

ACADEMIA NACIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

# REVISTA FARMACÉUTICA

Rev. Farm. 165 — N° 1— 2023



BUENOS AIRES – ARGENTINA

ISSN 0034-9496



---

# REVISTA FARMACÉUTICA

ISSN 0034-9496

Editada por la  
**Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica**  
Personería Jurídica Resol. N° 1762-30/8/1968

## CONSEJO DIRECTIVO 2022-2024

### **Presidente**

Acad. Marcelo C. Nacucchio

### **Vice-Presidente**

Acad. Marta M. Salseduc

### **Secretario General**

Acad. Nélide Mondelo

### **Prosecretario**

Acad. Rolando Rossi

### **Tesorero**

Acad. Osvaldo Cascone

### **Protesorero**

Acad. Virginia Martino

### **Vocales Titulares**

Acad. Juan Pablo F.C. Rossi

Acad. Francisco J. Stefano

### **Vocales Suplentes**

Acad. Gabriel Gutkind

Acad. José Oyhamburu

### **Revisores de Cuentas**

Acad. María Cristina Añon

Acad. Norma Sterin de Speziale

Acad. Marco Pizzolato

---

**Volumen 165 N° 1 Año 2023**

Fundada en 1858

**COMITÉ DE PUBLICACIÓN  
EDITORIAL BOARD**

**Coordinador**

Acad. Marcelo L. Wagner

**Co-coordinador**

Alberto Gurni

**Miembros**

Acad. Gabriel Gutkind

Acad. Silvia Hajos

Acad. Virginia Martino

Acad. Marcelo C. Nacucchio

Acad. Maria Luz Pita Martín de Portela

Acad. Juan Pablo F.C. Rossi

Acad. Rolando Rossi

Acad. Marta Salseduc

Editada por la Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica  
Junín 956 P.P. C1113AAD, Buenos Aires, Argentina

Correo electrónico: [acad@fyb.uba.ar](mailto:acad@fyb.uba.ar)

Página web: <http://www.anfyb.com.ar>

La presente edición se terminó de imprimir en Julio de 2023

Las ideas que se exponen en la Revista son de exclusiva responsabilidad de los autores  
y no reflejan necesariamente la opinión de la **Academia Nacional de Farmacia y Bioquímica**.

---

# ACADEMIA NACIONAL DE FARMACIA Y BIOQUIMICA

## ACADEMICOS TITULARES

Acad. María Cristina Añón	Acad. Gabriel O. Gutkind	Acad. Pablo Quiroga
Acad. Nestor O. Caffini	Acad. Silvia Hajos	Acad. Victor Romanowski
Acad. Ricardo A. Caro	Acad. Manuel Limeres	Acad. Juan Pablo F.C. Rossi
Acad. Osvaldo Cascone	Acad. Virginia Martino	Acad. Rolando Rossi
Acad. Alberto Diaz	Acad. Horacio José G. Mato	Acad. Alfredo Salibian
Acad. Jorge Errecalde	Acad. Nélide Mondelo	Acad. Marta M. Salseduc
Acad. Nilda Fink	Acad. Marcelo C. Nacucchio	Acad. Ángela R. Solano
Acad. Carlos A. Fossati	Acad. José Oyhamburu	Acad. Norma Sterin de Speziale
Acad. Carlos H. Gaozza	Acad. María Luz Pita Martín de Portela	Acad. Francisco J.E. Stefano
Acad. Jorge Geffner	Acad. Marco Pizzolato	Acad. Dora Tombari
Acad. Alberto Gurni	Acad. Edgardo Poskus	Acad. Marcelo Luis Wagner

## ACADEMICOS EMÉRITOS

Acad. Sem M. Albonico	Acad. Clyde N. Carducci	Acad. Carlos A. Gotelli
Acad. Arnaldo L. Bandoni	Acad. Miguel A. Caso	Acad. Ronaldo Meda
Acad. Carlos M. Baratti	Acad. Mateo Chekherdemian	Acad. Modesto C. Rubio
Acad. Mirta J. Biscoglio	Acad. Héctor I. Giuliani	Acad. Regina L. W. de Wikinski

## ACADEMICOS HONORARIOS

Acad. Juan Carlos Bagó	Acad. Mirtha Flawiá	Acad. Federico Mayor Zaragoza
Acad. Ramón A. de Torres	Acad. Benito del Castillo García	Acad. Giannina Pasquini

## ACADEMICOS CORRESPONDIENTES

Acad. Daniel Allemandi	Acad. María L. Martinez	Acad. Clelia M. Riera
Acad. Carlos Bregni	Acad. Rafael Mora	Acad. Daniel O. Sordelli
Acad. Marcelo O. Cabada	Acad. Aldo D. Mottino	Acad. Marcelo D. Squassini
Acad. Oscar H. Fay	Acad. Elsa M. Nadalin	Acad. Alejandro Vila
Acad. Raul C. Fazio	Acad. Santiago D. Palma	Acad. María Guillermina Volonté
Acad. Silvia Gold	Acad. Ana Maria Pechen D'Angelo	
Acad. Ruben H. Manzo	Acad. Gabriela del Valle Perdigón	

---

## ACADEMICOS CORRESPONDIENTES EN EL EXTERIOR

### **Alemania**

Acad. Pablo Steinberg

### **Brasil**

Acad. Caio Romero Cavalcanti

### **Chile**

Acad. Aquiles Arancibia Orrego

Acad. Rosa I. Morán Gana

Acad. Wanda Quilhot Palma

### **Colombia**

Acad. Fleming Martínez Rodríguez

### **Cuba**

Acad. Ricardo Galvis

Acad. Héctor Zayas Bazán y Perdomo

### **Ecuador**

Acad. Julio E. Aráoz

Acad. Eduardo Goetchel

### **España**

Acad. M. del Carmen Francés Causapé

Acad. Eduardo Mariño Hernández

Acad. Ángel Montero Carcaboso

Acad. Antonio M. Rabasco Álvarez

Acad. Alberto Ramos Cormenzana

Acad. Bartolomé Ribas Ozonas

Acad. Miguel Ylla Catalá Genis

Acad. Francisco Zaragoza García

### **Estados Unidos**

Acad. Jorge R. Barrio

Acad. Jorge D. Briolini

Acad. Silvio Gutkind

### **Francia**

Acad. Jean Marc Aïache

Acad. Paul Fleury

Acad. Carlos Soto

### **Italia**

Acad. Stefano Govoni

### **Panamá**

Acad. Ceferino Sánchez

### **Perú**

Acad. José Amiel Pérez

### **Uruguay**

Acad. Jorge Ares Pons

Acad. Pietro Fagiolino

Acad. Raquel Lombardo de Bertolaza

Acad. Justo Emilio Menes

Acad. Patrick Moyna

Acad. Anibal A. Olmos Ferreira

Acad. Oscar Polla Bermúdez

Acad. Joaquín E. Royer Meicoso

### **Venezuela**

Acad. José Luis Andrade

---

## SUMARIO

- Lecciones y colecciones de la botánica médica y farmacología argentina en el primer tercio del siglo XX** **9**  
Lessons and collections of medical botany and argentinian pharmacology In the early of 20<sup>th</sup> century  
**María Gabriela Mayoni**
- Farmacia en rehabilitación: nuevos desafíos, nuevos horizontes** **33**  
Pharmacy in physical rehabilitation: new challenges, new horizons  
**Karin Fabiana Costa, Gabriela Constante, Ana Natalia Philippi, Karina Szydlovski**
- Quiralidad y actividad óptica. ¿Hacia una inversión de la disimetría molecular?** **37**  
Chirality and optical activity. Towards an inversion of molecular dissimetry?  
**Beatriz Mollerach**





## LECCIONES Y COLECCIONES DE LA BOTÁNICA MÉDICA Y FARMACOLOGÍA ARGENTINA EN EL PRIMER TERCIO DEL SIGLO XX

María Gabriela Mayoni

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Cátedra y Museo de Farmacobotánica "Juan. A. Domínguez", Junín 956, 1er piso. (1113) Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina. CONICET, Buenos Aires, República Argentina.  
[gabrielamayoni@hotmail.com](mailto:gabrielamayoni@hotmail.com)

### RESUMEN

El Museo de Farmacobotánica "Juan A. Domínguez" de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, con más de 120 años de historia, posee un acervo patrimonial de gran relevancia vinculado a las prácticas científicas y educativas de las primeras décadas del siglo XX. Fundado en 1900 y asociado a la antigua Escuela de Farmacia de la Facultad de Ciencias Médicas, logró tener relevancia científica y ser un importante lugar para la enseñanza de estas disciplinas. En un contexto de expansión de los espacios de formación científica e investigación dentro de la Universidad de Buenos Aires, el Museo se fue enriqueciendo con diversas colecciones para la enseñanza de la botánica médica, botánica farmacéutica, farmacognosia y fitoquímica. De este modo, el objetivo de este trabajo es presentar la cultura material y los diversos saberes y prácticas científico-educativas que se promovieron en dicha época. Al hacerlo, se analizarán diversos aspectos de la producción de contenidos científicos, lecciones y colecciones históricas de enseñanza a través de diferentes fuentes, como las colecciones didácticas, programas de estudio, textos y manuales de enseñanza y documentos históricos que aún se preservan en el Museo.

### SUMMARY

#### LESSONS AND COLLECTIONS OF MEDICAL BOTANY AND ARGENTINIAN PHARMACOLOGY IN THE EARLY OF 20TH CENTURY

With more than 120 years of history, the Museum of Pharmacobotany "Juan A. Domínguez" of the Faculty of Pharmacy and Biochemistry of the University of Buenos Aires has a scientific heritage of great relevance linked to the scientific and educational practices of the early 20th century. Founded in 1900 and associated with the former School of Pharmacy of the Faculty of Medical Sciences, this museum achieved scientific relevance and became an important place for the teaching of these disciplines. In a context of expansion of the spaces for scientific training and research within the University of Buenos Aires, it was enriched with various collections for the teaching of medical botany, pharmaceutical botany, pharmacognosy and phytochemistry. Therefore, this paper aims to present both the material culture and the diverse knowledge and scientific-educational practices that were promoted at that time. In doing so, various aspects of the scientific content production, lessons, and historical collections of teaching will be analyzed through different sources, such as the didactic collections, study programs, teaching texts, and historical documents that are still preserved in the Museum.

### INTRODUCCIÓN

El primer Museo de Farmacología de la Argentina fue creado en el año 1900 en la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Buenos Aires para beneficio de los estudiantes de la antigua Escuela de Farmacia y para los estudiantes de la carrera de Medicina.<sup>1</sup> Instalado inicialmente en la llamada "Sala de tesis" del edificio de la Av. Córdoba 2182 de la Ciudad de

1 Los estudios especiales de farmacia en la Universidad de Buenos Aires se iniciaron en el año 1856, consolidada en 1898 con una renovada Escuela de Farmacia (Cignoli, 1953), y los estudios para la obtención del diplomado y el doctorado estuvieron bajo la órbita de la Facultad de Ciencias Médicas hasta 1957 cuando se definió finalmente la separación de las Escuelas y la independencia junto a la orientación bioquímica en una nueva Facultad. Un interesante análisis del proceso de profesionalización del ámbito de la Farmacia, el proyecto de una facultad independiente de origen y la relación con los químicos y la corporación médica, en los albores de la consolidación de la disciplina científica durante la segunda mitad del siglo XIX, puede encontrarse en González Leandri (1999), capítulo IV "Los farmacéuticos: de colegas a subordinados", pp. 152-183.

**Palabras clave:** museos, colecciones didácticas, Botánica y Farmacología, enseñanza científica, Argentina, siglo XX  
**Key words:** museums, science teaching, didactical collections, Botany and Pharmacology, Argentina, 20th century

Buenos Aires (inaugurado unos años antes, en 1895), comenzó sus actividades con un incipiente herbario de la flora argentina y muestras de materia médica, recolectadas por el farmacéutico Juan Aníbal Domínguez en su trabajo de campo por el centro y norte del país. A comienzos del siglo, Domínguez era Jefe de trabajos prácticos en Química aplicada junto al Dr. Pedro N. Arata y catedrático sustituto de Farmacia teórica (luego Farmacognosia) junto al Dr. Juan A. Boeri y su trabajo sobre la materia médica argentina le valió en 1901 el premio “Félix de Azara”,<sup>2</sup> y tiempo después, en 1928, el Primer Premio Nacional de Ciencias (Hicken, 1923; Amorin, 1986). En el Museo, su trabajo fue el puntapié inicial para el desarrollo de las publicaciones oficiales llamadas “Trabajos del Museo de Farmacología” (1903-1939) y en los primeros años trabajó con dos colaboradores fundamentales, el botánico austríaco Eugène Autran,<sup>3</sup> quien había sido curador y editor del Boletín del Herbario de Boissier en Ginebra y Miles Stuart Pennington, un estudiante de medicina de origen inglés radicado con su familia en la Argentina.

Esta institución, actual Museo de Farmacobotánica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires (FFyB-UBA) de más de 120 años de historia, durante las primeras décadas del siglo XX se convirtió en un centro de referencia científica, consultado y visitado por los especialistas, gracias a la formación e incorporación de herbarios y colecciones de gran importancia para el estudio de la flora del país y de las plantas medicinales (Instituto Nacional de Botánica, 1944). Del mismo modo, fue relevante como espacio de enseñanza, donde se realizaban los trabajos prácticos de botánica sistemática, se dictaban clases y conferencias para los aspirantes a doctorado y se otorgaba el espacio para el desarrollo de sus investigaciones. Modelos tridimensionales, diapositivas en vidrio para proyección luminosa, láminas ilustradas de gran formato, aparatos e instrumentos, muestrarios de minerales y de productos industrializados de origen vegetal, entre otros objetos de enseñanza, formaron parte de su historia y actualmente conforman el área de colecciones didácticas, históricas y científicas del Museo.<sup>4</sup> El patrimonio científico e histórico que conserva, da cuenta de su vinculación con diferentes actividades científico-pedagógicas de la Facultad de Medicina y de la antigua Escuela de Farmacia que enriqueció a la institución con diversas colecciones para la enseñanza científica, particularmente de la botánica médica y farmacéutica, la farmacología y la fitoquímica (Mayoni, 2020). En un contexto de expansión de la Universidad de Buenos Aires y de cierto impulso al crecimiento de espacios de formación científica (Halperin Donghi, 2013; Buchbinder, 2010; Asua, 2010), Domínguez pronto insistiría en convertir el Museo en un Instituto de Investigación de Botánica y Farmacología, gestionando diversos apoyos para su ampliación y expansión.

Los dispositivos visuales y objetos científicos se consideran vehículos materiales de las ideas, en la intersección de diferentes intereses y decisiones en torno a los diseños y los lenguajes científicos. Desde la historia cultural de la ciencia, se ubica a la materialidad científica como elemento constitutivo de una epistemología visual y material de la ciencia que se consolida a través de los diversos mecanismos de circulación y visualización del conocimiento (Secord, 2004; Wise, 2006; Daston 2014). Una cultura material vinculada a la práctica que refleja una tradición de pensar y hacer dentro de un campo científico, sus formas de comunicación y en intrínseca relación con las formas de aprendizaje visual y de producción de imágenes (gráficos, dibujos, fotografías, etc.). En este sentido, el presente artículo tiene por objetivo analizar algunos aspectos de los inicios de la trayectoria del primer Museo de Farmacología de la Universidad de Buenos Aires, vinculados a las prácticas científico-educativas y a la formación de colecciones visuales para el estudio y la enseñanza de la botánica médica y farmacología. A través de diferentes fuentes materiales, tales como las colecciones didácticas que aún se conservan en el Museo de la primera mitad del siglo XX, diferentes programas de estudio localizados, textos y manuales de enseñanza y diversa documentación histórica, se analizan aspectos de la producción de contenidos científicos, lecciones, guías de trabajos prácticos y adquisición de colecciones de enseñanza visual con el fin de profundizar sobre las diversas formas circulación y aplicación del conocimiento. En este caso, en un ámbito científico con un marcado interés en el estudio de los recursos naturales del país y de la región.

2 El premio Félix de Azara fue establecido por Domingo Parodi en el año 1886 para premiar al mejor trabajo sobre fauna o flora de la Argentina (Hicken, 1923). El título original de la obra con la que Domínguez se presentó al concurso fue “Algunos datos sobre la Flora Médica Argentina”. Nota del 27 de marzo de 1901, Legajo docente J. A. Domínguez, Archivo FFyB-UBA.

3 Eugène John Benjamin Autran (1855-1912), nacido en Suiza, fue un reconocido botánico desde su lugar como conservador del Herbario de Boissier. Al parecer por motivos personales dejó intempestivamente su trabajo en Suiza y se radicó en la Argentina hacia el año 1900. En el país, fue ayudante en el Jardín Botánico Municipal de Buenos Aires según Hicken (1923), ayudante de la Dirección de Ganadería del Ministerio de Agricultura (1901) e Inspector de Agronomía de la Dirección de Agricultura (1908), según el obituario publicado en la revista *Physis* de 1912 (tomo I p. 146-1947). Ver también perfil creado en *Global Plants* <https://plants.jstor.org/stable/10.5555/al.ap.person.bm000000306>

4 Gracias al Programa de Participación Cultural – Mecenazgo del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, entre los años 2021 y 2022 se consiguieron fondos especiales para la recuperación de estas colecciones. Gestión realizada junto a la Asociación Amigos del Museo de Farmacobotánica UBA.

## DESARROLLO

### De Museo a Instituto de Botánica y Farmacología

La nota enviada el 28 de abril de 1900 al Decano de la Facultad de Ciencias Médicas José Teodoro Baca, describe las colecciones que Juan A. Domínguez ofreció a la Facultad luego de su viaje por el país para constituir la base de un museo farmacológico argentino para la enseñanza en sus escuelas y depositadas temporalmente en el Laboratorio de Farmacia (cátedra del Dr. Boeri).<sup>5</sup> Estas colecciones estaban formadas por un herbario de 1836 ejemplares (repartidos en 66 familias, 132 géneros y 280 especies determinadas, más 22 x 8 sin determinación) y una serie de 255 drogas argentinas para estudiar y para el canje con instituciones similares extranjeras. Según esta nota las determinaciones de las especies fueron confrontadas sobre los ejemplares del herbario del botánico alemán Fritz Kurtz (o Federico Kurtz), profesor a cargo de la cátedra de botánica de la Universidad Nacional de Córdoba y en parte del Herbario del suizo-argentino Teodoro Juan Vicente Stuckert.

La respuesta del Decano, con fecha del 29 de abril de 1900, fue aceptar la donación y designar 2.500 pesos a los gastos de instalación,<sup>6</sup> que le permitió comprar algunos armarios y llevar las colecciones a la entonces Sala de tesis de la Facultad de Ciencias Médicas, las cuales se instalaron allí desde el 1 de mayo de 1901 (Domínguez, 1928). Domínguez fue nombrado con fecha del 1 de julio de ese año e incorporado al presupuesto de la Facultad en 1902, como "Director del Museo Farmacológico" de la Escuela de Farmacia con un sueldo de \$100 moneda nacional.<sup>7</sup> En una publicación en el Diario *La Nación* del 30 de julio de 1903,<sup>8</sup> Domínguez posa en su mesa de trabajo con el primer curador del Herbario, Eugène Autran, designado Jefe de la Sección Botánica del Museo.<sup>9</sup> Las imágenes que

5 Nota al Sr. Decano José Teodoro Baca del 28 de abril de 1900. Legajo docente de J. A. Domínguez. AHMFB, FFyB-UBA.



Figura 1: Fotografía del Museo de Farmacología publicada en el Suplemento semanal ilustrado del Diario *La Nación* del 30 de julio de 1903.

6 Nota firmada por J. T. Baca. Legajo docente de J. A. Domínguez. Archivo FFyB-UBA.

7 Anales de la Universidad de Buenos Aires, volumen XV. 1902, p.78

8 *La Nación*. Suplemento semanal ilustrado. Año 1, n.48. Buenos Aires, 30 de julio de 1903.

9 Se estima que Autran llegaría al Museo entre 1901 y 1902, dado una nota que se encuentra en el Legajo docente de Domínguez dirigida al Decano del 25 de Julio de 1902, donde Domínguez "recuerda" a las autoridades el nombramiento de Eugène Autran para 1903 como Jefe de la Sección Botánica, presentándolo a Autran como botánico reconocido por haber estado a cargo del Herbario de Boissier en Ginebra.

acompañen esta nota, muestran lo que fuera el primer lugar de acogida del museo, donde se instalaron los primeros armarios para la guarda de los herbarios y estanterías para los frascos de materia médica (Fig.1).

En el Legajo docente de Domínguez, se incluye el primer informe de actividades del Museo con fecha de noviembre de 1901, donde se destacaba que la institución había respondido a los fines que presidieron a su creación a pesar del poco tiempo de actividad, “habiendo no solamente contribuido eficazmente a la enseñanza nacional de la ciencia botánica... sino también a difundir y facilitar por medio del canje, el estudio químico y farmacológico de nuestra flora”.<sup>10</sup> En efecto, desde los inicios, Domínguez como director del museo, quedó a cargo de los trabajos prácticos de botánica sistemática, tanto para los alumnos de Medicina que cursaban Botánica médica en ese entonces con el Dr. Lucio Durañona, como para los alumnos de la carrera de Farmacia que cursaban Botánica farmacéutica con el Dr. Adolfo Mujica. Estos trabajos prácticos consistían en la recolección, descripción y herborización de plantas traídas de las diferentes salidas al campo y excursiones planificadas por los alrededores de Buenos Aires. En el informe mencionado, se indicó la realización de excursiones a Punta chica, San Fernando y otros parajes de la costa, útiles por la variedad de vegetación nativa que podría encontrarse en esas zonas. Los herbarios producidos por los alumnos quedaban a resguardo del Museo para ser sometidas luego al examen por jurado.

Para el desarrollo de los trabajos prácticos, Domínguez también tuvo la oportunidad de solicitar el nombramiento de varios ayudantes dada la gran cantidad de alumnos. Según informó a las autoridades, en 1901 tuvieron a cargo 350 estudiantes de Medicina y 140 estudiantes de Farmacia.<sup>11</sup> En este sentido, el primer reglamento que se conserva del Museo con fecha de septiembre de 1901, estableció horarios y algunas consideraciones sobre los materiales, contemplando diferentes normas en torno al uso y disponibilidad de los recursos para la enseñanza y la investigación:

*«El Museo está a disposición de los señores académicos, profesores y alumnos de la Facultad.  
Las colecciones del Museo exceptuando las de cuerpos plásticos y positivos para proyecciones no podrán ser extraídas del local.  
El Museo estará abierto todos los días de 8-10am y de 2-4 pm.  
Todo asistente al Museo deberá solicitar por escrito el material de desee estudiar no pudiendo solicitarse más de seis muestras a la vez.  
Queda terminantemente prohibido extraer las muestras de los locales.  
El que deteriore o inutilizare el material que le ha sido confiado será expulsado del local sin perjuicio de exigirle por otros medios la reposición del material destruido.  
Las muestras del Herbario no podrán bajo ningún concepto ser extraídas de las vitrinas donde se encuentren colocadas pudiendo solicitarse que sean colocadas en estas las que no estuvieran.  
Los ayudantes se sucederán por turnos en atención del Museo durante las horas hábiles.  
El ayudante de servicio es responsable de todo extravío, deterioro o inutilización del material  
El ayudante de servicio anotará el nombre de los asistentes en un libro ad hoc y cuidará de anotar diariamente el movimiento del Museo.»<sup>12</sup>*

Con el pedido de ayudantes de ese año, aparece por primera vez la mención de Miles Stuart Pennington como asistente para los trabajos prácticos de botánica. La actividad de Pennington en el Museo desde 1901 y hasta 1908, año en que se doctoró, resultó relevante tanto para la práctica docente como para la formación de nuevas colecciones de plantas y materia médica. Por ejemplo, realizó algunas contribuciones sobre la Flora de San Fernando e islas de Tigre y Paraná, y fue enviado en su primer viaje de exploración a Tierra del Fuego en 1903, aportes que fueron publicados en los *Trabajos del Museo de Farmacología*. Asimismo, como apoyo para las prácticas de botánica sistemática y las salidas al campo, se le animó a publicar la obra *Representación esquemática de los caracteres macroscópicos de las plantas más comunes de Buenos Aires* (1903), una obra en español, basada en un libro publicado en 1880 en Londres del botánico inglés Frederick A. Messer sobre nuevos métodos para estudiar las flores silvestres británicas mediante un sistema analítico ilustrado (Fig. 2). Una guía fácil y rápida para describir

<sup>10</sup> Nota del 12 de noviembre de 1901 al Decano Juan R. Fernández. Legajo docente J. A. Domínguez. Archivo FFyB-UBA.

<sup>11</sup> Nota del 2 de noviembre de 1901. Legajo docente J. A. Domínguez. Archivo FFyB-UBA.

<sup>12</sup> Nota del 19 de septiembre de 1901 al Decano Juan R. Fernández. Legajo docente J. A. Domínguez. Archivo FFyB-UBA.



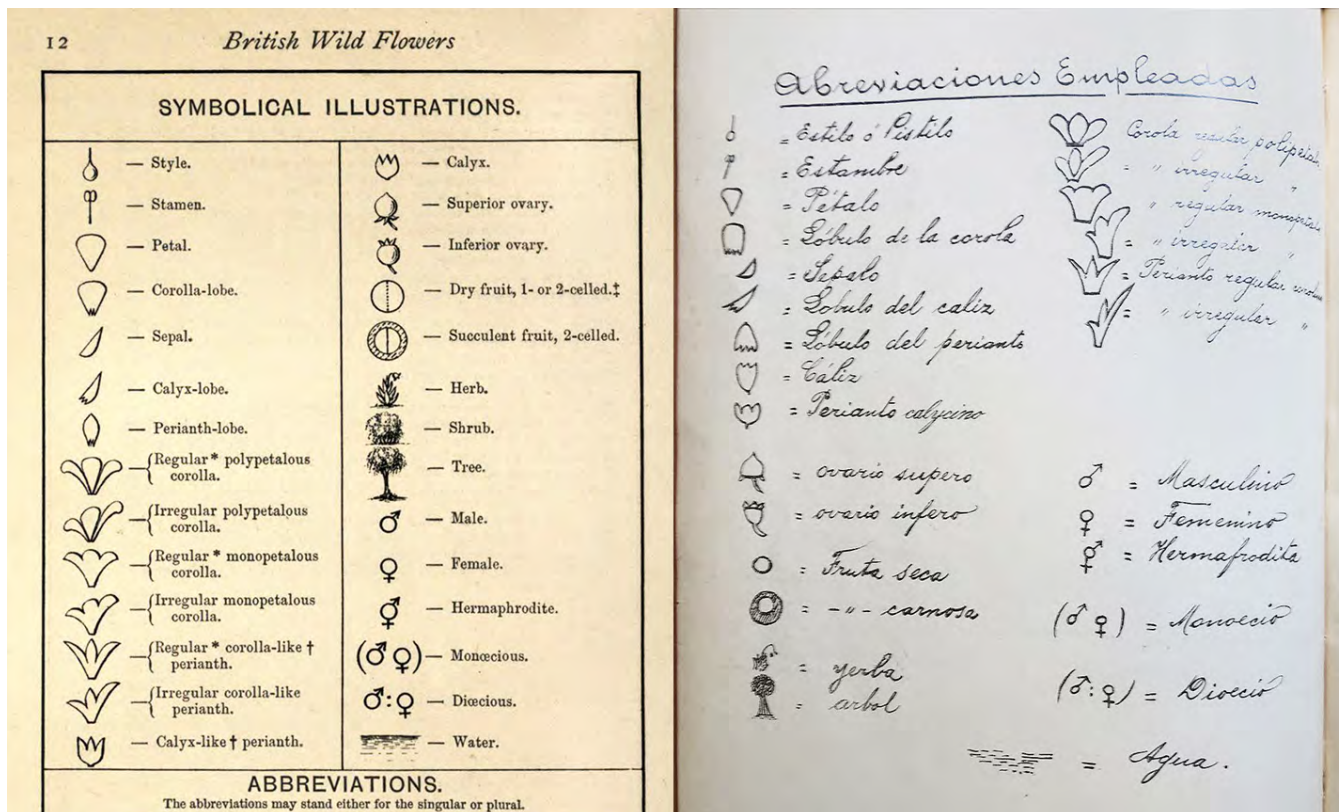


Figura 2: Abreviaturas ilustradas en el libro de Frederick A. Messer (1880) y en el libro de Miles Stuart Pennington (1903).

e identificar visualmente los ejemplares recolectados y bajo el sistema de clasificación de Jussieu y De Candolle.<sup>13</sup> La obra de Pennington se enfocó en las familias de las plantas más comunes de los alrededores de Buenos Aires, incluyendo 67 familias entre dicotiledóneas, monocotiledóneas y criptógamas vasculares, en consonancia con las posibles especies que los alumnos de la Facultad podrían encontrar en sus salidas al campo. En esta obra se proponen una serie de “abreviaturas” visuales, o figuras ilustrativas para describir los caracteres más importantes y visibles de cada familia de plantas. Un método visual, que según Messer, era el que más se asemejaba al proceso natural de observación, o al que se sigue intuitivamente en el examen comparativo entre las partes de las mismas plantas (Messer, 1880, p.2). Para Pennington, ninguna obra teórica podía suplir la observación de las plantas vivas, siendo el campo mismo “la gran universidad de la Naturaleza”, por lo que consideraba imprescindible el complemento mutuo. En afán de incentivar las vocaciones de los jóvenes concluye en su consideración final: “Al campo, al monte pues, el estudio botánico en vez de áridas y pesadas lecturas, os ofrecerá gratos recuerdos de bellos paisajes y excursiones agradables, al mismo tiempo que vuestros conocimientos serán más profundos, duraderos y útiles.” (Pennington, 1903, p.52).

La actividad docente vinculada al Museo, además de los trabajos prácticos de botánica, estuvo especialmente relacionada con la participación de Domínguez en cursos y asignaturas de las carreras de Medicina y Farmacia. Por ejemplo, entre 1901 y 1902 ofreció cursos libres de Farmacognosia y en 1904 acompañó a Durañona en la reedición de los *Apuntes de Botánica Médica*, con un marcado énfasis en la importancia de la flora del país y el enriquecimiento de la farmacopea nacional, insistiendo en que muchas especies de la región podían reemplazar con gran ventaja muchas de las plantas extranjeras que se importaban. El Apunte incluyó un apéndice especial sobre el desarrollo de la Botánica en la Argentina y referencias a investigaciones locales sobre plantas medicinales, terapéuticas y plantas tóxicas, adoptando el sistema de clasificación de Van Tieghem (Durañona & Domínguez, 1904).

<sup>13</sup> Según Messer, su obra se realizó con arreglos correspondientes a la obra “Manual of British Botany” del Profesor Babington, y del libro ‘Student’s Flora’ (1870) de Josep Dalton Hooker, Director del Jardín Botánico de Kew (*Royal Garden*), quien utilizó el sistema de Jussieu y De Candolle. El libro de Frederick A. Messer. *A new and easy method of studying British wild flowers by natural analysis*. 1880. London: David Bogue se encuentra disponible en Internet Archive <https://archive.org/details/neweasymethodofs00messiala/mode/2up>

En la dimensión institucional, el Museo recibió en 1904 una gran ayuda del profesor de Botánica Farmacéutica, Adolfo Mujica, que a su vez era Diputado nacional, para conseguir del Congreso Nacional una subvención especial de \$30.000 con el fin de construir un local propio para el Museo.<sup>14</sup> En las sesiones ordinarias de la Cámara de Diputados del 21 de septiembre de 1904, Mujica solicitó sobre tablas la incorporación de este monto al presupuesto ordinario de 1905, el cual salía del cálculo que la Facultad había realizado para hacer las obras requeridas de mudanza e instalación del Museo a un nuevo local:

*«Voy a permitirte, señor presidente, proponer una nueva partida en este anexo para que sea agregada al inciso correspondiente. Al hacerlo, solo me guía el propósito de satisfacer una necesidad de verdadera importancia que actualmente se siente en la facultad de ciencias médicas de la capital (...). Existe en aquel establecimiento de instrucción superior, un museo de botánica y farmacología destinado a llenar las exigencias de la enseñanza en las materias respectivas. Este instituto que ha sido fundado hace pocos años, va adquiriendo poco a poco verdadera importancia. En él se procura recoger y se recoge en la generalidad de los casos, el resultado de las exploraciones científicas que se verifican en el territorio de la república y en las regiones adyacentes. Este instituto se encuentra actualmente en relación con la mayor parte de los institutos análogos de Europa. Pero el edificio de la facultad de medicina es sumamente reducido para las numerosas escuelas que en él funcionan y no tiene capacidad ni local adecuado para que este instituto pueda conservar sus materiales y sus colecciones, y estas colecciones y estos materiales que son sin duda muy valiosos, están expuestos a perderse por falta de comodidad para su conservación. (...) Considero que este no será un gasto inútil, sino en realidad una verdadera economía porque si no se hace esta construcción, se van a perder las colecciones y materiales que están allí en poder de la facultad y que valen seguramente una suma mucho mayor que la acabo de indicar».*<sup>15</sup>

Sin embargo, en esta sesión, el Diputado Varela Ortiz de la comisión de presupuesto intervino indicando que resultaba imposible tal incorporación al presupuesto general y propuso que se realizara un proyecto de ley especial para poder solicitar esos fondos de los sobrantes de presupuesto del corriente año. Luego de estas mociones, otros diputados indicaron necesidades para la misma facultad, como la sala de maternidad para el Hospital San Roque y el servicio de niños para el Hospital de Clínicas y también se solicitó el aumento de subvenciones para varios hospitales de las provincias. Finalmente, por Ley 4528 del 1 de octubre de 1904, se definió el gasto de dicha partida para la construcción de un nuevo local para el Museo de Farmacología (República Argentina, 1904, p.592), pero esas obras no pudieron realizarse sino hasta 1907. En el marco de varias refacciones que la Facultad de Ciencias Médica realizó en la Escuela de Farmacia y otros institutos y laboratorios, el Museo consiguió finalmente instalarse en un espacio propio, mudándose al primer piso de la Facultad. Con planos del arquitecto Gino Aloisi, los constructores Barassi y Gramondo y un presupuesto de \$24.900 más gastos de traslado y complementos,<sup>16</sup> este nuevo espacio tenía un salón principal amplio y otros tres más pequeños destinados a la instalación de un laboratorio químico, la dirección y un depósito de materiales con espacio para preparación de herbarios, microfotografías y guarda de archivo y ficheros (Vattuone, 1919; Domínguez, 1928) (Fig. 3). En palabras del entonces decano Eliseo Cantón: “Las ricas colecciones vegetales que antes se encontraban amontonadas y perdiéndose, pueden contemplarse hoy en sus nuevas instalaciones, bien conservadas y en las mejores condiciones para servir a la enseñanza de las generaciones presentes y venideras”.<sup>17</sup>

Efectivamente, el Museo iba creciendo en colecciones y en competencias para la enseñanza y la investigación, así como en redes de colaboración científica con otros museos e instituciones tales como del Jardín Botánico de Kew (Inglaterra), de Buitenzorg (Java, Indonesia) y de la Escuela Superior de Farmacia de París; y como se mencionó, entre 1903 y 1905, se realizaron expediciones a Tierra del Fuego y se adquirieron colecciones de Patagonia y también del Chaco (cf. Ancontani *et al.*, 2021). Domínguez además realizó gestiones para conseguir los herbarios de Jorge Hieronymus y Paul G. Lorentz, y de este último, la colección especial de la flora de Entre Ríos formada durante su trabajo en el Colegio Nacional del Uruguay como profesor de Historia Natural (cf. García & Mayoni, 2019). En un informe incorporado a las

14 Según la publicación sobre el Instituto de Botánica y Farmacología de 1928, este pedido fue motivado por una visita al Museo del entonces Presidente de la Nación Julio Argentino Roca y el entonces Ministro de Instrucción Pública, Joaquín V. González en agosto de 1904 (Domínguez, 1928, p.1).

15 Intervención de Adolfo Mujica. Sesión ordinaria del 21 de septiembre de 1904 (Congreso Nacional, 1904, p. 447-448)

16 Sesión del Consejo de la Facultad de Ciencias Médicas, 12 de marzo de 1907. Revista de la Universidad de Buenos Aires (RUBA), 1907, p. 288-289.

17 Facultad de Ciencias Médicas. Memorias correspondientes a 1907. Nota del 5 de febrero de 1908. RUBA, 1908, v.10, p.58.



Fig. 1. — Plano del Instituto (Dibujo de A. Bianchi Lischetti)

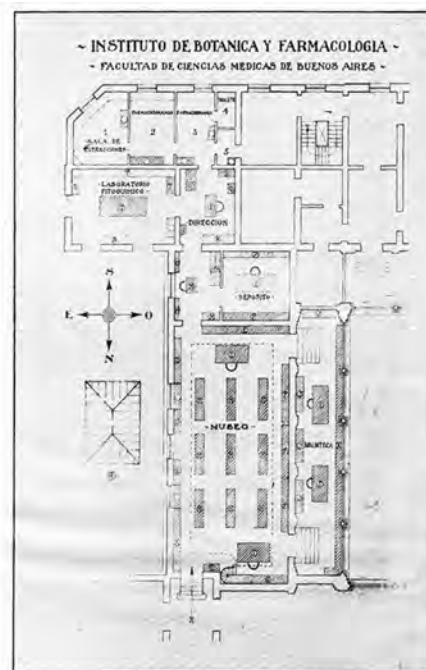


Fig. 1. — Plano del hotel del Instituto

Figura 3: Plano del Instituto de Botánica y Farmacología publicado en 1919 (izquierda) del espacio constituido desde 1907 y plano publicado en 1928 (derecha) luego de su ampliación.

Memorias de la Facultad de Ciencias Médicas de 1910,<sup>18</sup> Domínguez informaba sobre la continua incorporación de materiales, llegando a unos 42.000 ejemplares de herbario, donde se sumaban colecciones de Philippi, Balanza, Gibert, Sodiro, Hassler, entre otros, y casi mil doscientas muestras de materia médica -unas 550 muestras de flora argentina, 648 de material general y 180 de materia americana (Universidad de Buenos Aires, 1910, p.197). También informaba sobre una importante colección de minerales, posiblemente la extensa colección del naturalista Flossdorf compuesta de muestras de minerales de diferentes regiones argentinas que aún se conserva en el Museo. Así también, mencionó el crecimiento de la biblioteca especializada y el laboratorio químico que había permitido el desarrollo de tesis doctorales en química de las plantas y la continuidad de las publicaciones del museo con estudios propios.

Los trabajos prácticos de botánica sistemática se continuaron en el Museo por varios años para ambas escuelas. A partir de 1908 solo cursaron los alumnos de la Escuela de Farmacia, dado que una reforma del programa de Botánica Médica había eliminado la parte sistemática para los estudiantes de Medicina del primer año.<sup>19</sup> Luego, en 1914 Domínguez obtuvo el cargo titular de la cátedra de Farmacognosia,<sup>20</sup> sucediendo al Dr. Boeri, y los trabajos prácticos de Botánica Farmacéutica pasaron a hacerse en un nuevo Laboratorio de Botánica que se instaló en la cátedra a cargo del Dr. Mujica.<sup>21</sup> Poco tiempo después, Domínguez también iniciaría los cursos de "Farmacología argentina y fitoquímica", una nueva asignatura del Doctorado en Farmacia y Bioquímica establecido en 1919.<sup>22</sup> Esta nueva asignatura se dictó dentro de los establecimientos del Museo,<sup>23</sup> por lo que es posible que luego de 1914, el Museo haya dejado de asistir a los trabajos de botánica sistemática, y se dedicara exclusivamente a estas clases de doctorado y a los trabajos prácticos de la cátedra de Farmacognosia que pasó a tener a Domínguez como titular.

18 Buenos Aires, 5 de octubre de 1910. Nota al Decano Eliseo Cantón. Actos y Documentos Oficiales de la Facultad de Ciencias Médicas. RUBA, v.13, pp. 399-340.

19 Nota al Decano Eliseo Cantón del 15 de abril de 1909, n. 36990. Legajo docente J. A. Domínguez. Archivo FFyB-UBA.

20 Por decreto del P. E. del 17 de agosto de 1914. *Boletín Oficial*, a.XXII, n.6181. Martes 18 de agosto de 1914, p.890.

21 Nota al Decano Dr. D. Luis Güemes del 28 de septiembre de 1914. Legajo docente A. Mujica. Archivo FFyB-UBA.

22 El doctorado de Farmacia y Bioquímica fue establecido en 1919 y ese año se agregaron tres materias: Anatomía y Fisiología Comparada (con Frank Soler); Bromatología (con Felipe A. Justo) Y Farmacología Argentina y Fitoquímica (con Domínguez y luego Floriani) (Cignoli, 1953, p.253-254).

23 Según nota del 1 de junio de 1927 al Decano Dr. Alfredo Lanari, Libro copiatorio n° 3 1927-1933. Archivo Histórico Museo de Farmacobotánica "Juan A. Domínguez", FFyB-UBA.



Al tiempo de la apertura del nuevo doctorado y de la asignatura de posgrado a cargo de Domínguez, el 16 de septiembre de 1919 el Consejo superior resolvió dar a Domínguez el título de Doctor en Farmacia "Honoris Causa",<sup>24</sup> y el 24 de octubre la Facultad aprobó formalmente el cambio de denominación que Domínguez pidió para el Museo, a "Instituto de Botánica y Farmacología", a raíz de la donación de su Biblioteca especializada. Al parecer, este nombre ya era utilizado en los membretes de cartas y notificaciones desde tiempo antes a la donación de la biblioteca, como lo atestigua el propio legajo docente.<sup>25</sup>

El Museo, durante los primeros años, tuvo un presupuesto para la renta de tres cargos: el director, un jefe de trabajos prácticos -que en la práctica sería el cargo ocupado por el Jefe de la Sección Botánica, y un ayudante de trabajos prácticos. Este último, ocupado inicialmente por Sturart Penninton que estuvo en el museo hasta 1908, año en que obtuvo su Doctorado en Medicina y el Museo pasó a dictar sólo trabajos prácticos para Botánica Farmacéutica. Aufran, Jefe de la Sección Botánica falleció en 1912 y en ese momento figuraron como ayudantes Ildelfonso Vattuone, quien quedó a cargo de la sección de botánica hasta 1919 junto a José F. Molfino, que había ingresado como colaborador en el año 1917, y Rafael Meoli, a cargo del laboratorio químico desde 1907 (Amorín, 1996). También fueron colaboradores de aquella época, los doctores Ángel Bianchi Lischetti para materia médica (profesor de bromatología de la Escuela de Farmacia y Jefe de trabajos prácticos de Farmacognosia), Luis Floriani para la sección química y Emilia L. de Galelli como primera preparadora (Vattuone, 1919; Domínguez, 1928). Hacia 1920, en el presupuesto para el Instituto de Botánica y Farmacología ya figuraban cargos rentados para el Director (\$100), un Botánico (\$200), un Conservador de Colecciones (\$170), un Primer preparador del Museo (\$150) y un segundo preparador (\$80).<sup>26</sup> Otros importantes trabajos, como los de Carlos Mainini, Juan A. Sánchez, E. Eothlin, C. Cámpora, M. Faulin, A. Corrado, J. Galarza, entre otros, se mencionan como destacadas colaboraciones en la presentación sobre las colecciones y el herbario del Instituto que realizó I. Vattuone en la Primera Reunión Nacional de la Sociedad Argentina de Ciencias Naturales llevada a cabo en San Miguel Tucumán en 1916.

Unos años después, en un nuevo movimiento de la Facultad de Ciencias Médicas en donde se llevaron a cabo varias reformas en el edificio, se estableció por el Ministerio de Obras Públicas y la Dirección General de Arquitectura, una importante obra para la instalación y ampliación del Instituto de Fisiología a cargo del Dr. Bernardo Houssay.<sup>27</sup> Las obras comenzaron el 1ro de abril de 1925 y continuaron durante 1926, y benefició al Instituto de Botánica y Farmacología con una ampliación relevante: se agregó una galería hacia el patio en planta baja para la Biblioteca contigua al salón principal, y tres salones más, contiguos al laboratorio químico y la dirección, para sala de extracciones (alcaloides y principios activos) y laboratorios de farmacodinamia (Ministerio de Obras Públicas, 1927) (ver planos de la Fig. 3). Para ese momento Mario Soto, profesor suplente de materia médica y terapéutica de la Escuela de Medicina, ya estaba a cargo de los trabajos de investigación en farmacodinamia, que se venían haciendo hasta ese momento por colaboración en los laboratorios del Instituto de Fisiología a cargo de Houssay (Domínguez, 1928).

Con esta ampliación, el Instituto de Botánica y Farmacología organizaba sus colecciones del herbario general en las vitrinas centrales del salón, que ya contaba con 25.000 especies en más de 50.000 ejemplares; los herbarios regionales (duplicados del herbario general con 20.000 ejemplares); el herbario europeo en los armarios laterales adosados a las paredes (con colección Weichez, donada por Enrique Parodi, hijo de Domingo Parodi y ejemplares del herbario de Reichenbach, entre otros); y la materia médica en la parte alta del salón (argentina, americana, general, exótica y colección de quinas). Asimismo, en la parte alta, se desplegaba una galería provista de armarios en todo su perímetro donde se conservaban las colecciones destinadas al intercambio, las colecciones nuevas y los duplicados (Fig. 4 y 5). En la nueva sección de la Biblioteca, se guardaba también la ya existente colección de maderas argentinas, formada por Santiago Venturi y determinadas por el Dr. Miguel Lillo, de 350 ejemplares y otras series de procedencia latinoamericana -50 especies de Chile y 30 especies de Bolivia-. También el Instituto contaba con una

24 Nota del 27 de septiembre de 1919 al Decano Dr. Alfredo Lanari acusando recibo de la notificación del Honorable Consejo Superior. Legajo docente J. A. Domínguez. Archivo FFyB-UBA.

25 La primera nota donde aparece el membrete y sello del Instituto de Botánica y Farmacología fue dirigida al Decano Luis Güemes del 30 de marzo de 1914. La solicitud de cambio de denominación y donación de la Biblioteca se realizó por nota el 22 de septiembre de 1919, con aprobación final del Consejo en sesión del 24 de octubre de 1919. Legajo docente J. A. Domínguez. Archivo FFyB-UBA.

26 RUBA. 1920, v.45, p.1091.

27 El Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Médicas creó por resolución del 17 de noviembre de 1919, el Instituto de Fisiología para el estudio de la Fisiología, la Química y la Físico Biológicas, materias que constituían anteriormente tres cátedras separadas. En este Instituto, dirigido por el Dr. Houssay (Premio Nobel en 1947), cursaban los alumnos de Medicina, del Doctorado de Farmacia y Bioquímica y de la Escuela de Odontología. En mayo de 1924 se elevó al Poder ejecutivo el proyecto de obras de ampliación y reparación de las instalaciones por la Dirección General de Arquitectura (Ministerio de Obras Públicas, 1927).





**Figura 4:** Salón del Instituto de Botánica y Farmacología hacia la década de 1920. Fotografía publicada en 1928. Archivo Histórico Museo de Farmacobotánica "Juan A Domínguez", FFyB-UBA.



**Figura 5:** Laboratorio químico del Instituto de Botánica y Farmacología a inicios del siglo XX. Archivo Histórico del Museo de Farmacobotánica "Juan A Domínguez", FFyB-UBA.

subsección de colecciones tecnológicas de materias primas de origen vegetal y productos de distintas industrias. Una de las destacadas: la colección de materias primas del Paraguay que habían participado de la Exposición del Centenario de 1910 junto a una serie de maquetas que representan la elaboración de la yerba mate, donada por el Banco agrícola del Paraguay (Domínguez, 1928, p.5). En este momento, el Instituto se organizaba en seis secciones principales: 1. Sección botánica; 2. Sección materia médica; 3. Sección química; 4. Sección de investigaciones farmacodinámicas; 5. Historia de la medicina americana pre y postcolombiana, medicina popular, etnografía médica y antropología; 6. Biblioteca y publicaciones.

### Colecciones, saberes y métodos de enseñanza

El actual Museo de Farmacobotánica posee colecciones didácticas históricas con más de 6000 bienes, provenientes de diferentes cátedras y momentos de la historia de la enseñanza de la antigua Escuela de Farmacia, previo a la creación de la Facultad de Farmacia y Bioquímica en 1957. Como se mencionó anteriormente, colecciones vinculadas a la botánica médica y farmacéutica, farmacología y farmacognosia son de las más relevantes. No solo los herbarios y las muestras de materia médica completaban las lecciones y asistían a las investigaciones, sino que también un gran conjunto de objetos didácticos: láminas murales con ilustraciones a color de plantas, montadas en tela y para colgar; preparados, dibujos y diagramas sobre vidrio para realizar proyecciones luminosas a través de las antiguas linternas mágicas o epidiascopios; modelos tridimensionales con escala ampliada de los principales grupos de especies botánicas, hongos, algas y musgos, en muchos casos desarmables para la vista de estructuras anatómicas internas; y otros materiales didácticos sobre botánica económica y productos industriales de origen vegetal. Un importante repertorio de dispositivos visuales estaba disponible para la representación de este universo natural. Asimismo, se sumaban los aparatos e instrumentos para el estudio de la histología y la fisiología vegetal que promovían una enseñanza práctica y experimental en las aulas. Diversas guías y manuales de la época, enseñaban a recolectar especímenes, hacer observaciones microscópicas, manipular muestras, usar micrótomos y practicar con instrumentos de medición.

El naciente Museo, en la nota mencionada del Diario *La Nación* de 1903, mostraba un incipiente equipamiento de herbarios, y mencionaba la existencia de materiales didácticos: preparados histológicos y unas 1000 diapositivas para proyección luminosa. Actualmente el Museo conserva una colección de 2.250 placas de proyección sobre



Figura 6: Placas o diapositivas de vidrio para proyección luminosa. Colección del Museo de Farmacobotánica "Juan A. Domínguez", FFyB-UBA.



vidrio en blanco y negro para la enseñanza de la botánica y la fisiología vegetal, y un conjunto de 50 diapositivas de vidrio coloreadas de lugares y costumbres del país y de la Ciudad de Buenos Aires contenidas en cajas de madera y cartón forrado (Fig. 6). Esta colección posee distintas procedencias. Las diapositivas que se identifican como más antiguas provienen de Francia, de la Librería de George Masson de Paris y fabricadas por la empresa de Alfred Molteni (Fig. 7), una de los más destacadas en Europa para este tipo de materiales, famosa entre los productores de linterna mágica y otros aparatos de proyección de finales del siglo XIX. Este tipo de productos estaban dirigidos al público profesional por su alta calidad, pero también fueron utilizados ampliamente en la popularización de la ciencia dado el alto componente de atracción y de entretenimiento de la tecnología de proyección, incorporados en todos los ámbitos educativos y del conocimiento científico (cf. Barrancos, 1996; Frutos, 2010; García, 2010; Guijarro Mora, 2018; Bruno, 2019; Mayoni, 2021). Como se señala:

“... no es de extrañar que en torno a la linterna de proyección se articulara un mercado muy heterogéneo, competitivo y sujeto a una demanda diversificada. Un mercado que había acabado alumbrando una actividad industrial y comercial enormemente fértil, orientada tanto a la divulgación como al entretenimiento.” (Frutos *et al.*, 2018, p. 221).

En la colección del Museo se conservan alrededor de 320 placas identificadas de A. Molteni, que es posible hayan sido adquiridas por la Escuela de Farmacia antes de la fundación del Museo de Farmacología, dada la información que nos proveen las etiquetas originales de las placas de proyección que se conservan (ver Fig. 7). Por un lado, Alfred Molteni en su trayectoria con la empresa familiar, quedó solo dirigiéndola luego del fallecimiento de su padre y su tío, entre 1876 y 1899, año en que se fusionó con la empresa *RADIGUET & MASSIOT* y cambió su firma.<sup>28</sup> Por otro lado, la librería Masson, fundada a inicios del siglo XIX, quedó en manos de George Masson entre 1872 y 1896, año en que la empresa se fusionó con otros inversores y pasó a denominarse *MASSON et. cie.* (Dhenin, 1992). Dada



**Figura 7:** Placa o diapositiva de vidrio para proyección luminosa de Alfred Molteni, publicada por la librería de George Masson de Paris. Colección del Museo de Farmacobotánica “Juan A. Domínguez”, FFyB-UBA.

<sup>28</sup> Ver: <http://diaprojection.fr/> ; <http://diaprojection.fr/2011/10/21/la-maison-molteni-et-cie/>

esta información, se tiene la hipótesis de que el conjunto de diapositivas francesas fue adquirido por la Facultad de Ciencias Médicas antes de 1900, muy posiblemente hacia el período 1895-1898. Un momento de mudanza y ampliación al nuevo edificio de la Av. Córdoba y de apertura de nuevas asignaturas, entre ellas, Botánica Médica a cargo de Adolfo Mujica y Farmacia Práctica a cargo de J. Manuel Irizar y en 1898, Botánica farmacéutica, con Martín Spunch, que terminó por intercambiar la cátedra con Mujica (Cignoli, 1953). Farmacia práctica desdoblaba la cátedra de Boeri, que en 1895 quedó con la denominación de Farmacia Teórica –luego pasó a “Farmacognosia vegetal y animal, farmacodinamia y posología razonada” (1907), más luego “Farmacognosia” (1915).<sup>29</sup>

Estos acontecimientos, además coinciden con una partida presupuestaria de \$20.000 que el Ministerio de Justicia, Culto e Instrucción Pública puso a disposición de la Universidad hacia 1895 para comprar instrumentos y útiles de enseñanza para los laboratorios de la Facultad de Ciencias Médicas.<sup>30</sup> En este sentido, nos inclinamos por una posible adquisición de materiales científicos del extranjero para la Cátedra de Botánica a cargo de Mujica, que fue la primera asignatura vinculada al Museo por la realización de los trabajos prácticos de botánica sistemática y de la cual, el actual Museo de Farmacobotánica, heredará en el tiempo la mayoría de sus colecciones.<sup>31</sup> La colaboración entre Mujica y Domínguez se evidencia estrecha en diferentes instancias de la Cátedra y Museo. Por ejemplo, una nota de demanda de equipamiento para el nuevo Laboratorio de Botánica por parte de Mujica, indicaba al Decano que “tanto los elementos de enseñanza como el personal han sido tomados provisoriamente por el que suscribe, perteneciendo los primeros al Laboratorio de Farmacognosia y los segundos al Instituto de Botánica y Farmacología”.<sup>32</sup> En esta nota también Mujica solicitó el nombramiento de Ildelfonso Vattuone (que ya se encontraba trabajando en el Instituto) como Jefe de Trabajos Prácticos del nuevo Laboratorio de Botánica.

Por otra parte, la colección de diapositivas de vidrio se compone de un gran subconjunto proveniente del Consejo Nacional de Educación (CNE) – Museo Escolar Sarmiento, fundado en 1910 (ver Fig. 6). Estas diapositivas poseen imágenes de los principales grupos botánicos y para la enseñanza de la anatomía vegetal con ilustraciones sobre la célula, formas típicas y diversos tipos de tejidos, la morfología externa y las partes constitutivas de las plantas tallo, raíz, hoja, flor, fruto y semilla. También contiene una serie de diapositivas sobre fisiología vegetal (transpiración, nutrición, circulación, absorción, sudación, respiración, asimilación – caja n° 42). Estas imágenes son fotografías de dibujos y grabados de libros editados en su mayoría en francés, aunque también se identificaron fotografías de libros en alemán, italiano y en español. Por ejemplo, entre los gráficos identificados se encontraron ilustraciones sobre experiencias de fisiología vegetal publicadas originalmente en el libro *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*. (1ª edición 1894, Fischer, Jena) de Eduard Strasburger y sus colegas de la Universidad de Bonn: Fritz Noll, Heinrich Schenck y Andreas Franz Wilhelm Schimper. Un libro pilar de la disciplina botánica que llegó a la 37ª edición en 2014, más de 100 años después.

El subconjunto perteneciente al Museo Escolar Sarmiento tiene una particular historia que indica cómo estos objetos trascienden los ámbitos educativos, así como la oportunidad que se tuvo con algunas iniciativas estatales de realizar una producción local de materiales didácticos. El Museo escolar Sarmiento, había sido fundado por iniciativa del Consejo Nacional de Educación en el año 1910, pero malogrado pocos años después (cf. García, 2014). En agosto de 1914 se estableció su reorganización a cargo de José Berrutti, quien proyectó para el Museo Escolar, la instalación de un “Gabinete fotográfico y de preparación de series de diapositivas” (Berrutti, 1915, p 21). Aunque el Museo Escolar estaba dirigido a la enseñanza primaria, en un informe sobre los movimientos del Museo Escolar publicado en el año 1925, se consignó justamente que el taller fotográfico había preparado una gran cantidad de diapositivas de vidrio para la Facultad de Ciencias Médicas por pedido especial con ilustraciones de plantas medicinales, anatomía, histología y fisiología vegetal (Cámara de Diputados de la Nación, 1925, p.9). Esta información cobra especial dimensión al ver que

29 Seguimiento de la denominación de la asignatura en Anales de la Universidad de Buenos Aires 1894-1899; programas de Boeri de 1909 y 1913, programa de Domínguez de 1915 (ver Anexo).

30 Nota del 6 de abril de 1895 del Rector Leopoldo Basavilbaso informando a la Facultad de la partida presupuestaria de \$20.000 asignada por el Ministerio. AHUBA. R-085. 111-03-31. Otras notas también indicaron que la Facultad solicitaba exención de impuestos aduaneros de varios cajones de materiales para los laboratorios.

31 Actualmente la Cátedra de Farmacobotánica es la continuación de lo que fue la asignatura de Botánica en la carrera de Farmacia y que, en 1986, junto a un cambio de plan de estudios, modificó su denominación a la actual por iniciativa del Dr. Gurni. A lo largo del siglo XX hubo períodos donde los contenidos estuvieron más enfocados en la botánica sistemática, especialmente en tiempos del Dr. Caro (década del '60) y el Dr. Amorín (década del '80). Con el último cambio de denominación la asignatura volvió a incorporar una orientación más cercana a la fitoquímica y con énfasis en el control de calidad de productos vegetales y drogas medicinales.

32 Nota al Decano Dr. D. Luis Güemes del 28 de septiembre de 1914. Legajo docente A. Mujica. Archivo FFyB-UBA.

entre 1913 y 1916, Pedro Arata fue presidente del Consejo Nacional de Educación y Ángel Gallardo su sucesor hasta 1921, dos hombres de ciencia y ambos profesores de la antigua Escuela de Farmacia (cf. Medan, 2017, p.168-173).

Dentro de las cajas de madera, esta colección se encuentra organizada según las familias de las especies ilustradas, teniendo presencia las principales familias de cada orden y las especies que tienen utilidad médica, tales como las que se consignaban en la parte de Fitografía de los programas de botánica médica, farmacéutica y también farmacognosia. Entre ellas, las criptógamas como el *Lycopodium clavatum* L., los helechos y los líquenes; el hongo *Claviceps purpurea* Tul. (cornezuelo de centeno); de las monocotiledóneas – las gramíneas como la *Zea mays*, *Triticum sativum* y *Saccharum officinarum*; de las dicotiledóneas, la *Digitalis purpurea* (Escrofulariáceas), las Rubiáceas -*Cinchona* sp. (quinas), y Papaveráceas -*Papaver Somniferum* (opios), el *Strophanthus* sp. de las Apocináceas y la *Strychnos nux vomica* (nuez vómica) y Haba de San Ignacio de las Loganiáceas, entre muchas otras. En las lecciones de Boeri y los programas de Domínguez, para estas dos últimas familias se indicaría también, por ejemplo, el estudio de algunas drogas nativas como el quebracho blanco y el curare respectivamente.<sup>33</sup>

Los programas de estudios de Botánica Médica y Botánica Farmacéutica de la primera década del siglo XX mantuvieron una estructura similar de contenidos, conformados por cinco secciones principales: 1. Una botánica general donde se consignan definiciones y divisiones de la botánica y su relación con la medicina y la industria, 2. La anatomía vegetal, con el estudio de la célula y los tejidos, 3. La morfología externa y las partes de las plantas, 4. Fisiología vegetal con el estudio de las funciones asociadas a la nutrición y a la reproducción. 5. Una botánica especial enfocada en la taxonomía y la fitografía de las criptógamas y fanerógamas (gimnospermas y angiospermas, monocotiledóneas y dicotiledóneas) con su descripción, propiedades y usos.<sup>34</sup> La asignatura Botánica se cursaba en el primer año de la carrera de Farmacia y funcionaba como base para los cursos de Farmacognosia vegetal del segundo año donde los alumnos ya se adentraban en la descripción, acción, formas farmacéuticas, usos y manejo de dosis de las diferentes partes de las plantas (cortezas, hojas, flores, frutos, etc.) y obtención, acción y usos de extractos (gomas, resinas, aceites, esencias, almidones), alcaloides y glucósidos de diferentes grupos vegetales.<sup>35</sup> La estructura se mantenía similar también en el diseño de los trabajos prácticos para tratar los diferentes contenidos, tal como indicaría Adolfo Mujica en 1914:

#### **Trabajos Prácticos de Botánica Farmacéutica**

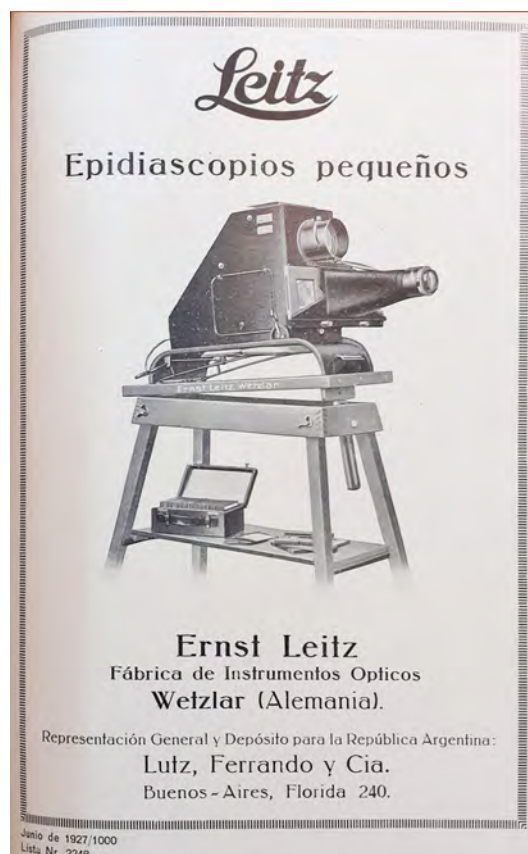
1. Descripción y manejo de los aparatos usados en el Laboratorio: Lupa, microscopio simple, microscopio compuesto, micrótomos. Preparaciones microscópicas transitorias y definitivas. Dibujo, cámara clara. Estufa, espectroscopio, balanza, etc.
2. Anatomía vegetal: Observación de: Célula, plasmólisis, contenidos celulares, formas celulares típicas y diversos tipos de tejidos. Cortes histológicos de: Tallo, raíz, hoja, flor, fruto y semilla.
3. Fisiología vegetal: Comprobación de las sustancias que entran en la composición de los vegetales. Experiencias de germinación. Experimentos demostrativos de las funciones de los órganos de los vegetales. Absorción, circulación, transpiración, clorovaporización, respiración. Reproducción. Extracción de la clorofila; sus propiedades: Asimilación.
4. Sistemática: Criptógamas. Comprobación experimental de los caracteres relativos a los diversos grupos. Herborizaciones y preparación de herbarios. Clasificación de las plantas recolectadas.

En estas indicaciones se observa, al inicio, la unidad que se dedica al manejo de los aparatos e instrumentos para la realización de las observaciones y los diversos ensayos. El Museo conserva una importante colección de lupas y microscopios de las firmas Reichert, Leitz Wetzlar, Galileo, BBT Krauss, Rochester, Zeiss, entre otros, algunos con adaptadores para cámara clara. Asimismo, el Museo conserva balanzas de precisión de diferente tipo, muflas, caja de luz, algunos instrumentos de medición y aparatos de proyección luminosa o epidiascopios (el mejor conservado, de la firma P. Malinverno de Italia, Milán, de la década de 1950), con dispositivo adicional para microproyecciones (preparaciones histológicas que podían ampliarse hasta 300 veces con la linterna de proyección). De la empresa Leitz Wetzlar (Alemania) posee también micrótomos y cuchillas, que fueron adquiridos a través de la Óptica Lutz Ferrando y Cia de Buenos Aires, posiblemente hacia la década de 1920, cuando se consignó como su importador oficial (Fig. 8).

<sup>33</sup> Mencionados en los libros de Boeri "Farmacología" (1896) y "Tratado de Farmacognosia Vegetal y Animal" (1902), programas de Domínguez curso libre 1901-1902 y programa de Farmacognosia de 1915. Ver Anexo.

<sup>34</sup> Sobre la base de los programas de 1907 y 1908 de Botánica Médica (Durañona) y Botánica Farmacéutica (Mujica), consultados en la Biblioteca Nacional. Ver Anexo.

<sup>35</sup> Sobre la base del programa aprobado por el Consejo Directivo en abril de 1907, indicado en los programas de 1909 y 1913 de Juan A. Boeri "Farmacognosia vegetal y animal. Farmacodinamia y posología razonada" conservados en la Biblioteca Nacional. Ver Anexo.



**Figura 8:** Catálogo comercial de Leitz Wetzlar de 1927 conservado en el Archivo Histórico del Museo de Farmacobotánica "Juan A Domínguez", FFyB-UBA.

La presencia de estos instrumentos y aparatos coincide por ejemplo con el equipamiento que Mujica exigía para su Laboratorio, principalmente para el desarrollo de trabajos prácticos de anatomía y fisiología vegetal. Hacia 1920 Mujica indicaba como indispensables las lupas binoculares, los microscopios con adaptación de cámara clara y cámaras microfotográficas de Leitz y Zeiss, micrótomos Minot y Lelong, navajas, espectroscopio con prisma de dispersión, aparatos para bordear preparaciones microscópicas, estufas para disección, diafanoscopios, balanzas de Roberval 5kg. y balanzas de precisión, cámaras de germinación, campanas de vidrio, algunos instrumentales como micrómetros oculares, termómetros químicos de 100 a 250 °C, clinostato, osmómetros, buretas y pipetas graduadas y otros elementos de laboratorio como vasos, cápsulas, cristalizadores, balones, frascos y tubos de ensayo, etc.<sup>36</sup>

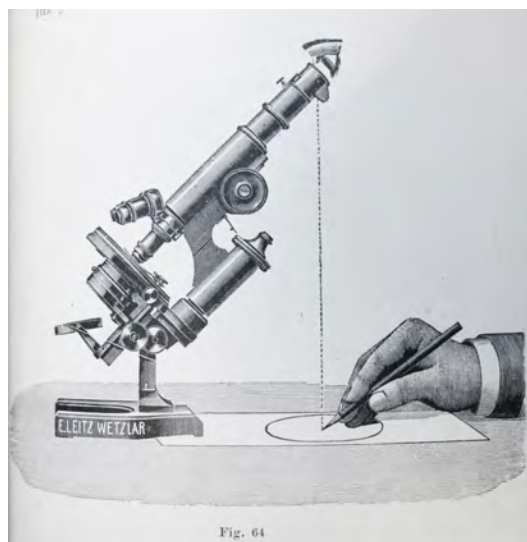
Junto a este tipo de materiales, varias guías y manuales fueron editados localmente para la enseñar a observar, manipular los vegetales y realizar ensayos, como el libro del Dr. Hans Seckt *Trabajos Prácticos para los Cursos de Fisiología Vegetal* de 1913, con indicaciones escritas para realizar los experimentos de fisiología con las plantas más usuales y diferentes gráficos sobre las prácticas como apoyo visual.<sup>37</sup> También se editaron libros especiales para enseñar en el manejo de microscopios y micrótomos, en un tiempo en que la práctica de realización de preparados histológicos se hizo extensiva en la enseñanza, como fue el *Manual de Manipulaciones de Botánica* del Dr. Augusto C. Scala de 1912.<sup>38</sup> Este libro es una guía para las técnicas "fitohistológicas" donde enseña a manejar los aparatos microscópicos y accesorios, practicar los cortes con bisturí, navajas y diferentes micrótomos, realizar encastres e inclusión de las muestras, colorear tejidos, preparar reactivos e identificar diferentes productos vegetales con las técnicas de microquímica vegetal como aceites, ácidos, alcaloides, almidones, hidratos de carbono, gomas, glucósidos, entre otros. Técnicas que el profesor habría experimentado él mismo para arreglo de detalles

<sup>36</sup> Nota del 29 de octubre de 1920 al Decano Dr. Alfredo Lanari. Legajo docente Adolfo Mujica. Archivo FFyB-UBA. Según notas de Mujica, estas demandas se arrastraban desde años antes con reiteradas notas a las autoridades.

<sup>37</sup> Este libro formó parte de las publicaciones del Instituto de Profesorado Secundario de Buenos Aires, actual Instituto Joaquín V. González.

<sup>38</sup> En ese momento, profesor de Botánica de la Universidad de La Plata y de la Universidad de Buenos Aires y profesor de la Escuela Normal de Profesores de Buenos Aires.





**Figura 9:** Ocular de dibujo de Leitz. Ilustración publicada en el libro de Augusto Scala (1912, p.189). Biblioteca del Museo de Farmacobotánica "Juan A. Domínguez", FFyB-UBA.

y mayor claridad en la descripción de los ejercicios y casos técnicos, como explica en su prólogo. Asimismo, menciona que el libro incorporara referencias sobre material propio de la flora argentina y especies cultivadas en el país para un mayor entusiasmo de los alumnos, dándoles acceso a ejercicios propios para el "chamico", "la biznaga", el "sauco", el "ceibo", el maíz y el trigo, entre otros. Hacia el final, libro incluye un apéndice con indicaciones para microfotografía, cromomicrofotografía y últramicroscopía, con ejemplos para la realización de esquemas y dibujos (en lápiz, tinta y acuarela) mediante el uso de la cámara clara –prisma de dibujo de Zeiss o "aparato de Abbe" (con cristales y espejo externo)- (Fig. 9). Este libro también brindaba a los alumnos una importante lista bibliográfica de referencia, con autores de la época en diferentes idiomas (francés, italiano, alemán y español) sobre técnicas microscópicas, anatomía, fisiología, botánica general y especial; así como revistas y anales científicos internacionales que se recomendaban para la consulta. El libro pertenece a la Biblioteca de Difusión Científica del Museo de la Plata, del cual Scala llegó a ser también director interino. Sus estudios farmacéuticos los inició en la Escuela de Farmacia de Buenos Aires y fue importante colaborador en las cátedras de Botánica Farmacéutica con Adolfo Mujica y Farmacognosia con Juan Boeri y en el Museo de Farmacología con Domínguez (cf. Amorín, 1996).

En la década siguiente, otros libros destacados fueron las traducciones al español de los libros de Josep Moeller sobre microscopía e histología, que realizó el profesor de Farmacognosia Ismael Astrada, incluidas en sus Apuntes de Farmacognosia I y II (1924-1925) y también publicadas en 1927 por la Editorial Labor de Barcelona, dándole un alcance transatlántico. La "Guía para Ensayos Micro-Farmacognósticos" de Moeller en versión castellana,<sup>39</sup> similar al libro de Scala, explica en la parte general, las técnicas de uso del microscopio y las preparaciones histológicas, la formación de laboratorios de microscopía y en su apartado especial el detalle de las drogas desde un punto de vista histológico y señalando caracteres típicos y fundamentales (Fig. 10). En palabras de Astrada "un tratado que pudiera adoptarse tanto por alumnos como por profesionales, que fuera a la par que una guía en las investigaciones a realizar, un trabajo de consulta" (Astrada, 1927, p.VI) y que esta guía favorecería a la juventud y la vida profesional como herramienta útil para iniciarse exitosamente en los estudios farmacognósticos de la flora indígena.

Estos manuales y textos especiales para la enseñanza de aparatos e instrumentos reflejan una manera específica de estudio de la naturaleza a través de la microscopía. Esta forma de visualización de la naturaleza trascendió las barreras de lo natural y sus imágenes era reproducidas en láminas, modelos y placas de proyección luminosa. Las prácticas de uso de los microscopios se conectaron con dispositivos de captación de imágenes, tanto para dibujo con la adaptación de la cámara clara, como la incorporación de máquinas de fuelle para tomas fotográficas, o los adaptadores para los epidiascopios con lentes de microscopio para proyección de preparados histológicos (también llamadas microproyecciones). En los trabajos prácticos detallados en el programa de Vattuone de 1935 se observa la incorporación de estas

39 El original en alemán, *Leiftaden zu Mikroskopisch-Pharmakognostischen Uebunen*, del Prof. Jos. Moeller (1901).



**Figura 10:** Instructivo para preparaciones microscópicas en el libro de Ismael Astrada (1927, p.33). Biblioteca del Museo de Farmacobotánica "Juan A. Domínguez", FFyB-UBA.

prácticas: "técnicas micrográficas", "mediciones microscópicas", "esquemas, dibujos y microfotografías", además de la identificación y estudio de las estructuras vegetales, disecciones florales, clasificación y confección de herbarios.

Las colecciones didácticas demuestran el gran valor que se le otorgaba a las imágenes en el proceso de aprendizaje. La relevancia que en las aulas tuvo la imagen científica, y el estudio de la naturaleza a través del dibujo y las ilustraciones de esquemas y anatomías vegetales quedan evidenciados en la gran colección que el Museo de Farmacobotánica posee de láminas murales e ilustraciones de gran formato (100 cm. x 70 cm. aprox.). Un conjunto importante de 115 láminas, provenientes de Europa, principalmente Alemania e Italia, producidas con la técnica de la cromolitografía y con un montaje de tela y varillas de madera, aptas para ser colgadas. Entre los productores identificados se encuentran la casa editora de Antonio Vallardi de Milán, que luego fundó la editorial *Vallardi Americana* en Buenos Aires para fabricar materiales didácticos en español y desde allí distribuir hacia los países de habla hispana. También la editorial G. B. Paravia & Co., de Torino, Italia. Al parecer estas empresas eran referentes en Italia, distribuidoras de gran cantidad de materiales para la escuela y para la enseñanza científica: libros de texto, mobiliario, instrumentos, mapas, proyectores, modelos, láminas, entre otros (Meda, 2011) y con gran alcance en los países iberoamericanos (cf. MUPEGA, 2013; Marín Murcia, 2014; Gomes, 2014, Linares, 2015; Borges de Faria, 2017) (Fig. 11). De la de la industria alemana se conservan láminas de Koehler & Volckman & Co. (su consignatario en Buenos Aires fue Curt Berger y cia.) y de la editorial Frommann & Morian de Darmstadt, de la serie de ilustraciones botánicas de los naturalistas H. Jung, G. von Koch y F. Quentell.

Pero otro conjunto importante refleja las prácticas llevadas a cabo hacia dentro de los claustros: unas 650 ilustraciones científicas de gran formato realizadas por alumnos y ayudantes de las antiguas cátedras de la Universidad, fechadas entre las décadas de 1930 y 1950, confeccionadas a mano con diversas técnicas y materiales como tintas, acuarelas, grafito y técnicas mixtas sobre papel. Estas láminas pertenecen a producciones de las cátedras de Botánica en tiempos de Rodolfo Enríquez, Ildefonso Vattuone, Francisco Pilar, Hector Clementi, y de Farmacognosia, en tiempos de Ismael Astrada, Francisco Pablo Rey (1er curso) y Pedro Preioni (2do curso) (cf. Amorín, 1996). Como aspecto destacado, la cátedra de Pablo Rey confeccionó entre 1950 y 1957 más de 100 láminas de gran formato gracias a un auxiliar dibujante





**Figura 11:** Lámina de Amapola y Celidona. Antonio Vallardi Editore, Milán. Colección Museo de Farmacobotánica "Juan A. Domínguez", FFyB-UBA.

que tenía la cátedra, Jordán Ruzzier, quien al parecer poseía título de Profesor de Dibujo de la Escuela de Bellas Artes.<sup>40</sup> La primera mención a estas láminas se registró en una memoria de actividades de mayo de 1950 enviada por el Dr. Rey al Secretario de la Facultad de Ciencias Médicas, donde indicó la realización de una primera serie de 40 láminas de 1 m. x 70 cm. pintadas en acuarela sobre plantas que suministran drogas vegetales, que reproducen las clásicas ilustraciones del Atlas *Köhler's Medizinal-Pflanzen* (publicado entre 1883-1914),<sup>41</sup> y del "Nuevo Erbario Figurato" de Giovanni Negri (publicado en Milan, 1904), destinadas tanto para las clases prácticas como teóricas.<sup>42</sup>

Asimismo, las representaciones de las láminas realizadas por los alumnos de Botánica y de Farmacognosia, en similar dinámica de las dispositivos de vidrio, y como se indicó para las láminas de Ruzzier, las imágenes de las plantas también fueron tomadas de ilustraciones científicas presentes en libros y tratados de referencia que circulaban en la época como material de estudio. Entre los libros que se registraron con más frecuencia: "Die Natürlichen Pflanzenfamilien" de Prantl y Engler, publicado en Leipzig entre 1887-1915; "Histoire des plantes" de H. Baillon (Paris, 1867-1895); el "Traité général de botanique descriptive et analytique" de Le Maout y Decaisne (1868), el "Atlas Manuel de Botanique" de J. Deniker (Paris, 1886); los libros de la editorial Labor, Barcelona, "Botánica aplicada a la Farmacia" de Gilg y Schürhoff (1934) y "Farmacognosia" de Gilg y Brandt (1926). En representaciones de plantas regionales como la yerba mate, la coca, la jalapa y para cortes de hoja, semillas y raíz se indicó como referencia el "Tratado de Materia Médica Farmacografía" de J. Hérial (traducido de la 2da edición por Ángel Avilés Rodríguez, publicado en Madrid, 1911) (Fig. 12). Todos libros que forman parte del catálogo de la Bi-

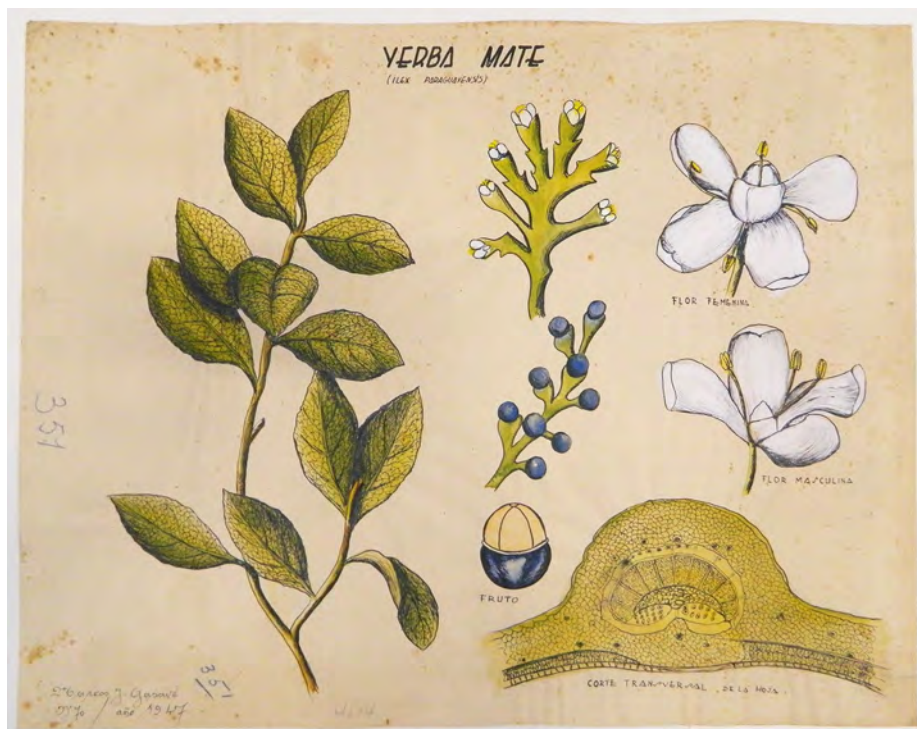
40 Ruzzier tuvo el cargo de ayudante o personal técnico profesional hasta 1954, y como docente entre 1955 y 1957. En noviembre de 1957 fue removido del cargo por no tener aprobada la materia por la que era ayudante según una nueva reglamentación que se estableció ese año a raíz de la fundación de la nueva Facultad de Farmacia y Bioquímica (Res.53 del Decanato del 15/10/1957). En una planilla del personal de la cátedra se indicó que poseía título de Profesor de Dibujo y no podía renovar su cargo. Legajo docente de F. P. Rey, Archivo FFyB-UBA.

41 El Museo de Farmacobotánica posee en su Biblioteca especializada, ejemplares de sus primeros 3 volúmenes que incluían unos 280 cuadros ilustrados. Se puede acceder a los volúmenes y cuadros completos digitalizados desde la Biblioteca Virtual del Missouri Botanical Garden: <http://www.botanicus.org/item/31753002839139>

42 Nota del 15 de mayo de 1950 al Sr. Secretario de la Facultad de Ciencias Médicas, Dr. Jorge Ferradas. Legajo docente de F. P. Rey. Archivo FFyB-UBA.

biblioteca del Museo de Farmacobotánica. También se utilizaron como referencias libros de profesores de la propia Escuela de Farmacia como los “Apuntes de Botánica Médica” de Durañona y Domínguez (1904) y los “Apuntes de Farmacognosia” de Ismael Astrada (1924-1925). Como curiosidad se registró también el libro ilustrado “Ciencias Naturales: enseñanza primaria” de Ricardo Ryan y el ilustrador Dino Mazza de la Editorial Independencia (Buenos Aires, 1940), para una ilustración de la *Solanum tuberosum* L.<sup>43</sup>

Las ilustraciones eran un insumo sustancial para las clases como indicaban los profesores y las guías de trabajos prácticos para el estudio de la anatomía vegetal y de la sistemática. Junto a ellas, otro importante dispositivo didáctico fueron los modelos botánicos en tres dimensiones, que permitían una visualización integral de las especies representadas en su morfología general y en los detalles de sus estructuras anatómicas internas a diferentes escalas. Ya el reglamento de Domínguez de 1901, hacía mención a “modelos plásticos”, una expresión muy común utilizada para referirse



**Figura 12:** Lámina de Yerba Mate (*Ilex Paraguayensis*) realizada por el alumno Marcos J. Gasave. 1947. Colección del Museo de Farmacobotánica “Juan A. Domínguez”, FFyB-UBA.

a los modelos anatómicos tridimensionales, no porque fueran de compuestos sintéticos, sino relativo a la plástica, por su confección artesanal, con materiales maleables. También en 1911, Domínguez ofreció, a modo de retribución al Colegio Nacional del Uruguay en Entre Ríos por los herbarios y materiales de trabajo del Profesor Lorentz, “una serie de cuerpos plásticos de flores, muy útiles en la enseñanza de la botánica elemental”,<sup>44</sup> aunque no se sabe si la sesión de modelos existió efectivamente. Finalmente en 1916 una nota de Mujica al decano Enrique Bazterrica, indicó la existencia de 150 “modelos plásticos de órganos vegetales”, refiriéndose a los modelos de la firma alemana Robert Brendel que “hace años” estaban en el suelo y les faltaba un armario adecuado para su conservación.<sup>45</sup> Algunos modelos que se conservan actualmente, poseen la etiqueta indicadora del Laboratorio de Botánica en tiempos de Ildofonso Vattuone (c.1930). También, algunas fotografías identificadas de la década de 1920 muestran la existencia de modelos de setas y de hongos de la firma Brendel en las vitrinas del Instituto de Botánica y Farmacología. Posiblemente la colección estuviera repartida entre la cátedra y el Instituto por algún tiempo y unificada posteriormente en las mudanzas a la nueva Facultad de Farmacia y Bioquímica a mediados del siglo XX.

43 Los libros mencionados en este párrafo fueron registrados como referencias bibliográficas de las ilustraciones en el inventario de la Colección “Láminas flexibles”. Área Didáctica. Museo de Farmacobotánica “Juan A. Domínguez”. FFyB-UBA.

44 Nota del 2 de junio de 2016 al Decano Dr. Enrique Bazterrica. Legajo docente Adolfo Mujica. Archivo FFyB-UBA.

45 Nota del 21 de marzo de 1911 al Rector del Colegio Nacional del Uruguay, Dr. Luis Tibiletti. Archivo Histórico del Museo de Farmacobotánica “Juan A. Domínguez”, FFyB-UBA.

Actualmente el Museo conserva 135 modelos botánicos Brendel, que fueron fabricados hacia finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Se componen de materiales como el papel-maché, la madera, la gelatina (colágeno) y otros elementos y representan una diversidad de especímenes botánicos –algas, bacterias, musgos, helechos y plantas superiores- en diferentes escalas (cf. Mayoni, 2016). Esta empresa, se fundó bajo la demanda y guía del profesor alemán Ferdinand Cohn (1828-1898), quien fundó en 1866 el Instituto de Fisiología Vegetal en la Universidad de Breslau (ahora Wrocław, Polonia). Biólogo y botánico, especializado en microbiología y en el estudio de las bacterias y la fisiología vegetal, buscó ampliar comercialmente los modelos botánicos que utilizaba en sus clases y conferencias y se asoció al fabricante Robert Brendel para la tarea. Brendel logró una producción destacada entre sus contemporáneos, manteniendo una de las ofertas más amplias de modelos botánicos que existía en el mercado en ese momento, con respaldo del mundo científico y con capacidad de responder rápidamente y de manera exitosa a las demandas que el avance de la disciplina exigía en esa época. En este sentido, una red de científicos botánicos, principalmente de origen alemán, acompañaron las novedades de fabricación de la empresa, en particular sobre las nuevas series que Brendel iba incorporando a sus catálogos. Entre los más reconocidos se registraron el botánico Leopold Kny (1841-1916), de la Universidad de Berlín, para el desarrollo de una serie de 14 modelos de los principales tipos de inflorescencia. Junto a él, su colaborador Carl Müller (1855-1907), para los diagramas de óvulos de plantas angiospermas, en sección longitudinal, y los modelos de *L. clavatum* (incorporados en el catálogo de 1900), basados en los dibujos del Dr. Helmuth Bruchmann, quien entre 1885 y 1898 había publicado estudios morfológicos y diagramas ilustrados sobre el protalo y la plántula de varias especies de *Lycopodium* europeos.<sup>46</sup> También el especialista del Instituto de Fisiología Vegetal de la Universidad de Breslau, el micólogo Eduard Eidam (1845-1901), quien realizó los esquemas para la fabricación de los modelos de levadura de cerveza, bacterias, el grano de centeno, el trébol de seda, la cápsula de musgo y las plantas insectívoras, que se entregaban a su vez con explicaciones escritas, firmadas por el especialista como guías complementarias para la enseñanza (Brendel, 1885). En este sentido, Brendel contó con la colaboración del micólogo y farmacéutico Alexander Tschirch, en ese momento docente de la Universidad de Berlín, para la realización de las guías explicativas de 80 especies botánicas, descritas sobre la base de la morfología moderna (Tschirch, 1885). La sección de las Criptógamas era el área de mayor interés del Dr. Cohn y del Dr. Eidam en Breslau, a la que le dieron desde un comienzo una atención destacada en la producción de modelos para la firma Brendel. Este grupo correspondía a la primera serie del catálogo con modelos de algas, hongos y musgos, y de otras estructuras anatómicas microscópicas útiles para el estudio detallado del metabolismo de las plantas. Para este conjunto, encontramos colaboraciones especiales como la del botánico Georg Ferdinand Otto Müller de Berlín (1837-1917) especialista en algas y diatomeas; del botánico Richard Kolkwitz (otro asistente del Dr. Leopold Kny en Berlín) para la producción de modelos de Bacterias Esquizomicetos (Cocos, bacterias, bacilos y espirilos) y el Dr. J. Anton Pestalozzi (1871-1937), botánico de la Universidad de Zúrich, para la guía de modelos de algas filamentosas y plantas acuáticas. Brendel lograría su primer galardón de oro en la Exposición Universal de París de 1900.

Las ventajas didácticas que ofrecían los modelos era la posibilidad de enseñar la botánica en un orden sistemático y obtener todas las características de una especie vegetal en los espacios de trabajo a la vista del ojo humano gracias a la ampliación de escalas, colores y como ayuda a las vistas por microscopio de las plantas vivas. Esto facilitaba la comparación de las formas vegetales entre sí y la posibilidad de acceder a ellos en cualquier momento del año sin depender de las estaciones climáticas y los períodos biológicos de florecimiento, dando además la posibilidad de tener al alcance representaciones tridimensionales de especies de diversas regiones geográficas. En particular, los modelos de la colección Brendel que posee el Museo coincide con los contenidos de enseñanza que se consignaron en los programas de la época, donde se destacan unidades completas para el estudio de las inflorescencias, o las criptógamas con énfasis en los hongos medicinales como el *C. purpurea* y representaciones de ciertas plantas de importancia medicinal y terapéutica presentes en textos y programas como la Belladona, el Beleño, la Amapola y la Ruda, entre otras. Modelos que actualmente forman parte de las exposiciones permanentes del Museo de Farmacobotánica de la Universidad de Buenos Aires (Fig. 13).

46 Según Diego Medan (2017) a inicios del siglo XX hubo un renovado interés por el estudio de las propiedades de *Lycopodium*, que permitió la obtención en estado cristalino del alcaloide *sauruxina*. Droga que el Dr. Arata habría estudiado tiempo antes y llamado *pillijanina* (extraída de la especie *Lycopodium saururus* Lam. -Cola de Quirquincho, actual *Phlegmarius saururus* (Lam.) B. Øllg.) en su investigación original para su formulación química, publicada en 1891 en la Revista del Museo de la Plata e incluida en el volumen XLIV de la serie *Plantas Medicinales Americanas* editada por el Departamento Nacional de Higiene (cf. Medan, 2017, p. 179 y 367; Arata, 1891). Domínguez también la incluye en su obra *Contribuciones a la Materia Médica Argentina* de 1928 y José L. Amorin, en su *Guía taxonómica con plantas de interés farmacéutico* (1988, 1ª edición).



## CONCLUSIÓN

Entre los desafíos para elaborar una historia cultural del conocimiento científico, su práctica y los entornos materiales que se construyen en su desarrollo, se encuentra el hacer dialogar los diferentes tipos de fuentes, entrecruzando la historia de los objetos y de los actores que dan forma al entramado de relaciones en un ámbito específico. Con el fin de



Figura 13: Modelos Brendel de Belladona, Beleño, Amapola y Ruda. Colección del Museo de Farmacobotánica "Juan A. Domínguez", FFyB-UBA.

mostrar diversos aspectos de un proceso histórico y cultural de la ciencia se identificaron los elementos que movilizan las cosas y las personas tales como los intereses personales y de las instituciones, las condiciones de posibilidad, y los debates y decisiones en torno a la producción del conocimiento y su enseñanza. En este punto, ciertas dinámicas sociales, económicas y políticas dieron forma a circuitos y mecanismos de circulación y visualización del conocimiento que trascendieron límites geográficos y temporales, así como culturales. Así se observa a través de las traducciones y apropiaciones de la imagen y de la información científica para fines específicos que se dieron en ámbitos completamente diferentes al de su origen de producción. Por ejemplo, se ha identificado, cómo formas de estudio de los vegetales tomados de libros científicos editados en el siglo XIX en otros contextos científicos y geográficos como el europeo, fueron discutidos, traducidos y resignificados para la guía y enseñanza de las prácticas científicas locales, circulando por libros, diapositivas de proyección y apuntes de profesores. En otro ejemplo, las imágenes producidas originalmente para una obra publicada en el continente europeo en la década de 1880 como el Atlas de Köhler, siguió reproduciéndose en trabajos prácticos de alumnos argentinos de varias generaciones y hasta pasada la década de 1950. Al día de hoy, en una nueva construcción de sentido como objetos históricos, estos dispositivos siguen dialogando y siendo integrados a las formas de presentación y exposición de conocimientos actuales.

Como menciona Wise (2006), las imágenes son elementos que revelan mucho más sobre la visión científica como forma de expresión cultural, depositarios y generadores de conocimiento (p. 81). Visión que en la cultura occidental se conformó como un conocimiento universal de la naturaleza que circuló y se apropió en diferentes partes del mundo. Lo que se menciona como una epistemología visual y material que da forma a una retórica de la práctica científica que se consolida en diferentes espacios de comunicación y exposición del conocimiento. En este punto, este estudio de caso permite revisar los matices en la construcción del diálogo de lo local con lo global en la formación del lenguaje científico, que integró diferentes formas de ver y estudiar la naturaleza. Por ejemplo, es destacada la insistencia de la incorporación de referencias sobre la flora nativa como herramienta para despertar el entusiasmo y las vocaciones científicas de los jóvenes con profundo sentido nacionalista. Para los profesores, incluir los conocimientos locales en tratados y guías basados en libros extranjeros, haría más ameno y "cercano" el aprendizaje de estas ciencias, así como una oportunidad para lograr una continuidad en el estudio de los recursos naturales propios y

el avance de una ciencia local. El caso de estudio aquí presentado, permite observar cómo la conformación y desarrollo de un espacio de formación científica con fines en el estudio de las plantas medicinales y la flora nativa y sudamericana dialogó e hizo uso de los dispositivos visuales y objetos científicos que reflejaban una retórica de la ciencia universal con ejemplos de diverso origen. Así, en este proceso, se integraron nuevos conocimientos locales y construyeron sus propios dispositivos de comunicación y de enseñanza (colecciones, manuales, guías) en convivencia con diferentes formas de conocimiento de la naturaleza.

**Anexo** – Listado cronológico de programas y guías de trabajos prácticos recuperados de los años entre 1901 a 1935

- 1901-1902.** Programas de los cursos libres de Farmacognosia. Juan A. Domínguez. Legajo docente. Archivo FFyB-UBA.  
**1907.** Botánica Farmacéutica. A. Mujica. Legajo docente. Archivo FFyB-UBA.  
**1907.** Botánica Médica. L. Durañona. Biblioteca Nacional.  
**1907.** Farmacia práctica. M. Irizar. Biblioteca Nacional.  
**1908.** Botánica Médica. Durañona. Biblioteca Nacional.  
**1908.** Química práctica. Arata. Biblioteca Nacional.  
**1909.** Farmacognosia. J. Boeri. Biblioteca Nacional  
**1913.** Farmacognosia. J. Boeri. Legajo docente J. A. Domínguez. Archivo FFyB-UBA.  
**1914.** Botánica farmacéutica. A. Mujica. Legajo docente. Archivo FFyB-UBA.  
**1914.** Trabajos prácticos de Botánica farmacéutica. A. Mujica. Legajo docente. Archivo FFyB-UBA.  
**1915.** Farmacognosia. J. A. Domínguez. Legajo docente. Archivo FFyB-UBA.  
**1918.** Clases de Botánica farmacéutica. A. Mujica. Legajo docente. Archivo FFyB-UBA.  
**1919.** Trabajos prácticos de Botánica farmacéutica. A. Mujica. Legajo docente. Archivo FFyB-UBA.  
**1921.** Farmacología y fitoquímica y Trabajos prácticos. J. A. Domínguez (1933). Biblioteca Nacional.  
**1933.** Botánica farmacéutica. R. Enríquez (vigente y aprobado por Consejo desde 1928). Biblioteca Nacional.  
**1933.** Farmacología y fitoquímica y Trabajos prácticos. J. A. Domínguez (vigente y aprobado por Consejo desde 1921). Biblioteca Nacional.  
**1935.** Botánica farmacéutica. I. Vattuone. Biblioteca Nacional.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se realizó gracias a una Beca Interna Postdoctoral de CONICET, Buenos Aires, Argentina. Quiero agradecer al Dr. Marcelo L. Wagner, director del Museo y co-director de beca por el apoyo brindado a esta investigación. También muy especialmente al Dr. Leonardo Anconatani por su ayuda en la adquisición y revisión de fuentes documentales y materiales históricos. Y a todo el equipo de la Cátedra y Museo de Farmacobotánica por su acompañamiento y estímulo a mis tareas de investigación y conservación del patrimonio. En particular a Fernando Ranea encargado de la Biblioteca, y a Constanza Colella y Candela González del Área de Conservación, que fueron de vital importancia para el avance de la identificación, registro y mantenimiento de las colecciones históricas en estos últimos años atravesados por la emergencia sanitaria del COVID-19.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anconatani, L.M, Mayoni, M.G., Wagner, M.L. (2021). "Herbarios históricos del Museo de Farmacobotánica de la Universidad de Buenos Aires" [Conferencia del II Congreso Sudamericano de Museos Universitarios del 16 y 17 de septiembre de 2021]. Facultad de Psicología, Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Amorin, J.L. (1996). *Los precursores de la Farmacobotánica argentina*, Ediciones Hector A. Macchi, Buenos Aires.
- Arata, P.N. (1891). El Pillaján y la Pillijanina. *Revista del Museo de La Plata*. 2: 225-240.
- Astrada. I. (1924-1925). *Apuntes de Farmacognosia*, Tomos I y II, Etchegoyen y Monti, Buenos Aires.
- Astrada. I. (1927). *Guía para Ensayos Micro-Farmacognósticos por el Prof. Dr. Jos. Moeller*, versión castellana, Editorial Labor, Barcelona.
- Asua, M. (2010). *Una gloria silenciosa. Dos siglos de ciencia en Argentina*, Libros del Zorzal y Fundación Carolina Argentina, Buenos Aires.
- Barrancos, D. (1996). *La escena iluminada: ciencias para trabajadores, 1890-1930*, Plus Ultra, Buenos Aires.
- Berrutti, J. (1915). *Museos de Educación. Reorganización del Museo Escolar "Sarmiento"*, Talleres Gráficos de Juen Perrotti, Buenos Aires.
- Borges de Faria, J. (2017). *Os quadros parietais nas escolas do Sudoeste brasileiro (1890-1970)* [Tesis doctoral]. Pontificia Universidade Católica de São Pablo, São Pablo.

- Bruno, P. (2019). De la ciencia al espectáculo. *Terra Brasilis*. **12**: 1-22
- Buchbinder, P. (2010). *Historia de las universidades argentinas*, (Primera edición 2005), Sudamericana, Buenos Aires.
- Cámara de Diputados de la Nación (1925). *Organización del Museo Escolar Sarmiento*, Imprenta y Encuadernación de la Cámara de Diputados, Buenos Aires.
- Cignoli, F. (1953). *Historia de la farmacia argentina*, Librería y Editorial Ruiz, Rosario.
- Congreso Nacional (1904). *Diario de Sesiones de la Cámara de Diputados*, Tomo II, Sesiones ordinarias (agosto-septiembre), Establecimiento Tipográfico "El comercio", Buenos Aires.
- Daston, L. (2014). *Beyond Representation*, en "Representation in Scientific Practice Revisited" (C. Coopmans, J. Vertesi, M. Lynch, S. Woolgar, eds.) The MIT Press, Cambridge, pp. 319-322.
- Dhenin, C. (1992). *Les publications de la librairie Georges MASSON entre 1872 et 1900*, ENSSIB, Lyon-Villeurbanne.
- Domínguez, J.A. (1928). *El Instituto de Botánica y Farmacología de la Facultad de Ciencias Médicas de Buenos Aires*. Imprenta de la Universidad, Buenos Aires.
- Durañona, L., Domínguez, J.A. (1904). *Apuntes de Botánica Médica*, tomo 1 y 2, Galileo, Buenos Aires.
- Frutos, F.J. (2010). *Los ecos de una lámpara maravillosa: La linterna mágica en su contexto mediático*, Salamanca Ediciones, Salamanca.
- Frutos, F.J., López, C., González, B., García, M.C. (2018). *La linterna de proyección y la renovación de la educación científica de los bachilleres españoles en el primer tercio del siglo XX*, en "Aulas abiertas. Profesores viajeros y renovación de la enseñanza secundaria en los países ibéricos (1900-1936)" (L. López-Ocón, V. Guijarro Mora, M. Pedrazuela, eds.), Dykinson-Universidad Carlos III, Madrid, pp. 219-252.
- García, S.V. (2010). *Enseñanza científica y cultura académica. La Universidad de La Plata y las Ciencias Naturales (1900-1930)*, Prohistoria, Rosario.
- García, S.V. (2014). Lecciones "objetivadas" y museos escolares en la Argentina del Centenario. *Revista Museología & Interdisciplinaridad*. **3**(5): 75-93.
- García, S.V., Mayoni, M.G. (2019). Los museos y gabinetes de ciencias en los colegios nacionales de la Argentina (1870-1880). *Boletín del Instituto de Historia Argentina y Americana "Dr. Emilio Ravignani"*. **3**(50): 135-162.
- Gomes, I. (2014). *Os Museus Escolares de História Natural - Análisis histórica e perspectivas de futuro (1836-1975)* [Tesis doctoral], Universidad de Lisboa, Lisboa.
- González Leandri, R. (1999). *Curar, persuadir, gobernar. La construcción histórica de la profesión médica en Buenos Aires 1852-1886*, Capítulo IV, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, pp. 152-183.
- Guijarro Mora, V. (2018). *Artefactos y acción educativa. La cultura del objeto científico en la enseñanza secundaria en España (1845-1930)*, Dykinson-Universidad Carlos III, Madrid.
- Halperín Donghi, T. (2013). *Historia de la Universidad de Buenos Aires*, (Primera edición 1962), Eudeba, Buenos Aires.
- Hicken, C.M. (1923). *Evolución de las ciencias en la República Argentina. Los estudios botánicos (VII)*, Sociedad Científica Argentina, Buenos Aires.
- Instituto Nacional de Botánica (1944). *Catálogo de Colecciones 1898-1944*, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Médicas, Buenos Aires.
- Linares, M. C. (2015). La pedagogía en la imagen: Las láminas escolares como recurso histórico y museográfico en la historia de la educación. *Ridphe. Revista Iberoamericana de Patrimonio Histórico-Educativo*. **1**(1): 68-82.
- Marín Murcia, J.P. (2014). *El material científico para la enseñanza de la botánica en la Región de Murcia (1837-1939)* [Tesis doctoral], Universidad de Murcia. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Murcia.
- Mayoni, M.G. (2016). Plantas de papier-mâché. Estudios técnicos y conservación de la colección Brendel del Colegio Nacional de Buenos Aires. Argentina. *Ge-Conservación*. **9**: 6-20.
- Mayoni, M.G. (2020). Artefactos, saberes y prácticas científico-educativas de la farmacobotánica argentina (siglo XIX y XX). Nuevas miradas sobre las colecciones históricas del Museo de Farmacobotánica "Juan A. Domínguez" de la Universidad de Buenos Aires. *Dominguezia*. **36**(2): 31-45.
- Mayoni, M.G. (2021). Dispositivos para la enseñanza de la naturaleza. Tecnología y modernidad en los colegios argentinos de finales del siglo XIX. *Historia y Sociedad*. **40**: 71-197.
- Meda, J. (2011). Mezzi di educazione di massa: nuove fonti e nuove prospettive di ricerca per una "storia materiale della scuola" tra XIX e XX secolo, *History of Education and Children's Literature*, VI. **1**: 253-279.
- Medan, D. (2017). *Pedro Arata, un viaje a los cimientos de la Argentina*. Eudeba, Buenos Aires.
- Messer, F.A. 1880. *A new and easy method of studying British wild flowers by natural analysis*, David Bogue, London.
- Ministerio de Obras Públicas (1927). Instituto de Fisiología de la Facultad de Ciencias Médicas. *Boletín de Obras Públicas*, **1**: 1013-1018.
- Moeller, J. (1901). *Leitfaden zu Mikroskopisch-Pharmakognostischen Übungen*, Alfred Hölde, Viena.

- Museo Pedagógico de Galicia (MUPEGA) (2013). *A pedagogía intuitiva. As láminas educativas* [Catálogo de Exposición], Xunta de Galicia, Galicia.
- Pennington, M.S. (1903). *Representación esquemática de los caracteres macroscópicos de las plantas más comunes de Buenos Aires*, Arsenio Guidi Buffarini, Buenos Aires.
- República Argentina (1904). *Registro Nacional*, tercer cuatrimestre, Talleres Gráficos de la Penitenciería Nacional, Buenos Aires, p. 592.
- Scala, A.C. (1912). *Manual de manipulaciones de botánica*. Imprenta de Coni Hermanos, Buenos Aires.
- Secord, J.A. (2004). Knowledge in Transit. *Isis*. **95**(4): 654-672.
- Seckt, H. (1913). *Trabajos Prácticos para los Cursos de Fisiología Vegetal*. Publicaciones del Instituto Nacional del Profesorado, Compañía Sud-Americana de Billetes de Banco, Buenos Aires.
- Tschirch, A. (1885). *Erläuterungen zu den Botanischen Modellen von Robert Brendel in Berlin W., 101 Kurfürstendamm. Verfasst von Dr. A. Tschirch, dozenten der botanik an der Universität in Berlin*, Druck von Gebr. Unger (Th. Grimm), Berlin.
- Universidad de Buenos Aires (1910). *La Universidad de Buenos Aires 1821-1910*, Imprenta Tragant, Buenos Aires.
- Vattuone, I. (1919). Las colecciones y Herbarios del Instituto de Botánica y Farmacología de la Universidad de Buenos Aires [Conferencia de la Primera Reunión Nacional de la Sociedad de Ciencias Naturales. Tucumán. 1916], Imprenta y Casa Editora "Coni", Buenos Aires, pp. 730-738
- Wise, M.N. (2006). Making visible. *Isis*. **97**(1): 75-82.





## FARMACIA EN REHABILITACIÓN: NUEVOS DESAFÍOS, NUEVOS HORIZONTES

Karin Fabiana Costa <sup>1\*</sup>, Gabriela Constante <sup>2</sup>, Ana Natalia Philippi <sup>1</sup>, Karina Szydlovski <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Hospital de Rehabilitación Manuel Rocca. Av. Segurola 1949, C1407AOM Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.

<sup>2</sup> Hospital General de Agudos Dalmacio Vélez Sarsfield. Pedro Calderón de la Barca 1550, C1407 KQF, CABA, República Argentina.

<sup>3</sup> Hospital General de Agudos Carlos G. Durand. Av. Díaz Vélez 5044, C1405DCS CABA, República Argentina.

[kcosta@buenosaires.gob.ar](mailto:kcosta@buenosaires.gob.ar)

### RESUMEN

La capacitación permanente de los profesionales de la salud es un requisito indiscutido para alcanzar los estándares de garantía de calidad de atención centrada en el paciente. La Organización Mundial de la Salud estima que la necesidad de rehabilitación aumenta en todo el mundo, dado que a mayor sobrevivencia de la población se observa también un aumento en la incidencia y la prevalencia de discapacidad y enfermedades crónicas. Si bien en la República Argentina la especialidad de Farmacia Hospitalaria es reconocida desde el año 2013, no se cuenta en nuestro país con subespecialidades en la práctica de la farmacia hospitalaria, como ser la subespecialidad en rehabilitación. El paciente en rehabilitación es un paciente complejo desde todas sus dimensiones de salud, que requiere de un abordaje conjunto interdisciplinario. Si bien algunos autores no contemplan el rol del farmacéutico en las instituciones de rehabilitación, se encuentran publicaciones que avalan la importancia del profesional farmacéutico en cuanto a la evaluación y optimización de la farmacoterapia, la conciliación medicamentosa y el seguimiento farmacoterapéutico del paciente en condición de rehabilitación. De estas consideraciones inferimos que se necesitan profesionales farmacéuticos especializados, capaces de poder desempeñarse en el equipo de salud de un hospital de rehabilitación, optimizando su intervención en la clínica y en la atención farmacéutica.

### SUMMARY

#### PHARMACY IN PHYSICAL REHABILITATION: NEW CHALLENGES, NEW HORIZONS

The constant training of health professionals happens to be an undeniable requirement to achieve quality of service guarantee standards in patient centered care. The World Health Organization foresees that the need for rehabilitation will increase around the world, since a longer lifespan implies an increase in the incidence and prevalence in disability and chronic diseases. Even though the Hospital Pharmacy Specialty has been recognized in Argentina since the year 2013, there are no subspecialties recognized for hospital pharmacists, such as rehabilitation pharmacy specialty. The patient undergoing rehabilitation is a very complex kind of patient regarding all his dimensions of health and requires an interdisciplinary joint approach. Although some authors disregard the role of pharmacists in rehabilitation health care facilities, there are some publications that endorse the importance of the pharmacy professionals regarding evaluation and optimization of pharmacotherapy, medication reconciliation, and pharmacotherapeutic follow-up of patients undergoing rehabilitation. From all the above we infer that specialized pharmacy professionals are needed, they will have to be able to perform as a part of a rehabilitation center health team, optimizing clinical interventions and pharmaceutical care.

### INTRODUCCIÓN

La capacitación permanente de los profesionales de salud es un requisito indiscutido para alcanzar los estándares de garantía de calidad de atención centrada en el paciente.

En el caso de la profesión farmacéutica, un análisis detallado de la certificación en la especialización farmacéutica a nivel internacional<sup>1</sup> concluye que *“se deben incorporar mecanismos de certificación rigurosos y objetivos en los planes formativos y programas destinados a promover la práctica avanzada y la especialización en farmacia”*.

---

**Palabras clave:** farmacia, rehabilitación, especialidad

**Key words:** pharmacy, rehabilitation, specialty

En la República Argentina la especialidad de Farmacia Hospitalaria es reconocida en el año 2013 (Ministerio de Salud, 2013) siendo abarcativa para el ejercicio de la profesión en todos los servicios de farmacia hospitalaria. Dentro de ella se pueden encontrar a nivel internacional distintas subespecialidades; la Junta de Especialidades Farmacéuticas (“BPS” - Board of Pharmacy Specialties en inglés) reconoce y certifica al menos catorce de éstas (Tabla 1). A su vez, si bien no se cuenta en nuestro país con subespecialidades en la práctica de la farmacia hospitalaria, tampoco se encuentra reconocida la subespecialización en rehabilitación dentro del ámbito de la farmacia hospitalaria a nivel internacional.

El paciente en rehabilitación es un paciente complejo, presenta enfermedades concomitantes, limitantes y progresivas (generalmente plurimedicado), deterioro funcional para las actividades de la vida cotidiana y una situación sociofamiliar que requiere de un abordaje conjunto, con metas terapéuticas dinámicas y adaptadas a cada fase de su evolución.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) prevé que la necesidad de rehabilitación aumente en todo el mundo debido a los cambios en la salud y las características de la población; *“se vive durante más tiempo, pero con más enfermedades crónicas y discapacidad”*. En el año 2017 se puso en marcha la iniciativa “Rehabilitación 2030” (OMS, 2023a), visibilizando la necesidad de fortalecer a los sistemas de salud, promover el trabajo interdisciplinario de profesionales de la rehabilitación, ampliar la financiación y mejorar la recopilación de datos y la investigación en rehabilitación. Asimismo, entre sus objetivos de desarrollo sostenible proyecta *“garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades”* (OMS, 2023b).

Hay autores que no contemplan en sus trabajos sobre rehabilitación y contribución multidisciplinaria el rol del farmacéutico en la asistencia centrada en el paciente en rehabilitación (Regina de Andrade *et al.*, 2017; Alessandro *et al.*, 2020).

Una revisión bibliográfica realizada por el grupo de trabajo de Karina Szydlovska (2022) acerca del rol del farmacéutico hospitalario en las instituciones de rehabilitación destaca que *“se encuentran publicaciones que avalan el rol del servicio de farmacia de instituciones de rehabilitación en la optimización del tratamiento farmacológico de los pacientes a través de la conciliación y el seguimiento farmacoterapéutico, con participación activa en el equipo de salud”*.

En concomitancia, la humanización en la atención farmacéutica<sup>8</sup> desde los servicios de farmacia hospitalaria es un tópico para resaltar en la asistencia al paciente con compromiso orgánico crónico.

De estas consideraciones los autores infieren que se necesitan farmacéuticos capaces de poder desempeñarse en el equipo de salud de un hospital de rehabilitación, optimizando su intervención en la clínica y en la atención farmacéutica y se proponen analizar herramientas de capacitación que acompañen a los profesionales farmacéuticos a optimizar el desarrollo de su práctica en este ámbito.

La OMS define a la educación interprofesional (EIP) como aprendizaje y colaboración directa entre al menos dos profesiones (OMS, 2010; Barr & Low, 2013). Según la revisión “Rol de farmacéuticos en el grupo de cuidados interprofesional para pacientes con enfermedades crónicas” (Afrianti Rahayu *et al.*, 2021) se evidencia que *“los farmacéuticos hacen una importante contribución a los grupos de cuidado interprofesional en aportar servicios clínicos para ayudar a los pacientes a manejar enfermedades crónicas. Los farmacéuticos pueden trabajar en un grupo, coordinando cuidados, formando equipos interdisciplinarios, tomando las mejores decisiones en establecer objetivos, y mejorando los resultados terapéuticos de los pacientes”*. Análogamente, hay autores que expresan que *“aún después de la graduación, es esencial comprometerse en la educación interprofesional continua (EIPC), que fortalece la comunicación entre las diversas profesiones del cuidado de la salud y focaliza al paciente de manera integral como objeto de acción para todas las áreas del cuidado de la salud”* (Brown *et al.*, 2019).

La EIPC promueve la colaboración interprofesional, ya que induce a los participantes a revisar las relaciones entre sus profesiones, mejorar el entendimiento mutuo y explorar maneras de combinar sus experiencias para mejorar la prestación del servicio, la seguridad del paciente y la calidad de la atención (Barr & Low, 2013). En la “Tercera Reunión Técnica sobre Educación Interprofesional de la Región de las Américas” (EIP, 2018) se pensó a la EIP como estrategia para mejorar las prácticas colaborativas en el ámbito del trabajo en salud.

Para promover la participación activa en la interdisciplina y mejorar el cuidado al paciente y su entorno familiar en este nuevo equilibrio de salud, y teniendo en cuenta que no existe una formación farmacéutica hospitalaria específica en materia de rehabilitación, se organizó en el hospital de rehabilitación Manuel Rocca por primera vez un curso dirigido a farmacéuticos, técnicos y estudiantes, como instancia de formación profesional. Con la evidencia bibliográfica hallada sobre esta metodología de capacitación se propusieron encuentros semanales teóricos y prácticos entre las distintas disciplinas del equipo de salud y el Servicio de Farmacia (GCABA, 2022). Por ello en el dictado de las distintas clases participaron los Servicios de Trabajo Social, Salud Mental, Psicopedagogía, Cardiología, Recreación y Deportes, Urología, Otorrinolaringología, Fonoaudiología, Medicina en Rehabilitación (Fisiatría e Intensivista), Enfermería y el propio servicio de Farmacia.

Esta capacitación se llevó a cabo con el objetivo de introducir al personal en las bases de la rehabilitación, a la vez que tomar conocimiento de los distintos servicios del hospital y el trabajo interdisciplinario, siempre desde el punto de vista de la Farmacia Hospitalaria. Los cursantes lograron así familiarizarse con los diferentes abordajes en la rehabilitación del paciente complejo, a la vez que promover la integración del farmacéutico en el trabajo diario con el equipo de rehabilitación.

Se espera así del Farmacéutico especializado en Rehabilitación que posea las competencias necesarias para acompañar al paciente y su familia en su terapia tanto farmacológica como no farmacológica, promoviendo la adherencia terapéutica, tomando conocimiento de las principales causas de hospitalización en una institución de rehabilitación, y asistiéndolo así a comprender los alcances de sus nuevas capacidades.

La presidente de la Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física (SERMEF) Dra. Carolina De Miguel Benadiba, manifestó en una entrevista en octubre de 2022 (“El Médico Interactivo”) que “la Medicina Física y (la) Rehabilitación ha experimentado un gran cambio en complejidad y tecnificación en tratamientos y soluciones para hacer frente a los altos índices de discapacidad” (Simón, 2022). Adquirir habilidades que permitan al profesional farmacéutico colaborar de manera apropiada y sinérgica en todas las acciones del resto de los profesionales es un primer paso para acercarse a los avances de la medicina en rehabilitación.

## CONCLUSIÓN

Dada la complejidad que reviste la rehabilitación como subespecialidad en sí, se desprende de este análisis la necesidad de formar personal farmacéutico capacitado al respecto. Se ve en esta área, por su complejidad, una oportunidad para impulsar el desarrollo del reconocimiento de dicha subespecialidad para el ejercicio de la profesión farmacéutica. Los autores proponen como meta promover y seguir impulsando la capacitación y formación especializadas en rehabilitación, para eventualmente lograr el reconocimiento de la Farmacia en Rehabilitación como una subespecialidad en sí misma.

**TABLA 1:** Especialidades de Farmacia reconocidas por el BPS (Lawson & Guiu-Segura, 2022)

<b>Especialidades de Farmacia reconocidas por el BPS</b>
Board Certified Nuclear Pharmacist (BCNP), desde 1978.
Board Certified Nutrition Support Pharmacist (BCNSP), desde 1988.
Board Certified Pharmacotherapy Specialist (BCPS), desde 1988.
Board Certified Psychiatric Pharmacist (BCPP), desde 1994
Board Certified Oncology Pharmacist (BCOP), desde 1996.
Board Certified Ambulatory Care Pharmacist (BCACP), desde 2009.
Board Certified Critical Care Pharmacist (BCCCP), desde 2013.
Board Certified Pediatric Pharmacy Specialist (BCPPS), desde 2013.
Board Certified Geriatric Pharmacist (BCGP), desde 2017.
Board Certified Cardiology Pharmacist (BCCP), desde 2017.
Board Certified Infectious Diseases Pharmacist (BCIDP), desde 2017.
Board Certified Sterile Compounding Pharmacist (BCSCP), desde 2018.
Board Certified Transplant Pharmacist (BCTXP), desde 2018.
Board Certified Emergency Medicine Pharmacist (BCEMP), desde 2020.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afrianti Rahayu S., Widiantu S., Defi I.R., Rizky A. (2021). Role of Pharmacists in the Interprofessional Care Team for Patients with Chronic Diseases. *J Multidiscip Healthc.* **14**: 1701-1710.
- Alessandro L., Olmos L.E., Bonamico L., Muzio D.M., Ahumada M.H., Russo M.J., *et al.* (2020). Rehabilitación multidisciplinaria para pacientes adultos con accidente cerebrovascular. *Medicina* **80** (1).
- Barr H., Low H. (2013). Introducción a la Educación Interprofesional. Centro de avance de la educación interprofesional. [Internet]. Madrid España: CAIPE. Disponible en [https://www.observatoriorh.org/sites/default/files/webfiles/fulltext/2018/pub\\_caipe\\_intro\\_eip\\_es.pdf](https://www.observatoriorh.org/sites/default/files/webfiles/fulltext/2018/pub_caipe_intro_eip_es.pdf).
- Brown K.P.D., Salerno G., Poindexter L., Trotta K. (2019). The evolving role of the pharmacist in interprofessional practice. *North Carolina Medical Journal* **80**(3):178-181. <file:///C:/Users/mlwag/Downloads/55132-the-evolving-role-of-the-pharmacist-in-interprofessional-practice.pdf>.
- EIP (2018). Tercera Reunión Técnica sobre Educación Interprofesional de la región de las Américas. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/salud-organizo-la-tercera-reunion-tecnica-sobre-educacion-interprofesional-de-la-region-de#:~:text=La%20Red%20Regional>. Consultado el 27 de enero de 2023.
- GCABA - Gobierno del Ciudad de Buenos Aires (2022). Curso “Aproximación desde la Farmacia Hospitalaria a la Atención del Paciente en Rehabilitación”. Listado de cursos del segundo semestre 2022. Resolución 2022-2808-GCABA-MSGC. Disponible en <https://buenosaires.gob.ar/sites/default/files/media/document/2022/10/25/cda9b548cfd1bcc30918bf0d-25827d0662105ea6.pdf>
- Lawson B.E., Guiu-Segura J.M. (2022). Análisis de la certificación en el marco de especialización farmacéutica a nivel internacional. *Farm Hosp* 2022 **46**(3):191-198.
- Ministerio de Salud (2013). Resolución Nº 1186/2013. Disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=219010#:~:text=Resumen%3A,LOS%20ALIMENTOS%20Y%20BIO%20FARMACIA>. Consultada el 27 de enero de 2023.
- OMS - Organización Mundial de la Salud (2010). Framework for action on interprofessional education and collaborative practice (No. WHO/HRH/HPN/10.3). *World Health Organization*.
- OMS - Organización Mundial de la salud (2023a). “Rehabilitación”. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/rehabilitation>. Consultada el 27 de enero de 2023.
- OMS Organización Naciones Unidas (2023b)- “Objetivos de Desarrollo Sostenible”. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/>. Consultada el 27 de enero de 2023.
- Regina de Andrade S., Dornelles Schoelle S., Siqueira de Oliveira C.M., Lemes Pozza Morales C., Alacoque Lorenzini E. (2017). La contribución del prontuario multidisciplinario en la gestión del cuidado de una persona con lesión medular. *Index Enferm* **26** (1-2): 10-14. ISSN 1132-1296.
- SEFH - Sociedad Española de Farmacia Hospitalaria (2023). Guía de humanización - Servicios de Farmacia Hospitalaria. Disponible en: <https://www.sefh.es/guia-humanizacion/docs/guia-humanizacion-espanol.pdf>. Consultado en enero de 2023.
- Simón C. (2022). La Medicina Física y Rehabilitación ha experimentado un gran cambio en complejidad y tecnificación. El Médico Interactivo [Internet] Disponible en: <https://elmedicointeractivo.com/la-medicina-fisica-y-rehabilitacion-ha-experimentado-un-gran-cambio-en-complejidad-y-tecnificacion/>. Consultado el 27 de enero de 2023.
- Szydlovski K., Costa K., Constante G. (2021). El rol de la farmacia en instituciones de rehabilitación. Disponible en: <https://aafh.org.ar/upload1/Res%C3%BAmenes%20de%20trabajos%20Cient%C3%ADficos%201.pdf>. Consultado el 27 de enero de 2023.

## QUIRALIDAD Y ACTIVIDAD ÓPTICA ¿HACIA UNA INVERSIÓN DE LA DISIMETRÍA MOLECULAR?

Beatriz Mollerach

8 Panchsheel Marg 110021, New Delhi, India.  
[beatrizmgobbi@yahoo.com](mailto:beatrizmgobbi@yahoo.com)

### RESUMEN

La interacción de las moléculas orgánicas con la luz polarizada estuvo al comienzo de las investigaciones de Louis Pasteur. La quiralidad (disimetría molecular) y la actividad óptica (polarización rotatoria) son dos propiedades ligadas y propias de las moléculas orgánicas. Este tema marcó las investigaciones iniciales de la bioquímica. Actualmente, la fotoquímica se volvió una ciencia muy especializada con numerosas aplicaciones. El ritmo circadiano es la expresión fisiológica de la acción ubicua de la luz sobre nuestro organismo. Los nucleótidos de piridina y las glucoproteínas se hallan entre las moléculas que relacionan el entorno luminoso al metabolismo. La luz produce una estimulación celular especialmente por activación de la cadena respiratoria mitocondrial y por un efecto directo sobre el eje hipotálamo–hipofisario. Numerosos estudios describen la relación entre la acción de la luz sobre las moléculas y la infertilidad y las enfermedades modernas en general. Frente a la difusión masiva y acelerada de la iluminación artificial, la influencia de la luz sobre la fisiología y la salud debería ser continuamente analizada. Asimismo, el deterioro ambiental es de gran actualidad dado que el fondo quiral de origen natural disminuye conjuntamente a la pérdida de biomasa, incluyendo la causada por los últimos megaincendios. Paralelamente, la síntesis de sustancias orgánicas nuevas (incluyendo racematos o enantiómeros no naturales) y la acción de fuerzas que tienen una acción disimétrica, generan y aumentan la pérdida de la homochiralidad de la naturaleza viviente.

### SUMMARY

#### CHIRALITY AND OPTICAL ACTIVITY. TOWARDS AN INVERSION OF MOLECULAR DISSIMETRY?

The first researches of Louis Pasteur were related to the interaction of organic molecules with polarized light. Chirality and optical activity are two related and self-properties of organic molecules. This subject marked the first biochemical researches. Nowadays, photochemistry has become a very specialized science with multiple applications. Circadian rhythm is the physiologic expression of the ubiquitous action of light on our body. Pyridine nucleotides and glycoproteins are molecules which relate environmental light to metabolism. Light produces cellular stimulation especially by activation of the respiratory mitochondrial chain and by a direct effect on the hypothalamic–pituitary axis. Several studies show the relation between the action of light on molecules and infertility and modern illnesses in general. In face to a massive and accelerated diffusion of artificial illumination, the influence of light on physiology and health should be continuously analyzed. The environmental issue has also to be considered. The chiral pool is being reduced conjointly to the biomass loss, including the loss caused by the last megafires. Conjointly, organic substances of anthropogenic origin and the action of forces with dissymmetric action, generate and increase the loss of the homochirality of living nature.

### INTRODUCCIÓN

El primer gran descubrimiento de Louis Pasteur fue la disimetría molecular, fruto de sus investigaciones asociando la cristalografía, la química y la óptica molecular. Pasteur hablaba de moléculas disimétricas para designar lo que es llamado hoy molécula quiral. El término quiralidad designa la propiedad de todo objeto que no es superponible a su imagen en un espejo. La quiralidad resulta de la ausencia de elementos de simetría y es acompañada de actividad óptica, que es la propiedad de interactuar de forma particular con una radiación electromagnética. Fundamentalmente, la disimetría molecular es la característica propia de los productos formados bajo la influencia de la vida y en consecuencia establece una separación fundamental entre la naturaleza muerta y los reinos vivientes.

**Palabras clave:** quiralidad, fotoquímica, biomasa  
**Key words:** chirality, photochemistry, biomass



*«Tous les produits minéraux, toutes les substances organiques qu'on obtient artificiellement en si grand nombre dans les laboratoires sont privés de la dissymétrie moléculaire et de l'action corrélative sur la lumière polarisée, propriétés qui sont, au contraire, l'une et l'autre, inhérentes à un grand nombre de substances organiques naturelles et des plus considérables sous le rapport physiologique.» (Pasteur, 1874).*

*«Todos los productos minerales, todas las sustancias orgánicas que se obtienen artificialmente en los laboratorios por derecho propio están desprovistas de asimetría molecular y de su acción consiguiente sobre la luz polarizada, propiedades que son, por el contrario, una y otra, inherentes a un gran número de sustancias orgánicas naturales y de importancia fundamental desde el punto de vista fisiológico.» (Pasteur, 1874).*

Pasteur considera ampliamente la potencialidad de sus descubrimientos sobre la disimetría y la actividad óptica que «tocan las condiciones más ocultas de la creación de la vida». Ellos conciernen el origen de la vida, la ruptura de la barrera entre el reino mineral y el reino de la naturaleza viviente, la modificación de las especies y la creación de especies nuevas mediante la introducción en las reacciones de laboratorio de influencias de orden disimétrico.

*«Toutefois, c'est une distinction de fait et non de principe absolu que j'ai établie en 1860.... non seulement je ne crois pas que cette barrière entre les deux règnes minéraux et organiques soit infranchissable, mais j'ai assigné, le premier, des conditions expérimentales qui seraient propres, selon moi, à la faire disparaître. Tant que ses conditions n'auront pas été réalisées avec succès, il est sage de croire à la distinction dont il s'agit de la prendre pour guide.» (Pasteur, 1875).*

*«... jusqu'à présent, on n'a jamais formé un corps actif simple à l'aide de corps inactifs.»*

*«Sin embargo, es una distinción de hecho y no de principio absoluto la que establecí en 1860... No sólo no creo que esta barrera entre los dos reinos mineral y orgánico sea infranqueable, sino que fui el primero en señalar las condiciones experimentales que, en mi opinión, serían las adecuadas para hacerla desaparecer. Hasta que sus condiciones se hayan realizado con éxito, es prudente creer en la distinción de la que se trata y tomarla como guía.» (Pasteur, 1875).*

*«... hasta ahora, nunca se ha formado un cuerpo activo simple usando cuerpos inactivos.»*

*«... on ne parviendra à franchir la barrière qu'établit, entre les deux règnes minéral et organique, l'impossibilité de produire par nos réactions de laboratoire des substances organiques dissymétriques, que si l'on arrive à introduire dans ces réactions des influences d'ordre dissymétrique. Le succès dans cette voie donnerait accès sur un monde nouveau de substances et de réactions et probablement aussi de transformations organiques. C'est là, selon moi, qu'il faudrait placer le problème, non pas seulement de la transformation des espèces, mais aussi de la création d'espèces nouvelles.... sans nul doute on réussira un jour à posséder tous les principes immédiats inverses de ceux qui existent; quand on voudra aller plus loin dans l'ordre physiologique, quand on voudra faire passer ces nouveaux principes immédiats dans les espèces vivantes par la nutrition, la grande difficulté, je le crains, sera de l'emporter sur le devenir propre aux espèces et que contient en puissance le germe de chacune d'elles, germe où se manifesterait toujours la dissymétrie des principes immédiats actuels.*

*«Quoi qu'il en soit, cherchons, par tous les moyens possibles, à provoquer la dissymétrie moléculaire par des manifestations de forces ayant une action dissymétrique.» (Pasteur, 1874).*

*«... sólo si conseguimos introducir en las reacciones de laboratorio influencias de orden asimétrico, podremos traspasar la barrera establecida entre los reinos mineral y orgánico. El éxito daría acceso a un nuevo mundo de sustancias y reacciones y probablemente también a transformaciones orgánicas. Es allí, a mi juicio, donde debe situarse el problema, no sólo en la transformación de las especies, sino también de la creación de nuevas especies.... no hay duda de que algún día lograremos poseer todos los principios inmediatos inversos que existen; cuando queramos ir más allá en el orden fisiológico, cuando queramos pasar estos nuevos principios inmediatos a las especies vivas a través de la nutrición, la gran dificultad, me temo, será prevalecer sobre el desarrollo propio de las especies y que contienen potencialmente el germen de cada uno de ellos, un germen donde siempre se manifestará la disimetría de los principios inmediatos vigentes.*

*Sea como fuere, busquemos, por todos los medios posibles, provocar la asimetría molecular mediante fuerzas que produzcan una acción asimétrica.» (Pasteur, 1874).*

Prolongando sus descubrimientos sobre la química molecular por sus experiencias sobre la fermentación, Pasteur constata «la influencia de esta disimetría en los fenómenos de orden fisiológico.»

*«Je crois devoir indiquer en quelque mots comment j'ai été conduit à m'occuper de recherches sur les fermentations. Ayant appliqué jusqu'à présent tous mes efforts à essayer de découvrir les liens qui existent entre les propriétés chimiques, optiques et cristallographiques de certains corps dans le but d'éclairer leur constitution moléculaire, on s'étonnera peut-être de me voir aborder un sujet de chimie physiologique bien éloigné en apparence de mes premiers travaux. Il s'y rattache néanmoins très directement.» (Pasteur, 1858).*

*«Creo que debería indicar en pocas palabras cómo fui conducido a abordar la investigación sobre las fermentaciones. Habiendo aplicado hasta ahora todos mis esfuerzos para tratar de descubrir los vínculos que existen entre las propiedades químicas, ópticas y cristalográficas de ciertos cuerpos con el objetivo de clarificar su constitución molecular, quizás se sorprendan al verme abordar un tema de química fisiológica, en apariencia, muy alejado de mi primer trabajo. Sin embargo, está directamente relacionado con él.» (Pasteur, 1858).*

En la línea precedente, serán abordadas la cristalografía, la fotoquímica, las moléculas fundamentales para la vida, la fertilidad y las enfermedades modernas y nuevas. La conexión entre estos temas «alejados en apariencia» es la acción de la luz sobre el cuerpo.

## CRISTALOGRAFÍA

La cristalografía es el instrumento más poderoso de estudio de la estructura de la materia y está omnipresente en la vida cotidiana, la producción farmacéutica moderna, la nanotecnología y la biotecnología (*Association Française de la Cristallographie, 2014*).

La cristalografía se apoya sobre el fenómeno físico de la interacción de las radiaciones electromagnéticas con la materia. La luz, los rayos infrarrojos, ultravioletas, X y gamma son radiaciones electromagnéticas. Todas esas ondas poseen las mismas propiedades de base, pero los efectos que ellas producen están en relación con su energía. Las reglas físicas generales que rigen su interacción con la materia se aplican tanto a las moléculas orgánicas como inorgánicas.

### Quiralidad y actividad óptica

Las moléculas quirales son moléculas que pueden existir en dos formas posibles llamadas isómeros ópticos o enantiómeros. Estas dos formas son la imagen simétrica una de la otra, de la misma forma que la mano izquierda y la mano derecha son la imagen simétrica una de la otra.

La quiralidad está acompañada de actividad óptica (o birrefringencia circular). Esta es la propiedad que poseen ciertos medios (ópticamente activos) de hacer rotar el vector de un haz luminoso que los atraviesa. La actividad óptica resulta de la interacción de la luz con la molécula. Los fenómenos de interacción de los fotones con los electrones son explicados por la mecánica cuántica.

El poder rotatorio es una de las manifestaciones de la actividad óptica y corresponde al ángulo de rotación del plano de vibración de la luz polarizada observado luego del paso por una sustancia ópticamente activa. Dos isómeros ópticos tienen poderes rotatorios opuestos. El enantiómero dextrorrotatorio desvía el plano de polarización a la derecha, mientras que el levorrotatorio lo hace a la izquierda. Por compensación de los efectos, el poder rotatorio de una mezcla equimolar de dos enantiómeros (racemato) es nulo.

La mayoría de las moléculas básicas notables biológicamente, como los aminoácidos y los azúcares naturales, tienen una quiralidad y sólo existen prácticamente bajo forma de un enantiómero. Se habla de la homoquiralidad de lo viviente. Por el contrario, los compuestos orgánicos producidos por procesos no biológicos son generalmente racematos, es decir que las moléculas quirales están presentes en sus dos formas posibles en igual cantidad. La cuestión del origen de esta asimetría, incluye la elucidación de la causa última de la homoquiralidad y por tanto de la vida.

### Inducción de exceso enantiomérico

Para explicar el origen de la homociralidad fueron propuestos agentes físicos externos que inducen una actividad óptica en los productos formados, idea propuesta originalmente por Louis Pasteur.

*«L'univers est un ensemble dissymétrique, et je suis persuadé que la vie, telle qu'elle se manifeste à nous, est fonction de la dissymétrie de l'univers ou des conséquences qu'elle entraîne.» (Pasteur, 1874)*

*«El universo es un todo asimétrico, y estoy convencido de que la vida, tal como se nos manifiesta, es función de la asimetría del universo o de las consecuencias que conlleva.» (Pasteur, 1874)*

Pierre Curie describe la inducción de un exceso enantiomérico en su célebre fórmula general, que establece que «es la disimetría que crea el fenómeno»:

*«Au point de vue des idées générales, la notion de symétrie peut être rapproché de la notion de dimension : Ce deux notions fondamentales sont respectivement caractéristiques pour le milieu ou se passe un phénomène et pour la grandeur qui sert à en évaluer l'intensité.*

*Deux milieux de même dissymétrie ont entre eux un lien particulier dont on peut tirer des conséquences physiques. Une liaison du même genre existe entre deux grandeurs de même dimension.... autrement dit, certains éléments de symétrie peuvent coexister avec certains phénomènes, mais ils ne sont pas nécessaires. Ce qui est nécessaire, c'est que certains éléments de symétrie n'existent pas. C'est la dissymétrie qui crée le phénomène.» (Curie, 1894)*

*«Desde el punto de vista de las ideas generales, la noción de simetría puede aproximarse a la noción de dimensión: estas dos nociones fundamentales son respectivamente características del medio en el que tiene lugar un fenómeno y de la magnitud que se utiliza para evaluar su intensidad.*

*Dos ambientes con la misma asimetría tienen entre ellos un vínculo particular del que podemos sacar consecuencias físicas. Una conexión del mismo tipo existe entre dos cantidades de la misma dimensión.... en otras palabras, ciertos elementos de simetría pueden coexistir con ciertos fenómenos, pero no son necesarios. Lo que es necesario es que no existan ciertos elementos de simetría. Es la asimetría la que crea el fenómeno.»(Curie, 1894)*

La luz circularmente polarizada es un factor quiral y es postulada como causa del origen de la homociralidad biomolecular de los organismos vivientes (Meinert, 2016).

## FOTOQUÍMICA

La fotoquímica estudia las transformaciones químicas de las moléculas bajo la acción de la luz (en particular ultravioleta, visible e infrarrojo cercano). En las reacciones fotoquímicas, la energía necesaria para el desarrollo de la reacción es aportada por los fotones absorbidos por los reactivos que poseen determinados grupos químicos llamados *cromóforos*, capaces de absorber la luz.

Un agrupamiento cromóforo incluye un conjunto de enlaces atómicos dobles en alternancia con enlaces simples. Los enlaces dobles implican cuatro electrones de valencia y en los ejemplos comunes participan carbono (C=C), oxígeno (C=O) y nitrógeno (C=N). Cuando el número de enlaces conjugados es bajo la absorción se produce en el ultravioleta. A mayor número de enlaces múltiples conjugados, más la absorción se extiende hacia las longitudes de ondas elevadas. A partir de siete enlaces conjugados la absorción se realiza en el dominio visible y las especies son coloreadas.

Otro tipo de cromóforos son los complejos metálicos los cuales contienen un metal conformando un complejo de coordinación con ligandos, como el grupo hemo de las hemoproteínas tales como la hemoglobina, la mioglobina y los citocromos. Numerosas proteínas estructurales y enzimas contienen metales en su estructura cuya fotorreactividad tiene un efecto sobre la función molecular.

Algunos agrupamientos llamados auxocromos (como los agrupamientos que contienen oxígeno, nitrógeno, un halógeno, azufre) pueden reforzar el efecto de los agrupamientos cromóforos.

Los agrupamientos de átomos cromóforos presentan una nube electrónica deslocalizada que puede entrar en resonancia con la radiación incidente y así absorberla.

Según la teoría cuántica, la absorción de la energía se produce por etapas, cada etapa o transición corresponde a la absorción de un fotón. La absorción de fotones por las moléculas lleva a estados electrónicos excitados resultantes



de una transición electrónica, por pasaje de un electrón de una orbital molecular a otra orbital de mayor energía. La reactividad de la molécula en el estado excitado es diferente que en el estado fundamental. La excitación fotoquímica de los electrones concierne los electrones situados en las orbitales moleculares externas (electrones de valencia), los cuales intervienen en los enlaces químicos con otros átomos y rigen la reactividad.

Una molécula en el estado excitado puede volver a su estado fundamental por diferentes vías dependiendo del tipo de molécula: sea por procesos acompañados por la emisión de un fotón o de calor o por diferentes fotorreacciones unimoleculares (descomposición, reordenamientos intramoleculares, isomerización, ruptura del enlace) o bimoleculares (fotoadiciones, abstracción de hidrógeno, transferencia de energía, transferencia de electrón) (Carteau, 2006).

La luz es siempre un reactivo en un proceso fotoquímico. El reordenamiento electrónico iniciado por la radiación electromagnética produce un desplazamiento de la nube electrónica en relación al núcleo de los átomos. Esta perturbación consiste en la transferencia de una cierta cantidad de energía a la molécula, lo que la vuelve concretamente excitada. Cuando hay un agrupamiento de un átomo muy electronegativo y otro muy electropositivo la molécula es muy polarizada. La separación de carga es acentuada por la luz.

### Moléculas orgánicas y luz

Las reacciones químicas se producen por transferencia de electrones que participan en la unión entre los átomos. Los átomos tienen una reactividad propia característica estén ellos en compuestos inorgánicos u orgánicos.

En las primeras experiencias ópticas, como en la vida cotidiana, la fuente era la luz del sol que es policromática. La fotosíntesis, la síntesis de vitamina D, la visión, el bronceado son ejemplos muy conocidos de reacciones fotoquímicas naturales.

La luz está compuesta por un campo electromagnético oscilante que puede ser representado por una onda vector indicando su dirección de propagación, a esta pueden ser asociados dos vectores perpendiculares representando los campos eléctrico y magnético, cuyas oscilaciones son mutuamente perpendiculares y cada una oscilando a la frecuencia de la onda.

Para la luz natural, el vector campo eléctrico puede tomar todas las direcciones perpendiculares a la dirección de propagación. Para la luz polarizada, la dirección que adoptan las oscilaciones del campo eléctrico se efectúa según una dirección privilegiada (no es más aleatoria). Si una sola dirección de oscilación subsiste, la polarización se llama rectilínea. Si la dirección varía de manera continua efectuando un bucle la onda es circularmente polarizada.

### Discriminación quiral

En un entorno simétrico, la interacción entre una molécula quiral y su ambiente no depende del enantiómero considerado, lo mismo que un diestro y un zurdo asen con la misma facilidad una herramienta «no quiral» como un martillo. Pero un entorno quiral interactúa diferentemente con dos enantiómeros, lo mismo que un zurdo no puede utilizar las tijeras diseñadas para un diestro. La discriminación quiral es esta diferencia de comportamiento de una entidad quiral en un entorno quiral (Seurre, 2004).

La luz circularmente polarizada es un fenómeno quiral dado que la dirección del campo eléctrico gira a lo largo del vector de propagación y presenta entonces dos posibilidades de radiación, dextrógira o levógira. Las sustancias quirales absorben diferentemente la luz polarizada derecha e izquierda. En precursores racémicos o proquirales, la luz circularmente polarizada produce un exceso enantiomérico significativo y reproducible.

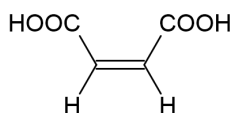
La fotoquímica orgánica moderna (Zhang, 2016) utiliza la luz circularmente polarizada para inducir la prevalencia de un enantiómero por diferentes fotorreacciones y se volvió un instrumento de gran utilidad con varias aplicaciones tecnológicas e industriales.

### Fotoisomerización *cis-trans*

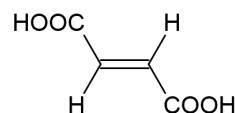
La conversión entre el ácido maleico y el ácido fumárico es un ejemplo clásico de isomerización *cis-trans*.

La isomerización de ácido fumárico a ácido maleico, y viceversa, se produce por exposición a la luz ultravioleta. La absorción de un fotón se realiza en el doble enlace, tornándolo más débil y permitiendo así que la rotación en torno al enlace pueda ocasionalmente producirse. Al modificar la longitud de onda hay una excitación selectiva de los enantiómeros y el equilibrio fotoquímico puede ser desplazado hacia un sentido o el otro (Sachkov, 2000).

Estos dos diastereoisómeros son muy importantes para el metabolismo energético. El ácido fumárico es generado en el ciclo de Krebs mientras que el ácido maleico es un inhibidor del ciclo de Krebs (Eiam-ong, 1995). En las personas afectadas de psoriasis, la síntesis endógena de ácido fumárico estaría alterada. Los beneficios de la suplementación en ácido fumárico, así como la exposición al sol, fueron puestos en evidencia para tratar la psoriasis.



Ácido maleico  
Forma Z (*cis*)



Ácido fumárico  
Forma E (*trans*)

En el ojo, la fotoisomerización de retinal permite la visión. El proceso de la visión consiste en la recepción de un fotón por una molécula de rodopsina, cuyo componente retinal pasa entonces de la conformación 11-*cis* a la conformación toda *trans*, y este cambio de conformación molecular desencadena el mecanismo de la visión.

Otro ejemplo fisiológico de fotoisomerización *cis-trans* es el ácido urocánico, un cromóforo UV presente principalmente en la piel. Ante la exposición a la radiación UV, el ácido *trans* urocánico es convertido en el isómero *cis*. El metabolismo de este compuesto está ligado entre otros a la dermatitis atópica, el asma, la apoptosis y la respuesta inmune.

### Epimerización: equilibrio ceto-enólico y mutarotación

La epimerización es la inversión de la quiralidad de un átomo de carbono en una molécula.

El equilibrio o tautomería ceto-enólica es una reacción típica de los azúcares y permite la conversión entre aldosas y cetosas y también la inversión de la quiralidad del átomo de carbono vecino al grupo carbonilo (C=O, grupo característico de cetonas y aldehídos). La formación de un enodiol intermediario durante la reacción permite una conversión reversible entre azúcares. Es una reacción remarcable tanto por su simplicidad como por su aparente indispensabilidad para la vida. Por ejemplo, los monosacáridos glucosa, fructosa y manosa son convertibles entre ellos (Lowry, 1903).

Estas reacciones son muy expandidas, no están limitadas a los azúcares, tienen lugar en reacciones catalizadas de forma enzimática o no. Un compuesto que contiene un grupo carbonilo está normalmente en equilibrio rápido con una forma enólica tautómera (C=C-OH). Entre los ejemplos de esta reacción de conversión se encuentran particularmente las reacciones de conversión de esteroides canalizadas por piridina.

La fotoenolización (enolización catalizada por la luz) es un fenómeno muy general que tiene lugar en una amplia variedad de sustratos (Sammes, 1976).

La mutarrotación es un cambio conformacional característico de los azúcares. Las unidades de azúcares presentan una estructura cíclica formada por reacción del grupo funcional carbonilo con un hidroxilo unido a un átomo de carbono localizado a 3 o 4 átomos de carbono de distancia. El ciclado forma un nuevo centro quiral con dos conformaciones posibles -  $\alpha$  y  $\beta$  - que están en equilibrio por apertura y cierre del ciclo. Esta conversión (epimerización del carbono hemiacetalico) es acompañada de cambios en el comportamiento óptico.

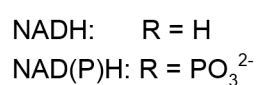
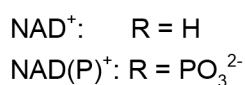
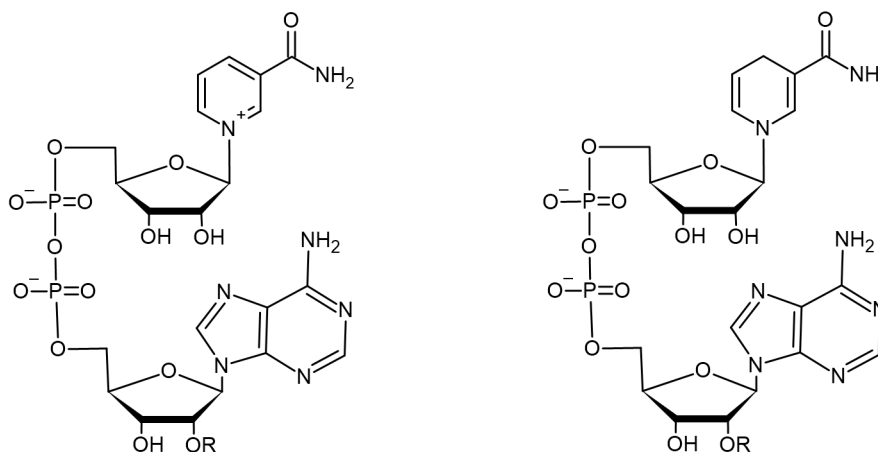
## COMPUESTOS BIOQUÍMICOS FUNDAMENTALES Y LUZ

### Nucleótidos de piridina: NAD y NADP

El dinucleótido de nicotinamida y de adenina- (NAD) y el fosfato del dinucleótido de nicotinamida y de adenina (NADP), participan de diferentes maneras en el metabolismo de todas las células. Una amida (RCONH<sub>2</sub>) es un compuesto que posee un átomo de nitrógeno (N) unido a su grupo carbonilo (C=O). Un nucleótido está compuesto de una base nucleica (o base nitrogenada), de una pentosa, y de uno a tres grupos fosfato. Los nucleótidos de piridina son llamados así porque la nicotinamida es un derivado de la piridina. Los nucleótidos de piridina existen bajo una forma oxidada, anotada NAD(P)<sup>+</sup>, y una forma reducida, anotada NAD(P)H.

Mediante la conversión entre las respectivas formas reducidas y oxidadas, los nucleótidos de piridina son transportadores de electrones en numerosas reacciones de oxidoreducción, generalmente reversibles, catalizadas por un amplio grupo de enzimas llamadas deshidrogenasas piridin dependientes (Lehninger, 1979, p. 491). Las reacciones de transferencia de átomos de hidrógeno y de electrones son la función principal de los nucleótidos de piridina.

Los electrones constituyen un vehículo para la transferencia de energía química proveniente de las reacciones que liberan energía del catabolismo. Durante la degradación oxidativa de los nutrientes la energía metabólica es contenida en electrones con alto potencial de transferencia que reducen por diversos caminos el NAD<sup>+</sup> en NADH, y el NADP<sup>+</sup> en NADPH. El NADH es la fuente de energía en el marco de la respiración celular para la producción



de trifosfato de adenosina (ATP), que es la molécula de almacenamiento de la energía química que luego será utilizada según las necesidades celulares. El NADPH es utilizado para aportar electrones o átomos de hidrógeno a las reacciones de biosíntesis como las de ácidos grasos, aminoácidos, nucleótidos y hormonas esteroideas.

Además de las funciones que se han señalado, los nucleótidos de piridina participan como sustratos para reacciones de modificación de algunas proteínas que intervienen en la reparación del ADN, la regulación de la expresión genética, la apoptosis, el control de la mielinización del sistema nervioso central y del sistema nervioso periférico. El NAD<sup>+</sup> es precursor de ADP-ribosa cíclica que participa en la movilización del calcio y es secretado por neuronas comportando una función de señalización intracelular.

### Reactividad de los nucleótidos de piridina a la luz

Los nucleótidos de piridina son muy absorbentes en el ultravioleta. Estos presentan un pico de absorción alrededor de una longitud de onda de 259 nm debido a la presencia de adenina en la molécula. Las formas reducidas, NADH y NADPH tienen un segundo pico de absorción máxima característica a una longitud de onda de 340 nm correspondiente a la absorción del residuo de piridina reducido. Las formas reducidas presentan también una emisión fluorescente a 445 nm cuando son excitadas a 340 nm.

El potencial redox es una medida del poder reductor, es decir de la tendencia a perder (o a ganar) electrones. Bajo excitación por la luz los potenciales redox de NADH y de NADPH son incrementados a un nivel que supera el potencial del electrodo de hidrógeno (Nikaandrov, 1978). Ya reactiva sin iluminación, la molécula se vuelve más reactiva por la activación producida por la luz. Así, la luz estimula la transferencia de electrones y, por lo tanto, entre otros, la respiración celular. Esta activación directa del NAD por la luz y el efecto de activación sobre las reacciones de oxidorreducción ligadas es descrito en un trabajo reciente titulado justamente: el NAD como fotocatalizador (Kim, 2019). La fotoactivación de nucleótidos de piridina aparece de esta manera directamente ligada a la variación circadiana de la actividad metabólica.

### Aminoácidos y proteínas

#### Modificaciones de cisteínas y puentes disulfuro

El aminoácido cisteína juega un rol importante en las proteínas debido a la alta reactividad del átomo de azufre (S). El grupo tiol o sulfhidrilo (SH) de la cisteína (forma reducida) puede reaccionar con sulfhidrilos vecinos para formar un grupo disulfuro (SS) entre dos cisteínas (forma oxidada). Los puentes disulfuro entre residuos de cisteína forman parte de la estructura de las proteínas. La formación/disrupción de puentes disulfuro es inducida por varios mecanismos y conlleva cambios en la conformación y funcionamiento de las proteínas.

Los puentes disulfuro pueden ser reducidos por acción del glutatión (GSH: ácido glutámico-cisteína-glicina) o

la tiorredoxina. En los dos casos la fuente de equivalentes de reducción es NADPH a través de los sistemas NADPH/tiorredoxina reductasa/tiorredoxina y NADPH/glutati6n reductasa/glutati6n (M6ndez, 2018). La tiorredoxina reductasa y la glutati6n reductasa son flavoproteínas, contienen flavín-adenín-dinucle6tido (FAD), crom6foro de color amarillo, en su sitio activo.

La excitaci6n UV puede producir la reducci6n de puentes disulfuro. Este es el caso, por ejemplo, de la activaci6n por la luz UV de plasmin6geno (proteína que interviene en la regulaci6n de la coagulaci6n, la reparaci6n tisular, la angi6genesis, la ovulaci6n, la implantaci6n del embri6n, la activaci6n de ciertas hormonas de crecimiento y metaloproteinasas). Esta fotorreactividad de los puentes disulfuro fue observada tambi6n en otras proteínas, incluyendo la insulina y la calmodulina (Correia, 2015).

Los grupos sulfhidrilos participan en sitios activos de las enzimas y en motivos estructurales como los centros hierro-azufre, el hemo, y el zinc finger. En ciertas proteínas, los puentes disulfuro conforman un repliegue particular *-cystine-knot-* en el cual la secci6n polipeptídica entre dos puentes disulfuro forma un *loop* a trav6s del cual pasa el tercer puente. La conformaci6n estructural *cystine-knot* est6 presente en las hormonas glucoproteicas (LH, FSH, hCG y TSH) y otras proteínas secretadas que actúan como factores de crecimiento y regulan el crecimiento celular, la diferenciaci6n celular y la comunicaci6n entre células, y desempeñan un rol esencial durante el desarrollo embrionario.

### Ácido piroglutámico

Varias proteínas y péptidos con actividad biológica poseen un residuo N-terminal de ácido piroglutámico, producido por ciclado de los aminoácidos ácido glutámico o glutamina en posici6n N-terminal. Esta reacci6n puede ocurrir espontáneamente o por acci6n de la enzima glutaminil ciclasa.

El ácido piroglutámico es una amida cíclica o lactama que posee un centro quiral y por lo tanto presenta dos enanti6meros. Las lactamas pueden interconvertir en lactimas por enolizaci6n del grupo carbonilo. Los pares taut6meros lactama/lactima est6n en equilibrio r6pido entre ellos y constituyen uno de los casos m6s comunes de tautomería (Negi, 2013).

El ácido piroglutámico N-terminal tiene un efecto estabilizador y desempeña una funci6n reguladora de la actividad biológica. Varios neuropéptidos (incluyendo GnRH y TSH), anticuerpos y proteínas estructurales (incluyendo fibrina, fibrin6geno y proteínas de tipo colágeno) poseen ácido piroglutámico N-terminal (Kumar, 2012).

### Glúcidos

Los glúcidos, tambi6n llamados carbohidratos, sacáridos o simplemente azúcares son definidos como polihidroxialdehidos o polihidroxicetonas. Los polisacáridos (glucanos) son polímeros compuestos por varios monosacáridos. El prefijo gluco significa azúcar en sentido general.

### Glucoproteínas

Las glucoproteínas son proteínas que contienen al menos una cadena oligosacárida unida por un enlace covalente a un residuo de aminoácido. Existe una gran variedad de glucoproteínas (receptores, transportadores de membrana, glucoproteínas sanguíneas, hormonas, anticuerpos, enzimas, mucoproteínas, glucoproteínas de los basamentos extracelulares de las membranas) y est6n presentes en todos los tejidos.

Una de las terminaciones m6s comunes de las cadenas de oligosacáridos de glucoproteínas y glucolípidos es el ácido siálico (ácido N-acetilneuramínico). Un ejemplo importante es el tetrasacárido Sialil-Lewis<sup>x</sup>, típicamente ligado a la superficie de las células. Los glucanos que contienen ácido siálico tienen una funci6n primordial en la fertilizaci6n, el desarrollo cerebral, la neurotransmisi6n, la funci6n muscular, la funci6n renal, modulaci6n de la respuesta inmune, la adhesi6n celular, la progresi6n del c6ncer, las infecciones virales o bacterianas.

### Biosíntesis de sacáridos

Algunas reacciones que participan en la biosíntesis de sacáridos presentan un patr6n de reacci6n com6n que es la utilizaci6n de un dador de azúcar energizado: un nucle6tido-azúcar. Los nucle6tidos azúcares y su funci6n fueron descubiertos por Leloir en Buenos Aires. Una vez formados, los nucle6tidos azúcares, pueden experimentar una gran variedad de reacciones enzimáticas, incluidas la oxidaci6n, la reducci6n y la epimerizaci6n, así como su *transferencia* a otros azúcares o azúcares polímeros.

La mayoría de las rutas por las cuales la glucosa se transforma en otros azúcares o sus derivados transcurren por intermedio del nucle6tido azúcar UDP-glucosa (uridín-difosfato-glucosa) (Lehninger, 1979, pp. 652-654).

La UDP-glucosa es convertida de forma reversible en UDP-galactosa por la UDP-galactosa-4-epimerasa (GALE), enzima que requiere NAD como cofactor (Leloir, 1983). Esta reacci6n de epimerizaci6n consiste en la inversi6n

del grupo hidroxilo del carbono 4. La misma enzima puede convertir entre ellos los sustratos UDP-N-acetilglucosamina y UDP-N-acetilgalactosamina. Mediante estas epimerizaciones, GALE mantiene el balance de cuatro nucleótidos-azúcar *esenciales para la* biosíntesis de glucoproteínas y de glucolípidos. (Broussard, 2020).

La UDP-N-acetilglucosamina es un sustrato inicial para la biosíntesis de ácido siálico. Esta reacción es catalizada por la enzima UDP-N-acetilglucosamina 2-epimerasa/N-acetilmanosamina quinase (GNE), reguladora clave de esta vía metabólica y que contiene zinc en su sitio activo.

Los glucanos son sintetizados mediante la acción de glucosiltransferasas. Las glucosiltransferasas catalizan la transferencia de un monosacárido desde un azúcar *activado* hacia una molécula aceptora. La mayoría de las glucosiltransferasas que utilizan como dador de azúcar un derivado nucleotídico son metalo-dependientes hacia el magnesio o el manganeso.

La formación de glucurónidos, catalizada por una UDP-glucuronosil-transferasa, es un ejemplo de reacción de transferencia a partir de un nucleótido-azúcar, el ácido UDP-glucurónico (formado por oxidación de UDP-glucosa con reducción de NAD<sup>+</sup>). La formación de glucurónidos conjugados permite la solubilización de sustancias tóxicas a eliminar y así su excreción en la orina o la bilis. La bilirrubina, producto de degradación de la hemoglobina, es la causa de la coloración amarilla de la piel en ciertas expresiones clínicas que presentan hiperbilirrubinemia incluyendo la ictericia neonatal. La *fototerapia* es el tratamiento indicado para la ictericia neonatal. La inducción por la luz (fototerapia UV o exposición al sol) del clearance metabólico de la bilirrubina es explicada a nivel de diversas moléculas blanco (Fujiwara, 2015).

La estimulación por la luz de diversas glucosiltransferasas (Bussolino, 1997) así como la fotorregulación del contenido de azúcares en las glucoproteínas y glucolípidos (Caputto, 1982), son fenómenos descriptos.

## FISIOLOGÍA

Varias moléculas conectan el entorno luminoso al metabolismo. Los agrupamientos cromóforos, de iones metálicos o de otros cofactores absorben la luz y actúan en sinergia con proteínas acopladas resultando una modificación en la estructura y la actividad de las proteínas (Getzoff, 2005). Los nucleótidos de piridina (NAD y NADP), los flavín-nucleótidos (FMN y FAD), los grupos ferro-porfirina, los centros hierro-azufre y la ubiquinona (coenzima Q) son todos cromóforos que conforman el sitio activo de enzimas de oxidorreducción y de proteínas de transferencia de electrones y de hidrógeno (Lehninger, 1979, p. 491). Fundamentalmente, NAD, NADPH, FADH<sub>2</sub> y ATP son los transportadores de energía proveniente de las reacciones del catabolismo a las reacciones del anabolismo (Nelson, 2000).

### Eje hipotálamo–hipófisis–gónadas

El eje hipotálamo–hipófisis–gónadas rige el funcionamiento sexual. La hormona liberadora de gonadotropina (GnRH), neuropéptido sintetizado por neuronas del hipotálamo, es la hormona de partida de la regulación hormonal en los dos sexos. La GnRH es un decapeptido que contiene ácido piroglutámico en posición C-terminal. La GnRH, provoca la liberación de gonadotropinas -FSH y LH- por la hipófisis. Las gonadotropinas estimulan la producción de las hormonas gonádicas y de los gametos.

La producción de GnRH sigue un mecanismo típico de la mayoría de los péptidos activos. La GnRH es sintetizada en forma de un precursor que recibe posteriores transformaciones para dar el péptido activo. Esta maduración de los precursores se realiza en los gránulos secretorios en camino a los sitios de almacenamiento y de liberación en la periferia de la célula. En forma secuencial, dos enzimas de corte las proproteína convertasas y la carboxipeptidasa E cortan al precursor. Para ciertos péptidos son requeridas transformaciones adicionales para producir el péptido activo.

La carboxipeptidasa E es una enzima necesaria para la biosíntesis de la mayoría de las hormonas peptídicas neuroendocrinas y neuropéptidos (Cawley, 2012).

La carboxipeptidasa E, presente en los gránulos neurosecretorios del hipotálamo y de otros tejidos que liberan péptidos activos, contiene un átomo de zinc en su sitio activo. El zinc absorbe la luz. La actividad de la carboxipeptidasa E es susceptible de ser modificada por la luz y así modificar los niveles de péptidos producidos por su acción. Los productos de carboxipeptidasa E incluyen la GnRH, la insulina, las encefalinas, la vasopresina, oxitocina y la mayoría de las otras hormonas peptídicas neuroendócrinas y neuropéptidos.

De un punto de vista más general, el hipotálamo no controla solamente la actividad sexual sino también en grado variable otros órganos endócrinos y las funciones autónomas.



### La acción de la luz sobre el desarrollo sexual

Varios estudios fisiológicos sobre la acción estimulante de la luz en el desarrollo y funcionamiento de las gónadas -reflejo fotosexual- datan del comienzo del siglo pasado. Eran bien conocidos, igualmente, ciertos efectos de la luz sobre la presión arterial, la diuresis y la glucemia.

Experiencias impresionantes realizadas con patos prepúberes sometidos a diversos tratamientos (extirpación del globo ocular, sección del nervio óptico, colocación de materiales opacos alrededor y detrás del globo ocular, iluminación directa del hipotálamo mediante una fibra de cuarzo) al término de los cuales se medía el tamaño de los testículos, son muy ilustrativas. Esas experiencias muestran en primer lugar el efecto castrador de la falta de luz. Más en detalle, el efecto gonádico estimulante de la luz sobre el desarrollo testicular del pato comprende dos tipos de fotorreceptores: uno superficial, la retina y otro profundo, el hipotálamo. En el *ojo*, solamente las radiaciones de luz naranja y roja producen desarrollo testicular. El hipotálamo es sensible a todo el espectro visible (Benoit, 1961).

Entre los factores ambientales que afectan la reproducción, la duración del día (o la fracción de luz) parece ser el que tiene la mayor influencia en la mayoría de las especies (Halberg, 1974).

### Fecundación. ZP3, NADP y capacitación espermática

El espermatozoide adquiere la capacidad de fecundar el ovocito durante la migración a través de las vías genitales femeninas por el proceso de capacitación. La capacitación conlleva modificaciones de la membrana y citoplasmáticas (fosforilación de proteínas, modulación de tiores-puentes disulfuro incluyendo aumento del contenido de tiores) y un aumento de la motilidad (hiperactivación) de los espermatozoides. El metabolismo energético mitocondrial es un factor esencial de soporte durante la capacitación.

El ovocito está recubierto por una matriz glucoprotéica acelular llamada zona pelúcida. El receptor primario del espermatozoide es una glucoproteína de la zona pelúcida llamada ZP3 que contiene la secuencia terminal Sialil-Lewis<sup>x</sup>.

La unión del espermatozoide al ligando ZP3 inicia la reacción acrosomal, una *exocitosis* Ca<sup>++</sup> dependiente, durante la cual el contenido del acrosoma, organela rica en enzimas digestivas situada en la cabeza del espermatozoide, es liberado hacia el exterior. La reacción acrosomal permite a los espermatozoides atravesar la zona pelúcida hacia la membrana plasmática del ovocito (Schöni-Affolter, 2020).

Los oligosacáridos tienen una participación indispensable en la interacción de las gametas y la fusión espermatozoide-ovocito.

## PATOLOGÍAS

El metabolismo está compuesto por series de reacciones altamente específicas realizadas por enzimas que utilizan moléculas de base y mecanismos de reacción comunes. Una falla común previa a vías metabólicas diferentes puede acarrear efectos deletéreos muy diversos. Así, una deficiencia o desequilibrio en los pares redox de los nucleótidos de piridina, NAD<sup>+</sup>/NADH y NADP<sup>+</sup>/NADPH, fue asociada a varias patologías como cáncer, enfermedades cardiovasculares, y enfermedades neurodegenerativas (Xiao, 2018).

### Enfermedades mitocondriales

La disfunción mitocondrial es una característica común a diversas enfermedades modernas como Parkinson, diabetes, cáncer, infertilidad, maculopatía degenerativa, vitíligo.

En las mitocondrias tiene lugar la fosforilación oxidativa (respiración celular) destinada a la producción de ATP, molécula almacenadora y dispensadora de la energía celular. El ciclo de Krebs es la etapa metabólica que une la fermentación con la respiración. El par redox NAD<sup>+</sup>/NADH une el ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa. La función básica de NADH es justamente proveer a la cadena respiratoria mitocondrial de electrones con alto poder de transferencia, cuyo aceptor final es el oxígeno con la producción concomitante de ATP.

La producción de energía es regulada en armonía con las necesidades. El eje hipotálamo-hipofisario, por la acción de las hormonas esteroides (andrógenos, estrógenos, progesterona, glucocorticoides y mineralocorticoides) o tiroideas, es el mayor regulador del metabolismo energético mitocondrial.

Las células cancerosas tienen como característica -señalada causativa por Warburg (Mollerach, 2016)- que su metabolismo energético es desarrollado hacia la glucólisis anaeróbica (fermentación) en perjuicio de la fosforilación oxidativa (respiración celular).

## Enfermedades de la glicosilación

Los glucanos y las glucosiltransferasas están involucrados en todas las enfermedades mayores. Los glúcidos de la superficie celular son esenciales a los contactos extracelulares y tienen una función central en la migración celular, la neurogénesis y otras interacciones celulares durante el desarrollo, las reacciones de los linfocitos, la fusión de gametos, la exocitosis, la endocitosis, las infecciones virales.

Las enfermedades congénitas de la glicosilación son un grupo de patologías en aumento exponencial. En la mayoría de los casos hay un compromiso neuromuscular y varios órganos son afectados presentando una extremadamente amplia variación en la presentación clínica y la severidad (Barone, 2014). Algunas enzimas causativas han sido identificadas cuya afección puede ser hereditaria o adquirida (mutaciones *de novo*) (Chang, 2018). Por ejemplo, mutaciones en la enzima O-manosiltransferasa 2 (POMT 2), glucoproteína abundante en el acrosoma del espermatozoide, están asociadas a distrofias musculares congénitas (Willer, 2002).

## MEDIO AMBIENTE

### Fondo chiral

El fondo quiral (*chiral pool*) es el conjunto de las moléculas quirales de origen natural.

La relevancia de la asimetría molecular fue explicada de forma sorprendente por Lowry ante la *Royal Society of Medicine* en ocasión del centenario de Pasteur. Lowry señala que la producción de sustancias con actividad óptica, particularidad de la naturaleza, es la real diferencia entre orgánico e inorgánico, y entre la naturaleza y el hombre. Lowry señala que Pasteur fue el primero en atravesar esta barrera, y encadena luego la «tragedia real» del cuento Alicia del otro lado del espejo: si la asimetría del reino vegetal fuese invertida, la muerte esperaría a Alicia ciertamente.

*«Pasteur called attention to the fact that in the mineral kingdom, and by the artificial operations of the chemical laboratory, asymmetric molecules are always produced in equal quantities of opposite types, giving rise to optically inactive compounds or mixtures. Nature, however, almost invariably produces optically active products; and all the materials of the living tissue are branded with this symbol of their divine origin. This, then, is the real distinction between the organic and the inorganic, between nature and man, and this “middle wall of partition” Pasteur was the first to break down.... the yeast, trained for countless generations to assimilate dextro-tartaric acid, refuses to ferment levo-tartaric acid, and turns away with loathing from the unaccustomed food. This phenomenon has been widely extended and applies not only to humble organisms but to man himself... if, therefore, through some freak of nature the asymmetry of the vegetable kingdom were reversed, whilst leaving that of the animal kingdom unchanged, we too, like the yeast, might starve in the midst of plenty, unable to digest the unaccustomed sugar with its facets at the wrong corners, or to nourish ourselves upon the finest wheat flour containing starch and gluten of the wrong sign.*

*This, surely, is the real tragedy of “Alice through the Looking-Glass.” The buns and cakes beyond the mirror would present a tempting appearance;... but the carbohydrates and proteins would probably “turn to ashes” in her mouth and provide her with little or no nourishment. Even if she should succeed, however, in finding sufficient food, her growth would certainly be arrested by lack of optically active vitamins of the right sign, and death would certainly await her, perhaps the more merciful if not long delayed.» (Lowry, 1923).*

*«Pasteur llamó la atención sobre el hecho de que en el reino mineral, y por las operaciones artificiales del laboratorio químico, siempre se producen moléculas asimétricas en cantidades iguales de tipos opuestos, dando lugar a compuestos o mezclas ópticamente inactivos. La naturaleza, sin embargo, produce casi invariablemente productos ópticamente activos; y todos los materiales del tejido vivo están marcados con este símbolo de su origen divino. Esta es, entonces, la verdadera distinción entre lo orgánico y lo inorgánico, entre la naturaleza y el hombre, y esta “pared intermedia de separación” fue Pasteur el primero en derribarla.... la levadura, entrenada durante innumerables generaciones para asimilar el ácido dextro-tartárico, se niega a fermentar el ácido levo-tartárico y se aparta con aversión de la comida a la que no está acostumbrada. Este fenómeno se ha extendido mucho y se aplica no sólo a los humildes organismos sino al hombre mismo.... si, por lo tanto, a través de algún capricho de la naturaleza, la asimetría del reino vegetal se invirtiera, mientras que el del reino animal permaneciera sin cambios, nosotros también, como la levadura, podríamos morir de hambre en medio de la abundancia, incapaces de digerir el desacostumbrado azúcar con sus facetas en las esquinas equivocadas, o nutrirnos de la mejor harina de trigo que contiene almidón y gluten del signo equivocado.*

*Esta, seguramente, es la verdadera tragedia de "Alicia a través del espejo". Los bollos y pasteles más allá del espejo presentarían una apariencia tentadora;... pero los carbohidratos y las proteínas probablemente se «convertirían en cenizas» en su boca y le proporcionarían poca o ninguna nutrición. Sin embargo, incluso si tuviera éxito en encontrar suficiente comida, su crecimiento ciertamente se detendría por la falta de vitaminas ópticamente activas del signo correcto, y la muerte ciertamente la esperaría, quizás la más misericordiosa si no se demora mucho» (Lowry, 1923).*

La acción biológica de dos enantiómeros de una sustancia quiral, sea ella natural o sintética, difieren sustancialmente. La talidomida, utilizada durante los años 1950 y 1960 como sedante y calmante de las náuseas especialmente en las mujeres embarazadas, es de ello un ejemplo trágico. Esta molécula posee un átomo de carbono asimétrico, es por lo tanto quiral y existe bajo dos enantiómeros. La R-talidomida es sedante mientras que la S-talidomida tiene efectos teratogénicos. Las dos formas pueden convertirse una en la otra *in vivo* (Agranat, 2002).

Actualmente nos encontramos bajo una fuerte presión no solamente de componentes quirales de origen antropogénico sino también de fuerzas que tienen una acción disimétrica.

La alteración de la pureza quiral de los componentes orgánicos es una cuestión ambiental que concierne a la biogeofísica y la biogeoquímica. Los mega incendios recientes han producido una mega pérdida de *biomasa vegetal*, que compromete la producción de O<sub>2</sub>, la captación de CO<sub>2</sub> y la generación y reserva del fondo quiral. (Mollerach, 2022).

## CONCLUSIÓN

El estudio de la acción de la luz sobre las moléculas orgánicas orientó el desarrollo de la bioquímica. También, las relaciones entre luz y salud son conocidas desde hace mucho tiempo. La alteración del ritmo circadiano es concretamente una alteración del régimen de luz. Muchas enfermedades están asociadas a ritmos circadianos aberrantes.

Hoy en día se está en presencia de dos hechos coincidentes en aumento. Uno es el cambio del hábitat luminoso, que comprende la polución visual, la difusión de vidrios oscuros o polarizados, la iluminación LED, el uso cada vez más intensivo de pantallas luminosas. Esto último, en particular, comporta un cambio cualitativo radical: la recepción por el ojo de luz emitida directamente de la fuente en lugar de luz reflejada. El otro hecho que acompaña estos cambios es el aumento tanto de la infertilidad como de las enfermedades nuevas o modernas en particular aquellas debidas a una disfunción mitocondrial o a una glicosilación defectuosa.

Las moléculas reactivas a la luz relacionan el hábitat luminoso al metabolismo. Se ha señalado brevemente la acción de la luz sobre algunas moléculas que cumplen una función determinante en el metabolismo tales como los nucleótidos de piridina (NAD y NADP) y diversas enzimas fotosensibles. Un defecto en su regulación puede estar ligado a la infertilidad y a las enfermedades degenerativas en expansión.

La absorción de la luz se realiza de forma anisótropa por las moléculas: la probabilidad de absorción de una molécula depende de su orientación en relación a la onda luminosa incidente. La luz polarizada interactúa de manera menos homogénea sobre el conjunto de las moléculas que la luz solar la cual es policromática y no polarizada. La luz circularmente polarizada es una radiación quiral que puede inducir y controlar la quiralidad molecular debido a la diferente fotoreactividad entre enantiómeros.

La complejidad de este tema es debida en gran parte a su carácter multidisciplinario: física, bioquímica, medicina, arquitectura. Cada disciplina estudia la acción de la luz en la dimensión que le compete en referencia a radiaciones electromagnéticas, electrones, átomos, moléculas, fisiología, patología, hábitat.

Frente a una situación de cambio tan rápido y expandido se puede decir de encontrarse en situación de una experiencia a escala masiva irreversible. La hipoxia y la alteración del ritmo circadiano son factores de riesgo ya identificados cuyos efectos perversos hay que limitar. Es necesaria la reconsideración constante del papel del cambio luminoso como causa de enfermedades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agranat I., Caner H., Caldwell J. (2002). Putting chirality to work: the strategy of chiral switches. *Nat. Rev. Drug Discov.* 1(10):753-68.
- Association Française de Cristallographie. (2014). *Pourquoi l'année Cristallo?* Accesible en (<https://www.afc.asso.fr/component/content/article/1114-pourquoi-l-annee-cristallo>) Consultada el 11 de enero de 2023.

- Barone R., Fiumara A., Jaeken J. (2014). Congenital disorders of glycosylation with emphasis on cerebellar involvement. *Semin. Neurol.* **34**(3): 357-66.
- Benoit J. (1961). Opto-sexual reflex in the duck: physiological and histological aspects. *Yale J. Biol. Med.* **34**(2): 97-116.
- Broussard A., Florwick A., Desbiens C., Nischan N., Robertson C., Guan Z., *et al.* (2020). Human UDP-galactose 4'-epimerase (GALE) is required for cell-surface glycome structure and function. *J. Biol. Chem.* **295**(5): 1225-1239.
- Bussolino D.F., Guido M.E., Caputto B.L. (1997). Light exposure stimulates the activity of ganglioside glycosyltransferases of retina ganglion cells. *Neurochem. Int.* **31**(1):105-11.
- Caputto B.L., Nores G.A., Cemborain B.N., Caputto R. (1982). The effect of light exposure following an intraocular injection of [3H]N-acetylmannosamine on the labeling of gangliosides and glycoproteins of retina ganglion cells and optic tectum of singly caged chickens. *Brain Res.* **245**: 231-8.
- Carteau D. (2006). Photochimie du *trans*-anéthol, Thèse présentée à l'Université de Bordeaux I, École Doctorale des Sciences Chimiques, Bordeaux.
- Cawley N.X., Wetsel W.C., Murthy S.R., Park J.J., Pacak K., Loh Y.P. (2012). New roles of carboxypeptidase E in endocrine and neural function and cancer. *Endocr. Rev.* **33**(2): 216-53.
- Correia M., Snabe T., Thiagarajan V., Petersen S.B., Campos S.R., Baptista A.M., *et al.* (2015). Photonic activation of plasminogen induced by low dose UVB. *PLoS One.* **10**(1):e0116737.
- Curie P. (1894). Sur la symétrie dans les phénomènes physiques, symétrie d'un champ électrique et d'un champ magnétique. *J. Phys. Theor. Appl.* **3**(1): 393-415.
- Chang I.J., He M., Lam C.T. (2018). Dec Congenital disorders of glycosylation. *Ann. Transl. Med.* **6**(24): 477.
- Eiam-ong S., Spohn M., Kurtzman N.A., Sabatini S. (1995). Insights into the biochemical mechanism of maleic acid-induced Fanconi syndrome. *Kidney Int.* **48**(5):1542-8.
- Fujiwara R., Maruo Y., Chen S., Tukey R.H. (2015). Role of extrahepatic UDP-glucuronosyltransferase 1A1: Advances in understanding breast milk-induced neonatal hyperbilirubinemia. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* **289**(1):124-32.
- Getzoff E.D., Aoyagi M., Arvai, D.P., Barondeau D.P., Brudler R.M., Cross T. *et al.* (2005) Structure and Function of Proteins as Molecular Machines. *Molecular Biology*. The Scripps Research Institute, pp. 167-169. Disponible en: (<https://www.yumpu.com/en/document/read/4293416/molecular-biology-the-scripps-research-institute>). Consultada el 12 de enero de 2023.
- Halberg J. (1974). Catfish anyone? *Chronobiologia.* **1**: 127-129.
- Kim J., Lee S.H., Tieves F., Paul C.E., Hollmann F., Park C.B. (2019). Nicotinamide adenine dinucleotide as a photocatalyst. *Sci Adv.* **5**:eaax0501. doi: 10.1126/sciadv.aax0501.
- Kumar A., Bachhawat A.K. (2012). Pyroglutamic Acid: Throwing Light on a Lightly Studied Metabolite. *Current Science.* **102**(2): 288-97.
- Lehninger A.L. (1979). *Bioquímica*, Ed. Omega, 2<sup>da</sup> ed., Barcelona.
- Leloir L.F. (1983). Far away and long ago. *Ann. Rev. Biochem.* **52**: 1-15.
- Lowry T. M. (1903). Studies of dynamic isomerism. I. The mutarotation of glucose. *J. Chem. Soc., Trans.* **83**(125): 1314-1323.
- Lowry T.M. (1923). Pasteur as Chemist, *Proceedings of the Royal Society of Medicine.* **16**(Gen Rep): 16-20.
- Meinert C., Jones N.C., Hoffman S.V., Meierhenrich U.J. (2016). Anisotropy of chiral alcohols, amines, and monocarboxylic acids: Implications for the analyses of extraterrestrial samples. *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.* **331**:130-137.
- Méndez I., Díaz-Muñoz M. (2018). Circadian and Metabolic Perspectives in the Role Played by NADPH in Cancer. *Front. Endocrinol.* **9**: 93.
- Mollerach B. (2016). Vivez dans la lumière et en plein air. Aspects biochimiques de l'habitat moderne, *Liberté Politique*, **72**: 103-116.
- Mollerach B. (2022). Mucormicosis, hipoxia y pandemia COVID-19. *Rev. Farm.* **164**(2): 21-29.
- Negi A., Gill B.S. (2013). Success Stories of Enolate Form of Drugs. *PharmaTutor* **1**(2): 45-53.
- Nelson D.L., Cox M.M. (2000). *Lehninger. Principles of Biochemistry*, 3<sup>rd</sup> edition, Worth Publishers, New York, p. 487.
- Nikandrov V.V., Brin G.P., Krasnovskii A.A. (1978). Svetovaia aktivatsiia NADH i NADPH [Light activation of NADH and NADPH]. *Biokhimiia.* **43**(4):636-45.
- Pasteur L. (1858). Mémoire sur la fermentation appelée lactique. *Annales de chimie et de physique*. Troisième série, Tome LII, Paris, pp. 404-418 (p.404).
- Pasteur L. (1874). Observations sur les forces dissymétriques. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 1 juin 1874, LXXVIII, 1515-1518, in Pasteur Vallery-Radot L. (1922) Œuvres de Pasteur. Tome premier, Dissymétrie moléculaire, Masson et C<sup>e</sup>, Paris, pp. 360-363.
- Pasteur L. (1875). Sur une distinction entre les produits organiques naturels et les produits organiques artificiels. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 19 juillet 1875, LXXXI, pp. 128-130, in Pasteur Vallery-Radot L. (1922) Œuvres de Pasteur. Tome premier, Dissymétrie moléculaire, Masson et C<sup>e</sup>, Paris, pp. 364-365.
- Sachkov V.I., Sachkova E.I. (2000). Photoprocesses in maleic acid. *Atmos. Oceanic Opt.* **13**(3): 265-266.
- Sammes P.G. (1976). Photoenolisation, *Tetrahedron*, **32**(4): 405-422.

- Seurre N., Le Barbu-Debus K., Lahmani F., Zehnacker-Rentien A. (2004). Discrimination chirale dans des complexes formés en jet supersonique. *l'actualité chimique* **273**:29-35.
- Schöni-Affolter F., Dubuis-Grieder C., Strauch E. (2020). Les spermatozoïdes parviennent à l'ovule – La réaction acrosomique. Le contact avec la zone pellucide in *Embryologie humaine*. Disponible en: (<https://embryology.ch/fr/embryogenese/fecondation/spermatozoide-ovule-reaction-acrosomique/contact-zone-pellucide>). Consultada el 12 de enero de 2023.
- Willer T., Amselgruber W., Deutzmann R., Strahl S. (2002). Characterization of POMT2, a novel member of the PMT protein O-mannosyltransferase family specifically localized to the acrosome of mammalian spermatids. *Glycobiology* **12**(11): 771-83.
- Xiao W., Wang R.S., Handy D.E., Loscalzo J. (2018). NAD(H) and NADP(H) Redox Couples and Cellular Energy Metabolism. *Antioxid. Redox Signal.* **28**(3): 251-272.
- Zhang Z., Wang Y., Nakano T. (2016). Photo Racemization and Polymerization of (R)-1,1'-Bi(2-naphthol). *Molecules* **21**(11):1541.





