siglo XIX, en la cual el químico, a la vez que reali-

[17] En 1923 ampliaría esta primera versión de su historia de la química en la Argentina. Véase Herrero Ducloux (1923).

zaba investigaciones, se convertía en historiador, para así afirmar la identidad de su disciplina y perfilar su imagen pública.

Este proceso de autonomización institucional y profesionalización no estuvo exento de discusión y resistencias, como por ejemplo con la Sociedad Científica Argentina, institución que hasta ese momento buscó marcar el desarrollo científico del país. Análogo proceso de diferenciación se dio en el ámbito de las publicaciones y congresos ya que los químicos, desde la AQA, crearon o eligieron diferentes ámbitos de publicación o encuentros. Entre las primeras podemos nombrar *Anales de la Asociación Química Argentina* (desde 1913), *Industria y Química* (desde 1935) y *Boletín de la Asociación Química Argentina* (desde 1926).^[18] Entre los segundos, los Congresos Nacionales de Química, que tuvieron su inicio en 1919, los Congresos Sudamericanos de Química, las Sesiones Químicas Argentinas y, por último, las Sesiones Rioplatenses de Química.^[19] Es relevante remarcar que estos nuevos espacios institucionales posibilitaron la difusión y el intercambio de conocimientos entre los químicos del país y con químicos del exterior. Esto contribuyó significativamente a la formación de tradiciones de investigaciones en el país. Por último, la AQA creó una biblioteca; en 1930 se adhirió a la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) y constituyó instancias de consagración nacionales con el establecimiento de premios.

Por otra parte, en 1928, los primeros egresados de la Facultad de Ingeniería Química de Santa Fe decidieron formar un centro que agrupara a los ingenieros químicos. Surgió de esta manera la Asociación Argentina de Ingenieros Químicos (AAIQ). De ahora en más, la química en la Argentina se configuraría a partir de la SQA y de la AAIQ.

DE LA QUÍMICA ENSEÑADA A LA QUÍMICA INVESTIGADA (1919-1946)

Si bien es posible constatar la existencia de investigaciones en momentos anteriores, estos fueron llevados a cabo a partir del esfuerzo personal ya que

[18] En 1921, el Centro de Estudiantes del Doctorado en Química de la UBA inició la publicación de la revista *Chemia*, que perduró durante varias décadas incorporando artículos de revisión e informaciones actualizadas. Además, a partir de 1927 se publicó la revista *Temas de Química*, creada por Carlos A. Abeledo y Venancio Deulofeu, que estaba dedicada a reseñas de importantes científicos del exterior (Abiusso, 1981 y Vernengo, 2012).

[19] Estas dos últimas reuniones son importantes no solo para el armado de la disciplina a nivel local sino también regional: un espacio químico sudamericano.

no existían sólidas condiciones sociales para llevar a cabo estas actividades de manera rutinaria, es decir, institucionalizadas.^[20] Hasta mucho tiempo después de la existencia de titulaciones propiamente químicas, la química en la Argentina no aparece como una “química investigada”, sino que predomina una química enseñada y vinculada a tres conjuntos de profesiones: las de a) fármaco-químico, que se dedicaba a la producción de materias primas para la fabricación de medicamentos; b) peritos químicos (o analistas químicos), que se dedicaban al control de calidad de alimentos, aguas, vinos, etc., en los organismos públicos; c) ingenieros químicos, que se dedicaban al mantenimiento y el control de la cadena de producción en las primeras industrias.

Las actividades de investigación en química ganaron un espacio en la cultura local cuando los propios químicos y ciertos sectores del ejército lograron convencer a la universidad y al Estado sobre el significado y lo que podía aportar la investigación para la sociedad, tanto sea en términos de réditos económicos, resolución de problemas sociales o de valores para constituirse en la nueva base educativa de la formación universitaria.

La investigación en la universidad

La lucha por institucionalizar las actividades de investigación en el medio académico emergió a partir del planteo de diferentes químicos que conocían las condiciones sociocognitivas en las cuales transcurría la investigación química en diferentes universidades de Estados Unidos de América y Europa. Entre los químicos, es posible nombrar a Horacio Daminovich y Carlos Sagastume quienes, de manera independiente, sostuvieron la necesidad de diferenciar la docencia y la investigación; pusieron en discusión el modelo profesionalista de la enseñanza de la química; establecieron una distinción entre química pura y aplicada;^[21] resaltaron los usos industriales

[20] Para tener una idea de las investigaciones realizadas se pueden consultar las actas del Primer Congreso Nacional de Química (1919) y del Segundo Congreso Nacional (Primer Congreso Sudamericano de Química) (1924). En la actualidad estamos trabajando en estos congresos.

[21] Esta distinción permitió que la química durante el siglo XIX dejara de ser una ciencia auxiliar de la medicina, de la farmacia o de la geología para pasar a tener un fin en sí misma; permitió su expansión en la educación superior; estableció que la química aplicada presupone la química pura; y promovió la química como ciencia útil buscando convencer a los industriales o empresarios de la necesidad de contar con químicos (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997). Además, “permitió mantener una retórica acerca de las ventajas que

de la química y promovieron la emergencia de los primeros institutos dedicados exclusivamente a la investigación química (Damianovich, 1919 y Sagastume, 1929).

La figura del instituto de investigación rompía con la imagen de la cátedra como la unidad primera en donde acontecían o debían acontecer la docencia experimental y la investigación química. Para ello estableció una triple distinción novedosa para la universidad argentina hasta ese momento: distinguir la actividad de investigación del ejercicio profesional; la separación entre la docencia (ordinaria de cátedra) y la investigación; y, por último, promover una nueva forma de enseñanza específica, destinada a formar nuevos investigadores, desdoblada así del entrenamiento profesional ordinario. Cabe preguntarse si estas características no implicaron un cierto distanciamiento o alejamiento de la ideología académica humboldtiana donde se entrecruzaban íntimamente la docencia, en sus diferentes unidades operativas –departamento, cátedra e instituto de investigación–, y la investigación (Clark, 1997).

Estas distinciones permitieron la conformación de la “química académica” signada por una dinámica de producción de conocimiento que presentó las características de lo que puede denominarse un régimen de producción de conocimiento disciplinar centrado principalmente en la universidad, marcado por el establecimiento de redes de discipulado, las publicaciones en revistas académicas y la participación en los congresos de la especialidad, locales e internacionales.

El primer instituto que se creó, durante el decanato de Carlos Sagastume (1926-1930) de la Facultad de Química y Farmacia de la UNLP, fue el Instituto de Investigaciones Químicas en 1926; tres años más tarde, se creó el Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (ICYT) de la FQIYA de la UNL.^[22]

La relevancia de estos institutos es que fueron exitosos en términos locales en la medida en que en un contexto carente de tradición de investiga-

■ ofrecía la química para el bien común y, al mismo tiempo, mantener su estatus como ciencia” (Bertomeu Sánchez y García Belmar, 2006: 154). Por último, a nivel de la ciencia en general, “contribuyó a legitimar a los ‘sabios’ y a los ‘intelectuales’, haciendo de ellos personajes más allá del bien y del mal, personajes dedicados solo al conocimiento del bien público, personajes ‘desinteresados’, y eso en un momento mismo en el que su inserción en el mundo de los negocios y de las industrias basadas en el conocimiento cobraba nuevo vuelo y nueva forma” (Pestre, 2005: 28).

[22] Con posterioridad, se crearon el Instituto de Investigaciones Microquímicas de la UNL y el Instituto de Investigaciones Químicas de la Universidad Nacional de Tucumán, en 1936 y en 1942, respectivamente, pero que tuvieron otras características.

ción lograron fomentar las actividades de investigación y formar nuevos investigadores, teniendo con ello el surgimiento de la figura del investigador-universitario, sino también en que conformaron lo que la historiografía de la química ha llamado “escuelas de investigación” (Research Schools) donde los experimentos se realizaban en el marco de investigaciones científicas para adiestrar a los alumnos en el trabajo de laboratorio y formar de esta manera químicos-investigadores (Morrell, 1972; Fruton, 1988; Holmes, 1989).^[23] Esto permitió la transición del individuo al grupo de investigación, la conformación de tradiciones de investigación e incipientes formas de profesionalización de la investigación. Así, por ejemplo, bajo el liderazgo institucional y conceptual de Horacio Damianovich, director del ИСУТ, y de Ardoino Martín,^[24] director del ИМ, se constituyeron escuelas de investigación sobre la actividad química de los gases inertes o no reactivos (en particular, la acción del helio sobre el platino)^[25] y el estudio de nuevas reacciones microquímicas, respectivamente, adquiriendo una reputación internacional.

[23] En este sentido, creemos que el criterio de “excelencia científica en la periferia” debe ser evaluado en función del contexto local y de sus logros y no solo tomando en cuenta la asimilación de valores, prácticas y reconocimientos instituidos por el modelo de ciencia dominante y de “excelencia” de Europa y Estados Unidos de América.

[24] Ardoino Martini había nacido en Liorna, Italia, en 1872. Luego de ingresar a la Universidad de Pisa, donde se graduó a los 22 años de doctor en Ciencias Agrarias, se trasladó a la Universidad de Zúrich, revalidando su título. Allí se puso en contacto con renombrados maestros de la época y cultivó con ellos amistades que perduraron a lo largo de toda su vida. Entre ellos podemos nombrar al profesor Federico Emich, considerado uno de los fundadores de la microquímica. A los 24 años (en 1896) se radicó en Rosario, donde comenzó una biografía atravesada permanentemente por aspectos cognitivos y sociales (colectivos e instituciones), nacionales e internacionales, realizando varias carreras paralelas fuertemente interrelacionadas: como químico, como miembro de una burocracia estatal técnica, provincial, vinculada a la ciencia, como profesor académico y como investigador.

[25] Damianovich puso en discusión la afirmación del alemán Friedrich Paneth, experto en isótopos, que afirmaba categóricamente, en 1924, que “la ausencia de reactividad en los elementos pertenecientes a los gases nobles formaba parte de los resultados experimentales más seguros” (citado en Brock, 1992: 295). Damianovich “estaba en lo cierto aunque hoy sabemos que no alcanzó a probarlo pues los compuestos de helio obtenidos eran productos de adsorción, lo que no mengua para nada su capacidad como investigador original” (Benvenuto, 1998: 161). Se constituyó así, en cierto modo, “en un precursor de los químicos que sintetizaron los primeros compuestos de xenón en 1962” (Abiusso, 1981: 23). Para una historia de cómo se estableció la existencia de los gases inertes, véase Brock (1992). Luego pasaron a denominarse gases “nobles”.

Con la figura del Instituto de Investigación comenzaba a romperse con una idea de una universidad profesional en la cual la ciencia quedaba reducida a la enseñanza de materias científicas con primacía en las ciencias prácticas. De ahora en más, a la misión de formación de profesionales se le agrega la dimensión de producción de conocimiento.

La Argentina industrial, los intereses militares y la investigación química

La sociedad argentina que emergió luego de la crisis de 1930 y de la Segunda Guerra Mundial implicó el cuestionamiento del modelo primario agroexportador con la pérdida progresiva de poder del sector oligárquico y la transición a una sociedad de masas y un régimen estatal populista (Ansaldi y Giordano, 2012b).^[26] Este cuestionamiento estuvo asociado al surgimiento de actores sociales, militares y civiles, no contemplados en el pacto de dominación que sustentaba al orden oligárquico, que demandaron e instituyeron un modelo económico basado en la industrialización por sustitución de importaciones. En este marco, la universidad, y con ella parte de la química, se asentó sobre nuevas bases sociales, otras vinculaciones con el Estado y otras aspiraciones sociales que la pensaban y la modelaban. En este escenario, la química investigada encuentra, además de los químicos reunidos en la AQA, en los intereses militares un antecedente importante para su emergencia (Matharan, 2013).

Este grupo de oficiales encabezados por el entonces general Manuel Savio, retomaba la idea de “autosuficiencia” propagada durante la Primera Guerra Mundial, introduciendo e instalando en el pensamiento militar un concepto bélico más global, donde la tecnología y el desarrollo industrial jugaban un papel central (Ortiz, 1994). Como señala Myers, “en esa vinculación entre el modelo económico propuesto para la República y sus aparentes necesidades geopolíticas contempló forzosamente una articulación entre investigación científica y la de un polo económico industrial-militar”

[26] Por populismo entendemos “a un modo de representación de la democracia política; un régimen cuya realización ocurre indefectiblemente en el Estado, históricamente situado en la crisis de la dominación oligárquica y resultante de los arreglos institucionales –pacto político y social– establecidos entre diversas clases, las burguesías y los trabajadores urbanos (y en el caso mexicano, también de los campesinos” (Ansaldi y Giordano, 2012b: 95). En la Argentina, el populismo se puede identificar inequívocamente entre 1945 y 1955.

(Myers, 1992: 106). De ese modo, con el desarrollo de la década de 1930 las Fuerzas Armadas comenzaron a asumir un rol protagónico en el desenvolvimiento institucional del Estado argentino, influenciando así el diseño de políticas públicas sobre la base del principio de autarquía y defensa (Myers, 1992: 106). Esta mayor influencia castrense se constata en la toma de posiciones en el aparato del Estado a través de instituciones como YPF y de las primeras fábricas militares (Feld, 2011), como la Fábrica de Pólvora y Explosivos de Villa María, la Fábrica de Munición de Artillería de Río Tercero, la Fábrica Militar de Aceros de Valentín Alsina y la Fábrica de Munición para Armas Portátiles de Rosario (Campiono, 1996).

Paradigmático de este interés por las aplicaciones de la ciencia y la técnica al desarrollo industrial argentino fue lo acontecido en la empresa estatal Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF). En efecto, reconociendo la importancia cada vez mayor que la investigación tenía en la industria petrolera en el contexto internacional como resultado de las dos guerras mundiales,^[27] se puso de manifiesto la importancia de las investigaciones químicas y físicas sobre el petróleo con la consecuente necesidad de incorporar los modernos métodos de exploración, perforación e industrialización resultantes de ellas. El Directorio de YPF, imbuido del denominado “nacionalismo técnico” que revalorizó la dimensión del progreso y del adelanto técnico (Gorelik, 1987 y Gadano, 2006), creó, en 1942, el Laboratorio de Investigaciones de YPF, asignándole la responsabilidad de la investigación, generación de conocimiento y perfeccionamiento de los procesos de exploración, perforación, explotación, transporte e industrialización de los hidrocarburos gaseosos, líquidos y sólidos, así como de cualquier otro problema que pudiera tener una vinculación directa o indirecta con tales actividades (Laboratorio de Investigaciones de YPF, 1942). Para ello tomaban como modelo la empresa en Alemania, “en donde la organización de sus industrias ha contado en todo tiempo con elementos de alto valor técnico”. Esto no era casual ya que como sostiene el historiador de la química Brock, la organización de la invención industrializada en Alemania se convirtió en el modelo internacional para la industria del siglo xx (1992). Esto no significa que las formas institucionales final-

[27] Los químicos del siglo xix, al constituir el petróleo como un objeto de conocimiento, descubrieron que era una complicada mezcla de parafinas y oleofinas. Si bien el conocimiento del petróleo está relacionado con la importancia que los recursos petroleros adquirieron durante la Primera Guerra Mundial, fue durante el período entre 1920 y 1940 cuando tuvo lugar el apogeo y madurez de la industria y de la investigación industrial en el sector petrolero (Bowker, 1991).

mente establecidas hayan sido idénticas a los modelos extranjeros que le otorgaban legitimidad.

Con esta creación se buscó articular la investigación científica y técnica con la producción nacional, especialmente la industrial, y con los intereses de la defensa nacional (Hurtado de Mendoza, 2010). Para ello se sostenía la dependencia que se tenía con el extranjero en materia de métodos y de instrumentos tecnológicos, los cuales no siempre eran convenientes a los requerimientos “actuales de nuestro país o a las necesidades de YPF” (Laboratorio de Investigaciones de YPF, 1942).^[28] De esta forma, se legitimaba discursivamente la imperiosa necesidad de fomentar la investigación en petróleo, y el estudio y la asimilación de los procesos tecnológicos adaptados a las condiciones locales.

Por otro lado, la propuesta de vincular la ciencia y la tecnología con el desarrollo de la industria petrolera también fue reclamada por investigadores que pertenecían a YPF. Si hay una figura de importancia para dar cuenta de la institucionalización de la investigación, esta es Alberto Zanetta, quien se había formado en la química y era sensible a la articulación entre investigación e industria, y resaltó el lugar central de la química del petróleo en la química (orgánica) y su relevancia para el porvenir de la industria petrolera y química local. Este reclamo fue acompañado por un incipiente sector de los químicos que formaban parte de la Asociación Química Argentina (AQA). Estos buscaron hacer visible el vínculo o la articulación entre el desarrollo de la industria y la química, a la vez que fomentaron el establecimiento de la investigación industrial en la industria de nuestro país a través de distintos mecanismos.

Entre las primeras investigaciones que movilizaron conocimientos de la química y la ingeniería química, estuvieron aquellas que tuvieron como finalidad superar la dificultad de abastecimiento de tolueno y benceno. Para ello, junto con la recientemente creada Dirección General de Fabricaciones Militares (DGFM),^[29] llevaron a cabo estudios para obtener estos hidrocarburos mediante la introducción de mejoras en el catalizador que intervenía en su obtención. Un año más tarde, YPF instaló una planta de isopropanol a partir de propileno de gas de refinación, utilizando procesos catalíticos.

[28] De esta manera se constituyó en un espacio en el cual diferentes químicos, geólogos e ingenieros egresados de la UBA, la UNLP y la Universidad Nacional del Litoral desarrollaron una carrera de investigación vinculada a esta industria.

[29] La DGFM fue creada en 1941 como una institución destinada a producir armas, explosivos y materias primas estratégicas en el contexto de la Segunda Guerra Mundial.

PARA SEGUIR PENSANDO

Con este trabajo buscamos hacer visible cómo la química, en el hoy territorio argentino, realizó una travesía de sentidos asociada a tres momentos que la fueron constituyendo. Momentos que se recortan tanto a nivel institucional como cognitivo. En efecto, en el plano institucional, primero fue enseñanza, luego se transformó en una profesión y, finalmente, comenzó a ser investigada de manera rutinaria, financiada y desarrollada por profesionales preparados y cualificados.^[30] Esta constatación nos permite llamar la atención, además, acerca de que la química en la Argentina posee especificidades que la distinguen y la diferencian de la historia de la química en Europa. En el plano cognitivo, la identidad de la química no estuvo exenta de conflictos disciplinarios, fundamentalmente aquellos que enfrentaban a farmacéuticos y médicos, por un lado, y a químicos e ingenieros químicos, por el otro, dando lugar a diferentes identidades químicas.

Estos momentos estuvieron atravesados por el constante intercambio internacional, algunas veces acompañando y contribuyendo a sus vanguardias, otras actualizándose de manera retrasada. En efecto, el arribo de profesores extranjeros, el establecimiento de vías de comunicación permanente con el acceso e intercambio de revistas, los viajes realizados a Europa y Estados Unidos de América por parte de los químicos locales para estar al día con la frontera disciplinaria. Estas vías contribuyeron a la apropiación de la “química atlántica” mediante un dispositivo de circulación/localización del conocimiento: circularon y se enraizaron teorías y prácticas de enseñanza, equipos, bibliotecas, información, instrumentos, representaciones, modelos pedagógicos y nuevos espacios para la formación del químico. Una vez en territorio nacional, se materializaron y se resignificaron en condiciones sociales, institucionales y cognitivas específicas, muchas veces adversas.

En el marco de esta dinámica de intercambio, la “química argentina” se conformó a partir de una matriz cuyo rasgo dominante parece haber sido, más que la vinculación a un “modelo” único, el eclecticismo. De esta forma, los químicos argentinos tuvieron una política de selección activa de las tradiciones existentes a nivel mundial, recreando a la vez que contribuyendo a su construcción.

[30] Esto nos llama la atención sobre la necesidad de distinguir la química como profesión de la profesión del investigador en química. Por un lado, tenemos la delimitación de una profesión que monopoliza el acceso a los títulos y a los empleos correspondientes; por el otro, la construcción de un campo científico, con sus asociaciones, sus reuniones, sus revistas, sus medallas y sus representaciones.

También es posible constatar que, si bien las investigaciones estaban dominadas por los varones, analizando las actas del Primer Congreso Nacional de Química y el Segundo Congreso (primero Sudamericano de Química), es posible encontrar la participación de la mujer en esta actividad, aunque en un número muy bajo.^[31] Pero esto no dejaba de ser una novedad para el campo de la investigación en la Argentina.

Por otro lado, como señala Vernengo, los trabajos de investigación tenían un carácter descriptivo, de acumulación de información y no necesariamente originales en términos de procedimientos o de avances teóricos, pero buscaban, al menos en el nivel de la retórica, tener un valor práctico para el país (Vernengo, 2012: 171-172). Más allá de esta constatación, es posible encontrar análisis de carácter más teórico en las investigaciones físico-químicas de Damianovich, en microquímica con Martini y en los trabajos de síntesis y cinética química orgánica de Zappi, Deulofeu, Guglielmelli, Novelli, Labriola y otros (Vernengo, 2012: 171-172). Estas investigaciones dieron lugar a centros de excelencias científicas (periféricas) aun en sociedades periféricas que contribuyeron con y enriquecieron la química internacional. Hacer visible esto, quizás, sea el gran desafío para los futuros estudios sobre la historia de la química en la Argentina y en América Latina. A modo de cierre, la química en cada momento estuvo o buscó estar articulada con los diferentes modelos económicos (agroexportador e industrial); con diferentes disciplinas que fueron apropiándose del conocimiento químico y produciéndolo, y con diferentes instituciones que le fueron imprimiendo a este conocimiento rasgos singulares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abiusso, N. (1981) (comp.), *Evolución de las Ciencias en la República Argentina, 1923-1972. Química*, Buenos Aires, Sociedad Científica Argentina.
- Altamirano, C. y B. Sarlo (1997), *Ensayos argentinos. De Sarmiento a la Vanguardia*, Buenos Aires, Ariel.
- Anderson, B. (1993), *Comunidades imaginadas. Reflexiones sobre el origen y la difusión del nacionalismo*, México, Fondo de Cultura Económica.

[31] Así es posible encontrar la participación de la mujer, aunque en un número muy bajo, en las actividades de investigación. Entre ellas podemos nombrar a Ángeles Delmon, Margarita Seijo, Helena y Leonor Pelanda Ponce, María Manuela Mignone Reppetto y Rosa Rabinovich.

- Ansaldi, W. y V. Giordano (2012a), *América Latina. La construcción del orden*, t. I: *De la Colonia a la disolución de la dominación oligárquica*, Buenos Aires, Ariel.
- (2012b), *América Latina. La construcción del orden*, t. II: *De las sociedades de masas a las sociedades en procesos de reestructuración*, Buenos Aires, Ariel.
- Babini, J. (1993), “Breve historia de la ciencia Argentina”, en Asúa, M. (comp.), *La ciencia en la Argentina. Perspectivas históricas*, Buenos Aires, Centro Editor de América Latina, pp. 27-43.
- Baña, B. (2010), “La química en el Río de la Plata”, *La Ménsula*, año 3, N° 11, pp. 4-5, 2010.
- Barberis, S. (2009), “Las primeras químicas”, *La Ménsula*, año 3, N° 8, pp. 1-5.
- Barrancos, D. (2007), *Mujeres en la sociedad argentina*, Buenos Aires, Sudamericana.
- Basalla, G. (1967), “The Spread of Western Science”, *Science*, N° 156, pp. 611-622.
- Bensaude-Vincent, B. A., A. García Belmar y J. R. Bertomeu Sánchez (2003), *L'émergence d'une science des manuels. Les livres de chimie en France (1789-1852)*, París, Archives Contemporaines.
- Bensaude-Vincent, B. e I. Stengers (1997), *Historia de la química*, Salamanca, Addison-Wesley Iberoamericana.
- Benvenuto, M. (1998), “Semblanza de Horacio Damianovich”, *Saber y Tiempo*, N° 5, pp. 152-166.
- Bertomeu Sánchez, J. R. y A. García Belmar (2006), *La revolución química. Entre la historia y la memoria*, Valencia, Universitat de València.
- Biagioli, M. (2008), *Galileo cortesano. La práctica de la ciencia en la cultura del absolutismo*, Buenos Aires, Katz.
- Bowker, G. (1991), “El auge de la investigación industrial”, en Serres, M. (ed.), *Historia de la ciencia*, Barcelona, Cátedra, pp. 542-543.
- Brock, W. (1992), *The Fontana history of Chemistry*, Londres, Fontana Press.
- Buch, A. (2006), *Forma y función de un sujeto moderno. Bernardo Houssay la fisiología argentina (1900-1943)*, Bernal, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.
- Buchbinder, P. (2005), *Historia de las universidades argentinas*, Buenos Aires, Editorial Sudamericana.
- Campione, D. (1996), “El aparato del Estado: sus transformaciones”, *Cuaderno Cepas*, N° 1, pp. 1-42.
- Clark, B. (1977), *Las universidades modernas: espacios de investigación y docencia*, México, UNAM-Miguel Ángel Porrúa.
- Damianovich, H. (1919), “La escuela de química en la universidad de Buenos Aires. Bases para su reorganización”, *Actas y Trabajos del Primer Congreso*

- Nacional de Química*, Buenos Aires, Sociedad Científica Argentina, pp. 162-181.
- Feld, A. (2011), “Ciencia, instituciones y política. Origen, dinámica y estrategia de los Consejos de Ciencia y Tecnología en la Argentina: 1943-1973”, tesis de doctorado, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires.
- Fruton, J. S. (1988), “The Liebig research group – a reappraisal”, *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 132, N° 1, pp. 1-66.
- Gadano, N. (2006), *Historia del petróleo en Argentina. 1907-1955: Desde los inicios hasta la caída de Perón*, Buenos Aires, Edhasa.
- Geertz, C. (1980), “Géneros confusos. La reconfiguración del pensamiento social”, *American Scholar*, vol. 49, N° 2, pp. 165-179.
- Gómez Campo, V. y E. Tenti Fanfani (1989), *Universidad y profesiones. Crisis y alternativas*, Buenos Aires, Miño y Dávila Editores.
- González Leandri, R. (2010), “Breve historia del Departamento Nacional de Higiene. Estado, gobernabilidad y autonomía médica en la segunda mitad del siglo XIX”, en Bohoslavky, E. y G. Soprano (comps.), *Un Estado con rostro humano. Funcionarios e instituciones estatales en Argentina (desde 1880 hasta la actualidad)*, Buenos Aires, Prometeo / Universidad de General de Sarmiento, pp. 59-85.
- Gorelik, A. (1987), “La arquitectura de YPF: 1934-1943. Notas para una interpretación de las relaciones entre Estado, modernidad e identidad en la arquitectura argentina de los años 30”, *Anales del Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas Mario Buschiazzo*, N° 25, pp. 179-204.
- Halperin Donghi, L. (1967), “Manuel Moreno en la ciencia Argentina”, *Ciencia e Investigación*, t. 23, pp. 305-310.
- Herrero Ducloux, E. (1912), *Los estudios químicos en la República Argentina (1810-1910)*, Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires.
- (1923), *Evolución de las ciencias en la República Argentina. Las ciencias químicas (1872-1922)*, Buenos Aires, Sociedad Científica Argentina.
- Holmes, F. (1989), “The Complementary of Teaching and Research in Liebig’s Laboratory”, *Osiris*, N° 5, pp. 121-164.
- Hufbauer, K. (1982), *The Formation of the German Chemical Community (1720-1795)*, Berkeley, University of California Press.
- Hurtado de Mendoza, D. (2010), *La ciencia argentina. Un proyecto inconcluso: 1930-2000*, Buenos Aires, Edhasa.
- Jasanoff, S. (ed.) (2004), *States of Knowledge. The Co-Production of Science and the Social Order*, Londres, Routledge.
- Kreimer, P. (2000), “Ciencia y periferia. Una lectura sociológica”, en Montserrat, M. (comp.), *La ciencia en la Argentina entre siglos*, Buenos Aires, Manantial, pp. 187-202.

- Laboratorio de investigaciones de YPF (1942), *Boletín de Informaciones Petroleras*, XIX, N° 220, pp. 9-26.
- Matharan, G. (2010), “La construcción social de la química como disciplina y su institucionalización en la ciudad de Santa Fe (1911-1935)”, en Prego, C. y O. Vallejos (coords.), *La construcción de la ciencia académica. Instituciones, procesos y actores en la universidad argentina del siglo XX*, Buenos Aires, Biblos, pp. 79-103.
- (2013), “La investigación industrial en la Argentina: el caso de la industria petrolera Yacimientos Petrolíferos Fiscales (1925-1942)”, *Redes. Revista de estudios de la Ciencia y la Tecnología*, vol. 19, N° 37, pp. 13-41.
- (2015a), “Los comienzos de la constitución de la química como disciplina científica en la Argentina: de la enseñanza a la investigación”, *Quiipu. Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, vol. 17, N° 1, pp. 73.
- (2015b), “Modos de enseñanza de la química en el laboratorio en la Argentina. De la enseñanza ordinaria a la enseñanza de investigación”, en Bernabé Correa, T. E., L. B. Martínez Pérez y G. Matharan (coords.), *O Ensino de la química em Diálogo-La enseñanza de la química en diálogo*, Curitiba, Editora CRV, pp. 133-156.
- (2015c), “Los inicios de la enseñanza experimental de la química: el caso del laboratorio de química de la Universidad de Buenos Aires (1823-1965)”, *Revista Saber y Tiempo*, vol. 1, N° 1, pp. 96-117.
- (2016), “La química y sus vínculos con la farmacia durante su proceso de institucionalización en Buenos Aires (1801-1896)”, *Revista Ea*, vol. 8, N° 2, pp. 1-37.
- Morrell, J. B. (1972), “The Chemist Breeders. The Research Schools of Liebig and Thomas Thomson”, *Ambix*, vol. 19, N° 1, pp. 1-58.
- Myers, J. (1992), “Antecedentes de la conformación del Complejo Científico y Tecnológico, 1850-1958”, en Oteiza, E. (dir.), *La política de investigación científica y tecnológica argentina. Historia y perspectivas*, Buenos Aires, CEA, pp. 87-113.
- Ortiz, E. (1994), “Ciencia, enseñanza superior y fuerzas armadas, 1850-1950”, *Revista Ciclos en la Historia, la Economía y la Sociedad*, vol. 4, N° 6, pp. 3-42.
- Parkin, F. (1984), *Marxismo y teoría de clases. Una crítica burguesa*, Madrid, Espasa-Calpe.
- Pestre, D. (2005), *Ciencia, política y dinero*, Buenos Aires, Nueva Visión.
- Plotkin, M. y E. Zimmerman (coords.) (2012), *Saberes del Estado*, Buenos Aires, Edhasa.

- Pyenson, L. (1985), *Culture Imperialism and Exact Sciences: German Science Expansion Overseas, 1900-1930*, Nueva York, Peter Lang.
- Raj, K. (2006), *Relocating Modern Science. Circulation and the Construction of Scientific Knowledge in South Asia and Europe, 1650-1900*, Delhi, Permanent Black.
- Revista Farmacéutica (1922), “Necrológica de Pedro Arata”, *Revista Farmacéutica*, año LXV, t. LVIV, N° 11, pp. 661-671.
- Sagastume, C. (1929), “Los estudios químicos en Estados Unidos, Alemania y Francia”, *Universidad Nacional de La Plata*, N° 6.
- Saldaña, J. J. (1990), “Nacionalismo y ciencia ilustrada en América”, en Saldaña, J. J. (ed.), *Ciencia, técnica y Estado en la España ilustrada*, Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, pp. 9-54.
- Sánchez Ron, J. M. (1992), *El poder de la ciencia. Historia socio-económica de la física (siglo XX)*, Madrid, Alianza.
- Sarlo, B. (1992), *La imaginación técnica. Sueños modernos de la cultura argentina*, Buenos Aires, Nueva Visión.
- Schiebinger, L. (1989), *The Mind Has No Sex? Woman in the Origins of Modern Science*, Cambridge, Harvard University Press.
- Secord, J. (2004), “Knowledge in Transit”, *Isis*, N° 95, pp. 654-672.
- Shapin, S. y S. Schaffer (1985), *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle and the Experimental Life*, Princeton, Princeton University Press (en castellano: *El Leviathan y la bomba de vacío. Hobbes, Boyle y la vida experimental*, trad. Alfonso Buch, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes, 2005).
- Torstendahl, R. (1996), “La transformación de la educación profesional en el siglo XIX”, en Rothblatt, S. y B. Wittrock, *La universidad europea y americana desde 1800: las tres transformaciones de la universidad*, Barcelona, Pomares-Corredor, pp. 121-155.
- Vernengo, M. (2012), “La química de la Argentina de entreguerras”, *Revista Saber y Tiempo*, N° 12, pp. 155-176.
- Vessuri, H. (1995), “El crecimiento de una comunidad científica en la Argentina”, *Cuadernos de Historia e Filosofía da Ciencia*, pp. 173-222.



NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

1. *Redes* es una revista con vocación latinoamericana, que pretende estimular la investigación, la reflexión y la publicación de artículos en el amplio campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, y en todas las subdisciplinas que lo conforman (sociología, política, historia, economía, comunicación, gestión, antropología, educación, análisis institucional, filosofía). Por ello, recibe con gusto contribuciones de académicos y estudiosos latinoamericanos, pero también de otras regiones, para su difusión en el público de la región.

2. Los autores deben enviar los artículos por correo electrónico a la dirección <redes@unq.edu.ar>.

3. Las colaboraciones deben ser originales e inéditas. No se aceptarán trabajos publicados anteriormente o que hayan sido presentados al mismo tiempo en otra revista.

4. Si el Consejo de Dirección considera que la temática del artículo se ajusta a la línea editorial de la revista, el original será remitido a dos evaluadores anónimos con reserva de la identidad del autor. Los evaluadores tienen un plazo de un mes para enviar el dictamen. Una vez recibidos, los dictámenes serán comunicados y se procederá según el resultado (aprobado, aprobado con modificaciones importantes o menores, rechazado).

5. Si el artículo fuera aprobado con modificaciones, a partir de la recepción de una versión revisada, el Consejo de Dirección evaluará si se han tomado en cuenta las sugerencias o se ha justificado convenientemente el no haberlo hecho.

6. Si no hubiera necesidad de realizar algún pedido adicional al/a los autor/es con respecto a las modificaciones sugeridas, el artículo quedará listo para ser incluido en *Redes*.

7. *Redes* publica artículos, notas de investigación, notas de opinión y comentarios bibliográficos.

En cada artículo que se envíe se debe indicar a qué sección corresponde.

La longitud máxima para la sección Artículos es de 12.000 palabras; para Notas de investigación, 8.000; para Notas de opinión, 8.000; y para Reseñas, 5.000.

8. Los artículos deben incluir un resumen en castellano de hasta 200 palabras con cuatro palabras clave. Deberá incluirse también la traducción al inglés del título, del resumen y de las palabras clave.

9. Los cuadros, gráficos y mapas se incluirán en hojas separadas del texto, numerados y titulados. Los gráficos y mapas se presentarán confeccionados para su reproducción directa, según las pautas de edición de la Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.

10. Toda aclaración con respecto al trabajo se consignará en la primera página, en nota al pie, mediante un asterisco remitido desde el título.

11. Los datos personales del autor, pertenencia institucional, áreas de trabajo y domicilio para correspondencia se consignarán al final del trabajo.

12. Las citas al pie de página se numerarán correlativamente.

13. Las obras citadas, si las hubiera, se listarán al final y se hará referencia a ellas en los lugares apropiados del texto principal de acuerdo al sistema Harvard (Apellido del autor, año de la edición del libro o del artículo) y el número de página cuando fuese necesario. Ej.: (Collins, 1985: 138).

14. Referencias bibliográficas.

- Se traducirá y castellanizará todo lo que no sea el nombre del autor y el título de la obra (London = Londres, Paris = París, New York = Nueva York, and = y).
- Los datos se ordenarán de acuerdo con el *sistema Harvard*:

Libros

Autor –apellido, inicial del nombre– (fecha), *título* (en cursivas), lugar, editorial.

Si hubiera más de un autor, los siguientes se anotan: inicial del nombre y apellido.

Ejemplos:

- Auyero, J. (1999), *Caja de herramientas. El lugar de la cultura en la sociología norteamericana*, Bernal, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.
- Bijker, W., T. Pinch y T. Hughes (eds.) (1987), *The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology*, Cambridge y Londres, The MIT Press.

Artículos de revistas o de publicaciones periódicas

Autor –apellido, inicial del nombre– (fecha), “título” (entre comillas; si está en idioma extranjero, solo se escribirá en mayúscula la primera inicial del título, como en castellano), *nombre de la revista o publicación* (en cursivas), volumen, N°, p. (o pp.). TODO ENTRE COMAS.

Si hubiera más de un autor, los siguientes se anotan: inicial del nombre y apellido.

Ejemplos:

Labarca, M. (2005), “La filosofía de la química en la filosofía de la ciencia contemporánea”, *Redes*, vol. 11, N° 21, Universidad Nacional de Quilmes, pp. 155-171.

Georghiou, L. y D. Roessner, (2000), “Evaluating technology programs: tools and methods”, *Research Policy*, vol. 29, N° 4-5, pp. 657-678.

Volúmenes colectivos

Autor –apellido, inicial del nombre– (fecha), “título” (entre comillas), en autor –apellido, inicial del nombre– (comp. o ed.), *título* (en cursivas), lugar, editorial, año, p. (o pp.), TODO ENTRE COMAS.

Si hubiera más de un autor, los siguientes se anotan: inicial del nombre y apellido.

Ejemplos:

Casanova, J. (1999), “Religiones públicas y privadas”, en Auyero, J. (comp.), *Caja de herramientas. El lugar de la cultura en la sociología norteamericana*, Bernal, Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes, pp. 115-162.

Law, J. (1987), “Technology and heterogeneous engineers: the case of portuguese expansion”, en Bijker, W., T. Pinch y T. Hughes (eds.), *The social construction of technological systems: new directions in the sociology and history of technology*, Cambridge y Londres, The MIT Press, pp. 111-134.

15. Los trabajos son sometidos a una evaluación por parte del Consejo Editorial y de árbitros anónimos. La revista no asume el compromiso de mantener correspondencia con los autores sobre las decisiones adoptadas.

Impreso en el Centro de impresiones de la Universidad Nacional de Quilmes,
Roque Sáenz Peña 352, (B1876BXD), Bernal, República Argentina.