

Aportes históricos de la neurociencia cognitiva y su emergencia en Chile

JOSEFINA LARRAÍN-VALENZUELA^{1,a},
YESSICA HERRERA-GUZMÁN^{1,b},
FRANCISCA MARDONES D.^{2,c}, YERKA FREIRE V.^{1,d},
LEONIE KAUSEL K.^{1,e}, FRANCISCO ABOITIZ D.^{3,f}

The development of cognitive neuroscience in Chile

Very little has been written about the national pioneer investigators and the formal institutions and channels of knowledge that have contributed to the consolidation of cognitive neuroscience in Chile. This article is a review based on scientific publications, magazine articles and interviews with neuroscientists that were key to the development of cognitive neuroscience in Chile. In particular, the review incorporates information about the different Chilean investigators, the universities where they completed their doctoral studies, and the institutions where they settled afterwards. The objective of this article is to describe the way in which neuroscientific knowledge extended in Chile and to give recognition to pioneering scientists. The information retrieved was processed through the reconstruction of an interaction network between local and foreign neuroscientists, as well as their universities and institutions of origin, that contributed to the development of cognitive neuroscience in Chile. A visual representation of these networks was elaborated. In addition, the scientists' academic training in Chile and abroad is summarized in a table. This analysis allows for a deeper comprehension of the socio-historical context in which cognitive neuroscience emerges and encourages a critical perspective of its development in Chile.

(Rev Med Chile 2022; 150: 368-380)

Key words: Cognitive Neuroscience; Chile; Education; History.

¹Centro de Investigación en Complejidad Social, NeuroCics, Facultad de Gobierno, Universidad del Desarrollo. Santiago, Chile.

²Escuela de Psicología, Universidad Diego Portales. Santiago, Chile.

³Laboratorio de Neurociencias Cognitivas, Departamento de Psiquiatría, Centro Interdisciplinario de Neurociencia, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

^aPhD en Psicología, Psicóloga, Fonoaudióloga, Postitulada en Psicomotricidad.

^bPhD^o en Complejidad Social, Magister en Complejidad Social, Maestría en Neuroetología, Químico Farmacobiólogo.

^cEstudiante de Psicología.

^dPhD^o en Complejidad Social, Magister en Complejidad Social, Magister en Física, Físico, Bachillerato en Física.

^ePhD en Neurociencias, Bioquímica.

^fPhD en Neurociencia, Postdoctorado en Neurociencias, Biólogo.

Fuente de apoyo. Fuente de financiamiento: Beca Doctoral CONICYT N° 21181127.

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Recibido el 4 de enero de 2021, aceptado el 18 de abril de 2022.

Correspondencia a:

Josefina Larraín-Valenzuela
Av. Las Condes 12641, Tercer piso, Las Condes, Santiago, Chile.
josefinalarrain@udd.cl.

La neurociencia cognitiva es un campo de investigación científica interdisciplinaria que profundiza en los procesos neurales a la base del comportamiento¹⁻³. Actualmente, la neurociencia comprende desde el estudio básico de la neurobiología del cerebro hasta el bienestar social de las personas⁴. Un ejemplo de cómo la neurociencia cognitiva aporta al ámbito diagnóstico clínico es a través de estudios sobre el neurodesarrollo⁴. Dada la relevancia del desarrollo de las neurociencias a nivel global, este artículo hace un recorrido sociohistórico del estudio del cerebro, en donde Chile ha tenido una activa participación, que hasta la fecha no se ha descrito detalladamente. El diálogo interdisciplinar permi-

te construir la historia de las neurociencias⁵. Este artículo promueve los aspectos sociohistóricos de las neurociencias con el análisis de redes de interacción social para comprender el cómo las formaciones impactan en la actualidad.

Materiales y Métodos

Se usó la metodología de recopilación de información con estudios descriptivos, artículos científicos, libros y material disponible en páginas digitales. Se incorporó información del documental "Montemar y los Laberintos de la Memoria"⁶ y se realizó una entrevista en el año 2017 (entrevista personal al Dr. Francisco Aboitiz sobre "La His-

toria de la Neurociencia en Chile”, no publicada). Las bases de datos consultadas fueron PubMed, Google Scholar, SciELO (scielo.org) y Neurotree (www.neurotree.org) para identificar a los neurocientíficos. Se utilizaron palabras claves como “neurociencias”, “neurociencias cognitivas”, “neurocientíficos chilenos” e “investigadores chilenos” para la búsqueda de información. Además, se consultaron páginas digitales de las universidades en las cuales estos neurocientíficos se desempeñaron. Esta información no se agregó dentro de las referencias bibliográficas.

Primero, se reconstruyó una la línea histórica de la evolución de las neurociencias cognitivas en el mundo, para considerar los hechos que desembocaron en los orígenes de esta disciplina en Chile.

Segundo, se identificaron los nombres e instituciones académicas ligadas a la investigación neurocientífica en Chile, con los neurocientíficos nacionales e internacionales y sus universidades de formación doctoral.

En ambas etapas se incorporó la neurofisiología como un campo que nutre a la neurociencia cognitiva, y se excluyeron las generaciones de

neurocientíficos posteriores al cambio de milenio. Las redes construidas fueron procesadas con el paquete NetworkX para Python⁷. En las redes, un investigador está unido a otro si mantuvieron una relación académica de supervisión o mentoría durante los estudios de posgrado. En la Figura 1 se muestra un diagrama de flujo con la metodología general de esta investigación.

Resultados

Contexto social e histórico internacional de las neurociencias y neurociencias cognitivas

La neurociencia es un área multidisciplinaria que aborda la estructura y función del sistema nervioso². En 2015, Andrew Wickens publicó “La historia del cerebro”, donde explica los medios por los cuales el hombre ha tratado de comprender y estudiar el cerebro. Esto viene desde antiguas civilizaciones, incluyendo a muchos filósofos e investigadores^{8,9}. A partir de este libro se profundizó sobre el contexto de la neurociencia internacional (Tabla 1).

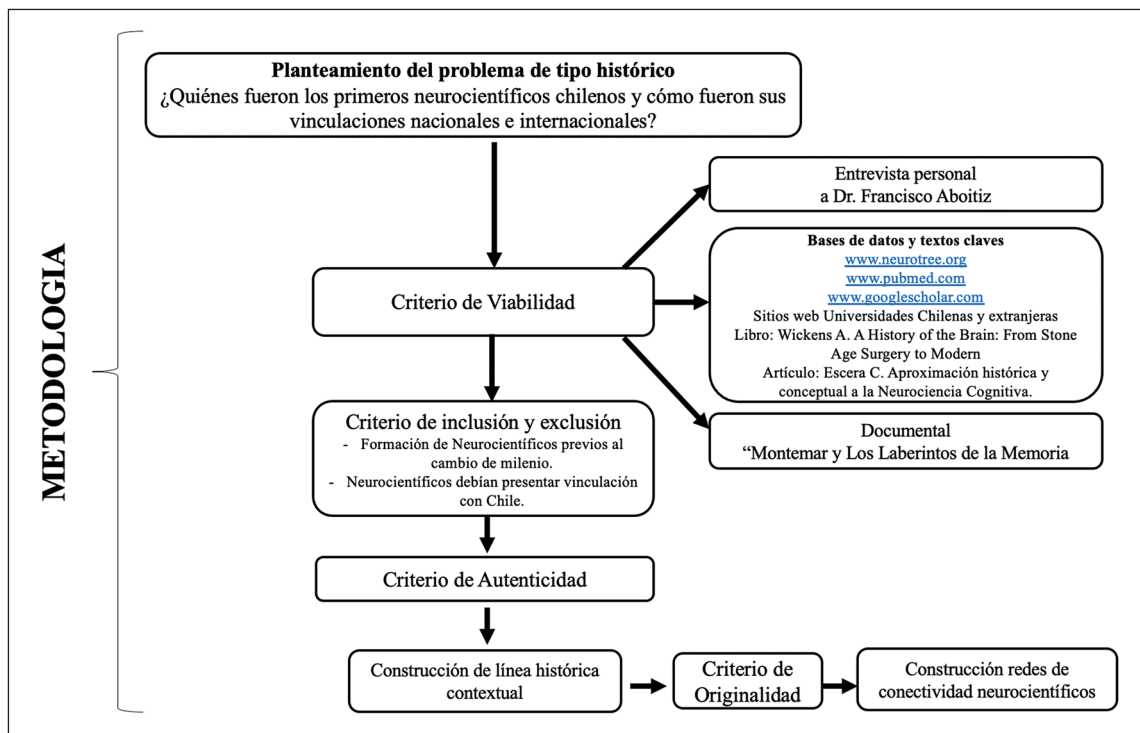


Figura 1. Diagrama de flujo que orienta la metodología vinculada a la recopilación de información.

Tabla 1. Historia de Próceres y sus aportes a la Neurociencia*

Época	Personaje	Nacimiento-Muerte	Fecha de hito	Aporte general
Neolítico	X	X	3000-1800 a.C	Trepanación
Antiguo Egipto	X	X	3000 a.C	Primera descripción escrita del cerebro
Antigua Grecia	Alcmeón de Crotona	(510-440 a.C)	x	Primeros en atribuir emociones, sentidos y facultades mentales al cerebro y no al corazón
	Hipócrates	(460-370 a.C)	x	
	Platón	(424-347 a.C)	x	
Grecia e Imperio Romano	Herófilo	(335-280 a.C)	x	Descubrimiento y primeros estudios del sistema nervioso
	Erasistrato	(310-250 a.C)	x	
	Galeno	(129-200 d.C)	x	
Edad media	Posidonio	(370 d.C)	x	"Doctrina" celular: atribución de facultades mentales a los ventrículos del cerebro (teoría más importante de la edad media)
	Avicena	(980-1037 d.C)	x	
Renacimiento Siglo XVI	Leonardo da Vinci	(1472-1519)	1508	Avances en estudios anatómicos, se permite nuevamente la disección en cuerpos humanos, primer manual de anatomía publicado
	Jacopo Berengario		1523	
	Andreas Vesalius	(1514-1564)	1543	
Renacimiento Siglo XVII	René Descartes	(1596-1650)	1662	Postuló la primera teoría materialista del sistema nervioso
	Thomas Willis	(1621-1675)	1664	Publicó el manual de anatomía del cerebro más completo hasta la fecha
Ilustración Siglo XVIII	Albrecht von Haller	(1708-1777)	1757-1766	Propone que una sustancia material y no espiritual corre por el sistema nervioso
	Luigi Galvani	(1737-1798)	1791	Postula su teoría de "electricidad animal", es decir, que hay electricidad intrínseca en los nervios de los animales

Siglo XIX	Emil du Bois-Reymond	(1818-1896)	1843	Descubre el potencial de acción
	Herman von Helmholtz	(1821-1894)	1850	Mide la velocidad de un impulso nervioso
	Franz Joseph Gall	(1757-1828)	1798	Padre de la "craneología", hoy conocido como frenología
	Gaspar Spurzheim	(1776-1832)	1815	Expande la teoría de Gall, incluyendo más facultades mentales
	Marie Jean Pierre Flourens	(1794-1867)	1822-1824	Refuta los postulados de la frenología
	Jean Baptiste Bouillaud	(1796-1881)	1825	Contribuye a la idea de especialización funcional del cerebro
	Paul Broca	(1824-1880)	1861-1863	Descubre el "área de Broca"
	John Hughlings Jackson	(1835-1911)	1864-1874	Contribuye al estudio de la epilepsia y la relación entre lesión cerebral y lenguaje
	Eduard Hitzig	(1838-1907)	1870	Estudia la corteza motora, añadiendo más evidencia de la especialización funcional del cerebro
	Gustav Theodor Fritsch	(1838-1927)		
	Carl Wernicke	(1848-1904)	1874	Descubre un nuevo tipo de afasia
	David Ferrier	(1843-1928)	1873-1876	Expande los hallazgos de Hitzig y Fritsch
	Gabriel Valentin	(1810-1883)	1836	Primero en identificar una neurona, que llamó "glóbulo"
	Robert Remak	(1815-1865)	1838	Primero en identificar un axón, que llamó "fibras"
	Albert von Kölliker	(1817-1905)	1853	Su trabajo apoyó la idea de que las neuronas son células
	Otto Dieters	(1834-1863)	1865	Primero en aislar una neurona bajo un microscopio
	Joseph von Gerlach	(1820-1896)	1872	Importante exponente de la teoría reticular: postula que el sistema nervioso se compone de una red de axones
	Camillo Golgi	(1843-1926)	1873	Inventa una técnica de tinción que permite observar mejor la neurona
	Wilhelm His	(1831-1904)	1886	Primer científico en refutar la teoría reticular
	Santiago Ramón y Cajal	(1852-1934)	1888-1889	Postula la doctrina neuronal, entre otras contribuciones
	Charles Sherrington	(1859-1952)	1897	Acuña el término "sinapsis"

*La información de esta tabla fue extraída de: Wickens A. *A History of the Brain: From Stone Age Surgery to Modern Neuroscience*. Vol 143. (Press P, ed.). New York; 2015. doi:10.4067/50034-98872015000600020.

En los dos últimos siglos se identificaron ciertos científicos que contribuyeron a la producción de conocimiento en este campo. Algunos son Franz Joseph Gall (1758-1828) y Johan Gaspar Spurzheim (1976-1832) que con sus ideas del localizacionismo funcional contribuyeron a las neurociencias modernas^{10,11}.

Después se incorporaron investigaciones sobre la especialización funcional de las distintas regiones cerebrales y su sintomatología clínica (p.e. afasias) cuando existían lesiones cerebrales. Paul Broca (1824-1880) describió lo que pasó a conocerse como el área de Broca, encargada de la producción del lenguaje. Además, Karl Wernicke (1848-1904) definió que la comprensión del lenguaje corresponde al área 22 de Brodmann, denominada área de Wernicke^{8,9}.

Esto se complementó con los estudios de Eduard Hitzing (1838-1907) y Gustav Theodor Fritsch (1838-1927), quienes agregaron que las regiones del lenguaje se encontraban principalmente en el hemisferio izquierdo⁹. Además, describieron con estimulación eléctrica cerebral la organización somatotópica de la corteza motora del perro^{10,11}. Asimismo, en 1903, los aportes de Korbinian Brodmann presentaron un mapeo de la corteza cerebral, el que plantea las posibles correlaciones entre estas áreas de la corteza con funciones cerebrales¹².

John Hughlings Jackson (1834-1911) fue considerado el padre la neurología británica, porque relacionó con un marco neurológico los trastornos psiquiátricos, permitiendo comprender la sintomatología de pacientes^{10,13-15}. Una prestigiosa publicación suya fue "*The Croonian Lectures on Evolution and Dissolution of the Nervous System*" en *The Lancet* (1884)^{16,17}. Él propuso un modelo jerárquico del sistema nervioso, en el cual las capas superiores cumplían una función inhibitoria de las inferiores¹⁷. Berrios y Marková (2002) sostienen que él no presentó mayor impacto en la neuropsiquiatría, pese a sus ideas innovadoras¹⁵. Similar situación ocurrió con Constantin von Monakow (1953-1930) con la propuesta del tiempo asociado a los fenómenos neuropsiquiátricos¹⁵. Un ejemplo sería el concepto de melodía cinética, lo que implicaría un error intentar localizar funciones en un área específica del cerebro¹⁵.

McCulloch y Pitts (1943) trabajaron sobre la construcción de herramientas computacionales para analizar el cerebro. Su mapeo permitió or-

ganizar y analizar posibles funciones cerebrales¹⁸. Esto fue complementado con Wiener (1948), fundador de la cibernética, quien teorizó sobre las ciencias de la computación¹⁰, y von Neumann (1958) afirmó que los sistemas computacionales eran similares al procesamiento cerebral, específicamente al funcionamiento neuronal¹⁹.

Posiblemente, la neurociencia cognitiva emerge a fines de década 1970-79, en Nueva York, Estados Unidos de Norteamérica (EE. UU.), con Michel Gazzaniga y George Miller¹⁰. Ellos plasmaron el concepto de neurociencias cognitivas dentro del Cornell Medical College (1976)¹⁰. En 1982, Posner y colaboradores publicaron un artículo denominado "*Cognitive neuroscience: Developments towards a science of Synthesis*", que aportó sobre los sustratos neuronales de operaciones mentales elementales a partir tareas complejas como las de Chase (1978) y Mehler, Walker y Garrett (1982)²⁰.

Los investigadores contemporáneos David Marr y Herbert Keith Nishihara trabajaron en el sistema visual y sus representaciones cognitivas (1978)^{10,21}. Para ellos, la neurociencia cognitiva sería la interfaz entre la neurociencia y la ciencia cognitiva^{10,22}. También, se encontraron entre estos investigadores: George Miller, Joseph LeDoux, Marta Kutas y Steven Hillyard, entre otros¹⁰.

La idea de que partes del cerebro influyen en diferentes funciones mentales dio cabida al modelo Mesulam (1981) con el enfoque conexionista estructural y funcional neuronatómico²³. Y, fue incorporado el modelo de Patricia Goldman-Rakic (1988), quien sostuvo que la región de la corteza dorsolateral prefrontal contribuye al proceso cognitivo de memoria de trabajo espacial²⁴⁻²⁶. Además, en 1989, apareció el primer volumen de la revista *Journal of Cognitive Neuroscience* publicando el trabajo de Posner con su estudio del procesamiento del lenguaje en el cerebro a través de tomografía por emisión de positrones (PET)^{10,27}.

Tras ese periodo, emerge en la neurociencia Stephen Kosslyn (1988), quien estudió las imágenes construidas en el cerebro²⁸. Esto se complementó con los aportes de Patricia Churchland y Terrence Sejnowski (1988), quienes vincularon la computación con la neurociencia cognitiva, representando los patrones de actividad neuronal^{29,30}.

Al tiempo, aparece el libro de Kandel, Schwartz y Jessell titulado "*Neurociencia y conducta*" (1997) que estableció una panorámica general acerca de

la anatomía y fisiología del cerebro hasta acción, emociones, aprendizaje y memoria¹⁰.

Dos investigadores que aportaron a las neurociencias cognitivas son destacados. El primero, Robert Jeffrey Sternberg demostró que existen etapas de memoria y distintos tipos de actividad oscilatoria cerebral^{4,31}. Y el segundo, Gordon Murray Shepard, estudió la correlación entre el cerebro y las funciones asociadas a operaciones lógicas¹⁰. Estos hallazgos se complementaron con los aportes de Joaquín Fuster (1973), que afirmaron que las funciones cognitivas no tienen una estructura independiente entre sí, en las cuales posiblemente subyacen redes neuronales superpuestas e interconectadas^{10,32}.

La neurociencia cognitiva ha estudiado los mecanismos del funcionamiento cerebral como nunca antes, sobre todo gracias al desarrollo de las tecnologías. Cada vez más, existe información sobre las bases neurales de funciones cognitivas como atención, percepción, memoria, conciencia, entre otros³³.

Historia de las Neurociencias Cognitivas en Chile

En el inicio del siglo XX se comienza la promoción de la ciencia en Chile con el aporte de Francisco Hoffman (1902-1981). Una vez titulado de médico en la Universidad de Chile, estudió fisiología en la Universidad de Londres con Archibald Vivian Hill, quien había recibido el premio Nobel de Medicina en 1922. Al regresar a Chile, creó el Instituto de Fisiología de la Universidad de Chile (1936), para desarrollar investigaciones experimentales. Este lugar de aprendizaje favoreció a futuros neurocientíficos. Es ahí donde María Teresa Pinto-Hamuy comenzó su formación, profundizando luego en el extranjero³⁴, y a su regreso, creó, en 1958, el Laboratorio de Psicofisiología de la Universidad de Chile, lo que permitió el desarrollo de la neurociencia asociada a la conducta y al aprendizaje. Ella recibió una beca por la Fundación Guggenheim (1961) para trabajar en la Universidad de Stanford (EE. UU.), y fue una de las mujeres universitarias galardonadas con el premio Amanda Labarca (1990)³⁴.

También, en la primera mitad del siglo XX, emerge uno de los pioneros en la neurociencia en Chile, el Dr. Joaquín Luco (1913-2002), quien estudió medicina y, continuó sus estudios en la Universidad de Harvard (EE. UU.)³⁵. Joaquín

Luco se formó dentro del laboratorio del fisiólogo Walter B. Cannon. Él enfocó su estudio al sistema nervioso y desarrolló experimentos asociados al aprendizaje y la memoria. Estas investigaciones fueron reconocidas por el Premio Nacional de Ciencias de Chile (1975)³⁵.

Otro investigador fue Mario Luxoro (1926-2016), quien partió sus estudios de ingeniería civil y, luego, volcó su interés hacia los procesos fisiológicos³⁶. Obtuvo una beca de la Fundación Rockefeller que le permitió convertirse en uno de los primeros doctores chilenos graduados en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en EE. UU. Tras su regreso a Chile, la Universidad de Chile, a través de sus laboratorios de Fisiología en Santiago y Fisiología Celular de Montemar (Quinta Región), estudió la fisiología de las jibias del mar chileno. Luxoro trasladó sus estudios acerca de los impulsos eléctricos de los calamares a la jibia, dado que este invertebrado presenta una neuroanatomofisiología similar y este último se encuentra en Chile³⁶. Al Laboratorio de Montemar se incorporó el biofísico norteamericano Kenneth Cole y, luego, a finales de 1960-69, se integraron científicos como Mitzy Canessa, Siegmud Fischer y Fernando Vargas³⁷.

Más adelante se adhirió Eduardo Rojas, formado en la Universidad de Chicago en los EE. UU., y junto al equipo de Montemar, lograron dejar huella tanto en el extranjero como en nuestro país⁶. Él fue profesor de Manuel Kukuljan, quien se doctoró en Ciencias Biomédicas (1994) y luego continuó sus estudios postdoctorales en el National Institutes of Health (NIH) en EE. UU.

Dentro de ese laboratorio emergen investigadores como Francisco Bezanilla, quien obtuvo el grado de Doctor Honoris Causa en la Universidad de Valparaíso y en la Universidad de Amberes, Bélgica; Ramón Latorre, quien en 2002 recibió el Premio Nacional de Ciencias Naturales por sus investigaciones sobre los canales iónicos de las membranas celulares; Cecilia Hidalgo, quien en 2006 fue reconocida con el Premio Nacional de Ciencias Naturales por su trabajo asociado a mecanismos moleculares en las neuronas, músculo esquelético y cardíaco. En conjunto, estos investigadores generaron un gran impacto a nivel internacional³⁷.

Sin duda, el Laboratorio de Fisiología Celular de Montemar impulsó a otros científicos chilenos. Uno de ellos fue Julio Vergara, quien realizó su

formación doctoral en Ciencias Biológicas en la Pontificia Universidad Católica de Chile y continuó sus estudios de posgrado en la Universidad de Duke, en EE. UU. y en el NIH. Fue nombrado profesor distinguido de fisiología en UCLA en EE. UU. También es importante Ana-María Lennon, bióloga chilena que estudió en la Universidad de Chile, realizó su formación doctoral en el Instituto Luis Pasteur en Francia y continuó sus estudios postdoctorales en la Universidad Harvard, EE. UU. Ella creó el laboratorio de Investigación del Instituto Curie en Francia. Sus aportes en el conocimiento de la interacción entre la biología celular, inmunología y biofísica, le valió el Premio Nacional de Investigación en Francia (2018).

Un factor común de estos científicos fue su capacidad para vencer obstáculos histórico-naturales (ej. terremotos, dictadura militar, entre otros). Cecilia Hidalgo sostiene que el Laboratorio de Montemar fue un lugar de aprendizaje que tenía rigurosidad, rico en camaradería y alta capacidad de crítica³⁸. Esta contribución a la neurociencia se reconoció a través del Premio Nacional de Ciencias 2000 a Mario Luxoro.

Dentro de la Universidad de Chile, se incorporó con sus estudios de neurobiología, Fernando Orrego (1933-2017), tras su formación en la Universidad de Rockefeller (1963-1965) con Fritz Lipmann (Premio Nobel de Medicina, 1953)^{39,40}.

En los años 50, emerge otra rama de la neurociencia vinculada a las neurociencias cognitivas, con Humberto Maturana. En 1954, él cursó estudios de Anatomía y Neurofisiología en University College de Londres, Inglaterra, doctorándose en Biología en la Universidad de Harvard (EE. UU.) en 1958. Después trabajó como investigador en el MIT, regresando a Chile en 1960. Dentro de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile formó un laboratorio para reunir a científicos con distintas formaciones disciplinares. Humberto Maturana fue uno de los neurocientíficos más importantes de nuestro país³⁷. A su laboratorio se incorporó en 1966 Francisco Varela, previamente a su aceptación para cursar su doctorado en la Universidad de Harvard⁴¹. El trabajo entre Maturana y Varela proliferó en fructíferas investigaciones a nivel internacional, logrando connotadas publicaciones como fue el artículo "*Autopoiesis: The Organization of Living Systems, Its Characterization and a Model*" en la revista *BioSystems* (1974)⁴².

En 1973, tras el golpe militar, Francisco Varela

se trasladó a Costa Rica y después a los Estados Unidos de Norteamérica. Luego retornó por tres años a Chile y atrajo a más estudiantes al laboratorio. Varela y Maturana en 1984 publicaron "*El árbol de conocimiento: Las bases biológicas del entendimiento humano*"⁴³.

Un discípulo de ellos fue Jorge Mpodozis, biólogo y doctor en Ciencias Biológicas en la Universidad de Chile, quien publicó en conjunto con Humberto Maturana⁴⁴. Otro discípulo fue, Juan Bacigalupo, biólogo (1975), quien se doctoró en la Universidad de Brandeis en EE. UU. (1983).

Tras las limitaciones del desarrollo científico en Chile, Varela emigró al Centro Nacional de Investigaciones Científicas en el Laboratorio de Neurociencias Cognitivas e Imágenes Cerebrales (LENA) en París, Francia⁴⁵. También estudió la influencia del budismo sobre el cerebro, sosteniendo una vinculación con el Dalai Lama⁴⁵. En 1996 publicó sobre la neurofenomenología con amplia vinculación con el estudio de la conciencia⁴⁶. El año 2001, Francisco Varela, en conjunto con Lachaux J., Rodríguez E. y Martinerie J., publicaron parte de su trabajo en *Nature Reviews Neuroscience* con el título de "*The Brainweb: Phase Synchronization and Large-Scale Integration*", siendo uno de los artículos más leídos de ese año⁴⁷. Un mes después de su publicación, fallece Varela, dejando un legado a las neurociencias cognitivas de nuestro país⁴⁸.

Posteriormente, Humberto Maturana recibió el Premio Nacional de Ciencias, en 1994, y continuó su trabajo dentro del Laboratorio de la Universidad de Chile. En el año 2000 fundó, en conjunto con Ximena Dávila, el Instituto de Formación Matriztica, enfocado en los estudios entre biología y cultura. Tras numerosos libros y un aporte invaluable, Humberto Maturana fallece en el año 2021.

La formación y producción académica del laboratorio liderado por la dupla Maturana-Varela dio cabida a estudiantes, quienes han producido investigaciones de alto nivel y vinculaciones con el extranjero. Algunos nombres de neurocientíficos inmersos en las neurociencias cognitivas fueron:

Juan Carlos Letelier, biólogo y doctor de la Universidad de New York (1983), quien tras su vuelta formó parte de la Universidad de Chile, generando docencia y numerosas publicaciones; Gonzalo Marín, biólogo e investigador asociado de la Universidad de Chile; Ximena Rojas, biólogo-

ga, doctora de la Universidad de New York (1990) quien luego regresó a la Universidad de Chile; Vivian Budnik, bióloga y doctora en Biofísica de la Universidad de Brandeis, EE. UU. Tras su formación se arraigó en el extranjero en la Escuela de Medicina de la Universidad de Massachusetts; Michel Gho, biólogo, magister en ciencias (Universidad de Chile) y doctor en Neurociencias en la Universidad Pierre et Marie Curie (Francia), luego, formó un laboratorio para el estudio celular en Francia; Pedro Maldonado, biólogo y doctor de la Universidad de Pennsylvania,

EE. UU. (1993), regresa a Chile como profesor titular del Programa de Fisiología y Biofísica de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile; Alfredo Kirkwood, quien se doctoró en la Universidad de Brandeis (EE. UU.), y luego fue profesor de la Universidad Johns Hopkins en Baltimore, EE.UU.; John Ewer, biólogo y, al igual que sus compañeros, realizó su formación doctoral en la Universidad de Brandeis (1991), después, regresó al Centro Interdisciplinario de Neurociencia de Valparaíso. Finalmente, Francisco Aboitiz, biólogo, quien se doctoró en

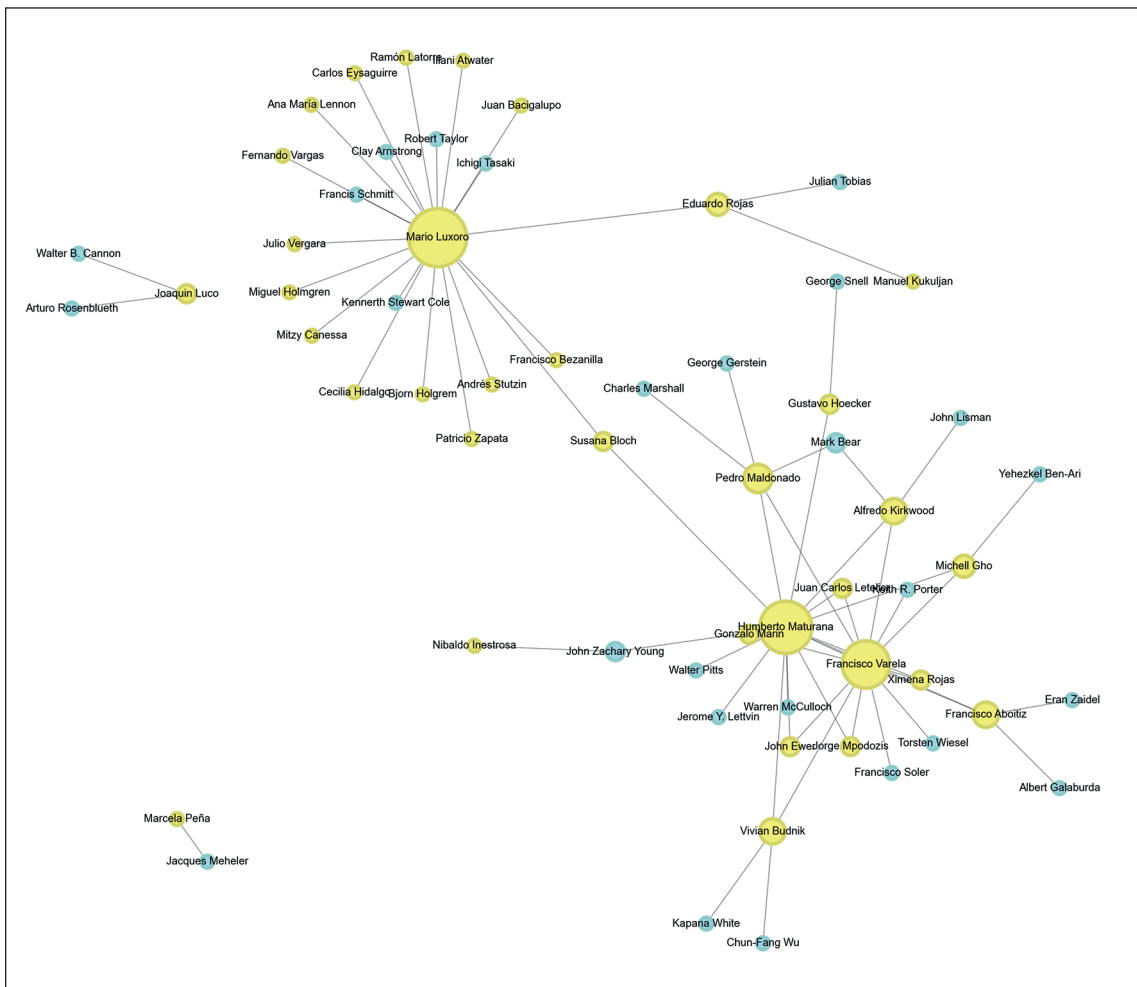


Figura 2. Red de relaciones académicas de neurocientíficos. Cada nodo representa un científico. Los coloreados en amarillo son científicos chilenos, los azules son extranjeros. Se resalta el tamaño del nodo en función del grado de conectividad que tienen, es decir, mientras más grande el tamaño, significa que el investigador ha tenido múltiples relaciones académicas. Por ejemplo, Mario Luxoro y Humberto Maturana están altamente conectados, seguidos de Francisco Varela, Pedro Maldonado, y Francisco Aboitiz.

Neurociencia (1991) y postdoctorado (1992) en Neurociencias de la Universidad de California en Los Ángeles, EE. UU., y tras su regreso fue parte del laboratorio de la Universidad de Chile, y luego formó el Laboratorio de Neurociencias Cognitivas de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

La transmisión del conocimiento neurocientífico en contexto chileno

Para formar la red de conexiones entre los pioneros del conocimiento neurocientífico en Chile se incorporó a 71 investigadores, 37 chilenos y los demás de Estados Unidos de Norteamérica, España, Francia e Inglaterra.

En esta red, cada nodo es un investigador y están unidos por un enlace si uno de ellos fue tutorado en sus estudios de postgrado (Figura 2). Además, se ven las conexiones de los investigadores que fueron más influyentes para el desarrollo de la neurociencia en Chile. Se formaron dos grupos de investigadores, derivados de Humberto Maturana o de Mario Luxoro.

Los enlaces en la red se hicieron en función de las tutorías de postgrado que recibieron los investigadores chilenos. Se plantea que la transmisión de conocimiento fluyó del investigador tutor al tutorado. Otra forma de visualizar la red es en función de la transferencia de información en dos distintos niveles. Primero, los extranjeros que transmitieron el conocimiento a investigadores chilenos en formación y, segundo, los nacionales de Chile que transmitieron el conocimiento a otros chilenos (Figura 3).

También, se detectó que el contexto permitió a los neurocientíficos integrarse en círculos socioeconómicos que mejoraron su posición social. Ellos fueron pioneros en las distintas universidades de arraigo (Tabla 2). El reconocimiento social⁴⁹ de las universidades se convirtió en un agente de conocimiento para la difusión de ideas.

El lugar de las formaciones de los neurocientíficos fue vinculado al contexto socio-histórico de Estados Unidos de Norteamérica y de Europa. Probablemente, en ese período Latinoamérica

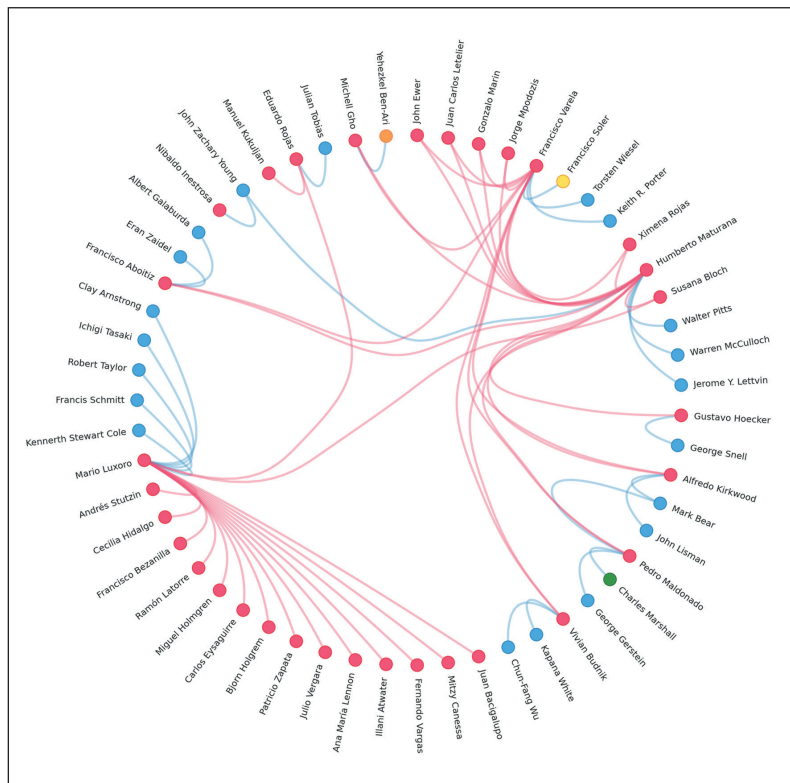


Figura 3. Red de flujo de información. Los colores de los nodos son de acuerdo al país de origen de los neurocientíficos: Chile en rojo, Estados Unidos en azul, España en amarillo, Francia en verde, e Inglaterra en naranja. El color de los enlaces muestra el tipo de relación académica: en azul indica una primera generación de investigadores chilenos formados por profesores en el extranjero, mientras que el rojo indica la segunda generación de investigadores chilenos formados por la primera generación de investigadores chilenos. Por ejemplo, la red indica que Mario Luxoro fue formado en el extranjero por investigadores como Clay Amstron, entre otros, mientras que él formó a una vasta generación de científicos chilenos que se indican con los enlaces rojos.

Tabla 2. Historia académica nacional e internacional de los neurocientíficos chilenos

Neurocientífico	Universidad de formación inicial	Universidad de formación doctoral	País de formación	Universidad de arraigo	País de arraigo
Joaquín Luco	Pontificia Universidad Católica de Chile	Universidad de Harvard	EE. UU.	Pontificia Universidad Católica de Chile	Chile
Mario Luxoro	Universidad de Chile	Massachusetts Institute of Technology	EE. UU.	Universidad de Chile	Chile
Teresa Pinto-hamuy	Universidad de Chile	University Johns Hopkins	EE. UU.	Universidad de Chile	Chile
Fernando Orrego	Universidad de Chile	Rockefeller University	EE. UU.	Universidad de Chile	Chile
Eduardo Rojas	Centro de Estudios Científicos	Universidad de Chicago	EE. UU.	Universidad de Chile	Chile
Nibaldo Inestrosa	Universidad de California	Pontificia Universidad Católica de Chile	Chile	Pontificia Universidad Católica de Chile	Chile
Manuel Kukuljan	Universidad de Chile	National Institutes of Health	EE. UU.	Universidad de Chile	Chile
Andrés Stutzin	Universidad de Chile	Universidad de Chile	Chile	Universidad de Chile	Chile
Cecilia Hidalgo	National Institutes of Health	Universidad de Chile	EE. UU./Chile	Universidad de Chile	Chile
Francisco Bezanilla	Universidad de Chicago y Universidad Rochester	Pontificia Universidad Católica de Chile	Chile	Universidad de Valparaíso	Chile
Ramón Latorre	Centro de Estudios Científico /Universidad de Duke /Universidad de Chicago	Universidad de Chile	EE. UU./Chile	Universidad de Valparaíso	Chile
Miguel Holmgren	Universidad Autónoma Metropolitana	University of Health Sciences	EE. UU.	Universidad de Valparaíso	Chile
Carlos Eyzaguirre	Universidad de Chile	University Johns Hopkins	EE. UU.	Pontificia Universidad Católica de Chile	Chile
Bjorn Holgrem	Universidad de Chile	Universidad de Puebla	México	Universidad de Valparaíso	Chile
Patricio Zapata	Pontificia Universidad Católica de Chile	University of Utah	EE. UU.	Universidad del Desarrollo	Chile
Julio Vergara	Pontificia Universidad Católica de Chile	Universidad Duke y NIH	EE. UU.	Universidad California Los Ángeles	EEUU
Ana María Lennon	Universidad de Chile	Instituto Luis Pasteur	Francia	Instituto de Investigación Curie	Francia
Illani Atwater	Universidad de Chile	University of East Anglia	Inglaterra	Universidad de Santiago	Chile

Susana Bloch	Centro Nacional de Investigación Científica Francés	Universidad de Harvard	EE. UU.	Universidad de Chile	Chile
Fernando Vargas	Universidad de Chile	Universidad de Minnesota	EE. UU.	Instituto of Health Bethesda	EE. UU.
Mitzy Canessa	Universidad de Chile	Albert Einstein College of Medicine	EE. UU.	Universidad de Chile	Chile
Francisco Varela	Universidad de Chile	Universidad de Harvard	EE. UU.	Centro Nacional de Investigaciones Científicas	Francia
Humberto Maturana	Massachusetts Institute of Technology	Universidad de Harvard	EE. UU./ Inglaterra	Universidad de Chile	Chile
Francisco Aboitiz	Universidad de Chile	Universidad de California Los Angeles	EE. UU.	Pontificia Universidad Católica de Chile	Chile
Juan Bacigalupo	Universidad de Chile	Universidad de Brandeis	EE. UU.	Universidad de Chile	Chile
Jorge Mpodozis	Universidad de Chile	Universidad de Chile	Chile	Universidad de Chile	Chile
Gonzalo Marín	Universidad de Chile	Universidad de Chile	Chile	Universidad de Chile	Chile
Alfredo Kirkwood	Universidad de Chile	Universidad de Brandeis	EE. UU.	Johns Hopkins University	EEUU
Juan Carlos Letelier	Universidad de Chile	Universidad de New York	EE. UU.	Universidad de Chile	Chile
John Ewer	Universidad de Chile	Universidad de Brandeis	EE. UU.	Universidad de Valparaíso	Chile
Vivian Budnik	Universidad de Chile	Universidad de Brandeis	EE. UU.	University of Massachusetts Medical School	EEUU
Ximena Rojas	Universidad de Chile	Universidad de New York	EE. UU.	Universidad de Chile	Chile
Michell Gho	Universidad the Madison-Wisconsin	Universidad Pierre et Marie Curie	Francia	Centro Nacional de Investigaciones Científicas, LENA	Francia
Pedro Maldonado	Universidad de California Davis	Universidad de Pennsylvania	EE. UU.	Universidad de Chile	Chile
Gustavo Hoecker	Universidad de Chile	Jackson Laboratory	EE. UU.	Universidad de Chile	Chile
Marcela Peña	Universidad de Chile	École des Hautes Études Science Sociales	Francia	Pontificia Universidad Católica de Chile	Chile

tenía un avance científico precario, y fueron estos neurocientíficos chilenos quienes realizaron innovaciones que permitieron el desarrollo de las neurociencias cognitivas en Chile.

Conclusiones

Este artículo realizó una revisión del desarrollo histórico de la neurociencia cognitiva en Chile a partir de la identificación de algunos neurocientíficos y sus escuelas de formación inicial y de postgrado. Se espera que esta información sirva de inspiración para fomentar el desarrollo de este campo disciplinar en los estudiantes nacionales.

Agradecimientos: Tres instituciones permitieron la realización de este artículo: 1) El Programa de Doctorado en Psicología de la Universidad Diego Portales, Santiago, Chile; 2) Centro de Investigación en Complejidad Social, Facultad de Gobierno, Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile. <https://complejidadsocial.udd.cl/>; 3) CONICYT (Beca de doctorado N° 21181127).

Referencias

- Gazzaniga MS, editor. *The Cognitive Neurosciences*. 4ta ed. Cambridge, Mass. EE.UU.: The MIT Press; 2009.
- Pereira A. What The Cognitive Neurosciences Mean To Me. *Mens Sana Monogr*. 2007; 5 (1): 1-7.
- Redolar-Ripoll D. *Neurociencia Cognitiva*. 1ª ed. España: Editorial Médica Panamericana; 2015.
- Larraín-Valenzuela J, Zamorano F, Soto-Icaza P, Carrasco X, Herrera C, Daiber F, et al. Theta and Alpha Oscillation Impairments in Autistic Spectrum Disorder Reflect Working Memory Deficit. *Sci Rep*. 2017; 7 (14328): 1-11. doi:10.1038/s41598-017-14744-8.
- Blanco C. *Historia de la neurociencia: el conocimiento del cerebro y la mente desde una perspectiva interdisciplinar*. Madrid: Biblioteca Nueva, 2014.
- Argandoña G. *Montemar Y Los Laberintos De La Memoria*. Cábalá Producciones; 2014.
- NetworkX. Network Analysis in Python. <https://networkx.org/>
- Wickens A. *A History of the Brain: From Stone Age Surgery to Modern Neuroscience*. Nueva York, EE. UU.: Psychology Press; 2015.
- Méndez J. Bosquejo histórico de las neurociencias. *Bun Syn* 2016; 2 (1): 6-15. Disponible en: [http://www.bvs.hn/Honduras/SUN.THEPIXIE.NET/files/BUN_SYN_2007_2\(1\)B.pdf](http://www.bvs.hn/Honduras/SUN.THEPIXIE.NET/files/BUN_SYN_2007_2(1)B.pdf).
- Escera C. Aproximación histórica y conceptual a la Neurociencia Cognitiva. *Cognitiva*. 2004; 16 (2): 1-21. Disponible en: http://www.ub.edu/brainlab/docs/publicacions_pdf/Escera%20%282004a%29%20Cognitiva%20uncorrected%20proof.pdf.
- Spota J. Vista de Aportes para el estudio de la frenología argentina en la segunda mitad del siglo XIX. *Tabula Rasa*. 2014; (20): 251-81. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24892014000100011.
- Loukas M, Pennell C, Groat C, Tubbs RS, Cohen-Gadol AA. Korbinian Brodmann (1868-1918) and His Contributions to Mapping the Cerebral Cortex. *Neurosurgery*. 2011; 68 (1): 6-11. Disponible en: <https://academic.oup.com/neurosurgery/article/68/1/6/2564028>.
- Palacios L. John Hughlings Jackson y su contribución al estudio de la epilepsia. *Rev Cienc Salud* 2003; 1 (1): 93-6. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/recis/v1n1/v1n1a9.pdf>.
- York GK, Steinberg DA. Hughlings Jackson's neurological ideas. *Brain* 2011; 134 (10): 3106-13.
- Berrios GE, Marková IS. The concept of neuropsychiatry A historical overview. *J Psychosoma Res* 2002; (53): 629-38. doi:10.1016/s0022-3999(02)00427-0.
- Hughlings Jackson J. *The Croonian Lectures on Evolution and Dissolution of the Nervous System*. 1884; 1(1214): 600-663. doi:10.1136/bmj.1.1214.660.
- Gillett G, Franz E. John Hughlings Jackson: Bridging theory and clinical observation. *Lancet* 2013; 381(9866): 528-9. doi: 10.1016/S0140-6736(13)60268-8.
- McCulloch W, Pitts W. A Logical Calculus of the Ideas Inherent in Nervous Activity. *Bull Math Biophys*. 1943; (5): 115-33. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02478259>.
- Ulam S. John Von Neumann 1903-1957. *Bull Amer Math Soc*. 1958; 64(3): 1-49. Disponible en: <https://www.ams.org/journals/bull/1958-64-03/S0002-9904-1958-10189-5/S0002-9904-1958-10189-5.pdf>.
- Posner M, Pea R, Volpe B. Cognitive-Neuroscience: Developments Toward a Science of Synthesis. *Cogn Sci*. 1982; 251-76.
- Marr D, Nishihara HK. Representation and recognition of the spatial organization of three-dimensional shapes. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 1978; 200 (1140): 269-94.
- Gazzaniga MS, editor. *Handbook of Cognitive Neuroscience*. Nueva York, EE. UU.: Springer; 1984.
- Rios-Lago M, Adrover-Roig D, de Noreña Martínez D, Rodríguez Sánchez J. *La Atención Cognitiva*.; 2014.

- Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/257268510>.
24. Mesulam, M. *Principles of Behavioral and Cognitive Neurology*. 2a ed. Oxford University Press. New York, EEUU; 2000.
 25. Goldman-Rakic PS. Topography of cognition: parallel distributed networks in primate association cortex. *Annu Rev Neurosci*. 1988; (11): 137-56.
 26. Gumz A, Treese B, Marx C, Strauss B, Wendt H. Measuring verbal psychotherapeutic techniques-A systematic review of intervention characteristics and measures. *Front Psychol*. 2015; (6): 1-25. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4639607/>
 27. Posner MI, Petersen SE, Fox PT, Raichle ME. Localization of Cognitive Operations in the Human Brain. *Science*. 1988; 240 (4859): 1627-31.
 28. Kosslyn SM. Aspects of a cognitive neuroscience of mental imagery. *Science*. 1988; 240 (4859): 1621-6.
 29. Parra-Bolaños N. Impacto de las técnicas de neuroimagen en las ciencias sociales. *Rev Chil Neuropsicología* 2015;10 (1): 31-7. doi:10.5839/rcnp.2015.10.01.07.
 30. Churchland PS, Sejnowski TJ. Perspectives on cognitive neuroscience. *Science*. 1988; 242 (4879): 741-5.
 31. Sternberg S. Memory Scanning: New Findings and current controversies. *Q J Exp Psychol*. 1975; (27): 1-32. doi:10.1080/14640747508400459.
 32. Fuster J. Unit activity in prefrontal cortex during delayed-response performance: neuronal correlates of transient memory. *Neurophysiol* 1973; 36 (1): 61-78.
 33. Posner M, Raichle M. The neuroimaging of human brain function. *Proc Natl Acad Sci*. 1998; 95: 763-764. Disponible en: <https://www.pnas.org/content/pnas/95/3/763.full.pdf>.
 34. Robles L, Torrealba F, Santos M. A Tribute to Dr. Teresa Pinto-Hamuy. *Biol Res*. 2008; 41 (4). Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-97602008000400001.
 35. Inestrosa N. El aporte de Luco a la neurociencia chilena. *Rev Ciencias Médicas* 2016; 32 (1): 145-9. Disponible en: <https://arsmedica.cl/index.php/MED/article/view/279/211>
 36. Bezanilla F. Influences: The Cell Physiology Laboratory in Montemar, Chile. *J Gen Physiol* 2018; 150 (11): 1464-8. Disponible en: <https://rupress.org/jgp/article/150/11/1464/120639/Influences-The-Cell-Physiology-Laboratory-in>
 37. Bacigalupo J. Desarrollo de la Neurociencia en la Facultad de Ciencias. *Rev An*. 2015; (8): 85-93. Disponible en: <https://anales.uchile.cl/index.php/ANUC/article/view/37310/38861>
 38. Hidalgo C. Una Conversación Con El Dr. Mario Luxoro Mariani, Premio Nacional de Ciencias Naturales, Año 2000. *Biol Res* 2000; 33(2). Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-97602000000200002
 39. Infante Caffi MT. Homenaje de la Sociedad Chilena de Derecho Internacional al Profesor Francisco Orrego Vicuña. *Revista Tribuna Internacional* 2019; 8 (15) :1-5. doi: 10.5354/0719-482x.2019.53986.
 40. Wyneken U. Falleció el destacado científico Dr. Fernando Orrego Vicuña. *Sociedad Chilena de Neurociencia*. <https://socneurociencia.cl/2017/07/04/fallecio-el-destacado-cientifico-dr-fernando-orrego-vicuna/>
 41. Maturana H, Varela F. *De Máquinas y Seres Vivos. Autopoiesis: La Organización de Lo Vivo*. 5ª ed. Editorial Universitaria. Santiago, Chile; 1998.
 42. Varela F, Maturana H, Uribe R. Autopoiesis: The Organization of living systems, Its Characterization and a Model. *BioSystems*. 1974; (5):187-96. doi: [https://doi.org/10.1016/0303-2647\(74\)90031-8](https://doi.org/10.1016/0303-2647(74)90031-8).
 43. Maturana H, Varela F. *El Árbol Del Conocimiento*. 1ª ed. Editorial Universitaria. Santiago, Chile; 1984.
 44. Letelier J-C, Cárdenas ML, Cornish-Bowden A. From L'Homme Machine to metabolic closure: Steps towards understanding life. *J Theor Biol* 2011; (286): 100-13.
 45. Palacios A, Bacigalupo J. Francisco Varela, Faro del Pensamiento. *Ciencia al Día Internacional*. 2001; 4 (2). <https://www.ciencia.cl/CienciaALDia/volumen4/numero2/homenaje/homenaje.html>.
 46. Varela F. Neurophenomenology. Methodological Remedy for the Hard Problem. *Journal of Consciousness Studies*. 1996; 3 (4): 330-49.
 47. Varela F, Lachaux J philippe, Rodriguez E, Martinerie J. The Brainweb: Phase Synchronization and large-scale integration. *Nature Reviews Neuroscience* 2001; 2: 229-39. doi: 10.1038/35067550.
 48. Aboitiz F. Synchrony, Consciousness and the “ Hard Problem “ of Neuroscience. *Rev Chil Neuro-Psiquiatria*. 2001; 39 (4): 1-6.
 49. Plotkin M Ben, Ruperthuz M. *Estimado Doctor Freud*. (Edhasa, ed.). Buenos Aires, Chile; 2019.