

Investigaciones científicas chilenas en el campo de las neurociencias: un análisis bibliométrico

Chilean Scientific Research in The Field of Neuroscience: A Bibliometric Analysis

Francisco Ahumada-Méndez¹ <https://orcid.org/0000-0003-3052-2224>

Milton Contreras-Sáez^{2*} <https://orcid.org/0000-0003-1753-9785>

Oswaldo Hernández González³ <https://orcid.org/0000-0002-1319-6167>

¹Universidad de Talca, Laboratorio de Metodología, Comportamiento y Neurociencia. Talca, Región del Maule, Chile.

²Universidad Católica del Maule, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas, Escuela de Trabajo Social. Maule, Chile.

³Universidad Católica del Maule, Facultad de Educación, Departamento de Diversidad e Inclusividad Educativa. Maule, Chile.

*Autor para la correspondencia: milton.contreras.saez@gmail.com

RESUMEN

Introducción: Las neurociencias constituyen un campo interdisciplinar que desempeña un rol fundamental, al estudiar la compleja interacción entre los sistemas neurobiológicos y la conducta humana. Integra conocimientos de diversas áreas como la biología, la psicología, la física y la filosofía.

Objetivos: Sintetizar el desarrollo de las investigaciones científicas de las neurociencias en Chile, para identificar las principales áreas de estudio, instituciones clave, contribución de investigadores más influyentes y redes de colaboración.

Métodos: Se utilizó el método bibliométrico para analizar los artículos entorno a las neurociencias en Chile en el período 1976-2023. Se utilizó la *Web of Science* para extraer información clave como publicaciones anuales, autores, países, instituciones y revistas más citadas. Para el análisis y visualización se emplearon las herramientas Biblioshiny y VOSviewer.

Resultados: Se destacó un crecimiento constante y significativo de las neurociencias en Chile, una presencia relevante en revistas de alto impacto y autores influyentes, con una amplia red de colaboración internacional, aunque concentrada en escasas instituciones e investigadores.

Conclusiones: Se enfatiza en la necesidad de diversificar los temas, las instituciones y los actores implicados en el campo chileno de las neurociencias.

Palabras clave: bibliometría; neurociencias; publicaciones; investigación, colaboración.

ABSTRACT

Introduction: Neuroscience is an interdisciplinary field that plays a fundamental role in studying the complex interaction between neurobiological systems and human behavior. It integrates knowledge from diverse areas such as biology, psychology, physics, and philosophy.

Objectives: To summarize the development of scientific research in neuroscience in Chile, to identify the main areas of study, key institutions, contributions of the most influential researchers, and collaboration networks.

Methods: The bibliometric method was used to analyze articles about neuroscience in Chile in the 1976-2023 period. The Web of Science was used to extract key information such as annual publications, authors, countries, institutions,

and most cited journals. The Biblioshiny and VOSviewer tools were used for analysis and visualization.

Results: A constant and significant growth of neurosciences in Chile was highlighted, as well as a relevant presence in high-impact journals and influential authors, with a wide network of international collaboration, although concentrated in few institutions and researchers.

Conclusions: The need to diversify the topics, institutions and actors involved in the Chilean field of neurosciences is emphasized.

Keywords: bibliometrics; neurosciences; publications; research, collaboration.

Recibido: 01/09/2024

Aceptado: 17/12/2024

Introducción

Definición de neurociencias

Las neurociencias se comprenden como un campo interdisciplinar consolidado, que integra múltiples disciplinas tradicionales como la biología, psicología, medicina, física y filosofía. Aunque el término neurociencia, en singular, a menudo denota una disciplina unificada, neurociencias, en plural, refleja mejor la diversidad de enfoques y áreas de especialización dentro de este campo.⁽¹⁾

Las neurociencias se dedican al estudio de los sistemas neurobiológicos (evolución, genética, sistema neuroendocrino) y la conducta, a través del esfuerzo de una variedad de profesionales del área de la biología, psicología, física, química, filosofía, informática, medicina, entre otras.^(1,2,3) En específico, profundizan en la comprensión de la estructura y funcionamiento del sistema nervioso; su desarrollo durante la filogenia y ontogenia; la relación entre el sistema nervioso, la conducta,

los procesos afectivos y cognitivos, y las alteraciones del sistema nervioso como las enfermedades, los síndromes y trastornos.⁽⁴⁾ En general, busca comprender cómo los factores evolutivos, genéticos y del sistema neuroendocrino modulan los procesos cognitivos, afectivos y la conducta humana.^(5,6)

Clasificación de los estudios en neurociencias

Los estudios de neurociencias se dividen en múltiples subdisciplinas. Se puede destacar algunas con mayor auge como las neurociencias cognitiva y afectiva, la neuropsicología, la neurofisiología, la neurobiología, las neurociencias clínicas, entre otras.

Las neurociencias cognitiva y afectiva indagan en procesos psicológicos superiores (atención, memoria, control cognitivo), y su relación con el afecto (ánimo, emoción), mediante una gama de registros electrofisiológicos y de neuroimágenes.^(7,8,9,10)

La neuropsicología profundiza el estudio de la relación entre los procesos cognitivos y la conducta en personas normales y con daño cerebral adquirido (accidente cerebro-vascular, tumor, traumatismo), quienes desarrollan síndromes como la agnosia, amnesia, afasia o el disejecutivo.^(11,12,13,14)

La neurofisiología indaga en la relación de diversos sistemas fisiológicos, principalmente, el sistema nervioso central y periférico, con procesos afectivos y cognitivos, mediante herramientas de registros como el electroencefalograma o electrocardiograma.^(15,16)

La neurobiología investiga aspectos asociados con la estructura y el funcionamiento del sistema nervioso desde un abordaje evolutivo, genético, de redes funcionales, neuronal y molecular.^(17,18)

Las neurociencias clínicas se emplean para la evaluación, el diagnóstico y la intervención neuropsiquiátrica de trastornos y enfermedades neurológicas como la depresión, ansiedad, epilepsia, demencia o esquizofrenia.^(19,20,21)

De esta forma, según *Redolar-Ripoll*,⁽²²⁾ las subdisciplinas mencionadas utilizan una serie de estrategias conductuales (ej. baterías neuropsicológicas), histoquímicas (ej. microscopia), neurofisiológicas (ej. electroencefalografía) y de neuroimagen (ej. resonancia magnética), con el objetivo de explicar la relación cerebro y conducta. Abracan niveles de análisis desde lo molecular (neurotransmisores, hormonas, citocinas) hasta lo conductual (ej. dormir, comer); transitan por niveles celulares (neuronas), de sistemas (redes neuronales) y cognitivos (ej. atención, lenguaje, control cognitivo).

Propósitos de los estudios de las neurociencias

Considerando las subdisciplinas, estrategias y los niveles de análisis descritos, los objetivos de las neurociencias son heterogéneos, tanto teóricos como aplicados, en la población normal y con alteraciones, y diferentes etapas del ciclo vital. Siempre indagan en cómo los sistemas neurobiológicos lejanos (evolución y genética) e inmediatos (sistema nervioso, endocrino e inmune) se relacionan con los procesos afectivos, cognitivos y conductuales.^(23,24) Por ejemplo, en la última década algunos de los temas emergentes son la neuroplasticidad y la neurogénesis,⁽²⁵⁾ la neurodivergencia,⁽²⁶⁾ las neurociencias y la meditación,⁽²⁷⁾ las neurociencias y la ética,⁽²⁸⁾ la neuropsiquiatría,⁽²⁹⁾ la neurogenética⁽³⁰⁾ o las neurociencias social y afectiva,^(31,32) entre otros. De este modo, las neurociencias han permeado diferentes ámbitos profesionales y de la sociedad como los son la clínica, lo educacional, laboral y legal, el *marketing* y la tecnología.

Desarrollo global y contexto chileno de las neurociencias

El desarrollo de las neurociencias como disciplina ha sido un proceso acumulativo desde el siglo XIX, por ejemplo, con la frenología de *Gall y Spurzheim*, que introdujo la idea de la especialización funcional cerebral. Posteriormente, *Broca* y *Wernicke* aportaron evidencia clínica sobre áreas específicas relacionadas con el lenguaje, y sentaron las bases para la neuropsicología. En el siglo XX *Alexander Luria* integró enfoques psicológicos y neurológicos y destacaron la interacción de áreas

cerebrales en funciones complejas, con el concepto de sistemas funcionales. Con los avances recientes en neuroimagen y la investigación en neuroplasticidad se revolucionó el entendimiento del cerebro, al consolidarse las neurociencias como un campo interdisciplinario clave.⁽³³⁾

Sobre esta base global, resulta interesante explorar cómo las neurociencias han evolucionado en Chile, un país cuya historia socioeconómica y política ha influido notablemente en la trayectoria de esta disciplina. El trabajo de *Rosas Díaz*⁽³⁴⁾ y otro más reciente de *Larraín-Valenzuela*⁽³⁵⁾ entregan una revisión narrativa de la neurociencia en Chile, al destacar períodos históricos, instituciones y figuras clave.

Rosas-Díaz indica cuatro períodos de desarrollo de la neurociencia y la neuropsicología en el país: 1) prehistoria o historia compartida (1870-1930), 2) primeras instituciones y sociedades científicas (1925-1969), 3) nacimientos de la unidad popular y estancamiento durante la posdictadura (1970-1989) y 4) primeros pasos (desde 1990).

En el primer período se marca como inicio de la psiquiatría y neurociencia La Casa de Orates de Nuestra Señora de los Ángeles (1852) que modificó el tratamiento de las enfermedades mentales; destacan figuras clave como *Carlos Sazjé*, que introdujo un enfoque científico, y *Augusto Orrego* con publicaciones pioneras de neurofisiología.

En el segundo período se destaca el desarrollo de grupos de trabajos y sociedades científicas desde la creación de la Clínica de Neurología del Hospital del Salvador (1925), marcado por el hito de la fundación de la Sociedad de Neurología, Psiquiatría y Neurocirugía (1932).

En el tercer período se recuerda la fundación de la Primera Sociedad Chilena de Neuropsicología (1970), y la Unidad de Patología del Lenguaje y Escuela de Fonoaudiología. Sin embargo, en 1973 el desarrollo de la neurociencia y neuropsicología se vio interrumpido debido a situaciones políticas en el país, con un periodo de escasa productividad y disolución de grupos de trabajo hasta 1990.

En el último período desde 1990 se experimentó un renacimiento gradual de la disciplina, donde se destacó la creación de la cátedra de Neuropsicología en la

Universidad de Chile, centros como la Clínica de la Memoria y Unidad de Neuropsicología Cognitiva y Demencias, o la creación de los primeros diplomados en neuropsicología.

Por su parte, *Larraín-Valenzuela*⁽³⁵⁾ destacó en sus resultados el contexto sociohistórico internacional de las neurociencias, su beta cognitiva, y los investigadores pioneros en Chile. En el primero punto señala que *Sir. Franz Joseph Gally Johan Caspar Spurzheim*, con la frenología, y *Paul Broca* y *Karl Wernicke*, con los modelos de afasia, sentaron las bases de las neurociencias para la especialización de las áreas cerebrales. Por otro lado, *Hughlings Jackson* y *Constantin von Monakow* aportaron en el desarrollo de la neurología y psiquiatría. El desarrollo de las neurociencias cognitivas y la fisiología en Chile se remonta al inicio del siglo xx y destacan figuras como *Francisco Hoffman*, *María Teresa Pinto-Hamuy*, *Joaquin Luco* y *Mario Luxoro*.

A mediados del mismo siglo emergieron figuras como *Humberto Maturana* y *Francisco Varela*, que contribuyeron a la neurofenomenología y la autopoiesis. Finalmente, respecto a los pioneros en neurociencias de Chile, se resume una red de 71 investigadores, 37 de Chile conectados con EE. UU., España, Francia e Inglaterra. Estos pioneros se formaron, principalmente, en el extranjero y fueron disseminando su conocimiento mediante tutorías de posgrado.

De acuerdo con lo expuesto, el objetivo de la presente investigación fue sintetizar el desarrollo y la evolución de las investigaciones científicas de neurociencias en Chile para identificar las principales áreas de estudio, instituciones claves, la contribución de investigadores más influyentes y las redes de colaboración internacional.

Métodos

Se realizó un estudio bibliométrico, puesto que constituye un método conocido y riguroso para explorar y analizar grandes volúmenes de datos científicos.⁽³⁶⁾ Este estudio involucró un análisis retrospectivo de los documentos publicados en *Web*

of Science (WoS), disponibles públicamente y, debido a esta razón, no requirió de aprobación ética.

La investigación se planteó bajo las siguientes hipótesis:

- Hipótesis nula: No ha habido cambios significativos en el desarrollo de la investigación en neurociencias en Chile en términos de áreas de estudio, instituciones, investigadores y colaboraciones internacionales.
- Hipótesis alternativa: La investigación en neurociencias en Chile ha experimentado cambios significativos en estos ámbitos, reflejando una evolución en las áreas de estudio, las instituciones participantes, los investigadores involucrados y las redes de colaboración internacional.

Búsqueda de la literatura

Se realizó una búsqueda de la literatura en Web of Science (WoS) el día 2 de abril de 2023. WoS (Clarivate Analytics, Filadelfia, Estados Unidos) cubre más de 8850 revistas de una amplia gama de disciplinas. Se empleó la categoría *Web of Science Categories* y como subcategoría *Neurosciences*. Luego, la búsqueda se limitó a los documentos publicados en Chile. No hubo restricciones de tiempo de publicación y, por tanto, se cubrió el período de 1976-2023. Todos los registros recuperados se descargaron en formato BibTeX. Se analizaron todos los documentos (n = 4873), incluidos en la subcategoría *Neurosciences* (WoS).

Extracción de los datos

De los documentos recuperados se extrajeron y analizaron los siguientes datos: número de publicaciones anuales, autores, países, instituciones, revistas, documentos más citados a nivel mundial, palabras clave, disciplinas temáticas de las *Neurosciences* y *Funding Agencies*. También se utilizó el *Journal Citation*

Reports para extraer datos relevantes sobre las principales revistas y *QS World University Rankings* para observar el lugar a nivel mundial de las instituciones.

Análisis y visualización de los datos

Para el procesamiento de datos se utilizó Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, EE. UU.), así como R Studio y su paquete de bibliometría Biblioshiny y VOSviewer.

Resultados

Categorías temáticas de las neurociencias chilenas en WoS

El campo de las neurociencias chilenas en WoS está compuesto por 24 categorías temáticas (tabla 1), donde destacan como las más productivas *Clinical Neurology* (n = 1069), *Physiology* (n = 406) y *Psychiatry* (n = 352).

Tabla 1 - Categorías temáticas en el campo de las neurociencias chilenas

Categorías	Recuento de registros	% de 4873 documentos
Web of Science		
<i>Neurosciences</i>	4873	100,000
<i>Clinical Neurology</i>	1069	21,937
<i>Physiology</i>	406	8,332
<i>Psychiatry</i>	352	7,223
<i>Biochemistry Molecular Biology</i>	329	6,751
<i>Behavioral Sciences</i>	295	6,054
<i>Pharmacology Pharmacy</i>	236	4,843
<i>Psychology</i>	181	3,714

<i>Psychology Experimental</i>	174	3,571
<i>Geriatrics Gerontology</i>	111	2,278
<i>Endocrinology Metabolism</i>	108	2,216
<i>Psychology Biological</i>	102	2,093
<i>Neuroimaging</i>	74	1,519
<i>Zoology</i>	73	1,498
<i>Radiology Nuclear Medicine Medical Imaging</i>	71	1,457
<i>Cell Biology</i>	56	1,149
<i>Developmental Biology</i>	52	1,067
<i>Gastroenterology Hepatology</i>	43	0,882
<i>Immunology</i>	43	0,882
<i>Sport Sciences</i>	39	0,800
<i>Pathology</i>	35	0,718
<i>Peripheral Vascular Disease</i>	33	0,677
<i>Anatomy Morphology</i>	28	0,575
<i>Mathematical Computational Biology</i>	27	0,554
<i>Medicine Research Experimental</i>	22	0,451

Producción anual

En este estudio se recopiló un total de 4873 publicaciones chilenas, relacionadas con las neurociencias en la colección central de *Web of Science* (WoS). En estas publicaciones se utilizaron cuatro idiomas, entre los cuales el inglés resultó ser el medio predominante (99,446 %). El 2019, 2021 y 2015 fueron los años más productivos. La tasa de crecimiento anual fue de 3,85 % (tabla 2).

Tabla 2 - Distribución de la productividad científica en el campo de las neurociencias en Chile

Año de publicación	Recuento de registros	% de 4873 documentos
2019	355	7,285
2021	345	7,080
2015	337	6,916
2017	313	6,423
2020	311	6,382
2018	295	6,054
2022	282	5,787
2016	273	5,602
2014	215	4,412
2013	202	4,145
2000	194	3,981
2012	135	2,770
2011	131	2,688
2010	129	2,647
2009	102	2,093
2008	86	1,765
2005	82	1,683
2004	81	1,662
2003	80	1,642
2007	79	1,621
2006	78	1,601
1998	58	1,190

2001	56	1,149
2002	56	1,149
2023	48	0,985

Revistas más relevantes

En la tabla 3 se puede observar el listado de las revistas más productivas, entre las que se destaca *Journal of Physiology-London* (n = 267), *Brain Research* (n = 213) y *Journal of Neuroscience* (n = 207). Estas revistas se encuentran ubicadas en el cuartil 1 y 2 del SJR. En sentido general, la producción de documentos está concentrada en revistas de los cuartiles 1 y 2, lo que demuestra su visibilidad y calidad. Estados Unidos es el país con más revistas del listado (n = 3).

Tabla 3 - Principales revistas donde se registra la productividad científica en Chile en el campo de las neurociencias

Revista	Artículos	Índice H	Cuartiles	SJR	País	Editorial
<i>Journal of Physiology-London</i>	267	249	Q1	1,51	Reino Unido	Wiley-Blackwell Publishing Ltd
<i>Brain Research</i>	213	212	Q2	0,95	Países Bajos	Elsevier
<i>Journal of Neuroscience</i>	207	471	Q1	2,69	Estados Unidos	Society for Neuroscience
<i>Neuroscience Letters</i>	163	177	Q2	0,78	Irlanda	Elsevier Ireland Ltd
<i>Glia</i>	162	172	Q1	2,6	Estados Unidos	John Wiley & Sons Inc.
<i>Molecular Neurobiology</i>	156	121	Q1	1,27	Estados Unidos	Humana Press

<i>Frontiers in Cellular Neuroscience</i>	147	101	Q1	1,66	Suiza	Frontiers Media S. A.
<i>Journal of Alzheimers Disease</i>	139	151	Q1	1,23	Países Bajos	IOS Press BV
<i>Journal of Neurochemistry</i>	110	240	Q1	1,52	Reino Unido	Wiley-Blackwell Publishing Ltd
<i>Frontiers in Neuroscience</i>	108	117	Q2	1,28	Suiza	Frontiers Media S.A.

Se aplicó el modelo de dispersión de Bradford para comprender el comportamiento de la distribución de las revistas según la productividad.⁽³⁷⁾ La distribución jerárquica de zonas centrales y periféricas permite visualizar las revistas más utilizadas por los investigadores chilenos en el campo de las neurociencias. En la zona 1 se observan las 10 revistas principales, en las cuales se han publicado el 34 % de los estudios. La zona 2 está conformada por 32 revistas y la 3 por 250 revistas, para el total de 292 revistas científicas (tabla 4).

Tabla 4 - Distribución de Bradford


Revista	Ranking	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Zona
<i>Journal of Physiology-London</i>	1	267	267	1
<i>Brain Research</i>	2	213	480	1
<i>Journal of Neuroscience</i>	3	207	687	1
<i>Neuroscience Letters</i>	4	163	850	1
<i>Glia</i>	5	162	1012	1
<i>Molecular Neurobiology</i>	6	156	1168	1
<i>Frontiers in Cellular Neuroscience</i>	7	147	1315	1
<i>Journal of Alzheimers Disease</i>	8	139	1454	1
<i>Journal of Neurochemistry</i>	9	110	1564	1
<i>Frontiers in Neuroscience</i>	10	108	1672	1
<i>Neurotoxicity Research</i>	11	103	1775	2
<i>Neuroscience</i>	12	100	1875	2
<i>European Journal of Neuroscience</i>	13	95	1970	2
<i>Journal of The Neurological Sciences</i>	14	86	2056	2
<i>Journal of Neuroscience Research</i>	15	80	2136	2
<i>Frontiers in Human Neuroscience</i>	16	66	2202	2
<i>Frontiers in Molecular Neuroscience</i>	17	63	2265	2
<i>Neuroimage</i>	18	55	2320	2

Instituciones más representativas

Las instituciones más representativas en el campo de las neurociencias en Chile se pueden observar en la tabla 5. La Universidad de Chile (n = 3304), la Pontificia

Universidad Católica de Chile (n = 2180) y la Universidad de Valparaíso (n = 727) encabezan el listado. De las 10 principales universidades solo tres (Universidad de Valparaíso, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Chile) son regionales, y dos se encuentran entre las mejores 200 del mundo, según el *QS World University Rankings*.

Tabla 5 - Instituciones más representativas en el campo de las neurociencias chilenas

Imagotipo	Afiliación	Artículos	Enlace oficial	Ranking QS
	Universidad de Chile	3304	https://www.uchile.cl/	183
	Pontificia Universidad Católica Chile	2180	https://www.uc.cl/	135
	Universidad de Valparaíso	727	https://uv.cl/	1001-1200
	Universidad Concepción	534	https://www.udec.cl/	601-650
	Universidad Austral Chile	394	https://www.uach.cl/	1001-1200
	Universidad Autónoma de Chile	346	https://www.uautonoma.cl/	1201+
	Universidad de Santiago Chile	315	https://www.usach.cl/	487
	Universidad Andrés Bello	308	https://www.unab.cl/	1001-1200

	Universidad del Desarrollo	242	https://www.udd.cl/	1001-1200
	Universidad Adolfo Ibáñez	200	https://www.uai.cl/	751-800

Autores más productivos

En la tabla 6 se pueden observar los 10 autores más representativos del campo seleccionado como objeto de estudio. En esta lista se destacan *Inestrosa* (n = 201) de la Universidad de Pontificia Universidad Católica de Chile, *Ibáñez* (n= 177) de la Universidad de Universidad Adolfo Ibáñez y *Aboitiz* (n = 84) de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Tabla 6 - Autores más productivos en el campo de las neurociencias chilenas

Autores	Artículos	Artículos fraccionados
Inestrosa NC	201	56,11
Ibáñez A	177	31,29
Aboitiz F	84	31,71
Hernández A	78	16,11
Von Bernhardt R	77	23,03
Álvarez J	70	25,85
Segura-Aguilar J	69	22,60
Saez Jc	67	15,71
Barreto GE	63	10,70
Aguayo LG	62	11,33

Documentos chilenos más citados a nivel mundial en el campo de las neurociencias

En la Tabla 7 se presentan los diez artículos más citados a nivel mundial, lo que permitió evaluar su impacto en la temática analizada y, dado su aporte significativo al campo de las neurociencias, su inclusión en este análisis busca contextualizar la evolución del conocimiento dentro del contexto chileno. Entre ellos, destaca el artículo *The Brainweb: Phase Synchronization and Large-Scale Integration*, publicado en *Nature Reviews Neuroscience* por Varela y otros. Este trabajo revisa críticamente los mecanismos de integración a gran escala en el cerebro, los cuales contrarrestan la organización anatómica y funcional distribuida de la actividad neuronal. Los autores proponen que la sincronización de fase en múltiples bandas de frecuencia podría ser un mecanismo clave para la cohesión de la cognición y el comportamiento.

El segundo artículo con mayor número de citas fue *Fiber Composition of the Human Corpus Callosum*, de Aboitiz y otros, publicado en *Brain Research*, analiza las densidades de fibras de diferentes tamaños en el cuerpo calloso humano. A través de un análisis microscópico, se identificó un patrón de diferenciación regional en la distribución de fibras delgadas y de gran diámetro. Estas diferencias podrían tener implicaciones funcionales en la conectividad interhemisférica y la especialización de las redes cerebrales.

En tercer lugar, se encuentra el artículo *Acetylcholinesterase Accelerates Assembly of Amyloid- β -Peptides into Alzheimer's Fibrils: Possible Role of the Peripheral Site of the Enzyme*, de Inestrosa y otros, publicado en *Neuron*. En este estudio, se examina el papel de la acetilcolinesterasa (AChE) en la formación de fibrillas amiloides asociadas con la enfermedad de Alzheimer. Los hallazgos sugieren que la AChE acelera la agregación del péptido A β y que su efecto depende de la interacción con el sitio de unión aniónico periférico.

Tabla 7 - Documentos más citados a nivel mundial

Autores/año	Revista	Título	Citaciones totales	Total de citas por año	Total de citas normalizado
Varela F, Lachaux JP, Rodríguez E, Martinerie J 2001	<i>Nature Reviews Neuroscience</i>	<i>The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration</i>	3273	142,30	25,54
Aboitiz, Scheibel AB, Fisher RS, Zaidel E 1992	<i>Brain Research</i>	<i>Fiber composition of the human corpus callosum</i>	991	30,97	11,81
Inestrosa NC, Álvarez A, Pérez CA, Moreno RD, Vicente M, Linker C, Garrido J 1996	Neuron	<i>Acetylcholinesterase Accelerates Assembly of Amyloid-β-Peptides into Alzheimer's Fibrils: Possible Role of the Peripheral Site of the Enzyme</i>	943	33,68	14,02
Vergara C, Latorre R, Marrion NV, Adelman JP 1998	<i>Current Opinion in Neurobiology</i>	<i>Calcium-activated potassium channels</i>	614	23,62	11,90
Sherin JE 1998	J Neuroscia	NA	501	19,27	9,71
Inestrosa NC, Arenas E 2009	<i>Nature Reviews Neuroscience</i>	<i>Emerging roles of Wnts in the adult nervous system</i>	492	35,14	11,25

Sitaram R, Ros T, Stoeckel L, Haller S, Scharnowski F, Lewis-Peacock J, Sulzer J 2016	<i>Nature Reviews Neuroscience</i>	<i>Closed-loop brain training: the science of neurofeedback</i>	485	69,29	23,80
Hetz C, Mollereau B 2014	<i>Nature Reviews Neuroscience,</i>	<i>Disturbance of endoplasmic reticulum proteostasis in neurodegenerative diseases</i>	481	48,10	11,85
Melloni L, Molina C, Pena M, Torres D, Singer W, Rodríguez E 2007	<i>Journal of Neuroscience</i>	<i>Synchronization of Neural Activity across Cortical Areas Correlates with Conscious Perception</i>	471	27,71	11,41
Markov NT, Ercsey-Ravasz MM, Ribeiro Gomes AR, Lamy C, Magrou L, Vezoli J, Kennedy H 2012	<i>Cerebral Cortex</i>	<i>A Weighted and Directed Interareal Connectivity Matrix for Macaque Cerebral Cortex</i>	452	45,20	11,13

Evolución temática

La evolución temática se analizó a través de diagramas estratégicos, lo cual permitió observar la importancia de los temas a partir del análisis de co-palabras clave. El análisis comprendió cuatro períodos centrales (1985-1994; 1995-2004; 2005-2014; 2015-2023). En la figura 1 se representa la conexión o relación entre

respaldaron la producción de documentos chilenos en el campo de las neurociencias.

Tabla 8 - Agencias de financiación

Organismos de financiación	Recuento e registros	Porcentaje de 4873 documentos	País
Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica Conicyt	1244	25,528	Chile
Conicyt Fondecyt	1107	22,717	Chile
<i>United States Department of Health Human Services</i>	410	8,414	USA
National Institutes of Health (NIH Usa)	407	8,352	USA
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet)	175	3,591	Argentina
ANPCYT	119	2,442	Argentina
<i>European Commission</i>	113	2,319	Unión europea
<i>Spanish Government</i>	101	2,073	España
<i>Uk Research Innovation Ukri</i>	98	2,011	Reino Unido
Foncyt	93	1,908	Argentina
Fondap	92	1,888	Chile
<i>Nih National Institute of Neurological Disorders Stroke Ninds</i>	87	1,785	Estados Unidos
<i>Alzheimer's Association</i>	85	1,744	Estados Unidos
Conicyt Pia Anillos	84	1,724	Chile
<i>Ineco Foundation</i>	81	1,662	Argentina
<i>Conicyt Pia Basal</i>	75	1,539	Chile

<i>Medical Research Council Uk Mrc</i>	75	1,539	Reino Unido
<i>German Research Foundation Dfg</i>	70	1,436	Alemania
<i>Takeda Pharmaceutical Company Ltd</i>	67	1,375	Japón
<i>Wellcome Trust</i>	64	1,313	Reino Unido
<i>Conicyt Fondap</i>	49	1,006	Chile
<i>Nih National Institute on Aging Nia</i>	44	0,903	Estados Unidos
<i>Fondef</i>	43	0,882	Chile
<i>National Health and Medical Research Council Nhmc Of Australia</i>	42	0,862	Australia
Instituto de Salud Carlos III	41	0,841	España

Cooperación internacional

Un total de 57 países están involucrados en la producción de documentos relacionados con las neurociencias en Chile. La figura 2 muestra que este país coopera, principalmente, con Estados Unidos (EE. UU.), España, Argentina, Reino Unido y Alemania.

productividad son la Universidad de Chile, la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad de Valparaíso.

Respecto a investigadores influyentes y colaboraciones internacionales, *Inestrosa*, *Mariano* y *Aboitiz* fueron los más productivos. Los documentos más citados abordan temas vinculados a la conectividad neuronal y estructuras cerebrales, lo que genera un impacto significativo en las neurociencias a nivel global. Por tanto, la cooperación internacional se destaca como aspecto crucial, donde Chile colabora, principalmente, con países como EE. UU., España, Argentina, Reino Unido y Alemania.

Un análisis detallado a nivel departamental dentro de las instituciones más productivas en neurociencias chilenas ofrecería una perspectiva más específica sobre las dinámicas internas de investigación. Por ejemplo, en la Universidad de Chile, el Departamento de Neurología lidera investigaciones en neurociencias clínicas; mientras que el Departamento de Bioquímica contribuye significativamente a la neurobiología molecular. Estas conexiones internas pueden promover redes de colaboración que amplifiquen el impacto científico de las instituciones.

Asimismo, en la Pontificia Universidad Católica de Chile el Departamento de Psiquiatría desempeña un papel crucial en el avance de las neurociencias afectivas, en colaboración con el Departamento de Psicología para temas relacionados con las neurociencias sociales. Además, universidades regionales, como la Universidad de Valparaíso o la Universidad Austral de Chile, permiten identificar departamentos con alto potencial de crecimiento y áreas de especialización emergentes, entre las que se encuentran la neuroplasticidad o las neurociencias ambientales. Este enfoque departamental no solo complementa los hallazgos a nivel institucional, sino que abre la puerta a estrategias más específicas para diversificar la producción científica en neurociencias chilenas.

Complementario a lo anterior, existen autores clave a nivel departamental que proporcionan una visión más profunda sobre las dinámicas de la investigación en las neurociencias chilenas. Por ejemplo, en la Universidad de Chile, *Inestrosa*, desde el Departamento de Biología Celular y Molecular, lidera investigaciones

pioneras en enfermedades neurodegenerativas, mientras que *Aboitiz* del Departamento de Neurociencia se destaca por sus estudios en evolución del cerebro humano y las neurociencias cognitivas. La interacción entre estos autores y otros departamentos, como el de Fisiología o Farmacología, podría formar redes internas que fortalezcan el impacto científico de la institución. Igualmente, autores como *Ibáñez*, con asociaciones multidepartamentales en diferentes instituciones, destacan por su capacidad para conectar redes nacionales e internacionales, al potenciar no solo a sus departamentos de origen, sino también a la comunidad científica chilena en general.

Considerando los principales hallazgos acá resumidos, resulta coherente rechazar la hipótesis nula de estancamiento del desarrollo de investigaciones neurocientíficas en Chile. Los datos reflejan un crecimiento constante anual en la cantidad de publicaciones, diversificación de las áreas de estudio y colaboración internacional de los autores e instituciones. Respecto a este último punto, la relevancia de la colaboración internacional es la tónica en las publicaciones del área,^(38,39,40) lo que permite una integración exitosa de Chile en la comunidad científica, gracias a trabajos junto con países líderes como EE. UU. o Reino Unido. Ello repercute, además, en un número elevado de citas en diferentes continentes.

Al igual que otros países en vías de desarrollo,⁽⁴¹⁾ las publicaciones de neurociencias en Chile están concentradas en un pequeño número de instituciones y autores. Por ejemplo, las tres primeras universidades del *ranking* concentran el 73 % de las publicaciones en neurociencias de Chile; de la misma forma que los tres primeros autores recaban casi el 50 % de las publicaciones en el área. Esto presenta un desafío para las agencias de financiamiento chilenas, y la necesidad de promover la productividad científica en otras instituciones e investigadores.

Las áreas de estudio y revistas donde más se publica en neurociencias en Chile confirman la fuerza que tienen los trabajos asociados con la neurofisiología, la conectividad cerebral y el uso de métodos cada vez más sofisticados de neuroimagen.^(42,43,44) Si bien se valora este desarrollo, las publicaciones recientes abren el espectro a nuevos temas y técnicas, por ejemplo, disciplinas en auge como

las neurociencias cognitivas/afectivas y su aplicación en educación.^(45,46) Ello implica cierta dirección hacia el futuro de las neurociencias chilenas. Al ser una rama interdisciplinar, se invita el poder integrar disciplinas que permitan trabajar con procesos afectivos, cognitivos y de socialización en espacios cotidianos como, por ejemplo trabajo social y educación, que complementen el avance continuo de las neurociencias.⁽⁴⁷⁾

Como se ha visto, el método de la bibliometría permite reconocer autores, instituciones, artículos y revistas principales y emergentes, así como colaboraciones productivas y temas en auge, lo que resulta útil para mapear el conocimiento actual de un área en particular y sus principales involucrados.⁽³⁶⁾

Sin menoscabo de lo anterior, se deben considerar las posibles limitaciones propias del método, por ejemplo, sesgos hacia temas consolidados o más financiados, lo que invisibiliza publicaciones, autores o instituciones menos citadas que quedarían subrepresentadas.

De acuerdo con el objetivo del presente trabajo, mediante un método bibliométrico se sintetizaron las principales áreas de estudio, instituciones clave, investigadores influyentes y redes de colaboración internacional de las neurociencias en Chile.

Se concluye que existe un desarrollo significativo y constante en la disciplina, caracterizado, principalmente, por un crecimiento anual de las publicaciones, la fuerte presencia en revistas de alto impacto y una intrincada red de colaboración internacional de autores influyentes en el campo. No obstante, se destaca que escasos autores e instituciones concentran la mayoría de investigación en el área, lo que representa un desafío futuro en la diversificación de actores y temas en las neurociencias chilenas.

Referencias bibliográficas

1. Gazzaniga MS, Ivry RB, Mangun GR. Cognitive neuroscience: The biology of the mind. 5th ed. W. W. Norton & Company; 2019. Disponible en: <https://wwnorton.com/books/9780393603170>
2. Bear MF, Connors BW, Paradiso MA. Neuroscience: exploring the brain. 4th ed. Wolters Kluwer; 2016. ISBN-13: 978-0781778176.
3. Kandel ER, Koester JD, Mack SH, Siegelbaum SA. Principles of neural science. 6th ed. McGrawHill; 2021 [acceso 02/03/2024]. Disponible en: <https://neurology.mhmedical.com/book.aspx?bookid=3024#254327390>
4. Pfaff DW, Volkow ND, Rubenstein JL. Neuroscience in the 21st Century from Basic to Clinical. 3th ed. Pfaff D, Volkow N, Rubenstein J, editors. New York: Springer; 2022. ISBN-13: 978-3030888310
5. Barbey A, Karama S, Haier R, editors. The Cambridge Handbook of Intelligence and Cognitive Neuroscience. 1th ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2021. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781108635462>
6. Srivastava P, Srivastava N, Garg P, editors. New Perspectives in Neuroscience. 1th ed. New York: Nova Medicine & Health; 2022. DOI: <https://doi.org/10.52305/MEHM5624>
7. Adolphs R. Cognitive neuroscience: Cognitive neuroscience of human social behavior. Nat Rev Neurosci. 2003;4(3):165-78. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrn1056>
8. LaBar KS, Cabeza R. Cognitive neuroscience of emotional memory. Nature Reviews Neuroscience. 2006;7:54-64. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrn1825>
9. Posner J, Russell JA, Peterson BS. The circumplex model of affect: An integrative approach to affective neuroscience, cognitive development, and psychopathology. Dev Psychopathol. 2005;17(3):715-34. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0954579405050340>

10. Ochsner KN, Gross JJ. Cognitive Emotion Regulation Insights from Social Cognitive and Affective Neuroscience. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00566.x>
11. Duchaine B, Germine L, Nakayama K. Family resemblance: Ten family members with prosopagnosia and within-class object agnosia. *Cogn Neuropsychol*. 2007 Jun;24(4):419-30. DOI: <https://doi.org/10.1080/02643290701380491>
12. Diamond A. Executive functions. *Annual Review of Psychology*. Annual Reviews Inc. 2013;64:135-68. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
13. Hassabis D, Kumaran D, Vann SD, Maguire EA, Designed EAM, Performed EAM. Patients with hippocampal amnesia cannot imagine new experiences. 2007;104. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0610561104>
14. Catani M, Mesulam M. The arcuate fasciculus and the disconnection theme in language and aphasia: History and current state. *Cortex*. 2008;44(8):953-61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2008.04.002>
15. Schultz W. Behavioral theories and the neurophysiology of reward. *Annu Rev Psychol*. 2006;57:87-115. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070229>
16. Hirsch LJ, Laroche SM, Gaspard N, Gerard E, Svoronos A, Herman ST, *et al*. American Clinical Neurophysiology Society's Standardized Critical Care EEG Terminology: 2012 version. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2013;30:1-27. DOI: <https://doi.org/10.1097/WNP.0b013e3182784729>
17. Mcewen BS, Mirsky AE, Hatch MM. Physiology and Neurobiology of Stress and Adaptation: Central Role of the Brain. 2007. Disponible en: www.prv.org
18. Krishnan V, Nestler EJ. The molecular neurobiology of depression. *Nature Publishing Group*; 2008;455:894-902. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature07455>
19. Hamilton JP, Farmer M, Fogelman P, Gotlib IH. Depressive Rumination, the Default-Mode Network, and the Dark Matter of Clinical Neuroscience. Vol. 78, *Biological Psychiatry*. Elsevier USA; 2015:224-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2015.02.020>

20. Kesby JP, Eyles DW, McGrath JJ, Scott JG. Dopamine, psychosis and schizophrenia: The widening gap between basic and clinical neuroscience. *Translational Psychiatry*. Nature Publishing Group; 2018;8. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41398-017-0071-9>
21. Ganguli M, Albanese E, Seshadri S, Bennett DA, Lyketsos C, Kukull WA, *et al*. Population Neuroscience: Dementia Epidemiology Serving Precision Medicine and Population Health. *Alzheimer disease and associated disorders*. 2018;32(1):1-9. DOI: <https://doi.org/10.1097/WAD.0000000000000237>
22. Redolar-Ripoll D. *Neurociencia Cognitiva*. 1a ed. Médica Panamericana; 2015. ISBN-13: 978-8498354089.
23. Boixadós M, Moreno Alcázar A, Portell M, Robles N, Soriano C, Torras M, *et al*. *Fundamentos de psicobiología*. Barcelona: Editorial UOC;2014 [acceso 02/03/2024]. Disponible en: https://ada.educatic.unam.mx/pluginfile.php/1692/mod_assign/intro/Fundamentos%20de%20psicobiología.%20Redolar%20Ripoll%20Diego.pdf
24. Colmenares Gil F. *Fundamentos de psicobiología. Comportamiento y procesos psicológicos en contexto evolutivo*. Madrid: Editorial Síntesis.; 2015; vol. 2. ISBN-13: 978-8490771969.
25. Vinogradov S. Harnessing Neuroplasticity. *Psychiatry Res*. 2023;115607. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2023.115607>
26. García CL, Vázquez-del-Mercado A. Epistemological issues in neurodivergence and atypical cognition: introduction. *Synthese*. Springer Science and Business Media B.V. 2023;201. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11229-023-04100-x>
27. Díez GG, Castellanos N. Investigación de mindfulness en neurociencia cognitiva. *Rev Neurol*. 2022 [acceso 02/03/2024];74(5):163-9. Disponible en: <https://www.colegiomedico.cl/wp-content/uploads/2023/07/Castellanos-and-Diez-Neurociencia-de-la-meditacion.pdf>
28. Ishida S, Nishitsutsumi Y, Kashioka H, Taguchi T, Shineha R. A comparative review on neuroethical issues in neuroscientific and neuroethical journals. *Frontiers*

in Neuroscience. Frontiers Media; 2023; vol 17. DOI:
<https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1160611>

29. Yener G, Öz D. Innovations in Neurophysiology and Their Use in Neuropsychiatry. Vol. 59, *Noropsikiyatri Arsivi*. Turkish Neuropsychiatric Society; 2022:S67-74. DOI: <https://doi.org/10.29399/npa.28234>

30. Rasero J, Jimenez-Marin A, Diez I, Toro R, Hasan MT, Cortes JM. The Neurogenetics of Functional Connectivity Alterations in Autism: Insights From Subtyping in 657 Individuals. *Biol Psychiatry*. 2023 Nov 15;94(10):804-13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2023.04.014>

31. Maliske L, Kanske P. The Social Connectome—Moving Toward Complexity in the Study of Brain Networks and Their Interactions in Social Cognitive and Affective Neuroscience. Vol. 13, *Frontiers in Psychiatry*. Frontiers Media; 2022. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.845492>

32. Schiller B, Sperl MFJ, Kleinert T, Nash K, Gianotti LRR. EEG Microstates in Social and Affective Neuroscience. *Brain Topography*. Springer; 2023. <https://doi.org/10.1007/s10548-023-00987-4>

33. Kandel ER, Koester JD, Mack SH, Siegelbaum SA. Principles of neural science. 6th ed. McGrawHill; 2021 [acceso 02/03/2024]. Disponible en: <https://neurology.mhmedical.com/book.aspx?bookid=3024#254327390>

34. Rosas Díaz R, Tenorio Delgado M, Andrés Gárate Maudier R. C La Neuropsicología en Chile. 2009;9:35-46. Disponible en: <http://revistaneurociencias.com/index.php/RNNN/article/view/209>

35. Larraín-Valenzuela J, Herrera-Guzmán Y, Mardones F, Freire Y, Kausel L, Aboitiz F. Aportes históricos de la neurociencia cognitiva y su emergencia en Chile. *Rev Med Chile*. 2022 [acceso 02/03/2024];150:368-80. Disponible en: <https://www.revistamedicadechile.cl/index.php/rmedica/article/view/9074/7714>

36. Donthu N, Kumar S, Mukherjee D, Pandey N, Lim WM. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *J Bus Res*. 2021;133:285-96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>

37. Venable GT, Shepherd BA, Roberts ML, Taylor DR, Khan NR, Klimo P. An application of Bradford's law: identification of the core journals of pediatric neurosurgery and a regional comparison of citation density. *Child's Nervous System*. 2014;30(10):1717-27. <https://doi.org/10.1007/s00381-014-2481-9>
38. Kocak M, García-Zorita C, Marugán-Lázaro S, Çakır MP, Sanz-Casado E. Mapping and clustering analysis on neuroscience literature in Turkey: a bibliometric analysis from 2000 to 2017. *Scientometrics*. 2019;121(3):1339-66. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03259-w>
39. Glänzel W, Danell R, Persson O. The decline of Swedish neuroscience: Decomposing a bibliometric national science indicator. *Budapest Scientometrics*. Kluwer Academic Publishers; 2003; vol. 57. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1024185601555>
40. Buchan AMJ, Jurczyk E, Isserlin R, Bader GD. Global neuroscience and mental health research: a bibliometrics case study. *Scientometrics*. 2016;109(1):515-31. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2094-z>
41. Hoppen NHF, Vanz SA de S. Neurosciences in Brazil: a bibliometric study of main characteristics, collaboration and citations. *Scientometrics*. 2016;109(1):121-41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-016-1919-0>
42. Kenkel WM. Corpus colossal: A bibliometric analysis of neuroscience abstracts and impact factor. Vol. 13, *Frontiers in Integrative Neuroscience*. Frontiers Media S.A.;2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnint.2019.00018>
43. Wilson M, Sampson M, Barrowman N, Doja A. Bibliometric Analysis of Neurology Articles Published in General Medicine Journals. *JAMA Netw Open*. 2021;4(4). DOI: <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.5840>
44. Kim HJ, Yoon DY, Kim ES, Lee K, Bae JS, Lee JH. The 100 most-cited articles in neuroimaging: A bibliometric analysis. *Results Phys*. 2016;139:149-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.06.029>

45. Xu H, Cheng X, Wang T, Wu S, Xiong Y. Mapping Neuroscience in the Field of Education through a Bibliometric Analysis. *Brain Sciences*. MDPI;2022;vol. 12. <https://doi.org/10.3390/brainsci12111454>

46. Yeung AWK, Goto TK, Leung WK. The changing landscape of neuroscience research, 2006-2015: A bibliometric study. *Front Neurosci*. 2017 Mar 21;11(MAR). <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00120>

47. Restrepo Betancur LF. Avances de las publicaciones científicas en neurociencias en los últimos 25 años en el mundo. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*. 2023 [acceso 02/03/2024];34:e2181. Disponible en: <https://acimed.sld.cu/index.php/acimed/article/view/2181/pdf>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

Conceptualización: Francisco Ahumada-Méndez, Milton Contreras-Sáez y Osvaldo Hernández González.

Curación de datos: Milton Contreras-Sáez y Osvaldo Hernández González.

Análisis formal: Milton Contreras-Sáez y Osvaldo Hernández González.

Supervisión: Francisco Ahumada-Méndez, Milton Contreras-Sáez y Osvaldo Hernández González.

Validación: Francisco Ahumada-Méndez, Milton Contreras-Sáez y Osvaldo Hernández González.

Investigación: Francisco Ahumada-Méndez, Milton Contreras-Sáez y Osvaldo Hernández González.

Metodología: Milton Contreras-Sáez y Osvaldo Hernández González.

Redacción – borrador original: Francisco Ahumada-Méndez, Milton Contreras-Sáez y Osvaldo Hernández González.

Redacción – revisión y edición: Francisco Ahumada-Méndez, Milton Contreras-Sáez y Osvaldo Hernández González.