

—
— S U P L E M E N T O

XV Curso de fundamentos moleculares de la Medicina

INSTITUTO DE ESPAÑA

Desde 1879

A N A L E S
DE LA
REAL ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA
DE ESPAÑA



— S U P L E M E N T O

Nº 135 (02)

DOI: 10.32440/ar.2018.135.02.supl01

An RANM · Supl.01 **AÑO 2018** [SEGUNDA ÉPOCA]



REAL ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA DE ESPAÑA

Revista editada por:



REAL ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA DE ESPAÑA

Calle de Arrieta, 12. 28013 - MADRID

Teléfonos: 91 547 03 18 - 91 547 03 19

Fax: 91 547 03 20

Depósito Legal: M. 5.020.—1958

I.S.S.N. 0034-0634

Presidente Comité Editorial

Joaquín Poch Broto

*Presidente de la Real Academia
Nacional de Medicina de España*

Director Científico

Eduardo Díaz-Rubio García

*Vicepresidente de la Real Academia
Nacional de Medicina de España*

Editora Jefe

Ana M^a Villegas Martínez

*Académica de Número de la Real Academia
Nacional de Medicina de España*

Consejo Editorial

Joaquín Poch Broto

Manuel Díaz-Rubio García

Eduardo Díaz-Rubio García

Luis Pablo Rodríguez Rodríguez

Vicente Calatayud Maldonado

Carlos Seoane Prado

Gonzalo Piédrola Angulo

Francisco López Timoneda

Coordinación

Nuria Iglesias Rodríguez

Luis Javier Aróstegui Plaza

Diseño y maquetación

M. Nieves Gallardo Collado

Antonio Raya López

Montse López Ferres

Producción



Comité Científico

Francisco Alonso Fernández · *Psiquiatría*

Pedro Sánchez García · *Farmacología*

José Antonio Clavero Núñez · *Obstetricia*

Joaquín Poch Broto · *Otorrinolaringología*

Diego M. Gracia Guillén · *Bioética*

Gonzalo Piédrola Angulo · *Epidemiología Hospitalaria*

Juan del Rey Calero · *Microbiología y Parasitología Médica*

Jesús A. Fernández-Tresguerres Hernández · *Endocrinología Experimental*

Emilio Gómez de la Concha · *Inmunología Clínica*

Enrique Casado de Frías · *Pediatría*

Francisco José Rubia Vila · *Fisiología*

Juan Jiménez Collado · *Biología del desarrollo y Genética*

Manuel Díaz-Rubio García · *Medicina Interna*

Guillermo Suárez Fernández · *Ciencias Veterinarias*

Luis Pablo Rodríguez Rodríguez · *Rehabilitación*

Miguel Lucas Tomás · *Estomatología*

José Luis Carreras Delgado · *Medicina Física*

Fernando Reinoso Suárez · *Anatomía*

Julián García Sánchez · *Oftalmología*

Enrique Moreno González · *Cirugía General*

Francisco González de Posada · *Arquitectura e Ingeniería Sanitarias*

María del Carmen Maroto Vela · *Microbiología y Parasitología Médica*

Enrique Blázquez Fernández · *Biología Molecular*

Federico Mayor Zaragoza · *Farmacología*

Antonio Campos Muñoz · *Histología*

Carlos Seoane Prado · *Ciencias Químicas*

Manuel Escudero Fernández · *Ginecología*

Alfredo Robledo Aguilar · *Dermatología*

José Ramón de Berrazueta Fernández · *Cardiología*

Eduardo Díaz-Rubio García · *Oncología*

José María Gil-Vernet Vila · *Urología*

Vicente Calatayud Maldonado · *Neurocirugía*

Manuel Serrano Ríos · *Endocrinología, Metabolismo y Nutrición*

José Miguel García Sagredo · *Genética Humana*

Alberto Galindo Tixaire · *Ciencias Físicas*

José Manuel Ribera Casado · *Gerontología y Geriátrica*

María Castellano Arroyo · *Medicina Legal*

Gabriel Téllez de Peralta · *Cirugía Torácica*

Santiago Ramón y Cajal Agüeras · *Anatomía Patológica*

Ana María Villegas Martínez · *Hematología y Hemoterapia*

Francisco López Timoneda · *Anestesiología y Reanimación*

Luis Martí Bonmatí · *Radiología y Radiodiagnóstico*

Javier Sanz Serrulla · *Historia de la Medicina*

José A. Obeso Inchausti · *Neurología*



Protección de datos: Anales RANM declara cumplir lo dispuesto por la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal. Papel ecológico libre de cloro.
Esta publicación se imprime en papel no ácido.
This publication is printed in acid-free paper.
Impreso en la U.E.
Depósito Legal: M. 5.020.—1958
I.S.S.N. 0034-0634

Publicación cuatrimestral
(3 números al año)

© 2018. Anales RANM

Reservados todos los derechos. El contenido de la presente publicación no puede ser reproducido, ni transmitido por ningún procedimiento electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia, grabación magnética, ni registrado por ningún sistema de recuperación de información, en ninguna forma, ni por ningún medio, sin la previa autorización por escrito del titular de los derechos de explotación de la misma.

Anales RANM, a los efectos previstos en el artículo 32.1 párrafo segundo del vigente TRLPI, se opone de forma expresa al uso parcial o total de las páginas de Anales RANM con el propósito de elaborar resúmenes de prensa con fines comerciales.

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Este suplemento ha sido editado
gracias a la colaboración de



Disponible en internet:

www.analesranm.es

Atención al lector:

infoanales@analesranm.es

Anales RANM.

Calle de Arrieta, 12. 28013

MADRID

Teléfono: +34 91 159 47 34

Fax: 91 547 03 20

LA OBRA DE REFERENCIA DE LEXICOGRAFÍA MÉDICA EN ESPAÑOL

DTM
DICCIONARIO
DE
TÉRMINOS
MÉDICOS

CASI **52000 ENTRADAS**

CERCA DE
30000 SINÓNIMOS

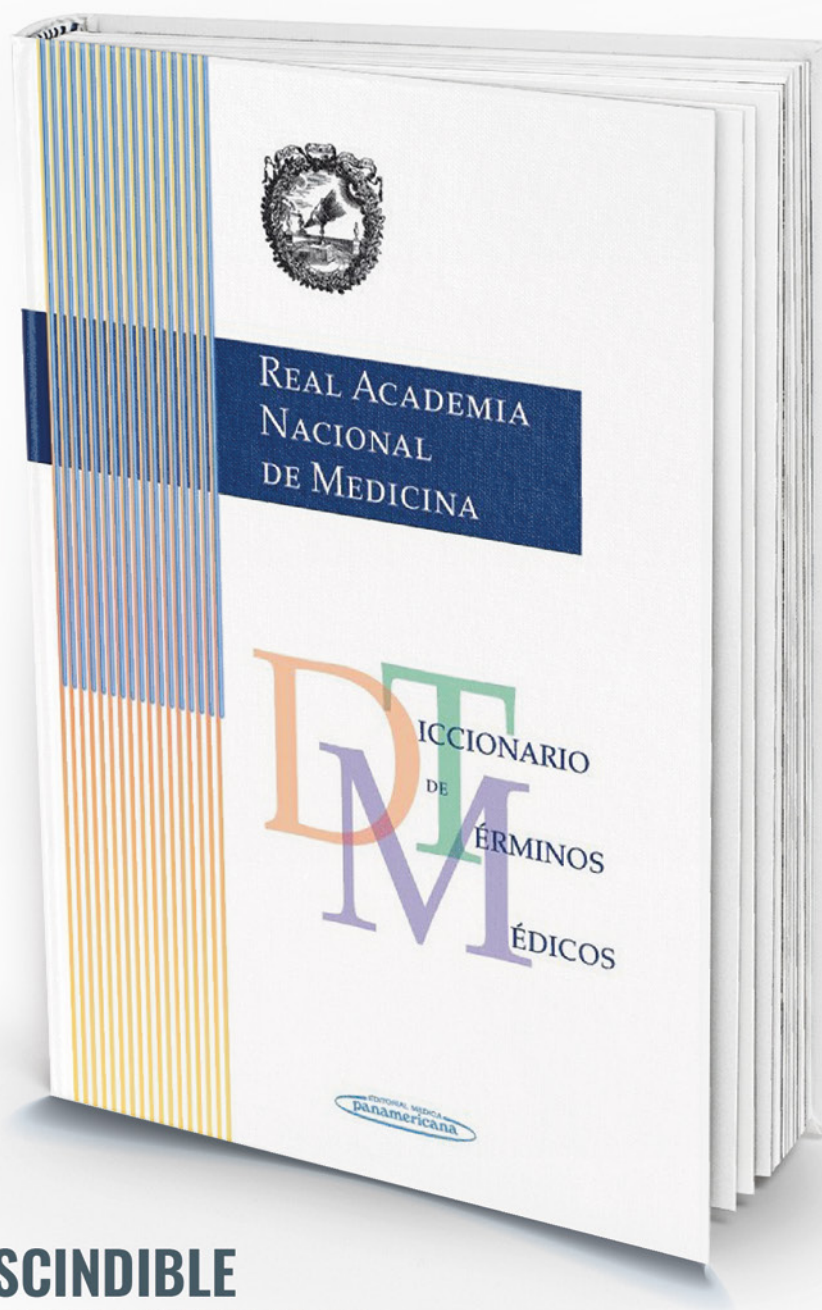
INFORMACIÓN ETIMOLÓGICA
DE **7000 TÉRMINOS**

27000 OBSERVACIONES
LINGÜÍSTICAS

EQUIVALENTES DE LOS
TÉRMINOS EN INGLÉS

ETIMOLOGÍAS, SIGLAS,
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

VERSIÓN ELECTRÓNICA



**UNA OBRA IMPRESCINDIBLE
PARA TODOS LOS PROFESIONALES
DE LA SALUD**



REAL ACADEMIA NACIONAL
DE MEDICINA DE ESPAÑA

EDITORIAL MEDICA
panamericana

índice

ARTÍCULOS

PREFACIO.....	7
Enrique Blázquez Fernández	
APARICIÓN Y DESARROLLO DEL LENGUAJE HUMANO.....	9
EMERGENCE AND DEVELOPMENT OF HUMAN LANGUAGE	
José E. García-Albea	
LA COMUNICACIÓN GESTUAL. TEORÍA DE LA MENTE Y NEURONAS ESPEJO.....	22
GESTURAL COMMUNICATION. THEORY OF MIND AND MIRROR NEURONS	
Emilio García García	
BASES NEUROBIOLÓGICAS DE LA MÚSICA.....	34
NEUROBIOLOGICAL FOUNDATIONS OF MUSIC	
Francisco José Rubia Vila	
ASPECTOS EMOCIONALES DEL LENGUAJE.....	41
EMOTIONAL ASPECTS OF LANGUAGE	
Hinojosa J.A. et al.	
DESINCRONIZACIÓN ENTRE LOS RITMOS DEL HABLA NY LAS OSCILACIONES NEURONALES: UNA POSIBLE CAUSA DE LOS PROBLEMAS FONOLÓGICOS EN LA DISLEXIA.....	47
DESYNCHRONIZATION BETWEEN SPEECH RHYTHMS AND NEURAL OSCILLATIONS: A POSSIBLE CAUSE OF PHONOLOGICAL PROBLEMS IN DYSLEXIA	
Nicola Molinaro et al.	
ASPECTOS CLÍNICOS Y MOLECULARES DE LAS AFASIAS PROGRESIVAS DEGENERATIVAS.....	52
CLINICAL AND MOLECULAR ASPECTS OF PROGRESSIVE DEGENERATIVE APHASIAS	
Juan J. Zarranz	
NORMAS DE PUBLICACIÓN.....	60

Para la redacción de los manuscritos y una correcta definición de la terminología médica, ANALES RANM recomienda consultar el Diccionario de términos médicos de la Real Academia Nacional de Medicina de España

̄
S U P L E M E N T O

XV Curso de fundamentos moleculares
de la Medicina

ANALES RANM
REVISTA FUNDADA EN 1879

PREFACIO

Durante las últimas décadas nuestra existencia se ha visto inundada de un torrente inagotable de códigos, datos, dígitos e imágenes como manifestaciones que dan contenido a lo que conocemos como era de la información. Este caudal de conocimientos que llena cualquier parcela de nuestras actividades es un exponente de los múltiples cambios que están ocurriendo en nuestra Sociedad. Los avances tecnológicos y un desarrollo científico exponencial han propiciado la génesis de nuevos conocimientos y conceptos, pero nos han dejado sin tiempo para disfrutarlos y asimilarlos adecuadamente. Ante estos hechos algunos autores como Luciano Espinosa se preguntan hasta qué punto se procesa, discrimina y asimila este caudal de información para generar verdadero conocimiento, o incluso si queda lugar para lo que siempre se ha llamado sabiduría, algo más allá del conocimiento.

En el campo de la Medicina también se ha producido un avance exponencial del conocimiento científico, gracias al desarrollo tecnológico y a las excelentes contribuciones de las Ciencias Químicas, Físicas, Matemáticas e Ingeniería sobre las distintas especialidades Médicas y Quirúrgicas. Basta con recorrer los Servicios de un Hospital para comprobar esta realidad y comprender lo que conocemos como Ciencias de la Salud y, lo que todas ellas contribuyen al Conocimiento Total.

Todo ello ha permitido que la Medicina avance de una fase analítica a otra molecular y, al concurso de diferentes disciplinas que han impulsado nuevas formas experimentales de diagnóstico, procesamiento de datos y la realización de nuevos procedimientos terapéuticos. Pero con cierta nostalgia de lo que siempre se ha reconocido como el Arte de Curar.

Tal llegada masiva de nuevos contenidos, conceptos y terminologías han hecho necesaria su incorporación a los estudios de Medicina y sus especialidades, así como la impartición de Cursos, Masters y otras actividades especializadas. En este orden de ideas en el año 2004 propusimos a la Real Academia Nacional de Medicina de España (RANME) la celebración Anual de un Curso de Postgraduados sobre "Fundamentos Moleculares de la Medicina", cuya iniciativa fue aceptada y desde entonces se han celebrado 16 Cursos con gran aceptación de licenciados fundamentalmente de la Comunidad de Madrid y también de distintas Autonomías de nuestro país.

La realización de estos Cursos ha sido posible gracias, al apoyo incondicional de la RANME que siempre cedió generosamente su tribuna y potenció la divulgación de los nuevos hallazgos científicos, a la Fundación Lilly que desde el inicio patrocinó los Cursos y más recientemente Asisa también ha contribuido generosamente al desarrollo de estas actividades, a los Profesores que expusieron magistralmente el contenido del tema elegido y a los postgraduados por su interés y entusiasmo por adquirir los nuevos conocimientos.

A lo largo de los primeros catorce años las temáticas del Curso de Postgraduados estuvieron relacionadas con los modelos y tipos de terapias para las enfermeda-

des humanas. Asimismo se analizaron los fundamentos moleculares de la inflamación, el dolor, enfermedades neurodegenerativas, del sistema endocrino y la nutrición, así como del envejecimiento, de las bases celulares y moleculares de las respuestas inmunes, Cáncer, Diabetes Mellitus y enfermedad de Alzheimer.

Sin embargo a partir de 2018 hemos introducido un nuevo diseño para el desarrollo de los temas elegidos, presentando de una forma integrada los aspectos morfológicos, bioquímicos, moleculares y fisiopatológicos. De esta forma el XV Curso de Postgraduados se dedicó en parte a los "Aspectos moleculares y fisiopatológicos del lenguaje humano" y en el Curso del año pasado se dedicó una sesión a los "Aspectos moleculares y fisiopatológicos de la visión". Dado el interés despertado por la presentación de estos temas ahora realizamos la publicación de una serie de temas presentados en el Curso sobre el lenguaje humano y que ahora se publican en este suplemento de la revista Anales de la RANME, una publicación centenaria que ha sido remozada recientemente y goza de las características técnicas más relevantes que permiten la distribución rápida de sus artículos mediante servicios "on line".

En el trabajo inicial de este suplemento, el Prof. José Eugenio García-Albea, Catedrático de Psicología Básica, de la Universidad Rovira i Virgili en Tarragona nos describe magistralmente lo concerniente a la aparición y desarrollo del lenguaje humano, destacando que este es una capacidad con una función mediadora entre una señal física en forma de sonidos y un estado interno del individuo en forma de significados. Dicha función mediadora requiere un tratamiento multidisciplinar en niveles lingüístico, psicológico y neurobiológico que dan lugar a distintos modelos que son revisados en el artículo bajo dos aspectos, uno analizado bajo una perspectiva ontogénica y otro estudiado filogenéticamente. Asimismo concluye el autor sobre el carácter natural y especializado de la facultad humana del lenguaje, a la vez que la especificidad como propiedad singular de nuestra especie que puede considerarse un caso genuino de discontinuidad evolutiva.

En el siguiente artículo el Dr. Emilio García García, Prof. de Neurociencia y Neuropsicología de la Universidad Complutense de Madrid expone de forma elegante y rigurosa que los seres humanos nos comunicamos gracias al lenguaje y a los gestos y que la comunicación lingüística tiene sus orígenes tanto ontogénicos como filogenéticos. Asimismo indica que existen dos marcos teóricos para explicar la comunicación gestual mediante la teoría de la mente y las neuronas espejo, situadas ambas en distintos niveles explicativos pero siendo compatibles. De hecho la teoría de la mente está encuadrada dentro de la psicología cognitiva y evolutiva, mientras que las neuronas espejo proporcionan explicaciones neurocientíficas, a nivel neuronal, de redes y sistemas.

Con un escrito delicioso, lleno de connotaciones científicas y filosóficas el Prof. Francisco Rubia Vila, Catedrático Emérito de Fisiología en la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid, analiza las bases neurobiológicas de la música, indicando que esta juega un papel importante en nuestro cerebro, lo cual sugiere que se trata de una facultad mental que se

desarrolló tempranamente. Asimismo explica que las áreas cerebrales que se activan con la música se solapan con las dedicadas al lenguaje, por lo que se ha propuesto que ambas funciones se desarrollaron en paralelo o existió un precursor de ambas, que se ha llamado “musilenguaje”. También como facultad mental es posible que sea heredable, lo que explica la existencia de familias enteras dedicadas a la música.

Otra valiosísima contribución de este suplemento viene dada por los “Aspectos emocionales del lenguaje”, escrito por los Profesores E. Moreno, P. Ferré y M.A. Pozo que desde el Instituto Pluridisciplinar de la Universidad Complutense de Madrid, la Facultad de Psicología, Universidad Complutense de Madrid y de la Universidad Rovira i Virgili de Tarragona, establecen las relaciones entre lenguaje y emoción de forma excelente, teniendo en cuenta las aportaciones procedentes de los ámbitos de la psicología del desarrollo y de la neurolingüística afectiva.

Los resultados de los trabajos revisados ponen de manifiesto que el aprendizaje del lenguaje emocional tiene sus propias peculiaridades. También el contenido emocional de las palabras, oraciones y textos modula varios niveles del procesamiento del lenguaje, que incluyen distintos aspectos implicados en la comprensión y la producción. Además las interacciones entre lenguaje y emoción implican la activación de un conjunto de regiones cerebrales relacionadas con procesos afectivos y lingüísticos, como áreas de la corteza frontal y temporal o estructuras subcorticales como la amígdala. Asimismo los autores de este trabajo indican que el contenido emocional determina ciertos aspectos del modo en que adquirimos y procesamos el lenguaje.

De acuerdo con el orden establecido en el Curso de Postgraduados ahora sería el turno para la presentación del Prof. Albert Costa Martínez, de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona, quien desarrolló el tema sobre el “Cerebro Bilingüe”, pero desgraciadamente el infortunio se lo llevó hace unos meses y con él una trayectoria científica excelente. Que descansen en paz, el que fue una de las grandes realidades de la Neurolingüística española, a la vez que enviamos nuestro más sentido pésame a sus familiares y amigos.

Según hemos avanzado en la lectura de los artículos publicados en este Suplemento, nos encontramos ahora con los aspectos fisiopatológicos del lenguaje y concretamente con el extraordinario trabajo “Desincronización entre los ritmos del habla y las oscilaciones neuronales: una posible causa de los problemas fisiológicos en la dislexia”, realizado por los Profs. Mikel Lizarazu, Marie Lallier y Nicola Molinaro en el Laboratoire de Sciences Cognitives and Psycholinguistique de Paris, el Centro Vasco sobre Cognición, Cerebro y Lenguaje, San Sebastián y el Ikervasco de la Fundación Vasca para la Ciencia en Bilbao. Los autores de este estudio tienen como objetivo principal estudiar las bases neuronales subyacentes a las dificultades fisiológicas de la dislexia. De esta forma han encontrado que la sincronización entre los ritmos del habla y las oscilaciones neuronales a distintas bandas de frecuencia juegan un papel clave en la segmentación del habla. Sin embargo en los lectores disléxicos presentan una desincronización entre los ritmos del habla y las

oscilaciones neuronales en regiones auditivas, lo que podría causar los problemas de percepción auditiva y las dificultades fonológicas observadas en los lectores con dislexia. Ellos también presentan estudios recientes de su grupo que apoyan la teoría de la desincronización neuronal en la dislexia y otros que muestran que estos problemas también están presentes en los niños con dislexia.

Cierra este Suplemento el extraordinario trabajo del Prof. Juan J. Zarranz, del Departamento de Neurociencias de la Universidad del País Vasco, Lejona, Vizcaya, sobre “Aspectos clínicos y moleculares de las afasias progresivas degenerativas”, el cual escribe que la afasia progresiva primaria o degenerativa es un proceso heterogéneo tanto clínica como patológicamente así como en su apartado molecular, que actualmente incluye la patología tau, TDP43 y Alzheimer. Asimismo indica que existe una correlación imperfecta entre la clínica de la afasia, la localización preferente de la neurodegeneración, la histología y la patología molecular. En este sentido las nuevas técnicas de neuroimagen molecular y distintos marcadores pueden ayudar a mejorar el conocimiento de la correlación clínico-patológica y contribuir a la mejor comprensión de la vulnerabilidad selectiva entre áreas cerebrales implicadas en la anatomofisiología del lenguaje.

Mediante la lectura de este Suplemento hemos podido constatar la importancia del lenguaje humano, tanto en la Salud como en la Enfermedad, así como la relevancia de los procesos que hacen posible su expresión bien normal o patológica. Todo ello es fruto de la comunicación celular y molecular que ocurren en nuestros tejidos de una forma coordinada. De hecho el lenguaje humano es la máxima expresión de los intercambios de información entre moléculas, células y tejidos en nuestro organismo, que son necesarios para la realización de las funciones vitales. Así la secuencia específica de bases en el ADN hace posible el almacenamiento de la información genética que permite el desarrollo y perpetuación de las especies, que las enzimas incluidas en las rutas metabólicas metabolizan los nutrientes, las hormonas sean reconocidas por sus receptores y la interacción entre ambas generen transductores para la realización de sus efectos biológicos y, en general las biomoléculas sean capaces de interpretar un mensaje para contribuir a la realización de una función. Asimismo en su momento los Profesores de este Curso en la presentación oral de sus conferencias utilizaron biomoléculas específicas localizadas fundamentalmente en cerebro y en el sistema fonador y, más tarde en la preparación escrita usaron la acción coordinada de otras biomoléculas que hicieron posible la lectura y comprensión de estos bellos artículos.

Enrique Blázquez Fernández
Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular
Académico Numerario de la RANME

APARICIÓN Y DESARROLLO DEL LENGUAJE HUMANO

EMERGENCE AND DEVELOPMENT OF HUMAN LANGUAGE

José E. García-Albea

Universidad Rovira i Virgili (Tarragona)

Palabras clave:

Facultad del lenguaje;
Desarrollo
ontogenético;
Desarrollo
filogenético.

Keywords:

Language Faculty;
Ontogenetic
development;
Phylogenetic
development.

Resumen

A modo de introducción, comenzaré por delimitar la noción de “lenguaje” para saber a qué nos referimos al tratar de su aparición y desarrollo en la especie humana. En una primera aproximación, se destacará el hecho de ser una capacidad del ser humano con una función mediadora entre una señal física (en principio, *sonidos*) y un estado interno del individuo en términos intencionales (es decir, *significados*). Dicha función mediadora y sus rasgos derivados (arbitrariedad, simbolismo, compositividad, productividad, sistematicidad) requieren un tratamiento multidisciplinar con distintos niveles de explicación (lingüístico, psicológico, neurobiológico) que dan lugar a distintos modelos de esa capacidad humana del lenguaje. Se revisarán dichos modelos y se harán converger de cara a establecer el marco de referencia adecuado –propio de la ciencia cognitiva– para abordar el tema central de este trabajo. Y ello lo haremos en dos apartados, uno dedicado a la adquisición del lenguaje por el individuo y su desarrollo desde una perspectiva ontogenética; y otro dedicado propiamente a la aparición del lenguaje en la historia evolutiva de la especie y, por tanto, a su desarrollo filogenético. Se concluirá poniendo de manifiesto el carácter natural (en buena medida innato) y especializado de la facultad humana del lenguaje, a la vez que su especificidad como propiedad singular de la especie humana, lo cual apunta a una aparición relativamente súbita y a la posibilidad de encontrarnos ante un caso genuino de discontinuidad evolutiva.

Abstract

I will introduce the topic of this paper by demarcating the notion of “language”, as a necessary first step in order to know what we mean when dealing with its appearance and development in the human species. In a first approximation, I’ll highlight the fact of being a human capacity with an intermediary function between a physical signal (i.e., *sounds*) and an intentional state of the individual (i.e., *meanings*). Such an intermediary function and its associated features (arbitrariness, symbolism, compositionality, productivity, systematicity) require a multidisciplinary treatment with different levels of explanation (linguistic, psychological, neurobiological) that give rise to corresponding models of that human language capacity. I’ll then review those models and make them converge into the appropriate frame of reference –characteristic of the cognitive science– for dealing with the main topic of this paper. It will be pursued along two sections, one devoted to the acquisition of language by the individual and its development from an ontogenetic perspective; and the other just devoted to language appearance in the evolutionary history of the species and, hence, to its phylogenetic development. I’ll conclude by underlining the natural (innate for its most part) and specialized character of the human faculty of language, together with its specificity as a unique property of the human species, which points to its relatively sudden appearance and to the possibility of facing a genuine example of evolutionary discontinuity.

1. INTRODUCCIÓN: ¿QUÉ ENTENDEMOS POR “LENGUAJE”?

Siendo el lenguaje el argumento sobre el que versa nuestra indagación acerca de su aparición y desarrollo en el ser humano, habrá que empezar por preguntarse qué entendemos por lenguaje, cómo definir o delimitar la noción de lenguaje, aunque sólo sea en una primera aproximación y a efectos orientativos para su estudio científico.

Ante la diversidad de usos de la palabra “lenguaje”, y reconociendo su utilidad en la comunicación ordinaria, comenzaremos por descartar todos aquellos usos metafóricos, por extensión o por analogía, que nos llevan a hablar del lenguaje corporal, el lenguaje de los gestos, el lenguaje de la música y de la pintura, o el de los olores y sabores, o hasta del lenguaje de los astros, o de las líneas de la mano. También descartamos de entrada la aplicación del término “lenguaje” a las formas de comunicación animal, lo que lleva implícita la idea

de que lenguaje equivale a comunicación; sin embargo, ni toda forma de comunicación es lingüística ni toda expresión lingüística sirve para la comunicación (muchas veces la obstaculiza). Hasta el uso analógico por el que se puede considerar el pensamiento *como si* fuera un lenguaje (se habla del “lenguaje del pensamiento”) no debe impedir la distinción, también importante, entre pensamiento y lenguaje. Y por último, tampoco conviene confundir lenguaje y habla, dado que el habla no es la única forma de exteriorizar el lenguaje (ejemplo del lenguaje de los signos en los sordos o, para el caso, del mismo lenguaje escrito). Como veremos enseguida, las relaciones entre lenguaje y pensamiento y entre lenguaje y habla van a ser muy estrechas, sin que ello sea óbice para que mantengamos sus diferencias.

¿A qué nos referimos, pues, con el término “lenguaje”? De manera sencilla y directa, nos referimos a una propiedad de los seres humanos que se manifiesta en el dominio y uso de una u otra lengua. Conviene destacar además que, siguiendo la distinción introducida por el lingüista Noam Chomsky (1), vamos a adoptar una perspectiva *internista*, centrada en el agente causal del lenguaje (la facultad humana del lenguaje), que contrasta con la perspectiva *externista* tradicional (que considera el lenguaje como un producto cultural externo). De acuerdo con ello, nos interesa el lenguaje, principalmente, como capacidad del ser humano que permite establecer una correspondencia fiable y sistemática entre una *señal física* (sonidos, signos manuales, grafismos) y un *significado* (conceptos, proposiciones, estados internos). Así pues, destaca, antes que cualquier otra, la *función mediadora* del lenguaje entre el medio externo de los estímulos físicos (auditivos, visuales) y el medio interno de nuestros estados mentales, como trata de ilustrar el modelo simplificado de la Figura 1.

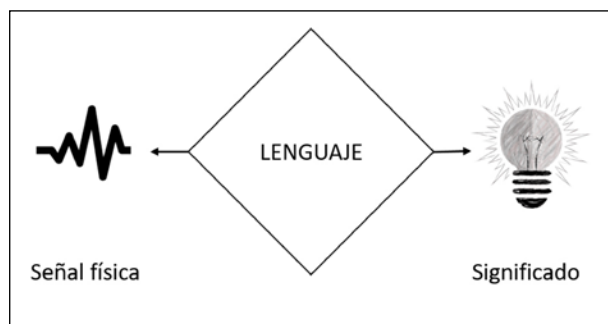


Figura 1. Esquema general de la función mediadora del lenguaje

De cara a entender la complejidad, así como la singularidad, de esa función mediadora (instrumental) del lenguaje, es importante referirse a algunas de sus características más distintivas. El punto de partida para apreciar lo que implica establecer la correspondencia entre señal y significado (en los dos sentidos de la misma) es el de constatar que la *relación* entre ambos términos es completamente *arbitraria*, es decir, no sometida en principio a ninguna ley natural. De ahí que para conseguir que esa correspondencia sea fiable y sistemática, dicha arbitrariedad no pueda ser caprichosa o anárquica, sino que debe estar sometida a reglas y a todo un conjunto de con-

stricciones (generales o particulares de cada lengua). Según la semiótica clásica, dicha arbitrariedad es lo que caracteriza a la *función simbólica* en cuanto tal, y la distingue de la relación natural que se da entre significante y significado en el caso de los meros signos o señales (la relación entre un síntoma y la enfermedad que lo produce, o entre el humo y el fuego). Pero quizá la propiedad central y más distintiva del lenguaje es su *compositividad*, por la que se combinan unidades de un nivel elemental para formar unidades de un nivel superior; en el caso del lenguaje humano, la compositividad se produce en un doble nivel de articulación, habiendo en cada nivel un conjunto finito de elementos (fonemas, unidades léxicas) sobre los que operan las correspondientes reglas combinatorias (fonológicas, morfo-sintácticas), también en un número finito: los fonemas se combinan para formar unidades léxicas (morfemas, palabras) y, a su vez, éstas se combinan para formar oraciones o frases. De esta compositividad se derivan otras dos propiedades distintivas del lenguaje humano: su *productividad*, en principio ilimitada, por la que se pueden procesar y producir expresiones en una lengua determinada según determinadas reglas y constricciones (aunque sea en un número potencialmente infinito, no toda combinación es posible); y su *sistematicidad*, por la que la pertinencia de toda una serie de expresiones está intrínsecamente ligada a la pertinencia de muchas otras, y así la adquisición o procesamiento de las primeras conlleva de forma automática la adquisición o procesamiento de las segundas (si sé o entiendo lo que significa “El niño corría tras el perro”, también entenderé lo que significa “El perro corría tras el niño”, aunque no lo hubiere oído nunca antes).

Desde la perspectiva internista que hemos adoptado, estos cinco rasgos característicos del lenguaje (arbitrariedad, simbolismo, compositividad, productividad y sistematicidad) nos informan de lo que es igualmente característico de esa capacidad nuestra para el lenguaje. En el curso de esta presentación, y dada la complejidad de nuestro objeto de estudio, vamos a tratar a continuación de explorar de forma más técnica y mediante un enfoque multidisciplinar –propio de la ciencia cognitiva– los entresijos de dicha capacidad. Distinguiremos tres niveles de explicación en el estudio científico del lenguaje (lingüístico, psicológico y neurobiológico) y con respecto a cada uno de ellos, examinaremos un modelo propio de la capacidad humana del lenguaje, modelos que vendrán a converger en el esquema general de intermediación que acabamos de exponer. Ello nos proporcionará el marco de referencia adecuado para abordar el tema central de este trabajo, la aparición y desarrollo del lenguaje humano, tanto desde una perspectiva ontogenética como filogenética.

2. NIVELES DE EXPLICACIÓN Y MODELOS DE LA CAPACIDAD HUMANA DEL LENGUAJE

Al entender el lenguaje como ese dispositivo que nos permite pasar de la señal física al significado, y viceversa, el reto de la ciencia cognitiva es el de averiguar en qué consiste ese dispositivo intermedio, o dicho en otras palabras, qué hay dentro de la “caja negra” del lenguaje. Para lo cual, partiremos de tres preguntas fundamentales –inspiradas en las que más de una vez ha planteado

Chomsky en su indagación sobre el lenguaje (1)–, cada una de las cuales hará referencia a un distinto nivel de explicación y postulará una respuesta en términos de un modelo u otro de la capacidad humana del lenguaje, según corresponda a cada uno de esos niveles. Por orden de más a menos generalidad y abstracción, las preguntas serían las siguientes: a) ¿en qué consiste el conocimiento de una lengua?; b) ¿cómo se usa ese conocimiento en la comprensión y la producción del lenguaje?; y c) ¿cómo están realizados físicamente dicho conocimiento y la capacidad que lo sustenta? Dedicaremos un subapartado a cada una de las preguntas, haciendo notar desde el principio que la primera se sitúa en el nivel explicativo propio de la lingüística, la segunda en el de la psicolingüística, y la tercera en el de la neurolingüística.

2.1. ¿En qué consiste el conocimiento de una lengua?

O dicho de otra manera, ¿qué es lo que en realidad se sabe cuando decimos que se sabe o se domina una lengua? Es una pregunta muy básica y elemental que, desde luego, hace referencia a una forma especial de conocimiento, no necesariamente consciente o accesible a la consciencia, ni tampoco explícito o sistemático, y que el propio Chomsky (2, 3) denominaba conocimiento tácito o implícito; una forma de conocimiento, en cualquier caso, que se debe suponer en el que domina una lengua y que constituye la base de su *competencia lingüística*, o en términos más actuales, la base fundamental de la *Facultad del Lenguaje* (FL). El objetivo principal de la lingüística generativa ha sido precisamente el hacer explícito dicho sistema de conocimiento –la gramática como una estructura mental– e identificar los principios, reglas y representaciones que lo configuran. Y más allá de los rasgos diferenciales de cada lengua –y por tanto, de la gramática particular que la sustenta– el interés se pone en los aspectos comunes y generales de toda lengua humana, y por tanto, en lo que se conoce como *Gramática Universal* (GU), concepto equivalente al de FL (al menos, en su estado inicial) y, por lo mismo, al de *competencia lingüística* en ese sentido general.

A la hora de determinar qué es lo que constituye la FL, en un célebre artículo publicado en la revista *Science*, Hauser, Chomsky y Fitch (4) vienen a distinguir entre la FL en un sentido *amplio* y la FL en un sentido *estricto*, con el propósito de delimitar lo que es específico y singular en la capacidad humana del lenguaje, así como de trazar su desarrollo evolutivo. En un sentido amplio, la FL abarcaría los tres componentes representados en la Figura 2: un componente central, caracterizado como el dispositivo computacional, dotado de recursividad, encargado de los procedimientos formales (sintácticos) que operan sobre las unidades léxicas mediante sucesivos ensamblajes (*Merge*) para formar cada oración, y dos componentes periféricos o de interfaz que conectan dicho componente central con el medio externo de las señales físicas, por un lado, y con el medio interno de los significados, por el otro.

La FL en sentido *estricto* se correspondería con ese componente central, lo más específico del lenguaje humano, mientras que el conjunto de los tres componentes constituiría la FL en sentido *amplio*, y es en este se-

gundo sentido en el que tiene vigor la fórmula del programa minimalista de que “Lenguaje = Recursividad + Interfaces” (5, 6). De las dos interfaces, la interna, o conceptual/intencional (C/I), está al servicio de la formulación del pensamiento y guarda una relación primordial y más directa con el componente central, en la medida en que comparte con él las propiedades de discretividad y estructura jerárquica que son propias de sus respectivas representaciones. Por su parte, la interfaz externa, o sensorio-motora (S-M), está al servicio de la externalización del lenguaje y, por ende, hace posible la comunicación y la diversidad de sus manifestaciones, aspectos subalternos que escapan a la optimidad de la función lingüística –al estar sujetos al orden lineal, las elipsis y los desplazamientos– y permiten así la ocurrencia de ambigüedades.

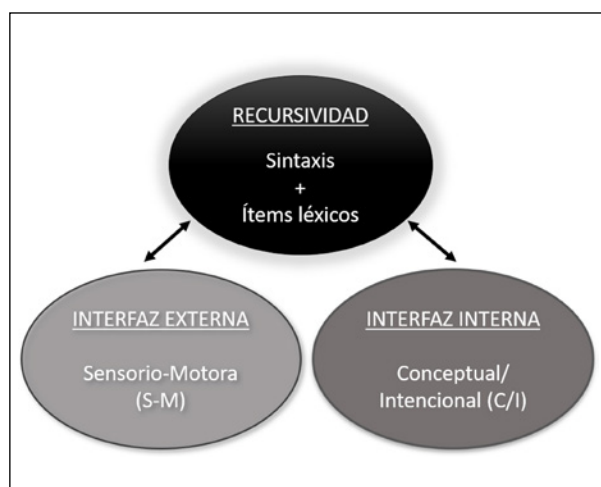


Figura 2. Componentes de la Facultad del Lenguaje

Pasemos ahora a la siguiente pregunta.

2.2. ¿Cómo se usa ese conocimiento en la comprensión y la producción del lenguaje?

Si la respuesta a la pregunta anterior venía dada por una teoría de la *competencia* lingüística, la respuesta a esta pregunta vendrá dada por una teoría de la *actuación* lingüística, en el sentido en que Chomsky (7) establecía la distinción técnica entre *competencia* (*competence*) y *actuación* (*performance*). Se trata ahora de considerar el funcionamiento del sistema de procesamiento de la información responsable de los intercambios lingüísticos que corresponden a los dos roles que eventualmente asume todo aquel que domina una lengua: el rol de *oyente* (y por extensión, de receptor) en la *comprensión* del lenguaje (pasar de la señal física al significado) y el rol de *hablante* (y por extensión, de emisor) en la *producción* del lenguaje (pasar del significado a la señal física). Comprensión y producción del lenguaje constituyen los dos capítulos principales de cualquier tratado de psicolingüística, y representan las funciones de descodificación y codificación del mensaje, respectivamente. Lo cual supone recorrer un camino de ida y vuelta, que empieza y termina en la señal física del habla (o sus análogos), a través de todo un siste-

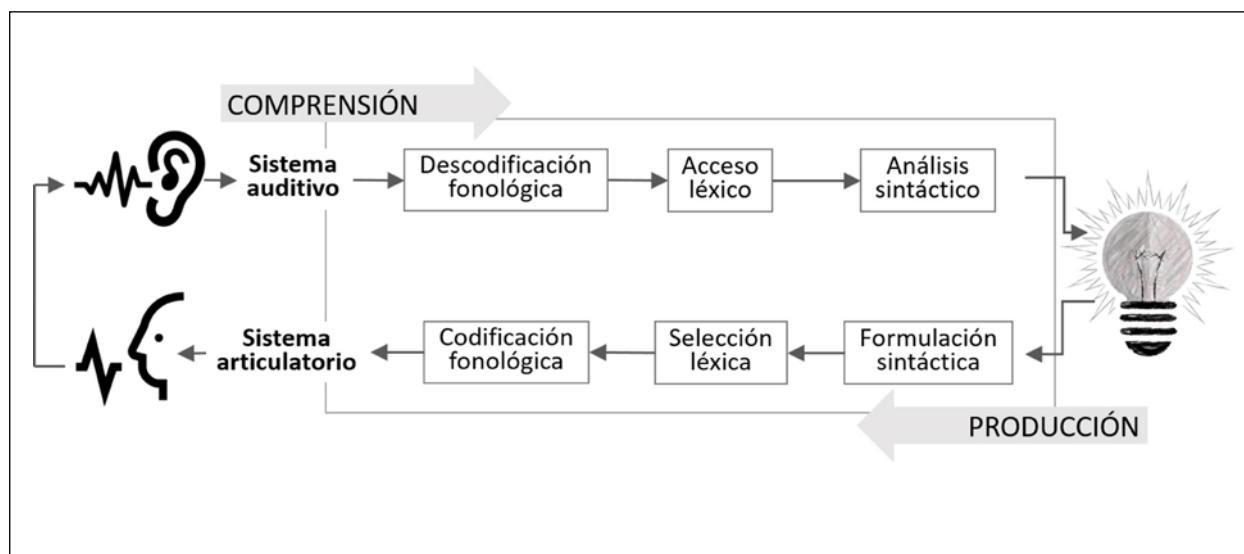


Figura 3. Modelo simplificado del procesamiento de información en la comprensión y la producción del lenguaje

ma de procesamiento que opera sobre información lingüística e, incidentalmente, sobre otros tipos de información. En ese camino nos vamos a encontrar con procesos perceptivos, de memoria, de inferencia o razonamiento, así como de generación de mensajes (o intenciones comunicativas), de planificación y de programación motora. Todo un sistema cognitivo en acción, del que se trata de caracterizar su estructura y principales procesos básicos. Un posible modelo ilustrativo de dicho sistema cognitivo aparece bastante simplificado en la Figura 3.

Una de las hipótesis de trabajo más influyentes en la investigación psicolingüística es la *hipótesis de la modularidad* (8, 9, 10), por la que en principio se trata de determinar hasta qué punto el tipo de procesos operativos se llega a corresponder con los tipos de información propios de la competencia lingüística, como pueden ser la información fonético/fonológica, la información morfo-léxica, sintáctica y, si llega el caso, la información semántica y pragmática. De entrada, y como muestra la Figura 3, parece inevitable recurrir al menos a tres tipos de operaciones entre el *input* sensorial y el *output* conceptual/proposicional (en el caso de la comprensión): descodificación fonológica, acceso al léxico y análisis sintáctico (*parsing*). Y algo parecido, aunque en orden previsiblemente inverso, habría que postular en el caso de la producción, entre el *input* conceptual/proposicional y el *output* motor: formulación de un marco sintáctico, selección léxica y codificación fonológica. Más allá de las diferencias obvias entre comprensión y producción, el grado de solapamiento que pueda darse entre ambas facetas de la actuación lingüística sería un buen test para probar, en primer lugar, el grado de correspondencia entre “gramática” y “procesador”, es decir entre *competencia* y *actuación*; para probar, en segundo lugar, el grado de *modularidad* del sistema cognitivo encargado del lenguaje; y en tercer lugar, para clarificar el papel funcional que corresponde a los *mecanismos neurobiológicos* implicados en el lenguaje. Aunque esto último será ya objeto de la tercera pregunta que planteamos y corresponde a otro nivel de explicación.

2.3. ¿Cómo están realizados físicamente dicho conocimiento y la capacidad que lo sustenta?

Nos preguntamos ahora por el órgano del lenguaje en el sentido más literal del término, es decir, por las bases neurobiológicas del lenguaje. Nos hallamos así en el nivel propio de la *neurolingüística* (en términos de A. Luria) o, en expresión más reciente, en el nivel propio de la *neurociencia cognitiva del lenguaje*. Desde dentro del enfoque generativista, y teniendo también presentes los aspectos de la maduración biológica y de la historia evolutiva, es lo que hoy se reconoce como el programa de la *biolingüística*, con antecedentes en la ya famosa obra de E. Lenneberg *Biological Foundations of Language* (11) y exponentes más recientes, entre múltiples publicaciones actuales sobre el tema, como el de la obra de M.A.Di Sciullo y C.Boeckx *The Bilingual Enterprise* (12) o el libro de A. Friederici *Language in our brain* (13).

La agenda de investigación en este terreno es prácticamente inabarcable, al tratar de responder a preguntas sobre *cuáles* son los mecanismos de la implementación y –más difícil todavía– sobre *cómo* se produce dicha implementación, teniendo en cuenta las distinciones ya introducidas en los apartados anteriores así como los distintos estratos neurobiológicos en que se puede llevar a cabo la implementación (desde la descripción “macro” de los centros y vías neuronales, pasando por los tipos de neurotransmisores en las sinapsis, hasta llegar a los componentes moleculares intracelulares, que cada vez adquieren mayor relevancia (14).

Por el momento, nos tenemos que conformar con la constatación de correlaciones fiables entre estructuras neuronales y funciones lingüísticas, tanto en lo que corresponde al componente central como en lo propio de los componentes de interfaz periféricos. Además de los datos clínicos de los trastornos del lenguaje (principalmente, de las afasias) y de los mapas corticales elaborados a partir de las observaciones realizadas en situaciones de cirugía cerebral, hay

que destacar los obtenidos por las técnicas más recientes de registro electrofisiológico y magnetográfico, así como por las demás formas de exploración cerebral a través de neuroimagen. Teniendo en cuenta los principales resultados de esta investigación, comentaremos brevemente el modelo que mejor representa la instanciación física de los modelos funcionales presentados en las subsecciones anteriores (2.1 y 2.2), tal como aparece en la Figura 4.

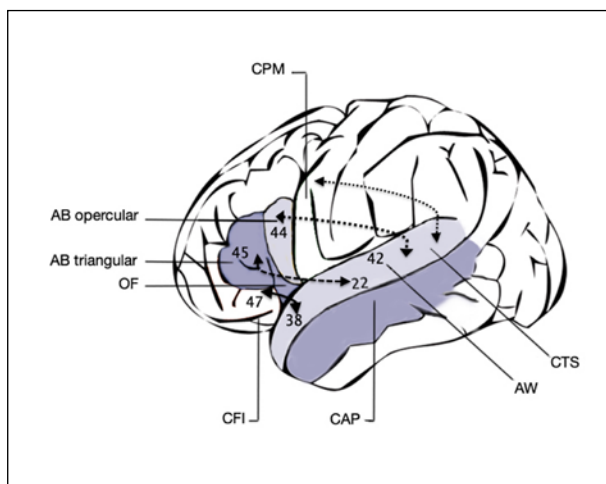


Figura 4. Áreas y conexiones cerebrales relacionadas con las funciones lingüísticas en el hemisferio cerebral izquierdo. Los números indican las áreas de Brodmann. Abreviaturas: AB: área de Broca; AW: área de Wernicke; CPM: córtex premotor; OF: opérculo frontal; CFI: córtex frontal inferior; CAP: corteza auditiva primaria; CTS: córtex temporal superior.

Una vez establecida la dominancia del hemisferio cerebral izquierdo para el lenguaje, las dos regiones corticales principalmente implicadas son las correspondientes al área de Broca, por encima del opérculo frontal (áreas 44 y 45 de Brodmann) junto al córtex premotor, y el área de Wernicke, en el giro temporal superior (áreas 42 y 22 de Brodmann) junto a la corteza auditiva primaria. Además, tan importante como la identificación de las áreas lo es el haber podido identificar las distintas conexiones que se dan entre ellas. Y así podemos distinguir, tal como se ilustra en la Figura 4, dos vías dorsales y otras dos ventrales, todas ellas relevantes en cuanto a determinar el asiento de la capacidad del lenguaje y su funcionamiento según los tipos de información lingüística implicados.

De las dos vías dorsales, una de ellas conecta la parte posterior del córtex temporal superior con el córtex premotor y parece responsable de la interacción sensorio-motora y los aspectos rítmicos/prosódicos que modulan la externalización del lenguaje y hacen posible la comunicación; es una estructura fijada desde el principio en el desarrollo ontogenético y relativamente antigua en la evolución, al estar también presente en el cerebro de otras especies más alejadas de la nuestra (como son las aves canoras) y sin que muestre un sesgo claro de lateralización. La otra vía dorsal conecta más directamente las áreas de Broca (la parte opercular, área 44 de Brodmann) y Wernic-

ke (la parte posterior, área 22 de Brodmann), conforma el fascículo arqueado y se puede decir con razón que es la estructura neural responsable del componente central del lenguaje (de la FL en sentido estricto) y, por tanto, del procesamiento sintáctico e interpretación de oraciones de distinta complejidad; en contraste con la anterior vía dorsal, está sujeta a un desarrollo ontogenético más tardío (alcanzando su maduración hacia los 7 años), presenta una lateralización izquierda pronunciada y, además, cabe suponer que es de aparición mucho más reciente en la evolución, al mostrarse como exclusiva del cerebro humano.

Las dos vías ventrales, por su parte, serían las encargadas del procesamiento semántico y de su integración con los resultados del procesamiento sintáctico. La primera de ellas forma parte del fascículo fronto-occipital inferior y conecta la parte anterior del área de Broca (parte triangular, área 45 de Brodmann) con el lóbulo temporal (área 22 de Brodmann): conforma el sistema responsable de la asignación de significado a las unidades léxicas, sin sea fácil distinguir en dicho lóbulo temporal la localización de los aspectos léxico-semánticos de la que pudiera corresponder a los aspectos semántico-conceptuales. La otra vía ventral forma parte del denominado fascículo uncinado y conecta el giro frontal inferior (parte orbital, área 47 de Brodmann) con la parte anterior del lóbulo temporal (área 38 de Brodmann), asociada a los procesos combinatorios de carácter semántico, y a su vez extiende esa conexión a zonas posteriores de ese lóbulo temporal superior donde se lleva a cabo la integración de esa información semántica con la información sintáctica procedente del área de Broca por la vía dorsal. Como indican Berwick et al. (15), el sistema de las vías ventrales, decisivo para la comprensión del lenguaje, presenta características propias de la interfaz conceptual-intencional como responsable del tratamiento de la información semántica.

Esta es, a grandes rasgos, la maquinaria de nuestra capacidad del lenguaje, en términos de áreas y tratos neuronales identificados en la corteza cerebral. Ahora bien, como hemos indicado más arriba, la anterior descripción no es todavía suficiente para entender la forma en que dicha maquinaria opera en el ejercicio de la competencia lingüística. Y aquí es donde el trabajo pionero y muy sugerente de C. Randy Gallistel (14) cambia el foco puesto hasta ahora en los circuitos inter-neuronales y las conexiones sinápticas para situarlo sobre los procesos moleculares que ocurren en el ámbito intra-neuronal y se basan en el despliegue del código genético (el “lenguaje” del ADN).

Una vez delimitado el ámbito del lenguaje –al menos, tal como interesa a la investigación cognitiva– y esclarecida la confluencia, y relativa autonomía a la vez, de los modelos correspondientes a los tres niveles de explicación, cabe ya considerar la cuestión central de esta presentación, relativa a la aparición y desarrollo del lenguaje humano, donde volverán a confluir dichos niveles de explicación. Lo haremos en dos partes, una dedicada al desarrollo ontogenético y otra al desarrollo filogenético.

3. EL PROBLEMA DE LA ADQUISICIÓN DEL LENGUAJE Y EL PATRÓN DE DESARROLLO ONTOGENÉTICO

En lo que respecta al desarrollo humano individual, puede parecer raro hablar del *problema* de la adquisición del lenguaje, al ser algo que se produce de forma espontánea y muy efectiva, sin que suponga, en términos generales, un esfuerzo especial por parte del infante humano, ni requiera gran demanda atencional o control consciente, ya que, para empezar, se produce en ausencia de instrucción formal alguna o de programas de entrenamiento específico. Sin embargo, ello no quiere decir que sea algo simple y no suponga un logro excepcional del organismo: no quiere decir, por tanto, que al llevar a cabo tal logro no se esté afrontando –aunque sea de forma tácita y completamente inconsciente– un problema de gran complejidad. Es precisamente tarea de la ciencia cognitiva –en esa confluencia de lingüística generativa, psicolingüística y neurociencia cognitiva– el desvelar dicho problema y explicitar la forma en que el infante lo resuelve de forma tan eficiente. Según esto, tiene sentido empezar por preguntarnos qué quiere decir adquirir una lengua y tratar así de formular en términos precisos cuál es el problema de la adquisición del lenguaje.

De forma sencilla, se podría decir que la adquisición del lenguaje, como cualquier otra adquisición o aprendizaje, entraña un *cambio de estado* por el que, en un *intervalo temporal* dado, se pasa de un *estado inicial* (EI), en que no hay indicios de aquello que se va a adquirir, a un *estado estable* (EE), en el que se manifiesta de modo básicamente completo aquel logro o meta a alcanzar, en nuestro caso una lengua particular y concreta. Respecto a ella, el EI sería cero, en el sentido de que no hay ninguna predisposición natural/biológica a adquirir una lengua determinada (ninguna lengua particular es innata); por su parte, el EE de dominar una lengua nos remite a lo ya apuntado al hablar de la *competencia lingüística* (vid. 2.1), aplicado a la gramática particular de esa lengua concreta.

Ahora bien, el tránsito del EI al EE se lleva a cabo en el tiempo, en un intervalo aproximado de cinco o seis años, desde el nacimiento –o incluso se puede estimar que dos o tres meses antes– hasta que el infante comienza la escuela primaria. Es verdad que durante ese periodo de tiempo, las criaturas están expuestas a un entorno social en el que se usa una lengua (y a veces más de una) y su interacción con ella va a ser determinante en la fijación de la lengua que finalmente se va a adquirir. Pero siendo *necesaria* la contribución de ese factor ambiental, se trataría de ver hasta qué punto es *suficiente* para dar cuenta cabal del logro individual de adquirir una lengua. Teniendo en cuenta cómo se produce esa adquisición y la complejidad de lo que se adquiere, todo apunta a que el susodicho EI podría distar bastante de ser un rotundo cero, en la misma medida que las gramáticas particulares de las distintas lenguas puedan ser consideradas derivaciones de una misma gramática universal (GU) que proporcionaría los principios generales y los parámetros de variación en torno a los cuales se configurarían todas las lenguas humanas. En este sentido es en el que Chom-

sky (7), ya en 1965, proponía un dispositivo para la adquisición del lenguaje (LAD por sus siglas en inglés: *Language Acquisition Device*), dependiente de la GU y que servía para caracterizar el EI o estado inicial de la facultad del lenguaje (FL); y en este mismo sentido es en el que ahora sí se puede decir que dicho EI de la FL constituye una capacidad innata para el lenguaje. Si bien no hay una predisposición natural/biológica a adquirir una lengua particular determinada, sí que hay una predisposición natural/biológica a adquirir una lengua sin más, la que finalmente se adquiere gracias al *input* ambiental al que se haya estado expuesto.

Así pues, el problema de la adquisición del lenguaje viene a ser el de cómo se produce el tránsito de EI a EE o, si se quiere, de cómo se pasa de la GU a la gramática particular en que se sustenta la lengua adquirida; gramática particular que teóricamente se derivaría de la GU por un proceso de tipo abductivo (inferencia a la mejor explicación) respecto a los datos proporcionados por la lengua del entorno, los cuales a su vez servirían para fijar los valores paramétricos –plausiblemente de tipo binario, al modo de un cuadro de interruptores– que darían el perfil identificativo de dicha lengua (16). Y tal como ya se ha dado a entender, para resolver el problema parece necesario apelar a dos tipos de factores, el factor biológico y el factor ambiental, articulados de forma tal que el primero lleva el peso propiamente causal del proceso (por el dispositivo innato LAD) mientras que el segundo ejerce más bien un papel de iniciador o disparador que pone en marcha y alimenta la función generativa del primero.

El tema de la adquisición del lenguaje toca tanto a la *competencia lingüística* (así se refleja en los párrafos anteriores) como a la *actuación*, y con respecto a ésta es donde se lleva a cabo la investigación psicolingüística sobre el desarrollo de las capacidades del infante y, por lo mismo, el estudio de sus principales etapas. Con ello se pretende dar respuesta a la pregunta de cómo se produce ese desarrollo (a) en tiempo real (un tiempo sorprendentemente corto para la complejidad del logro alcanzado), (b) con una experiencia reducida (ausencia de evidencia negativa mientras la positiva resulta incompleta), (c) sin instrucción formal (a falta de una guía explícita y un programa de refuerzos efectivo) y (d) según un patrón de desarrollo tan consistente (a través de individuos y a través de lenguas y culturas). De cara a ilustrar este desarrollo, hablaremos primero de las etapas y los logros más significativos por los que pasa el infante en condiciones normales, y nos referiremos después a lo que pueda ocurrir o dejar de ocurrir en condiciones de experiencia reducida. Lo haremos de forma resumida, remitiendo al lector para un tratamiento más completo a fuentes bibliográficas clásicas como Mehler y Dupoux (17) y Pinker (18), o a los apartados correspondientes de manuales de psicolingüística más recientes como el de Harley (19) o el de Fernández y Cairns (20).

Antes de referirnos a las **etapas del desarrollo del lenguaje**, conviene hacer un par de observaciones. En primer lugar, que el análisis de dicho desarrollo debe incluir tanto la producción como la comprensión del lenguaje. A menudo se tiende a equiparar la adqui-

sición del lenguaje con aprender a hablar, lo cual resulta comprensible al ser la faceta productiva la que mejor exterioriza los logros alcanzados en el proceso de desarrollo; ahora bien, como hemos visto, no es la única faceta ni la que en uno u otro momento cobra mayor relieve, por lo que habrá que considerar también el desarrollo de la comprensión. En segundo lugar, y relacionado con lo anterior, hay que reconocer que en el desarrollo de ambas facetas se da un claro desfase entre los aspectos receptivos y los expresivos, con prioridad en la aparición de los primeros sobre los segundos. De tal forma que, si bien podemos decir que el habla propiamente dicha no empieza a manifestarse hasta el final del primer año de la vida, no ocurre lo mismo con la comprensión del habla, a la que está expuesto el bebé desde el principio, sea cual sea el momento en que queramos poner este principio –bien al nacimiento, o bien en los últimos meses de vida intrauterina–, una vez se alcanza la maduración sensorial suficiente para procesar las señales acústicas de dicho habla (21, 22).

Por lo que respecta a los aspectos más manifiestos de la producción del lenguaje, el desarrollo normal obedece a determinadas pautas que parecen darse independientemente del idioma que se vaya a adquirir. Hasta el final del primer semestre de vida, se va preparando el aparato fonador sin que todavía podamos considerar que los sonidos emitidos son precursores del habla, sino más bien sonidos espontáneos que suponen un cierto ejercicio de las cuerdas vocales y demás componentes de ese aparato fonador. Y así se van sucediendo toda una serie de sonidos vegetativos, arrullos, risotadas y hasta un cierto “juego vocal” que, entre los 6 y 9 meses, va a dar lugar a los balbuceos, que constituyen ya un claro inicio de fonación precursora del habla en términos de unidades silábicas y líneas tonales elementales. En torno a los 12 meses se suele situar la etapa de emisiones de “una palabra”, también llamada holofrástica por su alcance expresivo equiparable al de una oración completa; y algo más adelante, en torno a los 18 meses, la etapa de emisiones de “dos palabras”, con preferencia por los nombres, antes que nombres-adjetivos o nombres-verbos. Así se llega a lo que se ha llamado “habla telegráfica” al cumplir los dos años, por la falta de inflexiones y palabras funcionales, y un poco más adelante, en torno a los dos años y medio-tres años, a producir ya oraciones completas, primero simples y después compuestas.

Asimismo, entre los dos y los cinco años, mientras se avanza en formas sintácticas cada vez más complejas, se produce lo que se conoce como “explosión léxica”, por el progresivo y acelerado incremento del vocabulario, y no sólo en cuanto al reconocimiento y comprensión de palabras (que ya se había anticipado desde el segundo semestre, con un número próximo al medio centenar de palabras) sino en lo que respecta principalmente al acceso y evocación de palabras en la producción (que puede llegar a suponer un volumen de unas veinte mil unidades en torno a los cinco años). Como logro de aprendizaje, el fenómeno de la “explosión léxica” constituye un auténtico desafío a cualquier teoría del aprendizaje basada meramente en el condicionamiento, el refuerzo o la simple imitación, considerando el volumen alcanzado en tan bre-

ve tiempo y considerando sobre todo la cantidad de información que incluye cada una de esas unidades léxicas: información fonotáctica, ortográfica, morfo-sintáctica, semántica y pragmática.

Decir que en torno a los cinco años se alcanza el estado estable de la competencia en la lengua materna no significa que se detenga ahí el desarrollo del lenguaje, ya que éste se puede prolongar a lo largo de toda la vida en cuanto a la adquisición del vocabulario y el refinamiento de aspectos estilísticos y pragmáticos; significa más bien que a esa edad se pueden considerar completadas las principales etapas que caracterizan de forma cuasi-universal el desarrollo de los fundamentos básicos en el dominio de una lengua, donde se muestra además hasta qué punto predominan los factores internos sobre los externos en dicho desarrollo, dado el carácter fragmentario e incompleto del *input* recibido (*argumento de la pobreza del estímulo*) y la ausencia de una instrucción formal. Una manera complementaria de llegar a esta misma conclusión es precisamente examinando los posibles efectos provocados por una **reducción de la experiencia**, lo cual nos permitirá calibrar el peso relativo de factores externos e internos en el desarrollo del lenguaje: cuanto menos se vea afectado éste por la reducción de la experiencia, más peso se podrá atribuir a los factores internos. Nos detendremos brevemente en tres casos significativos.

Una primera forma de ver los efectos de la reducción de la experiencia sería fijándonos en las primerísimas etapas del desarrollo, en que la interacción con el medio ha sido relativamente escasa, como es el caso de los recién nacidos. Desde los primeros días de vida el bebé muestra una preferencia por los sonidos del habla (frente a los de no-habla), y respecto a los del habla, una preferencia por los que proceden de la voz de la madre (frente a los de otros hablantes) o por los de la propia lengua frente a una lengua extranjera (23). A las pocas semanas, y como ya mostraron los estudios pioneros de Eimas et al. (24), el bebé es capaz además de efectuar tareas de discriminación fonética de amplio espectro respecto a contrastes tan finos como el de sordas-sonoras (p.ej., /ba/ vs. /pa/) o entre aproximantes líquidas (p.ej., /ra/ vs. /la), más allá de si son contrastes relevantes o no respecto al que va a acabar siendo su idioma materno. Lo interesante del caso es que, a medida que se ve más expuesto a éste, conforme pasan los meses se comprueba que al final del primer año el espectro de discriminación se reduce a los contrastes que sí son relevantes en el propio idioma. Lo cual supone hasta cierto punto una forma de “desaprendizaje” (25, 26) al servicio de una reorganización efectiva del inventario fonémico de la lengua que se está aprendiendo (27).

Otra forma de examinar los efectos de la reducción de experiencia en el desarrollo del lenguaje tiene que ver con las deficiencias sensoriales congénitas, en casos como el de los sordos y el de los ciegos de nacimiento. Las investigaciones al respecto nos indican que tanto en unos como en otros, dicho desarrollo se ajusta básicamente al patrón habitual que venimos describiendo. En el caso de los sordos se llega a dar una fase de balbuceo oral espontáneo, aunque si además se ven expuestos desde el principio a una variante u otra de

la lengua de los signos, las etapas del desarrollo en la adquisición de dicha lengua muestran un paralelismo preciso con las del lenguaje hablado, hasta el punto de haberse llegado a identificar un silencioso balbuceo “con las manos” que se corresponde en el tiempo con la fase de balbuceo oral de los que no son sordos (28). En el caso de los ciegos de nacimiento, se comprueba igualmente que, pese a la carencia significativa de información sensorial –en este caso, visual– sobre el medio, el desarrollo del lenguaje no sufre ningún retraso sustancial en comparación con el de los videntes (29), con lo que ello supone de logro cognitivo, dadas las limitaciones a superar en la asignación de referentes (significados) a los sonidos del habla que se escuchan.

Por último, nos encontramos con un tipo de reducción de experiencia que sí afecta negativamente al desarrollo del lenguaje, y además lo afecta de una manera drástica e irreversible. Se trata de lo que podríamos denominar ‘aislamiento social prolongado’ en un periodo determinado que se viene conociendo desde Lenneberg (11) como *periodo crítico* para la adquisición del lenguaje. Es el caso de *Genie*, tan bien documentado y examinado por la lingüista Susan Curtiss (30), encargada de su rehabilitación. *Genie* fue aislada por sus padres al ser considerada deficiente mental cuando tenía cerca de un año, encerrada en una habitación donde eventualmente le llegaba comida, pero sin contacto social alguno ni posibilidad de comunicación; y así permaneció hasta los 11 años, en que fue rescatada por orden judicial. A través de toda una serie de pruebas y tratamientos, se comprobó que mientras quedaba descartado el déficit intelectual, el déficit lingüístico era muy pronunciado y difícilmente recuperable; y así nunca llegó a dominar la lengua como cualquier nativo consigue hacerlo con 5 ó 6 años. Volvemos, pues, a encontrarnos con que el *input* lingüístico procedente del medio es condición necesaria para el desarrollo del lenguaje, pero siempre supeditado a los procesos de maduración neurobiológica (factor interno) del que depende causalmente el desarrollo del lenguaje.

La existencia de un *periodo crítico* para la adquisición del lenguaje pone de manifiesto que dicha adquisición es más el resultado de un proceso de dentro a fuera que de fuera a dentro. De forma análoga al desarrollo motor, por ejemplo, el desarrollo del lenguaje viene condicionado biológicamente por un patrón de maduración de las estructuras y conexiones cerebrales que conforman lo que hemos llamado el órgano del lenguaje, con sus propios ritmos y logros parciales y que transcurre en un periodo que se puede extender hasta el inicio de la pubertad, en que se completa la lateralización de funciones hacia el hemisferio cerebral izquierdo y la fijación de las conexiones a las que nos referimos en un apartado anterior (2.3). Desde la perspectiva del desarrollo cerebral, y haciéndose eco de los datos neurobiológicos disponibles, Skeide y Friederici (31) han propuesto un modelo de la adquisición del lenguaje con dos etapas principales: una primera que abarcaría de 0 a 3 años, en la que predominarían procesos guiados por los datos (*bottom-up*) que implicarían sobre todo al lóbulo temporal, el córtex premotor y buena parte del sistema ventral de conexiones; y una segunda etapa que

llegaría hasta el final de la infancia/inicio de la pubertad, durante la cual van entrando en acción procesos más bien guiados por estructuras gramaticales en desarrollo (*top-down*) con una implicación mayor del giro frontal inferior izquierdo y del fascículo arqueado. El progresivo establecimiento de la red de conexiones que sustentan nuestra capacidad para el lenguaje, a lo largo del *periodo crítico*, lleva a dos tipos de resultados: por una parte, se corresponde con una disminución progresiva de la supuesta plasticidad cerebral que caracteriza inicialmente a nuestras estructuras neuronales; y por otra parte, se configura y consolida el carácter natural y especializado del órgano del lenguaje. En ambos casos, son muy relevantes los datos relativos al diferente impacto de las afasias en distintos momentos del desarrollo del lenguaje: en las primeras etapas, en que la plasticidad cerebral es mayor, los episodios afásicos son más pasajeros y menos insidiosos, mientras que conforme nos acercamos a la pubertad, y no digamos ya en la edad adulta, los efectos de la lesión cerebral asociada a un cuadro afásico son por lo general más severos y también más selectivos.

Pasemos ya a considerar la cuestión filogenética de la evolución del lenguaje, donde nos preguntaremos por el carácter específico de esta capacidad, es decir, en qué medida constituye un rasgo único y exclusivo de nuestra especie.

4. LA APARICIÓN DEL LENGUAJE EN LA HISTORIA EVOLUTIVA (PERSPECTIVA FILOGENÉTICA)

¿Cuál es el origen del lenguaje? ¿Cómo se desarrolló a lo largo de la historia evolutiva? ¿Fue lenta y paulatinamente o, por el contrario, ocurrió de forma relativamente súbita y rápida? ¿Fue algo gradual o se puede hablar de una auténtica discontinuidad evolutiva? Estas son las preguntas que primero surgen al tratar de abordar desde una perspectiva filogenética el tema que nos ocupa. Preguntas sencillas y directas, pero difíciles de contestar empíricamente. Por ello mismo, se han prestado a una desbordante especulación y así no sorprende que, en 1865, la Sociedad de Lingüística de París incorporara a sus estatutos un artículo por el que no se aceptaría comunicación alguna que tratara sobre el origen del lenguaje o sobre la creación de una lengua universal. Siglo y medio después, dichas preguntas siguen siendo difíciles de contestar, si bien es verdad que se pueden abordar con más rigor científico gracias a tres circunstancias principales: a) los avances en la propia teoría de la evolución y su confluencia (‘nueva síntesis’) con los desarrollos de la biogenética; b) los avances en la comprensión de la capacidad humana del lenguaje y su funcionamiento; y c) los avances en el conocimiento de las bases neurobiológicas del lenguaje. Respecto a estos dos últimos puntos, tratados en apartados anteriores, baste con insistir en la idea de que una condición fundamental para abordar el problema de la evolución del lenguaje (origen y desarrollo) es la de precisar lo mejor posible de qué estamos hablando cuando hablamos de ‘lenguaje’. Es la idea propulsora del programa de la biolingüística, tal y como se deriva de la

confluencia de la lingüística (generativa), la psicolingüística y la neurobiología del lenguaje; la idea tan acertada y resumidamente expresada como primera motivación del reciente libro *Why only us* de Berwick y Chomsky (32) en estos términos: "... it should be clear that narrowly focusing the phenotype in this way greatly eases the explanatory burden for evolutionary theory" (p. 11). Al considerar como *propiedad básica* del lenguaje la de ser un sistema computacional recursivo (*FL* en sentido *estricto*) con dos interfaces interpretativas (*C/I* y *S-M*), las cuestiones relativas al origen y desarrollo se pueden al menos diversificar en tres ámbitos, el relativo al componente central, el que concierne a la interfaz conceptual/intencional y el de la interfaz sensorio-motora, dejando abierta la posibilidad de que los ritmos evolutivos no tengan por qué coincidir entre dichos componentes. De hecho, todo parece apuntar a que mientras el componente *S-M* tiene una antigüedad mayor, es más compartido por otras especies y constituye un claro ejemplo de "exaptación" evolutiva (33, 34), el componente central y, en cierto modo, también el componente *C/I* presentan rasgos más novedosos que parecen sugerir un salto cualitativo en la evolución.

Es importante señalar que la idea "saltacionista", aplicada a rasgos y capacidades, no se contrapone a la tesis fundamental de la teoría de la evolución, que supone continuidad en el parentesco entre organismos y especies pero que no la supone necesariamente con respecto a rasgos y capacidades. Volar, vivir en un medio acuático, trinar como un mirlo o comunicarse con sus semejantes (abejas, en este caso) por medio de una danza informativa sobre la fuente de alimento, no son características que se compartan entre especies incluso muy próximas; suponen novedades evolutivas por las que se introducen diferencias cualitativas entre las especies. En ese mismo sentido, la capacidad humana para el lenguaje (*FL*) podría ser considerada como el resultado de un cambio relativamente repentino sin continuidad con lo anterior; a no ser, claro está, que quisiéramos forzar la extensión del término 'continuidad' para incluir en él la transición entre, por ejemplo, saltar y volar, al considerar que saltar fuera como un grado menor en el continuo de volar.

También sabemos que en la evolución operan tanto factores exógenos como endógenos que promueven la diferenciación entre especies y organismos. La selección natural, como factor exógeno prototípico, tiene importantes limitaciones no sólo en el orden explicativo, como recurso ad hoc de racionalización, sino también por el supuesto panadaptacionismo del que parte. Rasgos y capacidades pueden variar significativamente en cuanto a las funciones que pueden desempeñar en un momento u otro del desarrollo del organismo (de ahí, las "exaptaciones" a las que ya nos hemos referido). Y así, ni todos los cambios que supuestamente ocurren por selección natural han de ser necesariamente adaptativos ni, por consiguiente, todas las diferencias en rasgos o capacidades han de responder a necesidades propiamente adaptativas. Además, hay numerosos cambios que es preciso atribuir a factores endógenos de distinto tipo, incluidos por supuesto aquellos que resultan de la fijación aleatoria de ciertas mutaciones genéticas (32, 35). Todo lo cual

vuelve a corroborar que puede haber saltos cualitativos compatibles con la teoría de la evolución, mostrando así, como en el caso del lenguaje humano, que la tan traída y llevada "búsqueda del eslabón perdido" resulte una empresa llena de dificultades, por no decir imposible, al pretender imponer la continuidad y el gradualismo de manera harto forzada.

Si las consideraciones anteriores trataban de justificar la *posibilidad* (y plausibilidad) de que la capacidad del lenguaje constituya un rasgo propio de nuestra especie, de carácter novedoso en la filogénesis, podemos preguntarnos ya hasta qué punto dicha capacidad constituye *de hecho* un salto cualitativo en la evolución y cuál es la evidencia empírica de que disponemos para probarlo. Conviene, por tanto, hacerse eco de las distintas líneas de investigación que aporten datos para establecer qué hay en la capacidad humana del lenguaje que permita hablar de continuidad evolutiva y qué hay que sugiera un salto cualitativo. Nos remitiremos para ello a tres tipos de pruebas –las paleontológicas, las de genética comparada y las de 'comparación funcional sincrónica'– que repasaremos muy brevemente a continuación.

Con respecto a los **datos paleontológicos**, lo primero que conviene anotar es que constituyen un fuente informativa muy limitada, y en todo caso indirecta, del desarrollo evolutivo del lenguaje; y ello, por razones obvias que tienen que ver con la no existencia de restos propiamente dichos ni del lenguaje (hablado, en su forma original) ni del órgano del lenguaje (el cerebro). Ni uno ni otro fosilizan, y tanto uno como otro constituyen material efímero y evanescente. A pesar de ello, las inferencias a partir de los restos paleontológicos permiten considerar a los primates homínidos como una división reciente en la evolución animal, que comparte un antepasado común con los primates no-homínidos (póngidos) de hace entre 7,5 y 10 millones de años (tan sólo un 5% del tiempo en que aparecieron los primeros mamíferos); hasta hace unos 4,5 millones de años no tenemos noticia de un antepasado más directo como el 'australopithecus africanus', hace unos 1,5-2 millones de años en que se puede datar la aparición de 'homo habilis' y 'homo erectus', ya con una capacidad craneana de unos 1.000 cm³, y así hasta llegar a los primeros 'homo sapiens' (neandertales y denisovanos) de en torno a los 150.000 años y el 'homo sapiens sapiens' (Cro-Magnon) de hace no más de 70.000 años y que puede considerarse como nuestro más plausible hermano mayor, desde el que no parece que se hayan producido cambios cruciales hasta el momento actual. Es por tanto la nuestra una especie muy reciente en el desarrollo evolutivo, con rasgos propios que no se manifiestan en sus antepasados y que se han mantenido relativamente estables en su historia posterior. Parece, por consiguiente, que la capacidad del lenguaje, al menos con toda su potencialidad actual, va asociada a la aparición y desarrollo del 'homo sapiens sapiens'. De haber existido antes, aunque fuera de forma rudimentaria, resultaría extraño que no hubiera tenido ningún efecto contrastable en la vida de sus antepasados; del mismo modo que, de no haberse dado una capacidad lingüística en el Cro-Magnon básicamente similar a la nuestra, sería difícil dar cuenta de sus logros culturales, técnicos, sociales y artísticos, así como del ritmo vertiginoso al que se produjeron.

Los **datos de la genética comparada** más relevantes nos indican que en torno al 98% de nuestras proteínas son las mismas que las de nuestros parientes más próximos (chimpancés y gorilas) y que, por el método de hibridación del ADN, las diferencias en la secuencia de nucleótidos sólo son del 1,1% (36). La cuestión está en que, al no tener todavía una idea clara de cuál es la base genética del lenguaje (probablemente formada, más que por un único gen, por un conjunto de genes en interacción), no podemos descartar la posibilidad de que esas pequeñas diferencias tengan, sin embargo, un fuerte peso en la determinación de aquellos rasgos, como el lenguaje, que más nos distinguen de las especies más cercanas. En cualquier caso, un aspecto crucial a la hora de establecer las bases genéticas del lenguaje es el de avanzar en el conocimiento de los factores implicados en el desarrollo del órgano del lenguaje, es decir, de los centros y vías neuronales que lo conforman (ya descritos en el apartado correspondiente). Dentro de lo poco que se sabe todavía de ello, y como hemos sugerido más arriba, parece haber una diferencia notable en cuanto al tiempo evolutivo que podría asignarse al sustrato neurológico de los distintos componentes de la FL, con una antigüedad mucho mayor para el componente S-M, respecto al cual se dan más similitudes entre la faceta externalizadora del habla humana y las estructuras responsables del aprendizaje auditivo-vocal en especies tan lejanas filogenéticamente como las aves canoras (pinzones, estorninos, cuervos, etc.). En este mismo sentido, es interesante advertir que hasta el famoso gen FOXP2, al que se atribuía inicialmente un papel principal en el lenguaje y el habla –por el descubrimiento de una mutación del mismo en una familia con problemas de lenguaje y habla (37)–, se ha terminado asociando más a los aspectos sensorio-motores del habla que al lenguaje en sentido estricto; y así se entiende, primero, que sea compartido por otras especies animales emisoras de sonidos (primates no-humanos, ratones, aves y peces) y segundo, que, al presentar múltiples variantes, tenga un papel más bien regulador de la acción de otros genes. Con respecto al componente central (sintáctico) y al componente C/I del lenguaje humano, la evidencia procedente de la genética comparada sigue siendo demasiado escasa como para encontrar alguna afinidad en la escala evolutiva.

Ante las dificultades y limitaciones que presentan los datos paleontológicos y de la genética comparada para llegar a conclusiones fiables acerca de la aparición y desarrollo del lenguaje humano, podemos recurrir a los **datos de la comparación funcional sincrónica**, que llamamos así por referencia a las capacidades de las especies actuales más próximas a la nuestra. Se trata en definitiva de preguntarse hasta qué punto los simios hominoideos (chimpancé, gorila, orangután, bonobo), nuestros parientes vivos más cercanos, son capaces de adquirir algo parecido al lenguaje humano. La relevancia de la pregunta para el tema que nos ocupa consiste en que si la respuesta fuera afirmativa, se vería favorecida la hipótesis gradualista, mientras que si fuera negativa, se vería apoyada la hipótesis de la discontinuidad evolutiva.

Los esfuerzos en la investigación de la presumible capacidad lingüística de los simios han sido intensos y prolongados, limitándonos aquí a recordar los casos más famosos con una brevísima descripción de cada uno de ellos. Empezando por la chimpancé *Viki*, criada en un entorno doméstico natural y expuesta a la comunicación verbal (en inglés) por vía auditiva-oral con el matrimonio Hayes hasta que cumplió seis años (38,39); después vino la chimpancé *Washoe*, que fue entrenada en el uso de una lengua de signos (ASL) mediante una exposición masiva a la misma, con ejercicios de moldeado y programas de refuerzo, durante cuatro años (40); también se usó la comunicación por ASL con la gorila *Koko* durante cerca de tres años de intensivo entrenamiento (41) y con el chimpancé bautizado *Nim Chimpsky* (?) durante cuatro años de entrenamiento (42). Otras formas de adiestramiento, en condiciones de mayor control experimental, fueron ensayadas con la chimpancé *Sarah* y ‘su pandilla’ (de otros 8 chimpancés más), con los que se utilizó un sistema de fichas que representaban arbitrariamente distintos ítems léxicos (43), así como con la chimpancé *Lana*, o el bonobo *Kanzi*, a los que se adiestró en el manejo de un teclado especial de ordenador cuyas teclas representaban distintos ítems léxicos según un código de formas y colores (44, 45).

Los resultados de todos estos intentos de enseñar lenguaje a los simios quedan bien resumidos en la conclusión a la que llegan los Premack al final de su investigación con *Sarah* y ‘su pandilla’ (43): “No existe el menor indicio de que en el chimpancé aparezca algún tipo de apreciación sistemática de las distinciones gramaticales. Aunque sí hay indicios de que estos animales son capaces de hacer distinciones semánticas, las distinciones sintácticas se encuentran fuera de las capacidades del chimpancé” (p. 144). Así pues, es esta toda una línea de investigación que, efectivamente, nos permite constatar la existencia de capacidades cognitivas, incluso de carácter simbólico, en otras especies animales, a la vez que también nos muestra la ausencia de toda capacidad sintáctica –el núcleo de la FL– y, por lo mismo, de su supuesta interconexión con la capacidad semántica. Además, todo lo poco que llegan a aprender estos animales, relacionado con el lenguaje, se produce de forma artificial y en nada parecida a la del lenguaje humano, y ni siquiera parecida a la forma natural en que se produce el aprendizaje auditivo-vocal de los pájaros.

5. OBSERVACIONES FINALES

Tras esta ya dilatada exploración por el territorio del lenguaje humano –tratando de indagar acerca de su naturaleza, origen y desarrollo–, los distintos tipos de datos examinados nos invitan a extraer las siguientes conclusiones:

a) Además de las propiedades expuestas al principio (arbitrariedad, simbolismo, compositividad, productividad y sistematicidad), el lenguaje humano se caracteriza por ser, ante todo, una *capacidad na-*

tural, especializada y específica de nuestra especie. Capacidad *natural*, por estar condicionada biológicamente y formar parte de nuestro equipamiento congénito, con un órgano configurado por determinadas áreas y circuitos cerebrales. Capacidad *especializada*, por mostrar rasgos propios y un funcionamiento relativamente autónomo respecto a otros componentes de nuestra arquitectura cognitiva; en este sentido, se puede decir que muestra un alto índice de modularidad, respaldada ésta por la relativa especialización de las estructuras neuronales subyacentes. Y capacidad *específica* de nuestra especie, por aparecer como una auténtica novedad evolutiva mediante lo que, a todas luces, supone un salto cualitativo relativamente súbito en la escala temporal de la evolución. Es lo que, de forma tan sugerente, ha referido Steven Pinker (18) bajo el epígrafe de “El instinto del lenguaje”, que además de dar nombre a una de sus obras más conocidas sirve para entender mejor los fundamentos por los que esta capacidad nos hace humanos.

b) En relación con lo anterior, sorprende a primera vista que una capacidad basada en el manejo de la arbitrariedad –que, como vimos, supone una relación no natural entre significante y significado– resulte ser una capacidad natural, tal como la acabamos de describir. Es lo que podríamos considerar como ‘la paradoja de la arbitrariedad’, pero que se disuelve al corroborar que, efectivamente, una cosa es que la relación simbólica sea arbitraria (no natural) y otra que el establecimiento de este tipo de relación dependa de una capacidad natural, como es la del lenguaje, por la que dicha arbitrariedad está sujeta a determinadas constricciones (las impuestas por la gramática). Es precisamente por esto por lo que no cualquier lenguaje (o gramática) lógicamente posible tiene por qué formar parte del conjunto de posibles lenguas humanas, del mismo modo que no cualquier combinación posible de elementos léxicos de una lengua tiene por qué constituir una expresión válida (o aceptable) en dicha lengua; y ello, sin menoscabo de que el número de expresiones válidas siga siendo potencialmente infinito. Es lo que, de forma bien expresiva, trata de transmitir el lingüista italiano Andrea Moro (46) en su influyente libro *The boundaries of Babel*, con el oportuno subtítulo que lo acompaña: “The brain and the enigma of impossible languages”.

c) Por lo que respecta al desarrollo ontogenético, el hecho de que el infante humano aprenda su primera lengua (*L*) como la aprende, permite que confluyan los tres niveles de explicación que hemos considerado pertinentes en este trabajo, y así contribuyan conjuntamente a resolver el *puzzle* sobre la *aprendibilidad* del lenguaje que ya planteó Pinker (47) en términos parecidos a estos: ¿cómo tiene que ser *L* para que la pueda aprender un niño y cómo tiene que ser el niño para que pueda aprender *L*? Al considerar como *problema* la adquisición del lenguaje y preguntarnos *qué* se aprende y *cómo* se aprende, estamos en realidad proyectando en el contexto del desarrollo los tres tipos de cuestiones que formulábamos en el apartado 2 y que nos sirvieron entonces para identificar los tres niveles de

explicación que representan la lingüística (generativa), la psicolingüística y la neuro(bio)lingüística. Y así es como hemos podido concluir resaltando el asombroso logro evolutivo que supone la adquisición del lenguaje, difícilmente explicable sin recurrir a una capacidad natural (implementada neurobiológicamente), que opera “desde dentro” (computacionalmente) sobre los datos proporcionados por el medio externo, y que está sujeta, como otras capacidades naturales, a un proceso de maduración que se desarrolla en el tiempo, con picos de más efectividad en un determinado periodo crítico que llega como mucho hasta la pubertad en el caso del lenguaje.

d) Por lo que respecta al desarrollo filogenético, las noticias no son tan alentadoras, primero, por las dificultades que entraña la investigación sobre el origen del lenguaje, y segundo, por la falta de resultados decisivos a favor de un relato concreto; un relato en el que se tuvieran en cuenta los factores de desarrollo asociados a los eventuales cambios genéticos, neurobiológicos y conductuales o de manifestación de la capacidad. La disección de esta capacidad en tres componentes (la *FL* en sentido *estricto*, el interfaz *C/I* y el interfaz *S-M*) ha sido cuanto menos de utilidad para rebajar la carga explicativa de la teoría evolucionista, al poder distinguir entre aquellos aspectos del lenguaje (*FL* en sentido *amplio*) en los que es más plausible una continuidad evolutiva con otras especies, como por ejemplo el componente *S-M* de la externalización y la comunicación, y aquellos otros aspectos en que parece más plausible hablar de un genuino salto cualitativo en la evolución, como por ejemplo el componente central (sintáctico) y, en cierta medida, el componente *C/I* como fuente interna de los significados y del repertorio intencional. Por los distintos tipos de datos analizados (paleontológicos, de genética comparada y de comparación funcional sincrónica), y al menos en lo que respecta al componente central (*FL* en sentido *estricto*), todo parece indicar que su aparición en la historia evolutiva puede considerarse como una auténtica novedad, fruto quizá del *azar* y la *necesidad* de los que hablaba Jacques Monod (48). Respecto a dicho rasgo tan propio del ser humano, podríamos terminar esta exposición con aquello de que si no se encuentra el eslabón perdido, ¿no será acaso porque no ha existido?

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al Profesor Enrique Blázquez, por su invitación a impartir la conferencia inaugural del Curso “Aspectos moleculares y fisiopatológicos del lenguaje humano” en la Real Academia Nacional de Medicina de España (23 de mayo de 2018), en que se basa este artículo, así como por sus comentarios y sugerencias sobre el mismo. También quiero agradecer a José Manuel Gavilán y Paloma Sánchez-Casas su colaboración en la preparación de las figuras que acompañan al artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Chomsky N. Knowledge of language. New York, NY: Praeger; 1986.
- Chomsky N. Rules and representations. Oxford, UK: Blackwell; 1980.
- Chomsky N. Language and problems of knowledge. Cambridge, MA: MIT Press; 1988.
- Hauser MD, Chomsky N, Fitch WT. The faculty of language: What is it, who has it, and how did it evolve? *Science*. 2002; 298 (5598): 1569-1579.
- Chomsky N. The minimalist program. Cambridge, MA: MIT Press; 1995.
- Chomsky N. Approaching UG from below. En: Sauerland U, Gärtner HM, eds. *Interfaces+Recursion = Language?* Berlin: Mouton; 2007, p. 1-29.
- Chomsky N. Aspects of the theory of syntax. Cambridge, MA: MIT Press; 1965.
- Fodor JA. The modularity of mind. Cambridge, MA: MIT Press; 1983.
- Garfield JL, ed. Modularity in knowledge representation and natural language understanding. Cambridge, MA: MIT Press; 1987.
- De Almeida R, Gleitman LR, eds. On concepts, modules, and language. Oxford, UK: Oxford University Press; 2018.
- Lenneberg EH. Biological foundations of language. New York, NY: Wiley; 1967.
- Di Sciullo MA, Boeckx C, eds. The biolinguistic enterprise. Oxford, UK: Oxford University Press; 2011.
- Friederici AD. Language in our brain. Cambridge, MA: MIT Press; 2017.
- Gallistel CR. (2018). The neurobiological bases for the computational theory of mind. En: De Almeida, R, Gleitman LR, eds. On concepts, modules, and language. Oxford, UK: OUP; 2018, p. 275-296.
- Berwick EC, Friederici AD, Chomsky N, Bolhuis JJ (2013). Evolution, brain, and the nature of language. *Trends Cogn Sci*. 2013; 17 (2):89-98.
- Chomsky N. Lectures on Government and Binding. Dordrecht: Foris; 1981.
- Mehler J, Dupoux E. *Naitre humain*. Paris: Editions Odile Jacob; 1990.
- Pinker S. The language instinct. New York, NY: Morrow; 1994.
- Harley TA. The psychology of language: from data to theory. New York, NY: Psychology Press; 2008.
- Fernández, EM, Cairns HS. Fundamentals of Psycholinguistics. Malden, MA: Wiley; 2011.
- Kisilevsky BS, Hains SM, Lee K, Xie X, Huang H, Ye HH, et al. Effects of experience on fetal voice recognition. *Psychol Sci*. 2003; 14 (3): 220-224.
- Kisilevsky BS, Hains SM, Brown CA, Lee CT, Coperthwaite B, Stutzman SS, et al. Fetal sensitivity to properties of maternal speech and language. *Infant Behav Dev*. 2009; 32 (1): 59-71.
- Mehler J, Jusczyk PW, Lambertz G, Halsted G, Bertoncini J, Amiel-Tison C. A precursor of language acquisition in young infants. *Cognition*. 1988; 29 (2): 143-178.
- Eimas P, Siqueland ER, Jusczyk PW, Vigorito J. Speech perception in infants. *Science*. 1971; 171 (3968): 303-306.
- Mehler J. Connaître par désapprentissage. En: Piattelli-Palmarini M, Morin E, eds. *L'unité de l'homme*. Paris: Le Seuil; 1974, p. 287-299.
- Mehler J. Unlearning: Dips and drops – A theory of cognitive development. En: Bever TG, ed. *Regressions in development: Basic phenomena and theoretical alternatives*. Hillsdale, NJ: LEA; 1982, p. 133-152.
- Werker J, Tees RC. Cross-language speech perception: Evidence for perceptual reorganization during the first year of life. *Infant Behav Dev*. 1984; 7 (1): 49-63.
- Pettito LA, Holowka S, Sergio LE, Levy B, Ostry DJ. Baby hands that move to the rhythm of language: Hearing babies acquiring sign languages babble silently on the hands. *Cognition*. 2004; 93 (1): 43-73.
- Landau B, Gleitman LR. Language and experience: Evidence from a blind child. Cambridge, MA: Harvard University Press; 1985.
- Curtiss S. Genie: A psycholinguistic study of a modern-day "wild child". New York, NY: Academic Press; 1977.
- Skeide MA, Friederici AD. The ontogeny of the cortical language network. *Nat Rev Neurosci*. 2016; 17 (5): 323-332.
- Berwick EC, Chomsky N. Why only us. Language and evolution. Cambridge, MA: MIT Press; 2016.
- Gould SJ, Lewontin R. The sprandels of San Marco and the panglossian paradigm: A critique of the adaptationist programme. *Proc R Soc London B*. 1979; 205 (1161): 581-598.
- Gould SJ, Vrba ES. Exaptation: A missing name in the science of form. *Paleobiology*. 1982; 8 (1): 4-15.
- Fodor JA, Piattelli-Palmarini M. What Darwin got wrong. London, UK: Profile Books; 2010.
- King MC, Wilson A. Evolution at two levels in humans and chimpanzees. *Science*. 1975; 188 (4184): 107-116.
- Fisher SE, Lai SL, Monaco AP. Deciphering the genetic basis of speech and language disorders. *Annu Rev Neurosci*. 2003; 26 (1): 57-80.
- Hayes C. The ape in our house. New York, NY: Harper; 1951.
- Hayes K, Hayes C. Imitation in a home-raised chimpanzee. *J Comp Physiol Psychol*. 1952; 45 (5): 450-459.
- Gardner RA, Gardner BT. Teaching sign language to a chimpanzee. *Science*. 1969; 165 (3894): 664-672.
- Patterson F. The gestures of a gorilla: Language acquisition in another pongid. *Brain and Language*. 1978; 5 (1): 56-71.
- Terrace H. Nim: A chimpanzee who learned sign language. New York, NY: Washington Square Press; 1981.
- Premack D, Premack AJ. The mind of an ape. New York, NY: Norton; 1983.
- Rumbaugh D, ed. Language learning in a chimpanzee. Hillsdale, NJ: LEA; 1977.
- Savage-Rumbaugh, S., Lewin, R. The ape at the brink of the human mind. New York, NY: Wiley; 1994.

46. Moro A. The boundaries of Babel. Cambridge, MA: MIT Press; 2008.
47. Pinker S. Language learnability and language development. Cambridge, MA: Harvard University Press; 1984.
48. Monod J. Le hasard et la nécessité. Paris: Seuil; 1970.

DECLARACIÓN DE TRANSPARENCIA

El autor/a de este artículo declara no tener ningún tipo de conflicto de intereses respecto a lo expuesto en la presente revisión.

Si desea citar nuestro artículo:

García-Albea J. E.

Aparición y desarrollo del lenguaje humano

ANALES RANM [Internet]. Real Academia Nacional de Medicina de España;

An RANM · Año 2018 · 135(02) · Supl.01 · páginas 9-21

DOI: 10.32440/ar.2018.135.02.supl01.art01

LA COMUNICACIÓN GESTUAL. TEORÍA DE LA MENTE Y NEURONAS ESPEJO

GESTURAL COMMUNICATION. THEORY OF MIND AND MIRROR NEURONS

Emilio García García

Departamento de Psicología Experimental, Procesos Cognitivos y Logopedia. Universidad Complutense. Madrid

Palabras clave:

Comunicación gestual;
Psicología popular;
Neuronas Espejo;
Teoría de la Mente;
Teoría de la simulación.

Keywords:

Gestural Communication;
Mirror Neurons;
Theory of Mind;
Theory of Simulation.

Resumen

Los seres humanos nos comunicamos gracias al lenguaje, y también mediante gestos. La comunicación lingüística tiene sus orígenes, tanto filogenéticos como ontogenéticos, en la comunicación gestual. Analizamos dos marcos teóricos para explicar la comunicación gestual: la teoría de la mente y las neuronas espejo. Consideramos que ambas teorías se sitúan en distintos niveles explicativos, pero no son incompatibles. La teoría de la mente está en el marco de la psicología cognitiva y evolutiva, mientras que las neuronas espejo proporcionan explicaciones neurocientíficas, a nivel neuronal, de redes y sistemas.

Abstract

Human beings communicate through language, and also through gestures. Linguistic communication has its origins, both phylogenetic and ontogenetic, in gestural communication. We analyze two theoretical frameworks to explain gestural communication: Theory of Mind and Mirror Neurons. We consider that both theories are placed at different explanatory levels, but they are not incompatible. Theory of Mind is within the framework of cognitive and evolutionary psychology, while Mirror Neurons provide neuroscientific explanations, at the neural level, networks and systems.

INTRODUCCIÓN

Analizamos la comunicación gestual desde dos perspectivas diferentes, que cuentan con varias décadas de investigación: una es la psicología popular o del sentido común, y la otra es la psicología de la simulación. Para la teoría de la simulación nos comprendemos a nosotros mismos intuitivamente, mediante introspección súbita, sin necesidad de inferencias o razonamiento. También intuitivamente captamos la mente de las otras personas, sus intenciones, creencias, sentimientos y deseos, a partir de los gestos, particularmente los gestos faciales que expresan emociones. El acceso a la mente, tanto propia como la de los demás, no se logra por caminos cognitivos, lingüísticos y conscientes, sino más bien mediante una especie de inferencia emocional: se siente directamente. La mente propia es dato básico de primera persona, y llegamos a la mente de los otros como metiéndonos en su piel, y simulando lo que haríamos en su situación.

Nos servimos de nuestros propios estados mentales como modelo para operar con otras mentes. Los recursos para comprender, guiar y controlar nuestra propia conducta los aplicamos como modelo para comprender y predecir la conducta de los demás, y lo hacemos sin tener que recurrir a sistemas de conocimientos e inferencias. Reproducimos y simulamos lo que hace, piensa o siente el otro, “como si” recreáramos procesos similares a los que se están dando en la mente de la otra

persona. Comprendemos lo que una persona piensa y siente porque construimos una representación de la mente ajena. La tradición fenomenológica en filosofía, y más recientemente las investigaciones científicas sobre las neuronas espejo se sitúan en este marco (1).

Para la psicología popular nos servimos de conocimientos, suposiciones y creencias para entender y predecir la conducta humana. Comprendemos, interpretamos, explicamos y predecimos las acciones de los demás mediante la atribución de estados mentales, como intenciones, pensamientos, deseos y sentimientos. Esta capacidad de predecir y explicar la conducta tiene éxito, y es condición necesaria para que las relaciones interpersonales y el mundo social sean posibles y tengan sentido. Los términos y conceptos mentales utilizados para entender la conducta humana tienen un valor predictivo y explicativo, y están integrados en una teoría popular de la mente.

La psicología popular comprende el conjunto de conocimientos, opiniones, creencias y valoraciones que continuamente hacemos y tenemos sobre las conductas de las otras personas, y sobre los comportamientos propios. Tal conjunto de conocimientos y supuestos están presentes en la cooperación e interacción interpersonal y social, particularmente en la comunicación gestual y lingüística. En el marco general de la psicología de sentido común o psicología popular, se sitúa la investigación en teoría de la mente (2).

Autor para la correspondencia

Emilio García García
Real Academia Nacional de Medicina de España
C/ Arrieta, 12 · 28013 Madrid
Tlf.: +34 91 159 47 34 | E-Mail: secretaria@ranm.es

COMUNICACIÓN GESTUAL

La comunicación gestual son comportamientos comunicativos y cooperativos perceptibles preferentemente por el canal visual, como las expresiones faciales, las miradas, las posturas corporales, los ademanes con las manos, los movimientos de piernas, de cabeza, que están en gran medida determinados por la genética.

Los seres humanos nos comunicamos gracias al lenguaje, pero también mediante gestos. Más aún, para comprender cómo los seres humanos nos comunicamos mediante el lenguaje, y adquirimos las competencias lingüísticas, debemos comprender primero la comunicación gestual. La comunicación lingüística fue posible cuando dominamos los gestos naturales, y conseguimos una infraestructura de intencionalidad compartida, junto con la capacidad de aprendizaje cultural en un contexto cooperativo.

Señalar valiéndose de la mirada, del dedo índice, de las manos o haciendo mímica serían las primeras formas de comunicación específicamente humanas. Estos gestos naturales resultaron críticos en la evolución de la comunicación humana, tanto desde la perspectiva filogenética como ontogenética. Los infantes humanos se sirven de gestos antes de poder hablar, y probablemente en el proceso de evolución del ser humanos los homínidos utilizaron gestos antes de conseguir el lenguaje.

Gestos como señalar nos resultan completamente naturales y claros en sus mensajes. Los niños antes de adquirir el lenguaje comprenden y utilizan el gesto de señalar, bien para solicitar algo, que se denominan gestos protoimperativos, o bien para proporcionar alguna información, que son gestos protodeclarativos. También los adultos nos servimos de la mímica cuando el lenguaje vocal no es funcional, por ejemplo, en situaciones ruidosas, o cuando no comprendemos el lenguaje del interlocutor.

Desde la perspectiva filogenética, cabe pensar que la comunicación humana se plasmó primero en gestos naturales, como el señalar y la mímica. El señalar se basa en la tendencia natural de los humanos a seguir la dirección de la mirada de los otros hacia objetivos externos; y la mímica se fundamenta en la tendencia natural de los humanos a interpretar las acciones de los otros intencionadamente, es decir, atribuyendo a la otra persona estados mentales, como intenciones, pensamientos y sentimientos.

Cuando nos comunicamos los seres humanos informamos intencionalmente a otros en un contexto de cooperación. La comunicación lingüística se basa en un código simbólico, abstracto y convencional, que transmite directamente el significado, pero para comprender la comunicación lingüística es preciso recurrir a una comunicación previa, no codificada ni convencional, como son los gestos naturales y espontáneos. Cuando nos comunicamos verbalmente acompañamos la comunicación con gran cantidad de gestos, incluso cuando no nos ve el interlocutor, como ocurre cuando hablamos por teléfono con alguien no presente. Estos gestos se emplean para reforzar, acompañar o sustituir el proceso de comunicación.

Los humanos utilizamos gestos para llamar la atención de un receptor hacia algo que está situado en el entorno perceptual inmediato, son los gestos deícticos; o bien para orientar al receptor hacia algo que no está disponible en el entorno inmediato, lo que se consigue mediante ciertos comportamientos, como simulación de una acción u objeto: estos son los gestos icónicos. El gesto prototípico de señalar es con el dedo índice, y está presente en todas las sociedades conocidas, si bien se dan variaciones y en algunas culturas se señala con la barbilla o labios. Los gestos icónicos o mímica, también se denominan descriptivos, figurativos, representacionales o simbólicos, y también son universales. El emisor imita una acción con las manos o el cuerpo, con el propósito de hacer que el receptor imagine un objeto o acción que no está presente en ese momento. En todos los gestos comunicativos tiene que estar presente una atención conjunta y una intención comunicativa en una situación de cooperación.

Todos los seres humanos, y sólo los humanos, utilizamos estos dos tipos de gestos naturales. M. Tomasello describe el modelo cooperativo de comunicación humana con las siguientes características: a) los emisores y receptores generan una intención conjunta orientada a una comunicación eficaz; b) los actos comunicativos entre seres humanos se fundamentan en la atención conjunta, y en la comprensión también conjunta de la situación; c) los actos de comunicación tienen móviles prosociales, como informar a otros acerca de algo para ayudarles, o compartir con ellos emociones y actitudes sin esperar nada a cambio; d) en todas estas circunstancias, los seres humanos abrigan el supuesto de que hay cooperación entre los participantes; e) las convenciones lingüísticas –cumbre de la comunicación humana– son esencialmente normas compartidas, en el sentido de que los participantes saben que entre ellos se utilizan las convenciones de la misma manera (3).

La comunicación lingüística propiamente dicha, las convenciones arbitrarias sólo pudieron surgir en el curso de la evolución, en los contextos de actividades de colaboración, en las cuales los participantes compartían la atención y las intenciones conjuntas propias de la comunicación gestual. Los lenguajes convencionales tienen a la base los gestos que ya se comprendían, y luego reemplazaron el señalamiento y la mímica por una historia de aprendizaje social compartido. Este proceso fue posible gracias a las aptitudes exclusivamente humanas para la imitación y el aprendizaje cultural, que permitieron a los individuos aprender de otros y reconocer sus estados intencionales, pensamientos y sentimientos. En algún momento de esta trayectoria evolutiva, los seres humanos comenzaron a crear y transmitir las invenciones culturales, particularmente las convenciones gramaticales organizadas en complejas construcciones lingüísticas, que codificaban tipos de mensajes más complejos para utilizar en situaciones comunicativas que se repetían (4).

Para dar cuenta del origen de las más de 6.000 diferentes lenguas existentes que utilizamos los seres humanos, tenemos que postular también procesos histórico-culturales durante los cuales determinadas formas lingüísticas se convencionalizaron en determinadas comunidades, y suponer que secuencias de esas formas convencionales se gramaticalizaron como construccio-

nes gramaticales propiamente dichas, que se transmiten a las nuevas generaciones mediante el aprendizaje cultural. Esta explicación de la comunicación humana, gestual y lingüística, según M. Tomasello, cuestiona la tesis chomskiana, puesto que concibe los aspectos más fundamentales de la comunicación como adaptaciones biológicas para la interacción social y cooperación, mientras que las dimensiones más netamente lingüísticas, incluyendo la gramática, son construidas culturalmente y transmitidas por las comunidades lingüísticas individuales.

TEORÍA DE LA MENTE

La psicología popular asume que las personas tienen mente, y que el comportamiento de las personas se debe a lo que tienen en su mente. La mente, entendida como un sistema de conocimientos e inferencias que permite interpretar y predecir la conducta de los demás, merece el calificativo de “teoría”, puesto que no es directamente observable y sirve para predecir y modificar el comportamiento. En cierta medida se puede comparar con los conceptos y teorías que emplean los científicos para explicar, predecir y modificar el campo de realidad que estudian. Las teorías de los científicos tampoco son observables, pero permiten explicar una determinada realidad. En este caso lo que explican y predicen es nuestro comportamiento y el de otras personas. Atribuir mente a otro es una actividad teórica, pues no se puede observar su mente, pero a partir de esa atribución se interpretan los comportamientos y se actúa adecuadamente.

Teoría de la mente hace referencia a la capacidad de “leer la mente”, de “mentalizar”, de suponer lo que está pensando y sintiendo la otra persona, de comprender y prever su comportamiento. Cuando leemos la mente de otro estamos suponiendo sus estados mentales, sus intenciones, pensamientos y sentimientos y, por tanto, somos capaces de anticipar lo que va a hacer. Captamos lo que pasa por la mente de otros valiéndonos de conceptos, conocimientos y razonamientos para entender y predecir su conducta. Tenemos un acceso reflexivo, consciente y lingüístico a la mente. Suponemos las intenciones, creencias, deseos y sentimientos del otro porque nuestro cerebro, dotado de sistemas neurales en módulos específicos, nos permite construir teorías acerca de las otras personas. Esta capacidad de predecir y explicar la conducta tiene éxito y es condición necesaria para que las relaciones interpersonales y el mundo sociocultural sean posibles y tengan sentido. Las teorías modulares de la mente han propuesto módulos cerebrales innatos y específicos, para explicar los procesos de mentalización (5).

Tradicionalmente se ha hecho hincapié en determinados factores, como posición bípeda, conformación de la mano, fabricación de herramientas y útiles, como las fuerzas impulsoras en el proceso de hominización. Se ha destacado la importancia de lo que podemos llamar inteligencia técnica o capacidad para fabricar instrumentos y medios con objeto de satisfacer necesidades de supervivencia, caza, defensa, cobijo, etc. Pero más importante y decisivo en la filogénesis de la mente pro-

bablemente fue la capacidad para resolver los problemas de orden social, la inteligencia social, como motor del proceso de hominización y desarrollo de la mente. La inteligencia social sería la fuerza determinante en la conquista de superiores niveles de inteligencia y desarrollo de la mente. La vida en grupo de nuestros antepasados, como constatamos en los primates actuales, planteaba problemas muy complejos que requerían alto grado de cooperación, colaboración y organización para la caza, defensa y ataque frente a otros, la división del trabajo, jerarquía y orden social, relaciones sexuales y pautas de crianza, etc. Enfrentarse con estas demandas sociales requería capacidades mentales complejas. La mente habría evolucionado ante la presión, precisamente, de la exigencia de la vida en grupo. Esas conquistas mentales podrían aplicarse, después, a otras situaciones problemáticas del mundo físico (6).

La hipótesis de la existencia de dos grandes tipos o dominios de mente, la física y la social, ha recibido confirmación desde diferentes ámbitos. Premack y Woodruff, en 1978, publicaron un trabajo clave sobre la teoría de la mente de los chimpancés. La cuestión se planteaba así: ¿tiene el chimpancé una teoría de la mente? Los antropoides superiores no hablan sobre la mente, ni elaboran teorías sobre la mente, ni expresan verbalmente sus pensamientos, deseos o sentimientos; pero puede que sí atribuyan mente a otros individuos de su misma especie o próximos, como el hombre. Los seres humanos a determinadas edades tempranas tampoco hablan sobre la mente, ni son conscientes de que tienen mente, y sin embargo sí atribuyen mente a los demás (7).

Para estudiar las atribuciones o inferencia de estados mentales que los chimpancés pueden hacer, Premack y Woodruff realizaron ingeniosos experimentos, que se han seguido desarrollando en investigaciones posteriores con primates. Por ejemplo, se mostraba a Sarah, una chimpancé adulta, una serie de escenas grabadas en vídeo, en las que un ser humano se enfrentaba a distintos problemas. Algunos eran sencillos, consistían en situaciones en las que determinado alimento era inaccesible como plátanos escondidos, o fuera del alcance del sujeto. Otros problemas eran más complejos: mostraban a un sujeto encerrado en una jaula de la que no podía salir, o tiritando de frío porque se le había apagado el calentador. Con cada cinta se le presentaban al chimpancé varias fotografías, una de ellas tenía la solución al problema planteado: un palo para los plátanos inaccesibles, una llave para la situación de encierro, una cerilla para encender el calentador. Sarah elegía sistemáticamente la fotografía adecuada. Sarah resolvía los problemas, pero parecía hacer mucho más: era capaz de identificar los problemas que se representaban en las grabaciones de vídeo, captaba que el personaje tenía un problema, le atribuía intención o deseo de solucionarlo, y predecía lo que tenía que hacer para superarlo. Ser capaz de darse cuenta de que alguien tiene un problema, que quiere solucionarlo, y que determinado procedimiento es el adecuado, parece que implica capacidades mentales muy complejas, y Sarah parecía resolverlo.

En el estudio sobre teoría de la mente el engaño ocupó, desde sus inicios, un lugar privilegiado. Cuando un individuo engaña está suponiendo pensamientos y

creencias en la mente de otro, e intenta alterar tales pensamientos para que haga algo que le interesa. Por tanto, el engaño es un indicador fiable de la teoría de la mente. Woodruff y Premack realizaron otra investigación para ver si los chimpancés engañaban (8). Cuatro chimpancés disponían de información sobre la localización de comida, que estaba fuera de su alcance. En unos casos una persona "cooperadora" entraba a la sala donde se encontraban los chimpancés y les acercaba la comida; en otros casos otra persona "competidora" cogía la comida y se quedaba con ella. Los chimpancés aprendían a discriminar entre situaciones en las que resultaba adaptativo "informar correctamente" cuando la persona era cooperadora, o engañar y ocultar información cuando era competidora. Dos chimpancés desarrollaron la capacidad de ocultar información y otros dos llegaron a engañar, proporcionando informaciones falsas, como dirigir la mirada a lugares muy diferentes a donde se encontraba la comida.

Se han realizado investigaciones sobre el engaño en chimpancés, tanto en contextos experimentales de laboratorio, como en situaciones más naturalistas y con validez ecológica (9). D. Byrne y A. Whiten editaron un libro con el título de *Inteligencia maquiavélica*. Recogían diversos trabajos que desarrollaban la tesis central de una inteligencia social o maquiavélica en primates y humanos. El término maquiavélico parecía oportuno para resaltar la capacidad de engañar, mentir, simular en las interacciones sociales de los individuos, y también de establecer alianzas y estrategias para lograr determinados objetivos. Así como operar y manipular adecuadamente con objetos en un ambiente físico es una manifestación de capacidades mentales o inteligencia física; interpretar y manipular otras mentes en propio beneficio es indicador de la inteligencia social o teoría de la mente.

En el engaño, un individuo sabe que otro tiene una representación errónea de la realidad, o llega a provocar en el otro un conocimiento o representación equivocada, para aprovecharse y sacar partido en propio interés y beneficio, al predecir el comportamiento del otro a partir del conocimiento erróneo que éste tiene. Dick Byrne y Andrew Whiten recogen muchos ejemplos de engaño entre primates. Por ejemplo, gorilas hembras tramando meticulosamente situaciones para separarse del grupo y del control del macho dominante para copular con machos jóvenes, reprimiendo los gemidos y gritos que normalmente producen en el acto sexual. Chimpancés machos, que cuando cortejan a hembras en presencia de un competidor de mayor jerarquía, colocan una mano sobre su pene erecto de modo que lo pueda ver la hembra, pero no el otro macho. Chimpancés que disimulan para ver donde otros miembros del grupo esconden alimentos, esperan a que se ausenten y robarlos. Las conductas de engaño son muy frecuentes en temas de alimento, sexo y poder.

La vida en grupo plantea a los primates -y a los seres humanos- muchos problemas que exigen unas capacidades mentales específicas, una inteligencia social para poder afrontarlas con eficacia. Continuamente los individuos tienen que sopesar los pros y los contras de cooperar o competir. Se compete por sexo, alimento, poder, territorio, compañero de juego, de acicalamiento; y también se puede cooperar según circuns-

tancias. Resolver este tipo de problemas sociales parece más difícil que la capacidad para utilizar instrumentos, como ramas de árbol para sacar y comer hormigas, o la capacidad para reconocer y orientarse en el territorio. El engaño es la otra cara de la cooperación y colaboración. Engañar y colaborar son indicadores de la inteligencia social. La misma mente social puede ser maquiavélica o solidaria, pues lo que la caracteriza es disponer de un sistema de conocimientos e inferencias sobre los estados mentales de otros individuos, que posibilita saber quiénes son amigos o enemigos, y qué cabe esperar de ellos (10).

No se da unanimidad entre los investigadores respecto a si los chimpancés poseen una teoría de la mente en el sentido más pleno, de modo que incluya creencias, intenciones, sentimientos y deseos. Se considera esencial en la teoría de la mente la presencia de representaciones en otros y en uno mismo, que puedan resultar verdaderas o falsas. Se ha planteado que las habilidades mentalistas de los chimpancés puedan no ser tan mentalistas, y sus comportamientos se puedan explicar desde supuestos más básicos, como procesos de aprendizaje operante o por imitación. Siguiendo el principio de parsimonia y no aumentar los entes sin necesidad sería más adecuado tal explicación (11).

Es mayor el consenso en el estudio de la teoría de la mente en seres humanos. Las personas continuamente hablan y expresan sus estados mentales. La investigación ha sido muy variada e importante en diferentes áreas, como la filosofía de la mente, la psicología evolucionista, la psicología evolutiva, la psicolingüística, la psicopatología y la psiquiatría. Parece muy razonable aceptar que el estudio de la mente en las personas es más prometedor y fácil que en los grandes simios, ya que los humanos podemos expresar, gracias a la comunicación lingüística, las intenciones, creencias, sentimientos y deseos, y atribuir a los estados mentales la causa del propio comportamiento. Comentamos algunas investigaciones relevantes haciendo notar la presencia de los gestos que acompañan al lenguaje, y particularmente la comunicación gestual en niños prelingüísticos.

En la investigación de la mente infantil se ha utilizado, y con gran éxito, el paradigma de la falsa creencia. En un estudio clásico de H. Wimmer y J. Perner, un niño contempla una situación en la que el experimentador y otro niño, Juan, están juntos en una habitación. El experimentador esconde un trozo de chocolate bajo una caja que se encuentra delante de Juan. Entonces Juan sale un momento de la habitación y, mientras está ausente, el experimentador cambia el chocolate a otro escondite. Se le pregunta al niño dónde está realmente el chocolate y dónde lo buscará Juan cuando entre en la habitación. El niño tiene que distinguir entre lo que sabe que es cierto, o sea dónde está realmente ahora el chocolate, y lo que sabe del estado mental de Juan, de lo que piensa o cree Juan. Además, tiene que inferir que el comportamiento de búsqueda del chocolate por parte de Juan dependerá de las representaciones mentales de Juan y no de la realidad (12).

A la edad de tres años los niños no resuelven correctamente el problema y responden en función de la situación real que ellos conocen. No comprenden que

el protagonista se comportará según su creencia falsa. Entre los cuatro y cinco años los niños ya no tienen dificultad para resolver la tarea. En el primer ejemplo el niño tiene un conocimiento verdadero de dónde está escondido realmente el chocolate, pero el otro niño, Juan, tiene una creencia falsa, Juan actuará en función de su creencia equivocada y buscará en la caja donde pensaba que estaba el chocolate, cuando realmente el niño sabe que no está ahí. Para responder correctamente a las preguntas de dónde buscará Juan, el niño debe saber que los demás tienen pensamientos y deseos, y que se comportan a partir de ellos, y que esos pensamientos pueden ser verdaderos o falsos, y que la gente se comporta según sus pensamientos y creencias y no conforme a la situación real de los hechos. Además, el niño es capaz de separar sus propias creencias de las creencias que tiene Juan, que está equivocado. Diferencia entre contenido proposicional: "el chocolate está realmente en ..." de la actitud proposicional: "Juan cree que el chocolate está en ..." (13).

En otro experimento, también diseñado por Perner y colaboradores, se muestra al niño un envase de caramelos bien conocido y se le pregunta qué hay dentro. El niño responderá que caramelos. Luego se le hace ver que el envase, aunque normalmente tiene caramelos, ahora contiene un lápiz. Entonces se le pregunta qué responderá un compañero de clase, que todavía no ha visto lo que realmente contiene el envase, cuando se le pregunte lo que hay dentro. El niño puede responder acertadamente basándose en las creencias que tienen sus compañeros y dirá que contiene caramelos, o erróneamente a partir del estado actual y dirá que contiene lápices.

Muchas investigaciones llevan a concluir que entre cuatro y cinco años los niños desarrollan un sistema cognitivo lo suficientemente elaborado como para comprender y explicar la propia conducta, y la de otras personas, a partir de las intenciones, creencias y deseos, y también la capacidad de inferir creencias falsas y a partir de ellas predecir la conducta en una situación concreta. La teoría de la mente es un sistema cognitivo que sirve para comunicarse adecuadamente con otras personas, para colaborar con ellas, intentando lograr objetivos comunes, y también para engañar procurando modificar las creencias de alguien de modo que haga algo que le interesa. La teoría de la mente como sistema de conocimientos e inferencias que atribuye intenciones y sentimientos como causa de los comportamientos humanos, es capaz de comprender el engaño, la mentira o la creencia equivocada, y también sirve para engañar y manipular a otros. La capacidad de engañar, de inducir creencias falsas en la mente de otros para aprovecharse en beneficio propio de sus actos, es un buen indicador de la existencia de una teoría de la mente. La capacidad de engañar parece ser incluso criterio más adecuado que la capacidad de reconocer el engaño. Los niños hasta la edad de cuatro años no son capaces de engañar, porque no comprenden todavía que la mente es un sistema representacional que se puede manipular con determinados objetivos. Existe abundante investigación sobre el engaño táctico en niños entre los cuatro y cinco años (14).

El ser humano pasa por una serie de etapas en el desarrollo y conformación de su teoría de la mente. Desde

los primeros momentos cuando el bebé no tiene una teoría de la mente, a la adolescencia en que esa teoría está plenamente conformada se da un proceso gradual. Desde los primeros días de vida, el bebé sabe muchas cosas sobre el mundo, los objetos y sus propiedades, las personas, los acontecimientos y relaciones. El ser humano nace con pautas o disposiciones para procesar la información relevante del medio; tiene una mente física, una mente social, una mente lingüística, una mente musical, espacial..., que le capacita para responder eficaz y adaptativamente a las exigencias en los respectivos dominios.

Desde el nacimiento los niños procesan de manera distinta la información procedente del entorno humano o del entorno físico. Al nacer los niños disponen de algún tipo de conocimiento estructural sobre los rostros humanos, a modo de predisposición innata. Los bebés diferencian y prefieren los estímulos sociales a los no sociales. Bebés de unos días pueden discriminar entre el rostro de su madre y el de un extraño. También un recién nacido distingue la voz de su madre de otros sonidos. Al bebé le sobresaltan ruidos repentinos y bruscos. Le tranquiliza la música rítmica. Pero a lo que más atiende es a las voces humanas. Puede dejar de llorar al escuchar la voz de su madre. Mueve las piernas con excitación cuando le habla.

En torno al año, antes del lenguaje, los niños realizan interacciones comunicativas con clara intencionalidad. A esta edad el niño puede resolver un problema: alcanzar un juguete que está fuera de su alcance valiéndose de un rastrillo, por ejemplo; pero también puede indicar a otra persona que le acerque el juguete. En el primer caso realiza una acción inteligente utilizando un instrumento para conseguir un resultado; se trata de una inteligencia sensomotriz que con tanta finura y profundidad estudió Piaget y ya lo podía hacer el niño a edades anteriores, a los 8 meses. Pero al requerir a otras personas para que le solucionen un problema, el niño de un año realiza una acción inteligente distinta: sigue utilizando la estructura medios-fines para resolver un problema, pero las acciones que ahora realiza suponen un conocimiento, no como antes sobre objetos físicos y sus relaciones mecánico-causales, sino un conocimiento sobre las personas y cómo influir en ellas para conseguir algo. Utilizar un rastrillo o utilizar un gesto son cosas muy distintas. Los gestos suponen una comprensión práctica de cómo funcionan las personas en las interacciones sociales: indican en la mente del niño una competencia en psicología intuitiva para predecir y manipular el comportamiento de los demás; una teoría de la mente en el infante que todavía no habla.

La mirada o los gestos constituyen medios no lingüísticos de comunicación que dirigen la atención del destinatario hacia un tema que interesa. Los bebés van consiguiendo, a través del contacto ocular primero y de los gestos de señalar después, llamar la atención de otros. La coordinación del contacto ocular y del acto de señalar lleva a la comunicación ostensiva prelingüística. Podemos distinguir dos tipos de actos comunicativos prelingüísticos: los protoimperativos y protodeclarativos. Los protoimperativos implican servirse del gesto o la mirada para conseguir algo, dirigiendo la solicitud -no verbal- a otro. Algo así como "dame ese juguete",

o "quiero ese juguete". Los protoimperativos se convierten en protodeclarativos, es decir, un acto comunicativo dirigido a otra persona para llamar su atención sobre algún aspecto de la realidad. Algo así como un mensaje prelingüístico con el contenido "mira qué juguete más bonito".

Hacia el año y medio, los niños desarrollan la capacidad simbólica y los juegos de ficción. Según la teoría piagetiana, la función simbólica es una capacidad cognitiva de dominio general que engloba el lenguaje, las imágenes mentales, la imitación, el juego y supone un avance sobre la inteligencia sensomotriz, propia del primer año y medio de vida. Para otros autores los juegos de ficción son la primera manifestación conductual de que el niño tiene una teoría de la mente. Entre el año y medio y los cinco años, los niños comienzan a comprender su propia mente y las de los otros. Atribuyen a la mente pensamientos y sentimientos, que son la causa de los comportamientos de las personas. Diferencian entre los pensamientos y representaciones en la mente y las cosas en el mundo: no es lo mismo comerse un pastel que pensar, o querer comerse un pastel.

La investigación en teoría de la mente ha tenido especial relevancia en psicología clínica y psicopatología, particularmente en el autismo. Una de las teorías para comprender el Trastorno de Espectro Autista es el déficit en la capacidad de mentalizar, de leer la mente, que explicaría las dificultades en la interacción interpersonal y comunicación social (15). En 1985, S. Baron-Cohen, A. Leslie y U. Frith adaptaron la tarea de falsa creencia a niños autistas y compararon sus respuestas con las de los niños normales y con síndrome de Down. Publicaron un artículo que planteaba si los niños autistas tienen una teoría de la mente, recordando el artículo de Premack y Woodruff sobre la mente de los chimpancés, de 1978. Los niños autistas lograron mejor rendimiento cognitivo que los niños con síndrome de Down, pero fallaron significativamente en las tareas de falsa creencia. Los niños con autismo parece que tenían un déficit específico en las tareas propias de teoría de la mente. Los mismos autores, en otra investigación, presentaron a niños normales, con autismo y con síndrome de Down, tres tipos de historias gráficas que representaban relaciones mecánicas, comportamentales e intencionales. Los niños autistas y los normales resolvían mejor que los Down las viñetas mecánicas, pero los niños con autismo fracasaban más que los Síndrome de Down en las viñetas intencionales. En las viñetas que representan una actividad mentalista (por ejemplo, una niña deja un osito en el suelo para poder coger una flor, otro personaje se lleva el osito, la niña se sorprende al no encontrar el osito donde lo había dejado y creía que debía estar) niños con autismo muestran un déficit que no se constata en los otros tipos de historietas (16).

Los niños con autismo presentan graves dificultades para comprender que los demás puedan tener representaciones mentales diferentes a las propias, y además puedan no corresponder con la realidad. Se planteó entonces si el autismo mostraría un déficit en unas capacidades mentales concretas y propias de un módulo específico, que podría dejar preservadas otras capacidades mentales, correspondientes a otros módulos. El autismo podría entonces explicarse como consecuen-

cia de un déficit específico del módulo de teoría de la mente. Este módulo estaría codificado genéticamente y se desplegaría en un momento dado del desarrollo cerebral, y funcionaría de modo específico, encapsulado, automático, independiente de otras capacidades mentales del individuo, de modo similar a como ocurre con el lenguaje en la teoría chomskiana (17).

Según las teorías modulares de la mente, los seres humanos venimos al mundo equipados con estructuras cerebrales innatas, predisposiciones y pautas para procesar la información relevante del medio. A estas representaciones del mundo, Leslie las denomina representaciones primarias. Pero además los humanos tenemos representaciones secundarias, o conocimientos y creencias sobre nuestros propios conocimientos, intenciones, deseos, sentimientos. Estas representaciones secundarias son metarrepresentaciones, que presentan unas características especiales: dejan en suspenso la cuestión de la verdad u objetividad a que hacen referencia las representaciones primarias. "La mesa es de madera" es una representación primaria e implica unas determinadas características de un objeto. "Jara piensa que la mesa es de madera" deja en suspenso, o pone entre paréntesis la verdad de lo que se afirma sobre la mesa, para centrarse en la mente de Jara, en este caso lo que piensa o cree. Para Leslie el juego simbólico infantil es el primer signo del funcionamiento de este sistema, metarrepresentacional. Jugar a ser papá, médico o soldado es moverse en la metarrepresentación.

Esa capacidad cognitiva para metarrepresentar es propiedad de un sistema cerebral innato, el *Módulo de Teoría de la Mente*. El ser humano al nacer viene dotado con unas predisposiciones para procesar la información relevante para su supervivencia. A tales estructuras innatas las califica de "teorías" por cuanto son especies de formas a priori, empleando terminología kantiana, para representar y categorizar la realidad. Se darían dos tipos de teorías: Una teoría de objetos (TOB, abreviatura de *Theory of body*) y una teoría de la mente (TOM, *Theory of mind*). La teoría de los objetos proporciona los esquemas básicos para conocer el mundo de objetos físicos, sus propiedades y relaciones. La teoría de la mente posibilita la comprensión del otro y las relaciones interpersonales (18).

Baron-Cohen diferencia entre una psicología intuitiva y una física intuitiva. Gracias a la psicología intuitiva comprendemos y predecimos el comportamiento de las personas, y damos sentido a las interacciones sociales atribuyendo estados mentales. La psicología intuitiva atribuye causas (mentales) a las acciones de las personas, y está presente al menos desde los 8-9 meses, según muestran las acciones de comunicación compartida y atención intencional del bebé, que mira al adulto para llamar su atención sobre algo. La física intuitiva posibilita el conocimiento del mundo físico-natural, acontecimientos y relaciones (19).

Las capacidades propias de la teoría de la mente son conquistas adaptativas de nuestra especie, que nos posibilitan la comunicación e interacción con los congéneres, la generación, transmisión y desarrollo socio-cultural. Pero también permiten comprender y predecir las conductas de otras especies, e incluso llegan a explicar el funcionamiento de la naturaleza, como

muestran las tendencias animistas de los niños y culturas primitivas, que atribuyen intenciones y deseos a la naturaleza inanimada.

La mente como propiedad funcional de sistemas neuronales es un sistema muy complejo, que progresivamente ha evolucionado bajo las presiones selectivas, que los organismos han tenido que soportar en su proceso de supervivencia y adaptación. La mente estaría compuesta de múltiples módulos, cada uno diseñado por la selección natural, para hacer frente a un concreto problema de satisfacción de necesidades y supervivencia. Por tanto, es resultado de un largo proceso de millones de años, que acumulativamente ha integrado "órganos funcionales" adecuados para resolver los problemas del organismo en su medio. La caracterización de la modularidad no es uniforme: va desde planteamientos más fijamente innatistas, suponiendo módulos encapsulados y fijos, a modo fodoriano; a otras posiciones más constructivistas en las que el módulo está más abierto a influencias del entorno (20).

NEURONAS ESPEJO

Además de la teoría de la mente hemos mencionado un segundo enfoque para explicar la comunicación gestual: la Teoría de la Simulación. Para explicar los estados mentales y los comportamientos de los otros recurrimos a la simulación. Comprendemos lo que los otros hacen o van a hacer en una situación concreta, imaginando que nosotros estamos en esa situación. Proyectamos los propios estados mentales, motivacionales, cognitivos y emocionales, mediante un proceso imaginativo y empático. Llegamos a la mente de los demás sirviéndonos de nuestra propia mente como modelo. En lugar de disponer de un sistema conceptual o una teoría de la mente, la persona imagina qué estados mentales tendría si estuviera en la situación del otro, y proyecta en el otro sus propios estados mentales. Para saber las intenciones, emociones y creencias que el individuo asigna a otro, el propio individuo simula en el otro las propias vivencias. El individuo se imagina viviendo en la piel del otro.

Lo que vemos en el cuerpo, y particularmente en el rostro y la mirada del otro, son sus estados mentales, sus emociones e intenciones, su misma mente. La mente no está oculta sino abierta y patente a nuestro alcance en la misma expresión gestual. No la suponemos, atribuimos o inferimos, sino que la percibimos, reconocemos e identificamos en la expresión, y respondemos a la expresión con otras expresiones en una interacción comunicativa y cooperativa. En esta tradición fenomenológica de la filosofía de la mente situamos la investigación sobre neuronas espejo.

Las neuronas espejo son un tipo particular de neuronas que se activan cuando un individuo realiza una acción, pero también cuando él observa una acción realizada por otro individuo. No necesitamos realizar razonamientos lógicos para comprender la mente de los otros; las neuronas espejo nos permiten comprender las intenciones, sentir las emociones de otras personas con sólo observar sus gestos y comportamientos. Las investigaciones sobre neuronas espejo proporcionan explicaciones sobre las bases neuronales de la teoría de la mente.

En los comienzos de la década de 1990, un equipo de neurobiólogos italianos, dirigido por G. Rizzolatti, con L. Fadiga, L. Fogassi y V. Gallese, en la universidad de Parma, se encontró con unos datos inesperados en el transcurso de la investigación con monos macacos, que tenían microelectrodos implantados en la corteza premotora del cerebro, para registrar la actividad eléctrica de las neuronas, cuando los monos mostraban ciertos comportamientos, como agarrar un palo o comer una uva. En el córtex promotor es sabido que se planean los movimientos. En determinadas ocasiones sucedía algo desconcertante, al activarse el aparato de registro sin que el mono realizase ninguna actividad. Las neuronas se activaban sin que el mono hiciese un movimiento, bastaba con que viera que otro realizaba una acción. Los científicos italianos habían identificado un tipo de neuronas desconocidas hasta ese momento, las denominaron *neuronas espejo*. El artículo se publicó en 1992 (21). Esta primera publicación inició un camino de múltiples y espectaculares investigaciones hasta la actualidad. Las neuronas espejo siguen ocupando un puesto principal en la investigación neurocientífica desde el nivel de neuronas al de redes y sistemas neurales, particularmente con tecnologías electrofisiológicas y de neuroimagen.

La investigación comenzó en monos macacos y proporcionó claves para explicar los procesos cerebrales que estarían a la base de los comportamientos interindividuales en un contexto determinado. A lo largo de la década de 1990 se realizaron investigaciones que constataron repetidamente cómo al observar un comportamiento se activaban en el cerebro del mono unos patrones similares a los que se originaban cuando el mono llevaba a cabo esas conductas. Se analizaron comportamientos diversos, como coger alimentos, llevarlos a la boca, comerlos, manipular objetos, hacer gestos con manos o boca, etc. Se comprobó que las neuronas espejo se activaban con distinta intensidad según se tratase de conductas en diversos contextos, y en la mayoría de los casos se activaban cuando el mono observaba la conducta ajena de modo similar a cuando ejecutaba la acción (22).

Se comprobaron otros datos sorprendentes. Las neuronas espejo se activaban cuando observaban conductas incompletas. Bastaba con que el mono observase una parte de la conducta para que se activasen las neuronas espejo. Además, las neuronas espejo reaccionaban no sólo cuando veían las conductas, sino también cuando las percibían mediante el oído. Por ejemplo, cuando los macacos escuchaban sonidos propios de conductas que no veían, como cascar un cacahuete. El sonido era suficiente para activar las neuronas espejo como cuando veían tal conducta (23).

Pronto se planteó la existencia de neuronas espejo en seres humanos, pero las técnicas para investigar las neuronas espejo en los macacos no eran aplicables. No se pueden implantar electrodos intracraneales en personas para objetivos experimentales. Se aplicaron entonces otras tecnologías como la estimulación magnética transcranial, la tomografía por emisión de positrones, la resonancia magnética funcional, e incluso el registro de neuronas en operaciones de neurocirugía (24). En el ser humano se han identificado sistemas de neuronas espejo en la corteza motora primaria, principalmente el área de Broca, el área parietal inferior, la zona superior de la primera circunvolución temporal, el lóbulo de la ínsula, el hipocampo y sistema límbico.

Los sistemas de neuronas espejo posibilitan el aprendizaje de gestos por imitación: sonreír, caminar, bailar, jugar al fútbol, etc., pero también sentir que nos caemos cuando vemos por el suelo a otra persona, la pena que sentimos cuando alguien llora, la alegría compartida. El intercambio complejo de ideas y prácticas que llamamos cultura, los trastornos psicopatológicos, los trastornos de lenguaje, el trastorno de espectro autista, pueden encontrar en las neuronas espejo claves de explicación. Quizá no sólo unas determinadas áreas cerebrales privilegiadas disponen de neuronas espejo, sino que el mecanismo de neuronas espejo constituya un principio básico de funcionamiento cerebral.

Las neuronas espejo forman parte de un sistema de redes neuronales que posibilita la percepción-ejecución-intención-emoción. La simple observación de movimientos de la mano, pie o boca, activa las mismas regiones específicas de la corteza motora, como si el observador estuviera realizando esos mismos movimientos. Pero el proceso va más allá de que el movimiento, al ser observado, genere un movimiento similar latente en el observador. El sistema integrada en sus circuitos neuronales la percepción y atribución de las intenciones y emociones de los otros (25).

Las investigaciones han constatado que la mera observación de las acciones de los demás activa en el observador las mismas áreas cerebrales, como si fuera él mismo quien ejecutara las acciones. Se ha registrado la actividad cerebral de voluntarios mientras observaban imágenes grabadas en video, en las que aparecían movimientos de manos, boca, pies. Según la parte del cuerpo que se movía en pantalla, el cortex motor del observador presentaba actividad en unas áreas u otras. Las áreas más activas eran las correspondientes a las partes de cuerpo que se visualizaban. Los observadores no experimentaban ningún movimiento, pero sus áreas cerebrales motoras estaban activas como cuando realmente se movían. La visión del movimiento de otra persona activa en el observador las mismas áreas cerebrales implicadas en tales movimientos, como si fueran propios.

Los descubrimientos se han aplicado en programas de rehabilitación de pacientes con lesiones cerebrales en las áreas motoras, por ictus cerebral. Las partes del cuerpo paralizadas pueden recuperar funciones mediante ejercicios de rehabilitación, ya que las áreas cerebrales próximas pueden asumir las funciones de las lesionadas. Ello exige a los pacientes intensa y continuada práctica de ejercicios. Cabría plantearse si la mera observación de los movimientos en otros individuos podría ayudar en la recuperación de los pacientes. Desde estos supuestos se han desarrollado programas de rehabilitación para pacientes con lesiones cerebrales. Se mostraba durante seis minutos la grabación de una secuencia de movimientos: extensión del brazo, apertura de la mano, llevar una manzana a la boca, morderla, etc. Inmediatamente después el paciente intenta realizar lo que ha visto. Tras cuarenta sesiones, las capacidades motoras de los pacientes que habían participado en el estudio mejoraron mucho más que los pacientes control que no habían recibido videotapia. En otro estudio con pacientes con trastornos motores como consecuencia de lesiones cerebrales, se constató que el efecto positivo de la rehabilitación motora era más rápido en los pacientes a quienes antes de cada sesión de ejercicios se les había presentado imágenes de movimientos correspondientes. La simulación mental facilita la recuperación de la capacidad motora.

Es muy interesante señalar que no es necesario que los movimientos observados sean realizados por un individuo de nuestra especie. Se han presentado grabaciones en video de movimientos bucales de una persona, de un mono y de un perro. Los movimientos eran de tipo ingesta, como comer algo, o bien de carácter comunicativo, por ejemplo, la persona movía la boca como para hablar, el mono arrugaba el morro y el perro ladraba. Se comprobó que el sistema de las neuronas espejo funcionaba ante la visión de movimientos de mascado, los produjera el hombre o los animales. Pero los movimientos comunicativos con los labios sólo provocaban una resonancia neuronal en la misma especie que las ejecuta. Parece como si las neuronas espejo sólo reaccionaran ante las acciones que forman parte del propio repertorio motor. Así el ladrido del perro no forma parte de este repertorio en los humanos, por lo que no produce estimulación (26).

En determinadas circunstancias la activación de las neuronas espejo depende de lo familiarizados que estemos con las imágenes vistas. Por ejemplo, en el aprendizaje de un nuevo deporte, quien no haya jugado nunca al tenis o no haya practicado la natación, no es probable que pueda imitar en su mente los movimientos precisos. Por otra parte, el contexto en el que aparece la secuencia motora desempeña un papel clave, y justifica programas con sentido y no mera práctica ciega. Así, cuando las personas observaban acciones motoras descontextualizadas se activan menos neuronas que cuando aparecen los objetivos claros de la acción. La observación de acciones especializadas, por ejemplo, de bailarines profesionales, activan las neuronas espejo de forma muy diferente dependiendo de si quien lo observa es también un bailarín profesional, familiarizado con cada uno de los movimientos, o si por el contrario es una persona ajena al mundo de la danza. En este último caso la comprensión de lo que hace el bailarín no es inmediata ni empática, está más intelectualizada y pertenece a un dominio más semántico y consciente.

Un estudio con Resonancia Magnética Funcional ha demostrado que la visión de actos realizados por otras personas comporta una actividad cerebral distinta, según las competencias motoras específicas de los observadores. El grupo experimental incluía bailarines de danza clásica, maestros de capoeira, y personas sin especial práctica de baile. La proyección de videos con pasos de capoeira determinaba en los maestros de capoeira una activación de las neuronas espejo mayor que la registrada en los demás, fueran bailarines o principiantes. Y la observación de videos de danza clásica activaba el sistema de neuronas espejo de los bailarines en mayor grado que los maestros de capoeira o los principiantes. Más aún, en la capoeira algunos pasos son comunes a hombres y mujeres mientras otros son diferentes según sexo. La activación del sistema de neuronas espejo era mayor cuando los pasos observados eran ejecutados por individuos pertenecientes al mismo sexo del observador, lo que significa que no era la experiencia visual, sino la práctica motora la que modulaba la activación del sistema de neuronas espejo (27).

Cuando una persona realiza acciones en contextos significativos, tales acciones van acompañadas de la captación de las propias intenciones y emociones al realizarlas. Se conforman sistemas neuronales que articulan la propia acción asociada a la intención o propósito que la activa y a la emoción. Formadas estas asambleas neuronales de acción-ejecución-intención-emoción en un sujeto, cuan-

do ve a otro realizar una acción, se provoca en el cerebro del observador la acción equivalente, evocando a su vez la intención y emoción con ella asociada. El sujeto, así, puede atribuir a otro la intención y emoción que tendría tal acción si la realizase él mismo. Se entiende que la lectura que alguien hace de los estados mentales del otro es, en gran medida, atribución desde las experiencias propias. Si alguien entiende la acción de otra persona es porque tiene en su cerebro un modelo para esa acción, basado en sus propias experiencias. La observación de alguien emocionado provoca una reacción de sistemas neurales especulares, de modo que el observador vivencia en su cerebro similar emoción, el observador siente y experimenta directamente el mismo estado emocional, ya que comparten el mismo estado neural (28).

La alegría, la tristeza, el dolor, el miedo, la ira, el asco, la sorpresa son emociones susceptibles de ser compartidas por quien las observa. Cuando vemos a una persona sonriente, inmediatamente sintonizamos con su estado emocional, y parece que nos contagiamos de su alegría. Cuando vemos a otra persona en apuros, parece que inconscientemente simulamos tales apuros en nuestra mente, como si sintiéramos las sensaciones negativas de la otra persona, y ello nos llevara actuar para aliviar su situación. Las investigaciones demuestran que respondemos a las emociones, alegría, tristeza, dolor de los demás con análogos patrones fisiológicos de activación, como si nos ocurriera a nosotros. Literalmente sentimos los estados emocionales de los demás como si fueran propios. La capacidad de simular lo observado tiene una especial relevancia para la interacción social, creando un espacio de acción compartido, necesario para las relaciones interindividuales. El mecanismo de las neuronas espejo encarna en el plano neural la modalidad del comprender desde una perspectiva pragmática, antes de la mediación conceptual y lingüística, posibilitando la empatía, la intersubjetividad y hasta el comportamiento moral.

Cuando vemos una persona con gesto alegre, triste, airado, se nos trasmite a través de su mímica la sensación de entender lo que le está pasando, anticipamos lo que está sintiendo y lo que cabe esperar de él. Mientras que el reflejo especular de los sentimientos escapa a nuestro control voluntario, es más fácil suprimir la imitación de los movimientos. En un estudio se presentó una serie de retratos de caras alegres y neutras, con la instrucción de que no hicieran ningún gesto al verlas. A primera impresión parecía que los probandos no hacían ningún gesto. Pero tenían implantados unos sensores para registrar las tensiones de sus músculos faciales, y cada vez que aparecía un rostro alegre saltaba la alarma: los probandos habían sonreído si bien de forma imperceptible. La observación de las fotografías solo duraba unos 40 milisegundos, apenas el tiempo para una percepción consciente. Cabe plantearse por qué nos falla en estos casos el control voluntario. Cuando vemos a alguien inclinarse para atarse los zapatos no reproducimos automáticamente sus movimientos. Ello sólo ocurre en determinados pacientes con deterioro cerebral grave que imitan los comportamientos de los demás, como la eco-praxia. Esta patología no sólo representa un síntoma de enfermedad cerebral, también es una prueba de que reproducimos interiormente los movimientos que observamos, y que en condiciones normales evitamos su ejecución. Precisamente los mecanismos inhibidores no funcionarían en los afectados de tal patología.

Otra emoción muy estudiada es el asco y rechazo. La visión de expresiones faciales de asco provoca en el observador la activación de la región anterior de la ínsula, por lo que la activación de esta área cerebral es crítica, no sólo para desencadenar sensaciones y reacciones de asco, sino también para percibir un estado emotivo semejante en la cara de otras personas. Los daños en la ínsula provocan en los que lo padecen incapacidad de sentir asco, pero también de reconocer expresiones tanto visuales como sonoras de asco en los demás. De esto se deduce que la experimentación de asco y la percepción del asco en los demás tiene un sustrato neuronal común en la región anterior de la ínsula izquierda, y en la corteza cingular derecha.

La emoción de dolor también ha sido investigada. La ínsula y la corteza cingular anterior se activan, tanto si se experimenta el dolor como si se observa a otro que lo padece. En una investigación se estudiaron 16 mujeres, cuyas parejas recibían descargas eléctricas. Cuando las participantes creían, por error, que se estaba causando dolor a sus seres queridos, se activaban sus propias áreas de dolor, registradas mediante RMF. Se activaban especialmente la parte anterior de la ínsula y del cortex cingular anterior. La activación era tanto mayor cuanto más empatía había manifestado la mujer examinada en el cuestionario previo. En la empatía experimentada ante situaciones emotivas influyen factores de tipo cognitivo y social como la proximidad y familiaridad con la persona observada. De otra manera, depende de la educación y de la experiencia. La empatía no es únicamente una reacción instintiva, innata. En el estudio comentado, las mujeres examinadas no podían ver la cara de su pareja, ni las expresiones de dolor, ni oír sus lamentos. Sólo a través de pistas más indirectas podían inferir si su pareja había recibido las descargas. Se requería procesos cognitivos superiores de imaginación e inferencia. Así pues, los procesos lógicos no necesariamente suponían una pérdida de la empatía, sino que la posibilitaba e incrementaba (29).

Los sistemas de neuronas espejo posibilitan comprender los estados mentales de otros, sus intenciones, pensamientos, emociones y también sus recuerdos. Cabe pensar que las redes de neuronas espejo están muy interconectadas y distribuidas por todo el cerebro, desde las áreas prefrontales a las temporales, desde los sistemas más ejecutivos y sensomotores a los memorísticos y emocionales del sistema límbico. Las redes de neuronas espejo en las áreas temporales, responsables de los aprendizajes y memorias, se activarían también en los recuerdos. Al realizar una acción en un contexto determinado, se activarían redes neuronales que codifican el recuerdo o memoria episódica. Cuando recordamos una experiencia se activarían esas mismas redes neuronales (30).

Entendemos, sentimos y compartimos las emociones de los demás gracias a nuestros sistemas de neuronas espejo, que se activan cuando vemos los gestos de otra persona. Las neuronas espejo nos brindan una simulación irreflexiva y automática de las expresiones faciales de los demás, y este proceso de simulación no requiere un reconocimiento explícito consciente y deliberado de la expresión. Al mismo tiempo, los sistemas de neuronas espejo comunican con los centros emocionales del sistema límbico. La activación de las redes neuronales del sistema límbico permite sentir las emociones asociadas con las expresiones faciales observadas, la felicidad que se

asocia con una sonrisa, la tristeza que transmite un ceño fruncido. Sólo después de sentir esas emociones internamente podemos reconocerlas de manera explícita y consciente (31).

NIVELES EXPLICATIVOS DISTINTOS

La investigación en teoría de la mente y neuronas espejo se ha desarrollado desde marcos teóricos y con metodologías muy distintas. La teoría de la mente ha sido tema de investigación en la psicología cognitiva, evolutiva y psicopatología, mientras que las neuronas espejo proporcionan explicaciones desde la neurociencia, a nivel neuronal, de redes y de sistemas. La teoría de la mente, en la década de 1980 y 1990, aceptaba los postulados modulares y entendía el cerebro organizado en regiones especializadas y localizadas; las neuronas espejo, desde los años 1990, propone circuitos y redes neuronales muy interconectados y distribuidos por todo el cerebro, para explicar los procesos mentales, cognitivos y emocionales. La investigación en neuronas espejo ha focalizado el interés en las bases neurales de los procesos mentales más implícitos, automáticos, inconscientes y directos; mientras que los procesos más explícitos, elaborados, declarativos y conscientes han sido tema de estudio en la teoría de la mente.

Los sistemas neuronales del ser humano se van conformando y reestructurando gracias a los aprendizajes e interacciones socioculturales. A la vez que los sistemas neurales se organizan en complejas redes y sistemas, se desarrollan procesos cognitivos y emocionales más complejos, y la persona va madurando en empatía, control emocional, ajuste personal y social. En las primeras etapas de desarrollo los sistemas neuronales especulares permiten una comprensión e interacción con el otro, desde una modalidad que podemos calificar de implícita y pragmática. Gracias a los aprendizajes, experiencias de socialización, y especialmente el lenguaje, los sistemas neurales incorporan nuevos formatos de representación más explícitos, semánticos y conscientes, posibilitando la lectura de la mente del otro, la propia autoconciencia, la interacción social, la creación y desarrollo cultural (32).

Los procesos cognitivos y emocionales humanos son muy complejos, desde los que se sitúan a nivel más automático e inconsciente, a los más conscientes y controlados, que requieren redes neuronales y subredes integradas y diferenciadas en áreas cerebrales. Podemos distinguir procesos *bottom-up*, que son respuestas automáticas de abajo arriba, y procesos *top-down* de arriba abajo, que implican consciencia y mayor control emocional. Cuando vemos una cara con determinados gestos e intuimos rápidamente su estado mental de tristeza, lo hacemos de modo automático e inconsciente. Cuando recordamos una experiencia triste que hemos vivido, están presentes procesos más deliberados, conscientes y lingüísticos. En la primera situación dominan los procesos *bottom-up* de carácter más afectivo; en la segunda están más presentes procesos *top-down* y más cognitivos.

Las áreas cerebrales más implicadas en la percepción directa de una emoción básica, que hemos denominado *bottom-up*, como alegría, tristeza, miedo, ira, sorpresa y asco, son la corteza cingulada anterior, la amígdala, el tálamo, el hipotálamo, la corteza motora primaria y la corteza premotora, la corteza somatosensorial primaria y secundaria, y el polo temporal. Los procesos más cognitivos *top-down* como el conocimiento de los sentimientos e intenciones del otro, son las áreas cerebrales de la corteza prefrontal dorsolateral, el lóbulo parietal inferior, la unión temporoparietal, la circunvolución temporal superior y el giro fusiforme. Hay otras áreas activadas tanto en tareas afectivas como cognitivas, como son la ínsula anterior y la corteza anterior y posterior de cíngulo. Las técnicas de neuroimagen están comenzando a mostrar las complejas, interactivas y distribuidas redes neuronales que están a la base de las capacidades comunicativas. Cabe esperar que en los próximos años estén disponibles nuevas tecnologías en el marco de los programas que se están desarrollando, como son el *Proyecto Brain*, el *Proyecto Human Brain Project* y el *Connectome Project*, que mostrarán las redes y subredes neuronales en la conectividad funcional del cerebro humano (33).

F. De Waal, analizando los distintos procesos comunicativos, identifica varios niveles: desde los más automáticos y emocionales a los más elaborados y cognitivos. Describe la analogía de la muñeca rusa, en la cual las formas más básicas de la comunicación empática estarían en el centro, mientras que los procesos más cognitivos ocuparían las capas externas. En el núcleo se encuentran los mecanismos de percepción-acción que posibilitan el contagio emocional más automático. Los niveles más elevados de la comunicación empática parten de esta base genéticamente programada, e incluyen la empatía cognitiva, que supone una evaluación de la situación emocional del otro, y ofrece un tipo de ayuda a sus necesidades, y en la capa más externa se encuentra la atribución del estado mental del otro adoptando plenamente su perspectiva. No toda la empatía puede reducirse a los niveles de contagio emocional, pero los niveles superiores no pueden existir sin aquellos. Los niveles más elevados y cognitivos se construyen sobre esa base sin la cuales estaríamos perdidos en la interacción con los demás (34).

D. Kahneman ha diferenciado dos sistemas en la mente: El Sistema 1 que opera de manera rápida y automática, con poco o ningún esfuerzo y sin sensación de control voluntario; el Sistema 2 que requiere esfuerzo mental, atención, memoria y procesos cognitivos más complejos. Los Sistemas 1 y 2 están siempre activos mientras permanecemos despiertos. El Sistema 1 actúa automáticamente y el Sistema 2 está normalmente en un confortable modo de mínimo esfuerzo, en el que solo una fracción de su capacidad está ocupada. El sistema 1 continuamente hace sugerencias al Sistema 2: intuiciones, impresiones, intenciones y sensaciones. Si cuentan con la aprobación del Sistema 2, las impresiones e intuiciones se tornan creencias y los impulsos pasan a ser acciones voluntarias (35).

CONCLUSIONES

Se analizan dos marcos teóricos para la investigación de los procesos comunicativos humanos, particularmente la comunicación gestual. Los seres humanos comunicamos mediante el lenguaje y los gestos. Pero la comunicación gestual es previa a la comunicación lingüística, tanto filogenéticamente como ontogenéticamente. En la evolución humana se utilizan gestos antes de conseguir el lenguaje, y los infantes humanos se valen de gestos antes de poder hablar.

Los estudios de D. Premack y G. Woodruff, en 1978, sobre la teoría de la mente en chimpancés iniciaron un camino de investigaciones sobre las capacidades de primates y humanos para comunicarse. La teoría de la mente ha proporcionado el marco teórico para estas investigaciones. En 1992, un grupo investigador en la Universidad de Parma, liderado por G. Rizzolatti publicó un artículo sobre las neuronas espejo, que muy pronto desató un entusiasmo desbordante, no exento de polémica. V. Ramachandran llegó a profetizar que tal descubrimiento estaba llamado a desempeñar en psicología un papel semejante al que había tenido en biología la decodificación de la estructura del ADN. Por primera vez se había encontrado, a nivel neuronal, una conexión directa entre percepción, acción, intención, emoción y memoria que permitía explicar muchos fenómenos, particularmente la imitación, empatía y la intersubjetividad.

Las neuronas espejo posibilitan comprender las intenciones de otras personas y también compartir sus emociones. Permiten ponerse en lugar de otros, leer sus pensamientos, sentimientos, lo que resulta fundamental en la interacción social. La comprensión interpersonal se basa en que captamos las intenciones y motivos de los comportamientos de los demás. Circuitos y redes neuronales simulan subliminalmente las acciones que observamos, lo que nos permite identificarnos con los otros, de modo que actor y observador se hallan en estados neuronales muy semejantes. Somos criaturas sociales y nuestra supervivencia depende de entender las intenciones y emociones que traducen las conductas manifiestas de los demás. Las neuronas espejo permiten entender la mente de nuestros semejantes, no a través de razonamiento conceptual, sino directamente, sintiendo y no pensando.

Los sistemas neuronales con los que nace un niño se van cableando y desarrollando gracias a las experiencias en el medio. Las redes neurales se van conformando integrando y diferenciando en una compleja conectividad intercortical e intracortical. El recién nacido puede imitar la mímica de sus padres; a los 12 meses puede anticipar y entender las intenciones de los actos que observa; a los 18 meses es capaz de seguir las acciones e imitarlas de manera consciente; a los 4-5 años ha elaborado una compleja teoría de la mente.

Podemos suponer que las redes de neuronas espejo están más presentes en determinadas regiones del cerebro, y con gran conectividad en esas áreas, lo que se denomina conectividad intracortical; pero también esos sistemas espejo conectan con otras áreas cerebrales mediante redes muy distribuidas en el sistema global del cerebro, que se denomina conectividad intercortical.

El cerebro humano se va reestructurando y configurando a partir de las experiencias en el medio físico y social, hasta conseguir integrar unos sistemas neurales que posibilitan no sólo las percepciones-acciones sino las intenciones-emociones, cada vez más complejas y diferenciadas, lo que desde otro marco explicativo se ha teorizado como teoría de la mente. En las primeras etapas de desarrollo los sistemas especulares permitirían una comprensión e interacción con el otro desde una modalidad que podemos calificar de procedimental, implícita y pragmática. Con los aprendizajes y experiencias de socialización los sistemas neurales incorporarían nuevos formatos de representación más explícitos, semánticos y conscientes, posibilitando la lectura de la mente del otro y la propia autoconciencia, la comprensión e interacción social, la teoría de la mente.

Las capacidades propias de la teoría de la mente se van conformando en un proceso evolutivo gradual desarrollando a lo largo de la vida a partir de los sistemas neurales, que van almacenando informaciones y sensaciones sobre nuestros propios estados de ánimo. Las experiencias propias son básicas para comprender lo que sienten los otros. Sólo podemos comprender y sentir los estados mentales de alguien, sus pensamientos, intenciones, emociones, y anticipar sus comportamientos, si antes hemos vivido experiencias similares en nuestro propio cuerpo. Nuestras propias experiencias son necesarias para comprender y compartir las vivencias de los otros.

Próximas investigaciones y nuevos avances tecnológicos permitirán en los próximos años identificar y mapear el conjunto de circuitos y redes neuronales que están a la base de las capacidades diversas en la comunicación, desde los comportamientos más gestuales, automáticos y emocionales, a los más cognitivos y conscientes.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gallese, V. y Goldman, A. Mirror Neurons and the Simulation Theory of Mind-Reading. *Trends in Cognitive Sciences*. 1998; 2: 493-501
2. Riviére, A. Más a favor de la psicología popular. *Cognitiva*. 1989; 2 (3): 261-265
3. Tomasello, M. *Los orígenes de la comunicación humana*. Buenos Aires: Katz; 2013: 85
4. Tomasello, M. *The cultural origins of human cognition*. Cambridge (MA): Harvard University Press; 1999
5. García García, E. *Mente y cerebro*. Madrid: Síntesis; 2001: 147-222
6. Humphrey, N. *La mirada interior*. Madrid: Alianza; 1993
7. Premack, D. y Woodruff, G. Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behavioral and Brain Sciences*. 1978; 1: 515-526
8. Woodruff, G. y Premack, D. Intentional communication in the chimpanzee: the development of deception. *Cognition*. 1979; 7: 333-362
9. De Waal, F. *La política de los chimpancés*. Madrid: Alianza; 1993

10. Byrne, R. y Whitten, A. (Eds). *Machiavellian intelligence: social expertise and the evolution of intellect in monkeys, apes and humans*. Oxford: Oxford University Press; 1988
11. Rivi re, A. y Nuñez, M. *La Mirada mental*. Buenos Aires: Aique; 1996
12. Wimmer, H. y Perner, J. Beliefs about beliefs. Representation and the constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*. 1983; 13: 103-128
13. Perner, J. *Comprender la mente representacional*. Barcelona: Paid s; 1994
14. Rivi re, A. y Nuñez, M. *La Mirada mental*. Buenos Aires: Aique; 1996: 41-51
15. Baron-Cohen, S. *Autismo y Síndrome de Asperger*. Madrid: Alianza Editorial; 2010: 91-98
16. Baron-Cohen, S., Leslie, A. y Frith, U. Does the autistic child have a "Theory of Mind"? *Cognition*, 1985; 21: 37-46.
17. Baron-Cohen, S., Leslie, A. y Frith, U. Mechanical, behavioral and intentional understanding of picture stories in autistic children. *British Journal of Development Psychology*. 1986; 4: 113-125
18. Fodor, J. *La modularidad de la mente*. Madrid: Morata; 1986
19. Chomsky, N. *On Nature and Language*. Cambridge: Univ. Press; 2002
20. Leslie, A. The origins of Theory of Mind. *Psychological Review*. 1997; 94: 84-106
21. Baron-Cohen, S. (1998).  Son los niños autistas mejores físicos que psic logos? *Infancia y Aprendizaje*. 1998; 84: 33-43.
22. Karmiloff-Smith, A. *M s all  de la modularidad*. Madrid: Alianza; 1994.
23. Di Pellegrino, G., Fadiga, L., Fogassi, L., Gallese, V. y Rizzolatti, G. Understanding motor events: a neurophysiological study. *Experimental Brain Research*. 1992; 91, 1: 176-180.
24. Gallese, V., Fadiga, L., Fogassi, L. y Rizzolatti, G. Action recognition in the premotor cortex. *Brain*. 1996; 2: 593-609.
25. Kohler, E., Keysers, M., Umilt, L., Fogassi, V., Gallese, V. y Rizzolatti, G. Hearing sounds understanding actions: action representation in mirror neurons. *Science*. 2002; 297, 5582: 846-848.
26. Rizzolatti, G. y Singaglia, C. *Las neuronas espejo*. Barcelona: Paid s; 2006.
27. Rizzolatti, G. The mirror neuron system and imitation, En S. Hurley y N. Chatter (Comps), *Perspectives on Imitation: From Neuroscience to Social Science*. Cambridge MA: MIT Press; 2005
28. Buccino, G., Lui, F., Canessa, N., Patteri, I., Lagravinese, G., Benuzzi, F., Porro, C. y Rizzolatti, G. Neural circuits involved in the recognition of actions performed by nonconspecifics: An FMRI Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*. 2004; 16, 1: 114-126.
29. Calvo-Merino, B. et al. Action observation and acquired motor skills: An FMRI study with expert dancers. *Cerebral Cortex*. 2005; 15, 8: 1243-1249.
30. García García, E. Neuropsicolog a y educación. De las neuronas espejo a la teoría de la mente. *Revista de Psicología y Educación*. 2008; 3, 1: 69-89.
31. Singer, T. et al. Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science*. 2004; 303, 1157-1162.
32. Mukamel, R., Ekstrom, D., Kaplan, J., Iacoboni, M., Fried, I. Responses in humans during execution and observation of actions. *Current Biology*. 2010; 20, 8: 750-756.
33. Iacoboni, M. *Las neuronas espejo*. Buenos Aires: Katz; 2009: 109-130
34. García García, E., González Marqués, J. y Maest  Unturbe, F. Neuronas espejo y teoría de la mente en la explicación de la empatía, *Ansiedad y Estrés*. 2011; 17 (2-3): 265-279.
35. Catuara Solarz, S. *Las neuronas espejo. Aprendizaje, imitación y empatía*. Barcelona: Emse Edapp; 2018: 72-74
36. De Waal, F. *Primates y filósofos*. Barcelona: Paidós; 2006: 65-68.
37. Kahneman, D. *Pensar rápido, pensar despacio*. Barcelona: Debate; 2017: 35-40

DECLARACIÓN DE TRANSPARENCIA

El autor/a de este artículo declara no tener ningún tipo de conflicto de intereses respecto a lo expuesto en la presente revisión.

Si desea citar nuestro artículo:

García-García E.

La comunicación gestual. Teoría de la Mente y Neuronas Espejo ANALES RANM [Internet]. Real Academia Nacional de Medicina de España; An RANM - Año 2018 - 135(02) - Supl.01 - páginas 22-33 DOI: 10.32440/ar.2018.135.02.supl01.art02

BASES NEUROBIOLÓGICAS DE LA MÚSICA

NEUROBIOLOGICAL FOUNDATIONS OF MUSIC

Francisco José Rubia Vila

Académico de Número de la Real Academia Nacional de Medicina de España - Fisiología

Catedrático Emérito de Fisiología Humana de las Universidades Complutense de Madrid y Ludwig-Maximilian de Munich

Palabras clave:

Música;
Facultad mental;
"Musilenguaje".

Keywords:

Music;
Mental faculty;
"Musilanguage".

Resumen

La música juega un papel importante en nuestro cerebro lo que hace suponer que se trata de una facultad mental que se desarrolla tempranamente. Las áreas cerebrales que se activan con la música se solapan con las dedicadas al lenguaje. Por ello se ha planteado que ambas funciones se desarrollaron en paralelo o existió un precursor de ambas funciones, que se ha llamado "musilenguaje". Como facultad mental es posible que sea heredable, lo que explica la existencia de familias enteras dedicadas a la música.

Abstract

Music plays a fundamental role in our brain which suggests that music ability is an early developing mental capacity. The brain regions that are activated during music-related activities overlap with those that are dedicated to language functions, in particular singing. This is why it has been argued that both functions develop in parallel or that there is a precursor for both functions which has been labelled as "Musilanguage". It is possible that this mental ability is hereditary, which would explain the existence of entire families dedicated to music.

La música tiene la capacidad de conmover profundamente nuestra mente; y en otras ocasiones puede calmarnos o también tener el efecto contrario. En medicina se ha utilizado en la terapia de la epilepsia, en la enfermedad de Parkinson, para disminuir la presión arterial, en el tratamiento de niños afectados con el trastorno de hiperactividad con déficit de atención, en la depresión, en el estrés y en el insomnio.

El musicólogo y filósofo Julius Portnoy encontró que la música puede cambiar las tasas metabólicas, aumentar o disminuir la presión arterial, los niveles de energía y la digestión, de manera positiva o negativa dependiendo del tipo de música. La música puede asimismo aumentar la secreción de endorfinas por el cerebro y de esta manera producir placer y relajación. Se han realizado experimentos con plantas que crecieron más rápidamente escuchando música clásica suave. Y hay autores que han afirmado que, de todas las artes, la música es la que es capaz de modificar la consciencia de manera más potente.

Todos estos hechos nos hace pensar que la música tiene una función importante en nuestro cerebro y de ahí que la búsqueda de sus bases neurobiológicas sea necesaria.

Pero, además, la estrecha relación que existe entre el desarrollo evolutivo de la música y del lenguaje hace necesario conocer las estructuras cerebrales para conocer si son diferentes en un caso o en el otro, o si quizá comparten algunas estructuras cerebrales como veremos luego.

FISIOLOGÍA DE LA AUDICIÓN

Dado que la música nos llega a través del oído, creo necesario explicar brevemente algo sobre la fisiología de la audición. Como saben, las ondas sonoras nos llegan al oído incidiendo sobre el tímpano, que mueve la cadena de huesecillos, martillo, yunque y estribo en el oído medio que, a través de la ventana oval, mueven el líquido que baña el interior de la cóclea en el oído interno, donde se encuentran las células sensoriales, el llamado órgano de Corti (Figura 1), que transforman el estímulo mecánico en potenciales eléctricos, el único lenguaje que el cerebro entiende. Estos potenciales eléctricos, llamados potenciales de acción, pasan por varias estructuras hasta llegar a la corteza auditiva primaria en el lóbulo temporal.

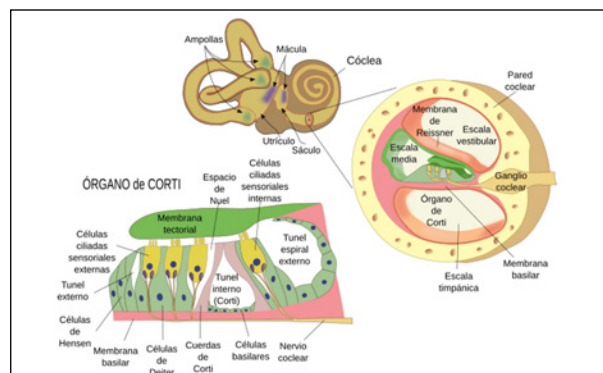


Figura 1. Cóclea, conductos semicirculares y órgano de Corti

Autor para la correspondencia

Francisco José Rubia Vila

Real Academia Nacional de Medicina de España

C/ Arrieta, 12 · 28013 Madrid

Tlf.: +34 91 159 47 34 | E-Mail: frubia2@telefonica.net

XV Curso de fundamentos moleculares de la Medicina

BASES NEUROBIOLÓGICAS DE LA MÚSICA

Francisco José Rubia Vila

An RANM · Año 2018 · 135(02) · Supl.01 · páginas 34 a 40

Los potenciales de acción son todos iguales, provengan de la piel, de la retina del ojo o de las papilas gustativas de la lengua. Por eso la interpretación de esos sonidos es una función central del cerebro. Esto hace que ni los colores ni los sonidos ni los gustos ni los olores ni el frío o el calor en el tacto existan en la naturaleza, sino que son producto de la acción cerebral.

Las estructuras por donde pasa la información auditiva (Figura 2) son: el núcleo coclear, la oliva superior, el núcleo geniculado medial en el tálamo y, finalmente, la corteza auditiva. Allí la representación es tonotópica, es decir, que los tonos están ordenados por su frecuencia (Figura 3).

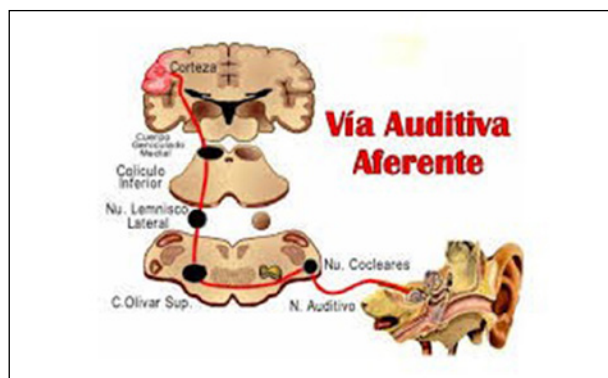


Figura 2. Vía auditiva aferente. Desde la cóclea hasta la corteza auditiva primaria

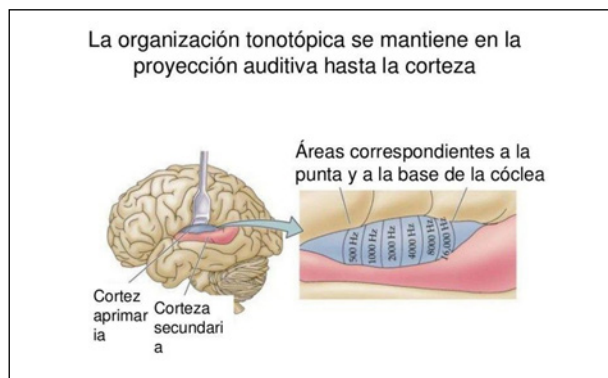


Figura 3. Organización tonotópica de la corteza auditiva primaria

Las células de la corteza auditiva primaria no sólo se excitan, sino que utilizan la inhibición lateral para amplificar la información acústica, aumentar los contrastes y suprimir los ruidos de fondo. Es importante saber que el cerebro sólo está interesado en cambios y contrastes. Un sonido, por ejemplo, igual y constante termina por no oírse, gracias a dos fenómenos: la adaptación de los receptores y un proceso inhibitorio conocido como habituación.

Al cerebro tampoco le interesa la frecuencia exacta de un sonido. Cualquier violinista puede cambiar la nota “la” media de 440 a 450 hercios y el cerebro se adapta inmediatamente a ese cambio. Como se ha mostrado, todos somos sordos respecto a las frecuencias exactas de

los tonos, al cerebro le interesan las distancias relativas entre las frecuencias más que las frecuencias absolutas. Esto, por cierto, es válido para todos los sentidos. En la visión, por ejemplo, la luminosidad absoluta no es interesante para el cerebro, sino sólo los contrastes.

El cerebro no es ningún órgano pasivo. Envía fibras hacia las células sensoriales del oído interno controlando su sensibilidad. Y también participa activamente en los diversos escalones que recorre la información auditiva, modificando y filtrando esa información. Esto quiere decir que los tonos que percibimos no existen en la naturaleza, sino que son atribuciones que la corteza cerebral asigna a las señales eléctricas que le llegan desde el oído, interviniendo además en todas las estaciones de relevo. Sin este sistema centrífugo, el efecto llamado de “cocktail party”, o sea la capacidad de escuchar una conversación en una fiesta a pesar del ruido de fondo, sería imposible. Asimismo, el cerebro no se contenta con el análisis de los sonidos, sino que se preocupa más bien de la interpretación activa de esos sonidos.

La corteza auditiva primaria está rodeada de la llamada corteza auditiva secundaria, y ésta a su vez de la corteza auditiva terciaria. Mientras que la corteza primaria se concentra en las características de tonos aislados, la secundaria es responsable de la relación entre los tonos. La corteza auditiva del hemisferio derecho se concentra en tonos simultáneos y analiza las relaciones armónicas entre ellos. La corteza auditiva secundaria del hemisferio izquierdo se concentra en la relación entre las secuencias de tonos, por lo que es importante para la percepción del ritmo.

La melodía no es simplemente una secuencia de tonos, sino que éstos varían en ella de frecuencia y acento, provocando en el cerebro sensaciones únicas. Melodía, ritmo y armonía combinados forman la música.

LA MÚSICA COMO MEDIO DE COMUNICACIÓN Y SU ORIGEN Y LOCALIZACIÓN CEREBRAL EN EL SER HUMANO

Nuestra capacidad para percibir música es muy temprana. Incluso recién nacidos reaccionan a estímulos musicales, y con un mes, el bebé puede discriminar ya tonos de diferentes frecuencias. Con seis meses se habla ya de una ‘musicalidad’ desarrollada. Y a los tres o cuatro años, los niños comienzan a reproducir la música de la cultura en la que están inmersos. Ahora bien, un entendimiento pleno de la armonía se desarrolla como muy temprano a la edad de doce años.

La música es un medio de comunicación como lo es el lenguaje. Al igual que en el lenguaje, donde las distintas características (semántica, nombres de instrumentos, de frutos y de animales, prosodia, identificación de fonemas, etc.) están localizadas en diferentes partes del cerebro, en la música ocurre lo mismo, es decir, que, por ejemplo, la melodía y la localización de los tonos se localizan preferentemente en el hemisferio derecho. Por eso, en operaciones quirúrgicas, donde una parte del lóbulo temporal derecho tuvo que ser extirpado para evitar ataques epilépticos intratables con medicamentos, el paciente tuvo problemas con la percepción de la

melodía, mientras que en operaciones similares con extirpación de las mismas regiones del lóbulo temporal izquierdo este problema no apareció. El análisis armónico parece ser también función de las regiones auditivas del hemisferio derecho. Curiosamente, los músicos profesionales utilizan más en la percepción de las melodías el hemisferio izquierdo y se ha comprobado que con el entrenamiento en música, la dominancia cerebral para la percepción de la melodía se desplaza del hemisferio derecho al hemisferio izquierdo.

El hemisferio izquierdo es asimismo más apropiado para la percepción del ritmo. Esto indica que la percepción de la armonía y la percepción del ritmo utilizan áreas distintas del cerebro. Los músicos saben muy bien que hay personas que tienen una capacidad de percepción armónica brillante, pero son poco dotados para la percepción del ritmo y viceversa.

El análisis con modernas técnicas de imagen cerebral, como la tomografía por emisión de positrones o la resonancia magnética funcional han mostrado que el sustrato neurológico del lenguaje y el de la música se solapan. Se ha podido comprobar, como hemos dicho, que el hemisferio derecho atiende a los aspectos melódicos de la música y el izquierdo a los aspectos rítmicos. Las estructuras del sistema emocional o límbico que procesan las emociones en el hemisferio derecho se activan cuando sujetos voluntarios se imaginan la música. El hemisferio derecho también es más sensible para la armonía.

Utilizando un test de entrenamiento para piano consistente en ejercicios para los cinco dedos se ha podido mostrar que la corteza motora muestra cambios en minutos de práctica. Y midiendo el flujo sanguíneo regional en diferentes partes del cerebro se observó un aumento de la actividad en los ganglios basales y en el cerebelo, así como en diversas partes de la corteza cerebral, y no sólo con el ejercicio físico, sino también con la práctica mental de esos ejercicios.

Esto significa que el cerebro es plástico y cambia con la actividad del organismo. Como ejemplo se puede referir que el área que ocupa la mano izquierda en la corteza motora del cerebro de los violinistas es mayor que en las personas que no tocan ningún instrumento.

También se sabe que en músicos profesionales con oído absoluto se ha podido constatar que tienen un plano temporal más grande que en personas normales. El plano temporal es una región del lóbulo temporal que es importante para la comprensión del lenguaje. Asimismo, la mitad anterior del cuerpo calloso, que une ambos hemisferios, también es mayor en músicos que comenzaron su entrenamiento antes de los siete años de edad, que en personas normales. Se conoce asimismo que los músicos profesionales utilizan más el hemisferio izquierdo que los no músicos. Con técnicas de imagen cerebral se ha podido constatar que cuando los profesionales comienzan a aprender música el hemisferio derecho está más activo que el izquierdo, pero a medida que van aprendiendo y perfeccionando su música el hemisferio izquierdo también se activa. Esto está de acuerdo con el hecho que los músicos profesionales analizan más la música mientras que los no profesionales se contentan con gozar simplemente de la melodía.

Como dijimos antes, es necesario señalar que las áreas que se activan con la música se solapan con las que se activan durante el lenguaje. Curiosamente, la imaginación de una pieza musical, tanto como su escucha, hace que se activen las mismas áreas.

El canto, que implica tanto la música como el lenguaje, parece involucrar ambos hemisferios si hay palabras por medio, pero el canto sin palabras depende más del hemisferio derecho.

Respecto al sexo, parece bien establecido que la lateralización de funciones en los hemisferios es más acusada en el hombre que en la mujer. Las diferencias en tareas verbales, matemáticas, sociales y visuo-espaciales (orientación en el espacio guiada por la visión) entre hombre y mujer se deben en parte a esas diferencias en la lateralización de funciones. Personas entrenadas musicalmente muestran diferencias: mientras que en hombres el hemisferio derecho es dominante para analizar secuencias de tonos, en mujeres son ambos hemisferios los implicados.

SOBRE EL ORIGEN DE LA MÚSICA

Una cuestión importante es la del origen de la música. En el libro de Charles Darwin de 1871 "El origen del hombre y la selección en relación al sexo", éste decía: "parece probable que los progenitores del hombre, sean hombres o mujeres, o ambos sexos, antes de adquirir el poder de expresar el amor mutuo en lenguaje articulado, intentaron hechizarse uno al otro con notas musicales y ritmo". Darwin se dio cuenta de la ubicuidad de la música en todas las culturas conocidas, el desarrollo espontáneo de las capacidades musicales en los niños y la manera en la que provoca fuertes emociones, antes de concluir: "Todos estos hechos con respecto a la música y al lenguaje apasionado se hacen inteligibles hasta cierto punto si asumimos que los tonos musicales y el ritmo se utilizaron por nuestros antecesores semihumanos durante el período del cortejo".

Tanto la música como el lenguaje están presentes en todas las sociedades humanas que hoy existen, y los arqueólogos afirman que ambas estuvieron también presentes en las sociedades prehistóricas. Ambas poseen una estructura jerárquica que consiste en elementos acústicos, palabras o tonos respectivamente, que se combinan para formar frases, expresiones o melodías, aunque la naturaleza de esas unidades es diferente en el lenguaje, que son símbolos, mientras que en la música no. El lenguaje, sea hablado, escrito o por gestos, se utiliza como medio de comunicación de ideas o conocimientos; la música, sin embargo, es un sistema de comunicación no referencial, y aunque no nos comunique nada sobre el mundo, puede tener y tiene un impacto profundo sobre nuestras emociones.

Por tanto, o el lenguaje se deriva de la música, o ambos, lenguaje y música se desarrollaron en paralelo, o existió un precursor de ambos, una especie de 'musilenguaje', como, hipotéticamente, así se le ha llamado.

LA MÚSICA COMO COMUNICACIÓN SOCIAL

La música, aparte del placer que reporta, puede considerarse un medio de comunicación y, como tal, el nivel sistémico más importante para la evolución de la comunicación es la socialidad, o mejor, la evolución del sistema social. El contexto social ha sido considerado por los primatólogos un desafío más importante para la inteligencia de los primates que las tareas manuales.

Las habilidades desarrolladas para solucionar los complicados problemas de las relaciones sociales son más sofisticadas que las requeridas para la manipulación de los objetos y herramientas. Por ello hoy día se acepta que el factor más importante para la selección de la inteligencia de los primates ha sido la socialidad, o sea las relaciones sociales.

El lenguaje es un ejemplo característico de estas relaciones y, dado, como hemos visto, la supuesta evolución conjunta del lenguaje y de la música, es de suponer que al igual que aquél, ésta está también relacionada con la evolución de los sistemas sociales.

MÚSICA Y LESIONES CEREBRALES

El músico ruso Vissarion Shebalin, el año 1953, a la edad de 51 años, sufrió un derrame cerebral en el lóbulo temporal izquierdo que le paralizó la mano derecha, la parte derecha de la cara y trastornó el lenguaje, pero su labor de compositor continuó sin problemas, terminando su quinta sinfonía en 1963, poco antes de su tercer ataque de apoplejía que lo llevó a la tumba.

El neuropsicólogo ruso Alejandro Luria informó sobre este caso en el *Journal of Neurological Science* en 1965 diciendo que era una prueba de que la música y el lenguaje eran dos sistemas separados en el cerebro.

Si realmente la música y el lenguaje están separados, ¿existe también la posibilidad que se dé el lenguaje sin la música? Efectivamente esto es así. Se han referido casos de amusia, o sea, incapacidad de entender y/o producir música, pero con conservación del lenguaje. Sin embargo, también puede producirse una afectación tanto del lenguaje como de la música.

El compositor francés Maurice Ravel que en 1927 empezó a escribir tonterías, y en 1928 tocando su *Sonatina* en Madrid, saltó desde el primer tiempo al final, mostró muchas dificultades en la motricidad y en el lenguaje, así como se vio impedido para escribir o tocar una sola nota de música. En este caso, ambos sistemas, la música y el lenguaje, se vieron afectados. A fin de cuentas, en el canto, como antes dije, lenguaje y música están unidos.

Los pacientes que sufren de amusia, que aunque tengan una incapacidad para percibir la música su capacidad lingüística permanece intacta, suelen tener lesiones en los lóbulos temporales derecho o izquierdo. Sin embargo, los que mantienen su capacidad musical, pero pierden las lingüísticas, suelen sufrir lesiones sólo en el lóbulo temporal derecho.

Se sabe que en el lenguaje, la sintaxis, la semántica, el análisis de los fonemas o la prosodia se localizan en lugares distintos del cerebro. Igualmente, en la música la melodía, el timbre o el ritmo también ocupan lugares distintos pudiendo sufrir un paciente con lesión cerebral la pérdida de uno de estos componentes, conservando los demás.

EL SÍNDROME DE WILLIAMS

Un caso especial que muestra la separación de música y lenguaje en el cerebro desde épocas muy tempranas de la vida es el de los llamados 'músicos sabios', niños que son muy deficientes en sus capacidades lingüísticas, pero que tienen una musicalidad normal, o incluso excelente, como ocurre, por ejemplo, en el síndrome de Williams (Figura 4).



Figura 4. Niño con el síndrome de Williams

Estos músicos sabios poseen capacidades con las que cualquier persona puede soñar: un oído absoluto, una percepción finísima, una capacidad enorme de representación acústica, y una memoria musical excepcional. Suelen tener estos músicos sabios lesiones en el hemisferio izquierdo, por lo que se supone que se desinhiben funciones del hemisferio derecho.

Ahora bien, de la nada no puede surgir nada, lo que quiere decir que la capacidad cerebral de estos enfermos, que supera con mucho las capacidades habituales de personas normales por lo que respecta a la memoria o a la capacidad de cálculo o a la musicalidad, debe ser también una capacidad que todos tenemos, pero que está normalmente inhibida por funciones adquiridas más tarde en la evolución.

El síndrome de Williams pone patas arriba el concepto de inteligencia. Siempre hemos pensado que la inteligencia era una y que podía medirse con el cociente de inteligencia; pero las personas con síndrome de Williams muestran mucha inteligencia en ciertas áreas, como el lenguaje, la música y las relaciones interpersonales, pero su cociente intelectual está entre 50 y 70, lo suficientemente bajo como para cualificarlo como retraso mental moderado. También son limitados en las habilidades espaciales y en el control motor; muchos no pueden atarse los cordones de sus zapatos o cortar algo con un cuchillo. También son muy deficientes en aritmética.

¿Cuándo se desarrolla la capacidad musical en los niños? Pues bien, existe una gran cantidad de trabajos experimentales que indican que antes de alcanzar la edad de un año, los niños ya poseen todas las capacidades de percepción musical que tienen los adultos normales, es decir, que no son músicos profesionales. Esto parece indicar que la música es un campo en el que el niño posee ya una competencia innata para ella, similar a la del lenguaje.

POSIBLE VALOR DE SUPERVIVENCIA DE LA MÚSICA

¿Cuál sería, pues, el valor de supervivencia de la música para haber desarrollado una capacidad innata a lo largo de la evolución? Evidentemente, aquí nos basamos en la especulación y algunos autores han propuesto que la música incrementa los lazos sociales fomentando las respuestas emocionales conjuntas cuando se danza o canta, aparte de poder relajar tensiones en los individuos. Algunos autores argumentan que es posible que la música se remonte al *Homo erectus*, es decir, a una época entre 1,8 millones y 300.000 años antes de nuestra era.

Esta opinión parece exagerada. Sabemos que nuestra especie, el *Homo sapiens*, hizo su aparición en la Tierra hace unos 200.000 años, pero que la explosión cultural que, probablemente llevó al lenguaje, a la aparición del arte y la religión, tuvo lugar hace unos 50.000 años. Y la hipótesis que hoy se maneja para explicar este retardo de 150.000 años en la aparición de esa explosión cultural es que fue motivada por una mutación. Las estrechas conexiones de la música con el lenguaje nos hacen pensar que muy probablemente su aparición en el ser humano es más reciente y dentro del período de existencia de nuestra propia especie. A favor de esta opinión estaría el hecho de que los registros arqueológicos indican que los instrumentos musicales hacen su aparición con el *Homo sapiens*.

Pero hay opiniones, como las del lingüista Steven Pinker, que se inclinan a pensar que la música es una “auditory cheesecake”, o sea, una delicia auditiva, algo marginal en la evolución, que, en el mejor de los casos es adaptativa al promover una solidaridad del grupo.

Tanto el lenguaje como la música tienen una estrecha relación con el movimiento, por lo que se con-

sidera que la música establece relaciones entre distintas funciones cerebrales, relaciones que también son consideradas características de nuestra especie. La música facilitaría este tipo de relaciones entre funciones distintas, tales como las emociones, la prosodia de nuestro lenguaje, la relación entre madre e hijo en ese proto-lenguaje casi musical que se emplea para establecer contacto entre una y otro, así como en la motricidad asociada a la periodicidad de los movimientos.

HEREDABILIDAD DE LA CAPACIDAD MUSICAL

Con respecto a la posibilidad por muchos autores aceptada de la predisposición genética para la música, habría que suponer también la heredabilidad de esta facultad. Y, en efecto, se ha calculado que aproximadamente la mitad de los grandes compositores han tenido músicos profesionales en sus familias o descendían de familias con una larga tradición musical, como es el caso de la familia de Johann Sebastian Bach, que en siete generaciones se han contado hasta 64 profesionales de la música.

Quisiera mencionar uno de nuestros misterios más grandes: la inspiración. ¿Qué han dicho los compositores famosos sobre esa misteriosa inspiración que les llevaba a plasmar en el papel su música? Pues en términos generales, que la música fluía de sus cabezas sin ningún problema. Richard Wagner lo comparaba como el fluir de la leche en una vaca, Saint-Saëns con un árbol de manzanas produciendo sus frutos y Mozart, tan soez como siempre, con una cerda orinando. Precisamente Mozart hablaba de que sus ideas musicales se le presentaban cuando estaba solo, cuando iba de una ciudad a otra en su carruaje o cuando no podía dormir por las noches. Su barbero se quejaba que tenía que andar siempre detrás de él para afeitarse porque se levantaba de pronto del cembalo para ir al escritorio a escribir la música. Tanto él como Robert Schumann oían la música, al parecer, completa en su cabeza antes de pasarla al papel.

A veces, la inspiración era sentida como una experiencia religiosa. Un criado encontró un día a Händel llorando a lágrima viva cuando en un maratón de 24 días escribió su “Mesías”. Y expresaba esta experiencia diciendo: “Veía el cielo abierto ante mí y al propio Dios Padre”. O Johannes Brahms que lo expresaba así: “Me sentía en consonancia con la eternidad, no hay nada más apasionante”.

Muchos compositores sufrían de lo que hoy podríamos llamar períodos maníacos o maníaco-depresivos. Curiosamente, este tipo de enfermos muestran a veces altos valores de creatividad. Se supone que aproximadamente un tercio de todos los escritores y artistas, así como la mitad de los poetas, tuvieron síntomas maníaco-depresivos. Los psicólogos sospechan que a este grupo pertenecen compositores como Berlioz, Bruckner, Gesualdo, Glinka, Händel, di Lasso, Mahler, Mussorgsky, Rachmaninoff, Rossini, Schumann, Tchaikowsky, etc.

MÚSICA Y EMOCIONALIDAD

Todos estos hechos no hacen más que corroborar la opinión de que nuestro cerebro emocional es mucho más importante no sólo para nuestra propia supervivencia sino también para estas funciones inconscientes de la creatividad. Ahora sabemos lo que deberíamos haber intuido hace tiempo simplemente observando la evolución del cerebro: que las emociones son la base incluso de nuestro pensamiento racional.

Volviendo al comienzo de mi comunicación quisiera decir que la música despierta en los seres humanos, sobre todo en aquellos que la aman, efectos conmovedores y placeres inefables. Y esto es así, y será así por mucho que progrese en nuestros todavía precarios conocimientos sobre su organización cerebral.

Habría que preguntarse por qué la música despierta tantas emociones. La respuesta obvia es porque estimula estructuras del sistema límbico. Una prueba de ello es lo que refiere el conocido neurólogo británico Oliver Sacks en su libro *Musicophilia* (Figura 5) en el que menciona el caso del Dr. Tony Cicoria, cirujano ortopédico de una pequeña ciudad del estado de Nueva York, que en un día de lluvia y truenos telefoneaba a su madre desde una cabina telefónica cuando cayó un rayo y vio un fuerte destello de luz que salía de la cabina y le golpeaba la cara. Cayó hacia atrás al suelo y se creyó muerto. Luego se dio cuenta que una mujer hacía sobre él maniobras de resucitación, mientras se sentía inundado de una luz blanco-azulada intensa y una profunda sensación de paz y bienestar.

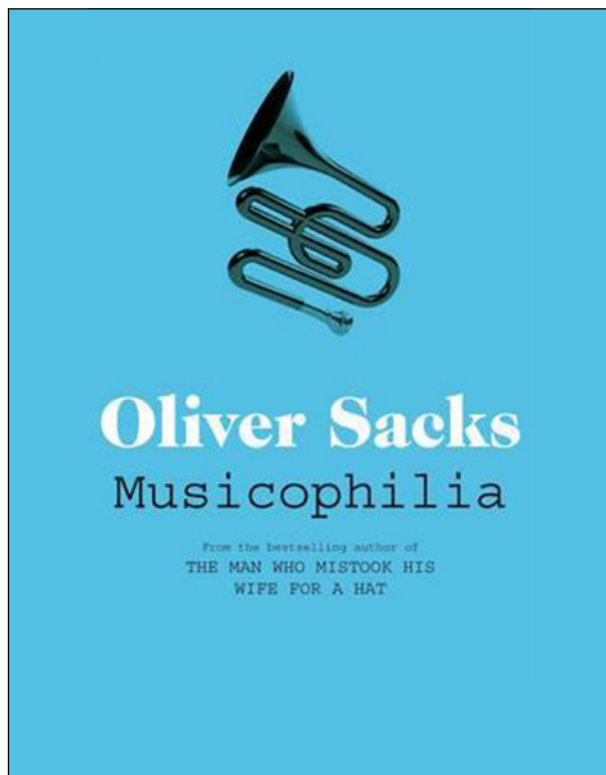


Figura 5. Libro "Musicophilia", del neurólogo británico Oliver Sacks

El examen neurológico posterior no encontró nada anormal; tampoco el EEG ni la resonancia magnética nuclear. Sólo tenía dificultades en recordar nombres. Pero poco después sintió un deseo irrefrenable de escuchar música de piano. Empezó a tomar lecciones de piano y a comprar discos. Le gustaba especialmente un disco en el que Vladimir Ashkenazy interpretaba piezas de Chopin. Todo el día sentía la música en su cerebro y apenas podía ocuparse de otra cosa. Pensaba que había sobrevivido sólo para eso. Confesaba también que desde el accidente se había hecho muy espiritual.

Aquí tenemos una conexión de la espiritualidad con la música, algo que en la historia de la humanidad han estado unidas de algún modo. Ambas características parecen estar ligadas al sistema emocional del cerebro.

Existen casos asimismo de musicofobia. Oliver Sacks refiere el caso de Nikonov, un crítico musical del siglo XIX que tuvo un ataque epiléptico cuando estaba en la representación de la ópera 'El Profeta' del compositor alemán Giacomo Meyerbeer. A partir de ese momento se hizo más sensible a la música hasta el punto de que cualquier tipo de música le provocaba convulsiones. Tuvo que renunciar a su profesión y cuando oía una banda de música por la calle se tapaba los oídos, se refugiaba en cualquier portal o huía por una calle adyacente.

Ha habido pacientes que sufrían de ataques epilépticos al oír música y otros que han tenido auras musicales previas a sus ataques, sobre todo de epilepsia del lóbulo temporal.

Es conocido que en la profundidad del lóbulo temporal se encuentran estructuras del sistema límbico que están relacionadas con la espiritualidad, la sexualidad, el éxtasis y, al parecer, también la música. De ahí que se den casos de epilepsia del lóbulo temporal que se acompañan con síntomas relacionados con la música. Pero la relación a lo largo de la historia entre la música y la espiritualidad sería tema de otra conferencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Darwin, Ch. El origen del hombre y la selección en relación al sexo. Ediciones Ibéricas. Madrid, 1966
2. Luria, AR, Tsvetkova, LS, Futer, DS. Aphasia in a composer. J Neurologías Scie, 2: 288-92, 1965
3. Mithen, S. Los neandertales cantaban rap: los orígenes de la música y el lenguaje. Drakontos, Editorial Crítica. Barcelona, 2007
4. Patel, A. D. Music, Language and the Brain. Oxford University Press. Oxford, 2008
5. Pinker, S. How The Mind Works. Penguin Books. London, 1997
6. Portnoy, J. Music in the Life of Man. Greenwood Press. Westport, Connecticut, 1973
7. Rubia, F. J. El síndrome de Williams. Anales de la Real Academia Nacional de Medicina, Tomo CXXV. Madrid, 2008
8. Sacks, O. Musicophilia. Alfred A. Knopf. New York, Toronto, 2007
9. Zatorre, R. J., Peretz, I. (eds.) The Biological Foundations of Music. Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 930. New York, 2001

DECLARACIÓN DE TRANSPARENCIA

El autor/a de este artículo declara no tener ningún tipo de conflicto de intereses respecto a lo expuesto en la presente revisión.

Si desea citar nuestro artículo:

Rubia-Vila F. J.

Bases neurobiológicas de la música

ANALES RANM [Internet]. Real Academia Nacional de Medicina de España;

An RANM · Año 2018 · 135(02) · Supl.01 · páginas 34-40

DOI: 10.32440/ar.2018.135.02.supl01.art03

ASPECTOS EMOCIONALES DEL LENGUAJE

EMOTIONAL ASPECTS OF LANGUAGE

Hinojosa J.A.^{1,2}; Moreno E.M.¹; Ferré P.³; Pozo M.A.¹

¹ Instituto Pluridisciplinar, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain

² Facultad de Psicología, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain

³ Universitat Rovira i Virgili, Departamento de Psicología y CRAMC, Tarragona, Spain

Palabras clave:

Lenguaje;
Emoción;
Adquisición
del lenguaje;
Neurolingüística
afectiva.

Keywords:

Language;
Emotion;
Language
acquisition;
Affective
Neurolinguistics.

Resumen

El estudio de las relaciones entre lenguaje y emoción ha recibido poca atención hasta fechas recientes. En este trabajo se repasarán las aportaciones provenientes desde los ámbitos de la psicología del desarrollo y de la neurolingüística afectiva. Los resultados de los trabajos revisados ponen de manifiesto que el aprendizaje del lenguaje emocional tiene su propia idiosincrasia. Además, el contenido emocional de las palabras, oraciones y textos modula varios niveles del procesamiento del lenguaje, que incluyen distintos aspectos fonológicos, léxico-semánticos y morfosintácticos involucrados en la comprensión y la producción. Por último, las interacciones entre lenguaje y emoción implican la activación de un conjunto de regiones cerebrales relacionadas con distintos procesos afectivos y lingüísticos, tales como áreas de la corteza frontal y temporal o estructuras subcorticales como la amígdala. En su conjunto, los resultados de estos trabajos muestran con claridad que el contenido emocional determina ciertos aspectos del modo en el que adquirimos y procesamos el lenguaje.

Abstract

Up to date the study of the relationship between language and emotion has received little attention from researchers. In the current work we will summarize evidence coming from the fields of developmental psychology and affective neurolinguistics. The results from different studies indicate that learning emotional language has its own idiosyncrasy. Also, the emotional content of words, sentences and texts modulates several levels of language processing, including phonological, lexico-semantic and morpho-syntactic aspects of language comprehension and production. Finally, the interactions between language and emotion involve the activation of several brain regions linked to distinct affective and linguistics processes, like parts of frontal and temporal cortices or subcortical structures such as the amygdala. Overall, the results of these studies clearly show that emotional content determines certain aspects of how we acquire and process language.

INTRODUCCIÓN

Una de las funciones principales del lenguaje es la de compartir intenciones, pensamientos o sentimientos en forma proposicional de manera que resulten comprensibles para las personas a los que van destinados. Dada la importancia que tienen las emociones para aspectos fundamentales de nuestras vidas como la evitación de peligros, el establecimiento de relaciones de apego, la reproducción o la consecución de metas, no resulta sorprendente que el lenguaje cotidiano sea permeable a lo emocional en muy variados niveles. Sin embargo, a pesar de la estrecha interdependencia existente entre el lenguaje y la emoción son pocos los estudios que se han planteado examinar las relaciones entre estos dos aspectos fundamentales del ser humano. En parte, esta falta de interés se puede explicar por el hecho de que los presupuestos teóricos de los que parten los investigadores interesados en el estudio del lenguaje y en el de las emociones, así como las

cuestiones objeto de su interés, son radicalmente distintos. En este sentido, en el ámbito de la psicolingüística ha dominado el punto de vista que concibe el lenguaje como un proceso encapsulado en la que una serie de módulos se encargan de procesar los distintos niveles del lenguaje de manera predominantemente secuencial y sin que exista influencia recíproca entre los mismos (1). Desde esta perspectiva, los procesos involucrados en la comprensión y la producción lingüística serían insensibles a la influencia de cualquier otro fenómeno cognitivo o afectivo. Por tanto, el lenguaje sería un mero vehículo para comunicar emociones y el contenido emocional no afectaría en modo alguno a su procesamiento. Por otro lado, desde la psicología de la emoción los distintos elementos lingüísticos se han empleado como estímulos emocionales, de manera similar a lo que ocurre con las imágenes o las expresiones faciales, con el objetivo de continuar indagando en la manera en la que las personas procesan las emociones. Bajo esta perspectiva, no se ha prestado atención a las características idiosincráticas del propio lenguaje. Por tanto, los distintos trabajos se han conformado con esta-

blecer el papel de la atención (2) o la influencia de las demandas planteadas por distintos tipos de tareas en el procesamiento de palabras emocionales (3, 4), las diferencias y similitudes existentes entre el procesamiento de palabras, imágenes y caras emocionales (5), o los efectos moduladores de un contexto lingüístico emocional sobre el procesamiento de expresiones faciales (6, 7), entre otros. A nivel teórico, las teorías constructivistas de la emoción conceden un papel preponderante al lenguaje, al postular que las categorías lingüísticas emocionales determinan el modo en el que percibimos y reconocemos las emociones (8, 9).

A pesar de la recíproca falta de interés en considerar los resultados de los trabajos provenientes de la psicolingüística y la psicología a la hora de establecer cómo se producen las relaciones entre lenguaje y emoción, en los últimos años se han desarrollado una serie de estudios que muestran con claridad que el contenido emocional influye de manera determinante en la manera en la que procesamos el lenguaje. Estos trabajos se han basado en los presupuestos teóricos desarrollados en el marco de los modelos dimensionales (10), que afirman que las emociones pueden representarse mediante distintas dimensiones independientes, siendo las más relevantes la valencia (positiva-negativa) y la activación (activadora-relajante). En este artículo nos centraremos en dos aspectos principales. En primer lugar, examinaremos la evidencia que sugiere que la adquisición del lenguaje emocional tiene características intrínsecas que lo diferencian del aprendizaje del lenguaje neutro (es decir, no emocional). En segundo lugar, revisaremos brevemente los resultados de algunos trabajos desarrollados dentro de lo que se conoce como “neurolingüística afectiva” (A. Hinojosa, E. M. Moreno & P. Ferré (2019): *Affective neurolinguistics: towards a framework for reconciling language and emotion, Language, Cognition and Neuroscience*, DOI: 10.1080/23273798.2019.1620957), que ponen de manifiesto la existencia de un efecto del contenido emocional sobre numerosos aspectos involucrados en el procesamiento de palabras y oraciones.

LA ADQUISICIÓN DEL LENGUAJE EMOCIONAL

En un trabajo pionero, Bloom (11) estudió las producciones lingüísticas emitidas por niños de entre 9 y 21 meses de edad mientras jugaban. Los resultados de este estudio mostraron que los niños expresaban en mayor medida emociones positivas y de baja intensidad. Un hallazgo particularmente interesante fue que aquellos niños que tenían una menor competencia lingüística, al haber aprendido las palabras a edades más tardías, eran los que expresaban más emociones. Por el contrario, cuando los niños se encontraban en el periodo de adquisición de determinadas reglas gramaticales, comunicaban menos emociones. Ambos resultados sugieren que a edades tempranas se produce una competición entre los recursos lingüísticos y emocionales de los que disponen los niños, de manera que el uso de uno de ellos produce un detrimento en la disponibilidad de los otros.

Otra serie de trabajos han tratado de establecer a qué edad comienzan los niños a utilizar palabras emocionales. En una de estas investigaciones (12), los autores

pidieron a padres de niños de entre 18 meses y 6 años de edad que informasen sobre el conocimiento que tenían sus hijos sobre una serie de palabras conceptualmente relacionadas con estados emocionales (tristeza, odio, amor,...). Los resultados de este estudio pusieron de manifiesto que, siempre según sus padres, los niños empezaban a utilizar términos emocionales alrededor de los 20 meses. Además, alrededor de los 3 años de edad se producía un incremento notable en su empleo. Un enfoque alternativo para estudiar una cuestión similar consistió en preguntar directamente a niños en el rango de edad comprendido entre los 4 y los 16 años si conocían el significado de una serie de palabras emocionales (13). Se observó un rápido aumento del léxico emocional entre los 4 y los 11 años, cuyo ritmo de adquisición decaía a partir de los 12 años. Por último, los autores de otro estudio optaron por pedir a niños de entre 2 y 15 años que denominasen una serie de dibujos sencillos que hacían referencia a conceptos emocionales y neutros, con el objeto de evitar los sesgos que niños y padres pudiesen tener al preguntarles directamente sobre el conocimiento de términos emocionales (14). El hallazgo principal del estudio consistió en establecer que la adquisición de las palabras positivas se realizaba a edades más tempranas que la de términos neutros o negativos, sin que existiesen diferencias en el aprendizaje de términos de distinta intensidad emocional.

Finalmente, una serie de estudios han tratado de determinar el modo en el que los niños procesan las palabras emocionales. En este sentido, Ponari y cols. (15) emplearon una tarea de decisión léxica con niños de entre 6 y 12 años. Esta tarea consiste en discriminar entre una secuencia de letras que o bien forman una palabra o bien siguen las regularidades ortográfico/fonológicas del idioma, pero carecen de significado (pseudopalabras). Los investigadores observaron que los niños de 8-9 años cometían menos errores al identificar correctamente las palabras positivas en comparación con las negativas y las neutras. Una conclusión similar fue establecida basándose en los resultados obtenidos en un experimento de juicio emocional, en la que niños de 9 a 12 años cometían menos errores a la hora de categorizar correctamente una palabra como positiva frente a lo que ocurría con los juicios emocionales sobre palabras negativas y neutras (16).

LENGUAJE, EMOCIONES Y CEREBRO

Desde otro enfoque, una serie de estudios han tratado de dilucidar si existen efectos moduladores del contenido emocional sobre determinados aspectos involucrados en el procesamiento fonológico, semántico o sintáctico y establecer, además, el sustrato cerebral de estas interacciones. En líneas generales, en estos trabajos se registró la actividad eléctrica y hemodinámica cerebral mediante registros electroencefalográficos (EEG) y de resonancia magnética funcional (RMf), respectivamente, mientras los participantes realizaban una serie de tareas habituales en el ámbito de la psicolingüística que incluían palabras y oraciones con contenido emocional. A continuación se describen algunos resultados de estas investigaciones.

Numerosos estudios han constatado la presencia de efectos moduladores del contenido emocional sobre procesos fonológicos y léxico-semánticos, como el acceso al léxico o el procesamiento de algunas propiedades semánticas, durante la comprensión y la generación de palabras. A este respecto, en un estudio de EEG con una tarea de denominación encubierta se observó que en torno a los 400 milisegundos el contenido emocional de palabras positivas y negativas dificulta los procesos de codificación fonológica implicados en la producción de palabras, que incluye aspectos tales como el orden de los fonemas, la configuración silábica o el patrón de acentuación (17). Por otro lado, el contenido emocional también afecta a otros aspectos de la fonología como la iconicidad, que hace referencia al nivel de semejanza existente entre el sonido de una palabra y su referente conceptual (por ejemplo, la palabra *roncar* recuerda al sonido que realizamos cuando roncamos). Ulrich y sus colaboradores (18) encontraron que determinadas agrupaciones de fonemas son más frecuentes en palabras con contenido emocional negativo. Estas configuraciones son más complejas y menos frecuentes que las que habitualmente se dan en palabras neutras y su procesamiento demanda mayores recursos atencionales, como muestra la modulación de la actividad cerebral entre los 250 y los 650 milisegundos encontrada en este trabajo.

En cuanto al procesamiento léxico-semántico, los resultados de estudios previos sugieren que el contenido emocional modula el efecto de frecuencia de uso de las palabras, que se considera un índice fiable de los procesos relacionados con el acceso al léxico. En un estudio de EEG, Scott y colaboradores (19) mostraron un incremento en la actividad cerebral en torno a los 100 milisegundos para las palabras negativas de alta frecuencia de uso, lo que sugiere una ventaja en el procesamiento de este tipo de palabras frente a las palabras positivas y neutras de alta frecuencia de uso. Además, en otro trabajo con RMf se encontró una menor activación del giro frontal inferior relacionada con el procesamiento de palabras negativas de alta frecuencia de uso comparado con el de palabras neutras de alta frecuencia de uso, durante una tarea de decisión léxica (20). Los efectos del contenido emocional influyen también en el procesamiento de otras propiedades semánticas como la concreción, que hace referencia al grado en el que las propiedades conceptuales que definen a personas u objetos pueden ser experimentadas a través de los sentidos. Kanske y Kotz (21) mostraron un incremento en la actividad cerebral alrededor de los 600 milisegundos durante el procesamiento de palabras concretas negativas en comparación con el de las positivas y las neutras, diferencias que desaparecían en el caso de las palabras abstractas. Estos datos sugieren que las palabras negativas presentan una ventaja a la hora de activar las imágenes mentales correspondientes a sus referentes. Por el contrario, los resultados de otros trabajos ponen de manifiesto la existencia de mayores efectos del contenido emocional durante el procesamiento de palabras abstractas (22, 23).

Otra cuestión que ha preocupado a los investigadores ha sido tratar de dilucidar cómo se encuentra representado el contenido léxico emocional en el cerebro. Empleando una tarea de decisión léxica similar a la descrita con anterioridad, Vigliocco y sus colabora-

dores (24) midieron la actividad hemodinámica relacionada con palabras concretas y abstractas equiparadas en una serie de variables psicolingüísticas (frecuencia de uso, número de letras,...), pero que diferían en sus propiedades afectivas. En concreto, las palabras abstractas tenían puntuaciones en valencia más extremas y eran más activadoras que las concretas. Los resultados mostraron un incremento en la actividad de la parte rostral de la corteza cingulada anterior durante el procesamiento de las palabras abstractas comparado con el de las concretas. Debido a la implicación de esta región cerebral en el procesamiento emocional, los autores interpretaron los datos en el marco de las teorías de cognición corporizada. En concreto, concluyeron que las experiencias afectivas juegan un papel destacado en la representación de las palabras abstractas, mientras que las experiencias sensorio-motoras desempeñarían un papel más relevante en el caso de las palabras concretas.

Un punto de vista distinto sobre la representación neural de las palabras emocionales proviene de la denominada Teoría de la acción-percepción (25). Los autores que defienden esta propuesta afirman que la representación cerebral de los conceptos emocionales que denotan estados afectivos estaría distribuida a lo largo de regiones del sistema límbico (procesamiento de experiencias emocionales) y de áreas implicadas en el procesamiento motor (control de los movimientos faciales y posturales utilizados para expresar estados emocionales). En apoyo de esta idea, los resultados de una investigación de RMf con una tarea de lectura pasiva mostraron que el procesamiento de verbos relacionados con emociones activa regiones de la corteza premotora como las áreas motoras inferior y dorsolateral, además de regiones cerebrales relacionadas con el procesamiento afectivo como la corteza cingulada anterior o la ínsula.

En una línea distinta de investigación, una serie de trabajos ha tratado de establecer los efectos del contenido emocional sobre distintos aspectos del procesamiento morfosintáctico o de los procesos de predicción e integración de elementos lingüísticos involucrados en la comprensión de oraciones. En este sentido, distintos estudios han encontrado que la connotación emocional afecta al establecimiento de relaciones de concordancia entre los distintos elementos constituyentes de una oración basadas en propiedades formales como el número o el género. En este sentido, Martín-Loeches y colaboradores (26) realizaron un estudio de EEG en el que pidieron a los participantes que emitieran juicios gramaticales sobre oraciones correctas y otras que contenían errores en la concordancia de número entre adjetivos, que podían ser neutros, positivos o negativos, y los nombres que los precedían (La chica **feas* baila). Los resultados mostraron que en torno a los 350 milisegundos la actividad cerebral refleja un incremento en la dificultad para procesar los errores en la concordancia de número en el caso de los adjetivos negativos, mientras que en los positivos se observó el efecto contrario. Empleando un paradigma experimental similar, otro estudio de EEG examinó la influencia del contenido emocional en el procesamiento de las relaciones basadas en la concordancia de género entre nombres y adjetivos neutros y negativos incluidos en sintagmas nominales correctos e incorrectos (v.g., El niño **fea*). Los datos de la investigación revelaron que el contenido negativo fa-

cilita la detección de los errores de concordancia de género, como muestra el decremento de la actividad cerebral en torno a los 300 milisegundos cuando este tipo de errores se producía en los adjetivos negativos frente a los neutros (veáanse resultados del estudio de 27, 28). Por contra, existe evidencia que sugiere que el contenido emocional positivo no modula la actividad cerebral relacionada con el procesamiento de las relaciones basadas en la concordancia de género (29).

Por otro lado, algunas investigaciones han indagado en el estudio de los procesos relacionados con la predicción y la integración de palabras con contenido emocional en contextos oracionales previos de carácter emocional o neutro. Moreno y Vázquez (30) realizaron un estudio de EEG en el que los contextos oracionales sesgaban las expectativas de los participantes hacia la aparición de un final negativo o positivo (v. g., En el borde del acantilado, alguien vino por detrás y le ... *empujó*). En la mitad de las oraciones, la palabra final era sustituida por otro final plausible que violaba la expectativa negativa o positiva (... *apartó*, en el ejemplo anterior). En línea con demostrados efectos previos, los autores mostraron que en torno a los 400 milisegundos disminuía la actividad cerebral relacionada con los procesos de integración en el contexto oracional en las palabras emocionales cuando estas eran esperadas en relación con el contexto afectivo previo. El incremento de la respuesta cerebral para la violación de la expectativa en un sentido (final esperado positivo a negativo o viceversa) no mostró diferencias significativas. Sin embargo, la respuesta cerebral a aquello que era altamente esperado resultó de menor amplitud para los finales altamente esperados negativos con respecto a los altamente esperados positivos. Es decir, existió un desequilibrio según el cual los finales “pesimistas” parecían ser más fácilmente anticipados y procesados. Este resultado indica que se produce una facilitación del procesamiento de palabras altamente esperadas emocionales, probablemente como consecuencia del efecto facilitador de mecanismos predictivos basados en el contexto oracional sobre el procesamiento de las propiedades afectivas de las palabras que se van a presentar a continuación. Por el contrario, cuando estos mecanismos predictivos no pueden actuar, como ocurre en el caso de aquellos estudios que han presentado contextos oracionales previos neutros (v. g., Se dirigió a una tienda para comprar un...), se ha encontrado un incremento en la dificultad para integrar aquellas palabras con un contenido emocional negativo (... *arma*; 31) o positivo (... *diamante*; 32) en comparación con uno neutro (... *vaso*). Esta dificultad tiene su reflejo en el aumento de la actividad cerebral en torno a los 400 y a los 600 milisegundos, que se ha observado tanto en tareas de lectura pasiva como en tareas de categorización emocional.

Por último, una serie de estudios han empleado la RMf para investigar determinados aspectos emocionales valiéndose del uso de oraciones y de textos más extensos. En esta línea, Lai, Willems y Hagoort (33) examinaron los correlatos neurales del procesamiento de oraciones emocionales implícitas. En este tipo de oraciones no existe ningún elemento léxico que considerado de manera aislada tenga contenido emocional, aunque el conjunto del enunciado tiene carga emocional. Por ejemplo, las palabras “niño”, “acostó” y “levan-

tó” en la oración “El niño se acostó y nunca se levantó” carecen de connotación negativa, mientras que la oración describe un acontecimiento negativo. Los resultados de este estudio mostraron que en comparación con oraciones neutras, la presentación de oraciones que transmiten emociones implícitas produce un incremento en la activación de la corteza prefrontal medial, que está involucrada en el procesamiento inferencial y en la evaluación de aspectos emocionales. Además, se observó una mayor actividad en el giro frontal inferior, que participa en los procesos combinatorios que ocurren entre los distintos elementos léxicos durante la comprensión de oraciones. En un segundo estudio se utilizaron textos de libros de Harry Potter con el objetivo de determinar si el contenido emocional de un texto puede predecirse a partir de la carga afectiva de los elementos léxicos que lo componen. Los resultados de este trabajo pusieron de manifiesto que la lectura de estos textos producía la activación de regiones cerebrales relacionadas con el procesamiento de distintos aspectos del lenguaje y/o las emociones como los giros frontal inferior, temporal superior y temporal medio, la ínsula o la amígdala. Sin embargo, el hallazgo principal de este estudio fue el de que el nivel de activación de estas áreas cerebrales podía establecerse basándose en los valores emocionales (obtenidos a partir de estudios normativos) de las palabras que constituían los distintos textos. De manera similar, la valoración subjetiva de las propiedades afectivas de los textos guardaba una estrecha relación con el grado de activación cerebral. Tomados en su conjunto, los resultados de estos estudios de RMf indican que el procesamiento de oraciones y textos emocionales activa una serie de regiones del cerebro que participan en el procesamiento de distintos aspectos de las emociones y del lenguaje.

CONCLUSIONES

En este trabajo hemos revisado los resultados de algunos trabajos que, desde los ámbitos de la psicología del desarrollo y la neurociencia cognitiva, muestran con toda claridad que las propiedades emocionales de los estímulos lingüísticos influyen en el modo en el que comprendemos elementos lingüísticos como las palabras, las oraciones o los textos. A partir de los resultados de los trabajos sobre el uso y adquisición de términos lingüísticos emocionales se pueden establecer varias conclusiones generales. En primer lugar, parece que la adquisición de competencias lingüísticas y emocionales compite durante las primeras etapas de la vida (Bloom, 1998). Además, la adquisición de palabras con referentes emocionales se incrementa notablemente hasta los 12 años (13), produciéndose el aumento más importante entre los 18 meses y los 6 años de edad (12). Por último, cabe constatar la existencia de un sesgo lingüístico que favorece un aprendizaje más temprano y una ventaja en el procesamiento de palabras que denotan conceptos emocionalmente positivos (14-16). Este hecho podría ser el reflejo del empleo de determinados estilos comunicativos en las interacciones entre padres e hijos basados en un uso más frecuente de términos relacionados con la descripción y la inducción de estados afectivos relacionados con el bienestar, la protección y el cariño en los niños.

Por otro lado, los trabajos que han abordado el estudio de la relación entre lenguaje y emoción desde un punto de vista neurobiológico han constatado que dicha relación abarcan varios niveles, entre los que destacan el procesamiento léxico-semántico (19), la codificación fonológica durante la generación de palabras (Hinojosa y cols. 2010), el establecimiento de relaciones morfosintácticas entre constituyentes oracionales (26) o la modulación de los mecanismos de predicción e integración involucrados en el procesamiento de contextos oracionales (30). Además, los resultados de estos trabajos ponen de manifiesto que la representación de las propiedades emocionales de las palabras implica la activación de un conjunto de áreas cerebrales que participan en el procesamiento de distintos aspectos emocionales, lingüísticos y sensoriomotores que incluye regiones corticales fundamentalmente frontales y temporales, además de estructuras subcorticales como la amígdala (24, 33).

En conclusión, la evidencia revisada en este artículo sugiere que aquellos investigadores interesados en el estudio del lenguaje o de las emociones deben tomar en consideración las particularidades del procesamiento del lenguaje afectivo a la hora de diseñar sus investigaciones. Por otro lado, los hallazgos aquí descritos muestran que el procesamiento del lenguaje es sensible a otros procesos como los afectivos, aspecto este que debe ser considerado a la hora de desarrollar modelos teóricos que pretendan explicar los fenómenos de la comprensión y la producción del lenguaje.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación proporcionada por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO/FEDER) (PSI2015-68368-P, PSI2015-63525-P y PSI2014-60682-R) y la Comunidad de Madrid (H2015/HUM-3327).

BIBLIOGRAFÍA

1. Fodor JA. The modularity of mind. Cambridge, MA: MIT Press; 1983.
2. Kissler J, Herbert C, Peyk P, Junghofer M. Buzzwords: early cortical responses to emotional words during reading. *Psychol Sci*. 2007;18(6):475-80.
3. Flaisch T, Imhof M, Schmalzle R, Wentz KU, Ibach B, Schupp HT. Implicit and Explicit Attention to Pictures and Words: An fMRI-Study of Concurrent Emotional Stimulus Processing. *Front Psychol*. 2015;6:1861.
4. Hinojosa JA, Méndez-Bértolo C, Pozo MA. Looking at emotional words is not the same as reading emotional words: Behavioral and neural correlates. *Psychophysiology*. 2010;47(4):748-57.
5. Hinojosa JA, Carretié L, Valcarcel MA, Méndez-Bértolo C, Pozo MA. Electrophysiological differences in the processing of affective information in words and pictures. *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2009;9(2):173-89.
6. Diéguez-Risco T, Aguado L, Albert J, Hinojosa JA. Faces in context: modulation of expression processing by situational information. *Soc Neurosci*. 2013;8(6):601-20.
7. Diéguez-Risco T, Aguado L, Albert J, Hinojosa JA. Judging emotional congruency: Explicit attention to situational context modulates processing of facial expressions of emotion. *Biol Psychol*. 2015;112:27-38.
8. Barrett LF, Lindquist KA, Gendron M. Language as context for the perception of emotion. *Trends Cogn Sci*. 2007;11(8):327-32.
9. Doyle CM, Lindquist KA. When a word is worth a thousand pictures: Language shapes perceptual memory for emotion. *J Exp Psychol Gen*. 2018;147(1):62-73.
10. Russell JA, Barrett LF. Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: dissecting the elephant. *J Pers Soc Psychol*. 1999;76(5):805-19.
11. Bloom L. Language development and emotional expression. *Pediatrics*. 1998;102(5 Suppl E):1272-7.
12. Ridgeway D, Waters E, Kuczaj SA. Acquisition of Emotion-Descriptive Language - Receptive and Productive Vocabulary Norms for Ages 18 Months to 6 Years. *Dev Psychol*. 1985;21(5):901-8.
13. Baron-Cohen S, Golan O, Wheelwright S, Granader Y, Hill J. Emotion word comprehension from 4 to 16 years old: a developmental survey. *Front Evol Neurosci*. 2010;2:109.
14. Hinojosa JA, Sabater L, Carrera N, Díez R, Fernández-Folgueiras U, Moreno EM, et al. The age of acquisition of emotional nouns in children. 1st Joint Congress of the SEPEX, SEPNECA and AIP-Experimental Madrid 2018.
15. Ponari M, Norbury CF, Vigliocco G. Acquisition of abstract concepts is influenced by emotional valence. *Dev Sci*. 2018;21(2).
16. Sylvester T, Braun M, Schmidtke D, Jacobs AM. The Berlin Affective Word List for Children (kidBAWL): Exploring Processing of Affective Lexical Semantics in the Visual and Auditory Modalities. *Front Psychol*. 2016;7:969.
17. Hinojosa JA, Méndez-Bértolo C, Carretié L, Pozo MA. Emotion modulates language production during covert picture naming. *Neuropsychologia*. 2010;48(6):1725-34.
18. Ullrich S, Aryani A, Kraxenberger M, Jacobs AM, Conrad M. On the Relation between the General Affective Meaning and the Basic Sublexical, Lexical, and Inter-lexical Features of Poetic Texts-A Case Study Using 57 Poems of H. M. Enzensberger. *Front Psychol*. 2016;7:2073.
19. Scott GG, O'Donnell PJ, Leuthold H, Sereno SC. Early emotion word processing: evidence from event-related potentials. *Biol Psychol*. 2009;80(1):95-104.
20. Nakic M, Smith BW, Busis S, Vythilingam M, Blair RJ. The impact of affect and frequency on lexical decision: the role of the amygdala and inferior frontal cortex. *Neuroimage*. 2006;31(4):1752-61.
21. Kanske P, Kotz SA. Concreteness in emotional words: ERP evidence from a hemifield study. *Brain Res*. 2007;1148:138-48.

22. Hinojosa JA, Albert J, López-Martín S, Carretié L. Temporospatial analysis of explicit and implicit processing of negative content during word comprehension. *Brain Cogn.* 2014;87:109-21.
23. Kaltwasser L, Ries S, Sommer W, Knight RT, Willems RM. Independence of valence and reward in emotional word processing: electrophysiological evidence. *Front Psychol.* 2013;4:168.
24. Vigliocco G, Kousta ST, Della Rosa PA, Vinson DP, Tettamanti M, Devlin JT, et al. The neural representation of abstract words: the role of emotion. *Cereb Cortex.* 2014;24(7):1767-77.
25. Pulvermüller F, Fadiga L. Active perception: sensorimotor circuits as a cortical basis for language. *Nat Rev Neurosci.* 2010;11(5):351-60.
26. Martín-Loeches M, Fernández A, Schacht A, Sommer W, Casado P, Jimenez-Ortega L, et al. The influence of emotional words on sentence processing: electrophysiological and behavioral evidence. *Neuropsychologia.* 2012;50(14):3262-72.
27. Fraga I, Padrón I, Acuna-Farina C, Díaz-Lago M. Processing gender agreement and word emotionality: New electrophysiological and behavioural evidence. *J Neurolinguist.* 2017;44:203-22.
28. Hinojosa JA, Albert J, Fernández-Folgueiras U, Santaniello G, López-Bachiller C, Sebastian M, et al. Effects of negative content on the processing of gender information: an event-related potential study. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 2014;14(4):1286-99.
29. Díaz-Lago M, Fraga I, Acuna-Farina C. Time course of gender agreement violations containing emotional words. *J Neurolinguist.* 2015;36:79-93.
30. Moreno EM, Vázquez C. Will the glass be half full or half empty? Brain potentials and emotional expectations. *Biol Psychol.* 2011;88(1):131-40.
31. Holt DJ, Lynn SK, Kuperberg GR. Neurophysiological correlates of comprehending emotional meaning in context. *J Cogn Neurosci.* 2009;21(11):2245-62.
32. Bayer M, Sommer W, Schacht A. Reading emotional words within sentences: the impact of arousal and valence on event-related potentials. *Int J Psychophysiol.* 2010;78(3):299-307.
33. Lai VT, Willems RM, Hagoort P. Feel between the lines: implied emotion in sentence comprehension. *J Cogn Neurosci.* 2015;27(8):1528-41.

DECLARACIÓN DE TRANSPARENCIA

El autor/a de este artículo declara no tener ningún tipo de conflicto de intereses respecto a lo expuesto en la presente revisión.

Si desea citar nuestro artículo:

Hinojosa J. A.

Aspectos emocionales del lenguaje

ANALES RANM [Internet]. Real Academia Nacional de Medicina de España;

An RANM · Año 2018 · 135(02) · Supl.01 · páginas 41-46

DOI: 10.32440/ar.2018.135.02.supl01.art04

DESINCRONIZACIÓN ENTRE LOS RITMOS DEL HABLA Y LAS OSCILACIONES NEURONALES: UNA POSIBLE CAUSA DE LOS PROBLEMAS FONOLÓGICOS EN LA DISLEXIA

DESYNCHRONIZATION BETWEEN SPEECH RHYTHMS AND NEURAL OSCILLATIONS: A POSSIBLE CAUSE OF PHONOLOGICAL PROBLEMS IN DYSLEXIA

Mikel Lizarazu^{1,2}; Marie Lallier³; Nicola Molinaro^{3,4}

¹ Laboratoire de Sciences Cognitives et Psycholinguistique, Département d'Etudes Cognitives, Ecole Normale Supérieure, EHESS, CNRS, PSL University, 75005 Paris, France

² Laboratoire de Sciences Cognitives et Psycholinguistique, Dept d'Etudes Cognitives, ENS, PSL University, EHESS, CNRS

³ Basque center on Cognition, Brain and Language, San Sebastian, Spain

⁴ Ikerbasque, Basque Foundation for Science, Bilbao, Spain

Palabras clave:

Dislexia;
Trastorno fonológico;
Ritmos del habla;
Oscilaciones neuronales;
Desincronización neuronal;
Magnetoencefalografía.

Keywords:

Dyslexia;
Phonological disorder;
Speech rhythms;
Neural oscillations;
Neuronal desynchronization;
Magnetoencephalography.

Resumen

El objetivo principal de nuestros estudios es comprender las bases neuronales subyacentes a las dificultades fonológicas en la dislexia. En primer lugar, revisaremos el marco teórico de investigación generado en torno a *la teoría fonológica de la dislexia*. En segundo lugar, repasaremos cuales son los mecanismos neuronales involucrados en la segmentación del habla en lectores controles. En este apartado demostraremos que la sincronización entre los ritmos del habla y las oscilaciones neuronales a distintas bandas de frecuencia juega un papel clave en la segmentación del habla. A continuación, presentaremos distintos estudios que sugieren que los lectores disléxicos, presentan una desincronización entre los ritmos del habla y las oscilaciones neuronales en regiones auditivas. Esta falta de sincronización podría causar los problemas de percepción auditiva y las dificultades fonológicas que observamos en los lectores con dislexia. Finalmente, presentaremos estudios recientes de nuestro laboratorio que apoyan la teoría de la desincronización neuronal en la dislexia y muestran que estos problemas también están presentes en los niños con dislexia.

Abstract

The main objective of our studies is to understand the neural bases underlying phonological difficulties in dyslexia. First, we will review the theoretical research framework generated around the phonological *theory of dyslexia*. Second, we will review what are the neural mechanisms involved in the segmentation of speech in control readers. In this section we will demonstrate that the synchronization between speech rhythms and neural oscillations at different frequency bands plays a key role in the segmentation of speech. Next, we will present different studies that suggest that dyslexic readers present a desynchronization between speech rhythms and neuronal oscillations in auditory regions. This lack of synchronization could cause the auditory perception problems and the phonological difficulties that we observe in readers with dyslexia. Finally, we will present recent studies from our laboratory that support the theory of neuronal desynchronization in dyslexia and show that these problems are also present in children with dyslexia.

LA TEORÍA FONOLÓGICA DE LA DISLEXIA

La dislexia es un trastorno neurológico con una base genética que afecta a la adquisición y el procesamiento del lenguaje escrito. La dislexia se manifiesta en la dificultad para aprender a leer a pesar de tener una inteligencia adecuada, no mostrar deficiencias sensoriales y haber disfrutado de oportunidades socioculturales. Afecta aproximadamente al 5-7% de la población y parece ser más frecuente entre los hombres que entre las mujeres

(Finucci & Childs, 1981). Las causas de la dislexia no son conocidas, aunque existen distintas teorías al respecto (Ramus et al., 2003). Actualmente, la explicación predominante a nivel cognitivo sobre la causa de la dislexia es la teoría fonológica (Ramus et al., 2003). Este enfoque postula que los lectores disléxicos tienen un deterioro específico en la representación, acceso y/o recuperación de los sonidos del habla. Los déficits fonológicos en la dislexia se reflejan clásicamente en: (1) la falta de conciencia fonológica, esto es, dificultades en la capacidad de identificar y manipular los sonidos del len-

guaje (prosodia, sílabas y fonemas); (2) una pobre memoria verbal a corto plazo, esto es, una habilidad débil para mantener momentáneamente activa las representaciones fonológicas; (3) la recuperación léxica lenta, esto es, un retardo en la habilidad de recuperar las formas de las palabras de la memoria a largo plazo (Wagner & Torgesen, 1987; Ramus, 2004; Vellutino et al., 2004).

Actualmente, el interés de los investigadores se centra en identificar el origen del déficit fonológico presente en los lectores disléxicos.

SINCRONIZACIÓN ENTRE LOS RITMOS DEL HABLA Y RITMOS CEREBRALES

Durante el discurso, las modulaciones temporales del habla fluctúan a distintos ritmos (Figura 1) (Arvaniti, 2009; Ghitza & Greenberg, 2009). Los ritmos más lentos, corresponden a la información prosódica que cambia cada 0.5 – 2 segundos. Las palabras y las sílabas aparecen en el flujo del habla a tasas relativamente constantes, cada 4 – 7 veces por segundo. Por último, los fonemas se producen a un ritmo de entre 25 y 40 veces por segundo. La regularidad temporal de las sucesivas unidades fonológicas modula de forma casi rítmica la envolvente del habla. El ritmo característico de cada unidad lingüística varía para cada idioma, pero siempre dentro de los límites indicados anteriormente.

El ritmo de un idioma, además de captar y mantener la atención del oyente, proporciona pistas para la segmentación y comprensión del mensaje a transmitir. La segmentación del habla es el proceso de identificar los límites entre palabras, sílabas o fonemas en el habla. Estudios previos en adultos han demostrado que la segmentación del habla se realiza a través de la sincronización entre las oscilaciones neuronales en regiones auditivas y los distintos ritmos del habla (Figura 1) (Poeppel, 2003; Hickok & Poeppel, 2007; Ghitza & Greenberg, 2009; Giraud & Poeppel, 2012; Bourguignon et al., 2013; Gross et al., 2013; Molinaro & Lizarazu, 2018). Las oscilaciones neuronales en la banda frecuencial delta (0.5 – 2 Hz) se sincronizan con la información sobre la estructura de frases y la prosodia. Las oscilaciones neuronales en la banda de frecuencia theta (4 – 7 Hz) se sincronizan con las modulaciones temporales asociadas a las palabras y sílabas. Finalmente, las oscilaciones neuronales en la banda de frecuencia gamma (25 – 40 Hz) se sincronizan con las modulaciones rápidas del habla asociadas a la información de los fonemas. Es importante destacar que las regiones auditivas del hemisferio izquierdo y derecho desempeñan diferentes roles en la segmentación del habla: mientras que las regiones auditivas del hemisferio derecho están especializadas en el procesamiento de modulaciones delta y theta, las regiones auditivas del hemisferio izquierdo están asociadas con el procesamiento de fluctuaciones gamma (Poeppel, 2003). El procesamiento en paralelo del habla a diferentes escalas temporales permite que las representaciones sensoriales de los sonidos sean estables a pesar de la presencia de ruido (Greenberg & Arai, 2001; Saberi & Perrot, 1999) y aumenta la capacidad de segmentación de las respuestas neuronales (Panzeri et al., 2010).

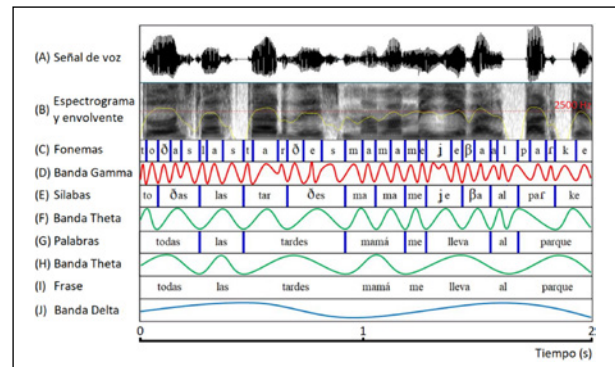


Figura 1. Las oscilaciones neuronales se sincronizan con los distintos ritmos del habla. Aquí mostramos la relación entre los distintos ritmos del habla (fonemas, sílabas, palabras y frase) y las oscilaciones cerebrales (gamma, theta y delta) durante el procesamiento de una frase (por ejemplo, “Todas las tardes mamá me lleva al parque”). (A) La forma de onda original de la señal de voz se muestra en la parte superior. La frase tiene una duración de 2 segundos. (B) A continuación, la envolvente (en amarillo) y el espectrograma de la señal de voz. (C) Identificamos los límites de cada fonema en la señal de voz. (D) Las oscilaciones neuronales en la banda gamma (25 – 40 Hz) cambian según la información de los fonemas. Identificamos los límites de cada sílaba (E) y palabra (G) en la señal de voz. Las oscilaciones neuronales en la banda theta (4 – 7 Hz) cambian según la información de las sílabas (F) y las palabras (H). (I) Estructura a nivel de frase. (J) Las oscilaciones neuronales en la banda delta (0.5 – 2 Hz) cambian según la información prosódica.

SINCRONIZACIÓN ENTRE LOS RITMOS DEL HABLA Y RITMOS CEREBRALES EN LA DISLEXIA

Numerosos estudios sugieren que los trastornos fonológicos en la dislexia son el resultado de dificultades en el procesamiento perceptivo de los sonidos (Tallal, 1980; De Martino et al., 2001; Amitay, Ahissar & Nelken, 2002; Goswami et al., 2002; Rey et al., 2002). En general, es razonable suponer que una mala percepción auditiva puede afectar a la segmentación del habla y conducir a representaciones fonológicas menos precisas en la dislexia (Goswami, 2011; Giraud & Poeppel, 2012). Estudios recientes indican que la desincronización entre los ritmos del habla y las oscilaciones neuronales puede estar relacionada con las dificultades en la segmentación del habla y los problemas fonológicos presentes en la dislexia (Abrams et al., 2009; Goswami, 2011; Giraud & Poeppel, 2012). La Tabla 1 resume los estudios de neuroimagen existentes, indicando de la manera más precisa posible los resultados en función de la técnica de neuroimagen, el tipo de estímulo, el tipo de medición y el método de análisis.

Por un lado, Goswami (2011) ha planteado la hipótesis de que los lectores disléxicos muestran una desincronización neuronal en las bandas frecuenciales delta y theta, lo que conduce a déficits en la codificación de la información a nivel de la prosodia, las palabras y las sílabas. Power y sus colaboradores (2013, 2016) mostraron que el cerebro disléxico muestra una sincronización más débil en la banda delta durante el procesamiento del habla en las regiones auditivas del hemisferio derecho. Esta falta de sincronización en la banda delta también se ha observado durante el procesamiento de señales auditivas no lingüísticas en participantes con dislexia

Tabla 1.- Resumen de los estudios de neuroimagen que analizan los mecanismos neuronales de segmentación del habla. Abreviaciones: EEG, electroencefalografía; NIRS, espectroscopia de infrarrojo cercano; MEG, magnetoencefalografía; RMf, resonancia magnética funcional; MA, modulado en amplitud; PAEEe, potenciales evocados auditivos de estado estable; HbO, hemoglobina oxigenada; HbR, hemoglobina desoxigenada. (HbR); BOLD, Blood Oxygenation Level Dependent; D, participantes disléxicos; C, participantes controles; ?, sin analizar; HI, hemisferio izquierdo; HD, hemisferio derecho.

Estudio	Técnica	Estímulo	Medida	Delta	Theta	Beta Gamma
Power et al., 2013	EEG	Sílabas	PAEEe	D<C	?	?
Power et al., 2016	EEG	Habla	Exactitud en la reconstrucción	D<C	D=C	?
Cutini et al., 2016	NIRS	Ruido blanco MA	Concentración HbO/ HbR	D>C en el HD	?	D=C
Hämäläinen et al., 2012	MEG	Ruido blanco MA	PAEEe	D<C in HD	D=C	?
De Vos et al., 2017	EEG	Ruido blanco MA	PAEEe	?	D<C	D>C
Lehongre et al., 2011	MEG	Ruido blanco MA	PAEEe	?	?	D<C en el HI
Poelmans et al., 2012	EEG	Habla con ponderación	PAEEe	?	D=C	D<C in HI
Lehongre et al., 2013	RMf/EEG	Película audiovisual	Correlación entre la señal BOLD y la EEG	D=C	D=C	D<C en el HI

(Hämäläinen et al., 2012). Hämäläinen y sus colaboradores (2012), midieron los potenciales evocados auditivos de estado estable (PAEEe) durante la presentación de ruido blanco modulado en amplitud a 2, 4, 10 y 20 Hz en lectores con y sin dislexia. Los resultados de este estudio mostraron que los lectores disléxicos exhibían una respuesta PAEEe más débil a los 2 Hz (ritmos prosódicos) en las regiones auditivas del hemisferio derecho. Más recientemente, utilizando la espectroscopia de infrarrojo cercano o NIRS (near-infrared spectroscopy), Cutini y sus colaboradores (2016) revelaron que lectores disléxicos mostraban índices atípicos de concentración de HbO (hemoglobina oxigenada) durante el procesamiento de ruido blanco modulado a 2 Hz en el giro supramarginal derecho, una de las regiones involucradas en el procesamiento del ritmo y la prosodia del habla (Geiser et al., 2008). En la banda theta, la evidencia de una desincronización neuronal en lectores con dislexia no es concluyente. De Vos y sus colaboradores (2017), mostraron una disminución de la respuesta PAEEe en lectores durante el procesamiento de ruido blanco modulado a 4 Hz (ritmo de palabras y sílabas) en regiones auditivas bilaterales. Sin embargo, no se han encontrado indicios de una falta de sincronización entre las oscilaciones neuronales en la banda theta y los ritmos silábicos en el habla (Lehongre et al., 2013; Power et al., 2016).

Por otro lado, Giraud y Poeppel (2012) han planteado la hipótesis de que los lectores disléxicos podrían mostrar una desincronización neuronal en la banda gamma, lo que podría afectar el procesamiento de las unidades fo-

némicas. Lehongre y sus colaboradores (2011) midieron la respuesta PAEEe a ruido blanco modulado en amplitud en un rango de 10 a 80 Hz y mostraron que la respuesta PAEEe a 30 Hz (ritmos fonémicos) era más débil en las regiones auditivas del hemisferio izquierdo para los lectores disléxicos en comparación con los controles. De manera similar, utilizando la electroencefalografía (EEG), Poelmans y sus colaboradores (2012) encontraron un decrecimiento de la respuesta PAEEe durante el procesamiento de ruido blanco a 20 Hz en lectores disléxicos en el hemisferio izquierdo. En cuanto al procesamiento del habla, Lehongre y sus colaboradores (2013) encontraron que los lectores con dislexia mostraban una menor respuesta oscilatoria durante la visualización de una película con audio en el hemisferio izquierdo.

En general, los estudios publicados han investigado la sincronización entre los ritmos del habla y las oscilaciones neuronales en múltiples bandas de frecuencia (delta, theta y beta / gamma), utilizando diversos estímulos (lingüísticos y no lingüísticos), técnicas de registro (EEG, MEG, fMRI / EEG, fNIRS) y diferentes medidas (PAEEe, concentración HbO/HbR, correlación entre la señal BOLD y EEG). Por lo tanto, es muy difícil tener una visión clara de hasta qué punto los resultados publicados en esta área son consistentes, inconsistentes o simplemente no se pueden comparar.

En general, el objetivo de nuestro estudio es comprender mejor las bases oscilatorias neurales subyacentes a las dificultades fonológicas en la dislexia. En primer lugar,

identificaremos la (s) banda (s) de frecuencia específica (s) interrumpida (s) en la dislexia. En segundo lugar, aclararemos si las dificultades de sincronización en la dislexia están presentes tanto para estímulos lingüísticos (el habla) como para estímulos no lingüísticos (ruido blanco).

Asimismo, si bien muchos estudios han investigado los mecanismos neuronales que subyacen la segmentación del habla en adultos con dislexia, dichos mecanismos necesitan ser evaluados con mayor profundidad en niños con dislexia. En nuestros estudios, evaluaremos por primera vez tanto a niños como a adultos en tareas auditivas. Esto nos permitirá estudiar el desarrollo de los mecanismos neuronales de segmentación en lectores con y sin dislexia.

MECANISMOS NEURONALES DE SEGMENTACIÓN DEL HABLA EN NIÑOS CON DISLEXIA

Por medio de la magnetoencefalografía (MEG), registramos la actividad cerebral de niños y adultos con y sin dislexia mientras escuchaban el habla y una serie de estímulos no lingüísticos (ruido blanco modulado en amplitud a 2, 5 y 30 Hz) (Lizarazu et al., 2015; Molinaro et al., 2016).

Durante el procesamiento del habla, observamos que los lectores disléxicos (tanto niños como adultos) presentan dificultades en la sincronización entre los ritmos del habla y las oscilaciones neuronales en la banda delta (0.5-21 Hz) (Molinaro et al., 2016). La falta de sincronización se localiza en regiones auditiva del hemisferio derecho y en regiones frontales (giro frontal inferior) del hemisferio izquierdo. Estos resultados indican que los problemas de sincronización a bajas frecuencias ocurren en regiones auditivas, pero también en regiones cerebrales asociadas a procesamiento cognitivo de mayor nivel. Además, utilizando el análisis de conectividad causal, demostramos que los problemas de sincronización en las regiones auditivas podrían afectar regiones de mayor jerarquía cognitiva involucradas en el procesamiento del habla.

Los participantes también escuchaban ruido blanco modulado a 2, 4, 7, 30 y 60 Hz. Estas frecuencias de modulación corresponden a unidades fonológicas relevantes en el habla (2 Hz, prosodia; 4 Hz, palabras; 7 Hz, sílabas; 30 y 60 Hz, fonemas). Nuestros resultados indican que los disléxicos (tanto niños como adultos) muestran una sincronización cerebral atípica durante el procesamiento de las modulaciones a 4 Hz y 30 Hz (Lizarazu et al., 2015). También encontramos diferencias entre lectores controles y disléxicos en los valores de lateralización hemisférica durante el procesamiento del ruido blanco modulado a 4 y a 30 Hz. En línea con la teoría de Poeppel (2003), observamos que los controles muestran una lateralización en el hemisferio derecho a los 4 Hz. Sin embargo, los disléxicos no presentan ninguna lateralización a los 4 Hz. A los 30 Hz, observamos un procesamiento bilateral en los controles, mientras que los disléxicos exhiben una lateralización hacia el hemisferio derecho.

Nuestros resultados están en línea con los estudios que muestran que los lectores disléxicos presentan problemas de sincronización entre los ritmos del habla y las oscilaciones neuronales. Observamos que la sincronización neuronal en las bandas delta, theta y gamma son atípicas en los niños y adultos con dislexia. Además, encontramos que los problemas de sincronización ocurren para los estímulos lingüísticos (habla), pero también para los no lingüísticos (ruido blanco). Esto indica que los problemas de sincronización podrían ocurrir a un nivel perceptual auditivo.

Esta y otras evidencias empíricas sugieren que el modelo de sincronización de las ondas cerebrales es prometedor para explicar la calidad en la segmentación e identificación de fonemas. Queda aún camino por recorrer en cuanto a la detección y prevención de las dificultades en el desarrollo de la lectura, pero los estudios actuales son prometedores en cuanto a proveer herramientas para que cada vez menos niños sufran las consecuencias de una lectura ineficaz.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abrams, D. A., Nicol, T., Zecker, S., & Kraus, N. (2009). Abnormal cortical processing of the syllable rate of speech in poor readers. *Journal of Neuroscience*, 29(24), 7686-7693.
2. Amitay, S., Ahissar, M., & Nelken, I. (2002). Auditory processing deficits in reading disabled adults. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 3(3), 302-320.
3. Arvaniti, A. (2009). Rhythm, timing and the timing of rhythm. *Phonetica*, 66(1-2), 46-63.
4. Bourguignon, M., De Tieghe, X., de Beeck, M. O., Ligot, N., Paquier, P., Van Bogaert, P., ... & Jousmäki, V. (2013). The pace of prosodic phrasing couples the listener's cortex to the reader's voice. *Human brain mapping*, 34(2), 314-326.
5. Cutini, S., Szűcs, D., Mead, N., Huss, M., & Goswami, U. (2016). Atypical right hemisphere response to slow temporal modulations in children with developmental dyslexia. *Neuroimage*, 143, 40-49.
6. De Martino, S., Espesser, R., Rey, V., & Habib, M. (2001). The "temporal processing deficit" hypothesis in dyslexia: New experimental evidence. *Brain and cognition*, 46(1-2), 104-108.
7. De Vos, A., Vanvooren, S., Vanderauwera, J., Ghesquière, P., & Wouters, J. (2017). Atypical neural synchronization to speech envelope modulations in dyslexia. *Brain and language*, 164, 106-117.
8. Finucci, J. M., & Childs, B. (1981). Are there really more dyslexic boys than girls. Sex differences in dyslexia, 1-9.
9. Geiser, E., Zaehle, T., Jancke, L., & Meyer, M. (2008). The neural correlate of speech rhythm as evidenced by metrical speech processing. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(3), 541-552.
10. Ghitza, O., & Greenberg, S. (2009). On the possible role of brain rhythms in speech perception: intelligibility of time-compressed speech with periodic and aperiodic insertions of silence. *Phonetica*, 66(1-2), 113-126.

11. Giraud, A. L., & Poeppel, D. (2012). Cortical oscillations and speech processing: emerging computational principles and operations. *Nature neuroscience*, 15(4), 511.
12. Goswami, U. (2011). A temporal sampling framework for developmental dyslexia. *Trends in cognitive sciences*, 15(1), 3-10.
13. Goswami, U., Thomson, J., Richardson, U., Stainthorp, R., Hughes, D., Rosen, S., & Scott, S. K. (2002). Amplitude envelope onsets and developmental dyslexia: A new hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(16), 10911-10916.
14. Greenberg, S., & Arai, T. (2001). The relation between speech intelligibility and the complex modulation spectrum. In *Seventh European Conference on Speech Communication and Technology*.
15. Gross, J., Hoogenboom, N., Thut, G., Schyns, P., Panzeri, S., Belin, P., & Garrod, S. (2013). Speech rhythms and multiplexed oscillatory sensory coding in the human brain. *PLoS biology*, 11(12), e1001752.
16. Hämäläinen, J. A., Rupp, A., Soltész, F., Szűcs, D., & Goswami, U. (2012). Reduced phase locking to slow amplitude modulation in adults with dyslexia: an MEG study. *Neuroimage*, 59(3), 2952-2961.
17. Hickok, G., & Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature reviews neuroscience*, 8(5), 393.
18. Lehongre, K., Ramus, F., Villiermet, N., Schwartz, D., & Giraud, A. L. (2011). Altered low-gamma sampling in auditory cortex accounts for the three main facets of dyslexia. *Neuron*, 72(6), 1080-1090.
19. Lehongre, K., Morillon, B., Giraud, A. L., & Ramus, F. (2013). Impaired auditory sampling in dyslexia: further evidence from combined fMRI and EEG. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 454.
20. Lizarazu, M., Lallier, M., Molinaro, N., Bourguignon, M., Paz-Alonso, P. M., Lerma-Usabiaga, G., & Carreiras, M. (2015). Developmental evaluation of atypical auditory sampling in dyslexia: Functional and structural evidence. *Human brain mapping*, 36(12), 4986-5002.
21. Molinaro, N., Lizarazu, M., Lallier, M., Bourguignon, M., & Carreiras, M. (2016). Out-of-synchrony speech entrainment in developmental dyslexia. *Human brain mapping*, 37(8), 2767-2783.
22. Molinaro, N., & Lizarazu, M. (2018). Delta (but not theta)-band cortical entrainment involves speech-specific processing. *European Journal of Neuroscience*, 48(7), 2642-2650.
23. Panzeri, S., Brunel, N., Logothetis, N. K., & Kayser, C. (2010). Sensory neural codes using multiplexed temporal scales. *Trends in neuroscience*, 33(3), 111-120.
24. Poelmans, H., Luts, H., Vandermosten, M., Boets, B., Ghesquière, P., & Wouters, J. (2012). Auditory steady state cortical responses indicate deviant phonemic-rate processing in adults with dyslexia. *Ear and hearing*, 33(1), 134-143.
25. Poeppel, D. (2003). The analysis of speech in different temporal integration windows: cerebral lateralization as 'asymmetric sampling in time'. *Speech communication*, 41(1), 245-255.
26. Power, A. J., Mead, N., Barnes, L., & Goswami, U. (2013). Neural entrainment to rhythmic speech in children with developmental dyslexia. *Frontiers in human neuroscience*, 7, 777.
27. Power, A. J., Colling, L. J., Mead, N., Barnes, L., & Goswami, U. (2016). Neural encoding of the speech envelope by children with developmental dyslexia. *Brain and language*, 160, 1-10.
28. Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S. C., Day, B. L., Castellote, J. M., White, S., & Frith, U. (2003). Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126(4), 841-865.
29. Ramus, F. (2004). Neurobiology of dyslexia: A reinterpretation of the data. *TRENDS in Neurosciences*, 27(12), 720-726.
30. Rey, V., De Martino, S., Espesser, R., & Habib, M. (2002). Temporal processing and phonological impairment in dyslexia: Effect of phoneme lengthening on order judgment of two consonants. *Brain and language*, 80(3), 576-591.
31. Saberi, K., & Perrott, D. R. (1999). Cognitive restoration of reversed speech. *Nature*, 398(6730), 760.
32. Tallal, P. (1980). Language and reading: Some perceptual prerequisites. *Bulletin of the Orton Society*, 30(1), 170-178.
33. Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): What have we learned in the past four decades?. *Journal of child psychology and psychiatry*, 45(1), 2-40.
34. Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological bulletin*, 101(2), 192.

DECLARACIÓN DE TRANSPARENCIA

Los autores declaran no tener algún conflicto de intereses, o potencial conflicto de intereses, que pueda sesgar su trabajo, o pudiera ser percibido como un sesgo en su trabajo, así como agradecer todo el apoyo financiero y colaboraciones personales.

Todos los pacientes incluidos en el estudio dieron su consentimiento a participar después de haber sido informados de forma concienzuda acerca del estudio.

Si desea citar nuestro artículo:

Molinaro N.

Desincronización entre los ritmos del habla y las oscilaciones neuronales

ANALES RANM [Internet]. Real Academia Nacional de Medicina de España;

An RANM · Año 2018 · 135(02) · Supl.01 · páginas 47-51

DOI: 10.32440/ar.2018.135.02.supl01.art05

ASPECTOS CLÍNICOS Y MOLECULARES DE LAS AFASIAS PROGRESIVAS DEGENERATIVAS

CLINICAL AND MOLECULAR ASPECTS OF PROGRESSIVE DEGENERATIVE APHASIAS

Juan J. Zarranz

Catedrático Emérito. Departamento de Neurociencias. Universidad del País Vasco (Lejona, Vizcaya).

Instituto Biocruces. Hospital de Cruces (Baracaldo, Vizcaya)

Palabras clave:

Afasia;
Afasia progresiva;
Neurodegeneración;
Tau;
TDP43;
Alzheimer.

Keywords:

Aphasia;
Progressive aphasia;
Neurodegeneration;
Tau;
TDP43;
Alzheimer.

Resumen

El debate entre la equipotencialidad o la especialización de la corteza cerebral como sustrato de las funciones neurológicas superiores se prolongó hasta la segunda mitad del siglo XIX. Las observaciones clásicas de Broca, Wernicke y otros autores demostrando las alteraciones del lenguaje por lesiones focales corticales fueron decisivas para zanjar el problema y dieron lugar a una corriente *localizacionista*, similar a la de los frenólogos, pero no de base especulativa sino neuropatológica. Esa visión de la corteza cerebral como un mosaico de áreas especializadas autónomas, se ha visto superada y complementada por la moderna neurociencia que sustenta las funciones cerebrales en un modelo anatomo-funcional en red, con áreas o nodos más o menos específicos, corticales y subcorticales.

Otros autores clásicos como Pick ya señalaron que la afasia podía ser, además de una consecuencia de las lesiones focales vasculares, un síntoma precoz de las enfermedades degenerativas. Mesulam más modernamente, recuperó esa idea y acuñó el concepto de afasia progresiva primaria. Más adelante se ha demostrado que la afasia progresiva primaria o degenerativa es un proceso heterogéneo tanto clínicamente como al menos tres variedades, no fluida, semántica y logopénica, como patológicamente y en su sustrato molecular que incluye, en la actualidad, la patología tau, TDP43 y Alzheimer. Existe una correlación imperfecta entre la variedad clínica de afasia, la localización preferente de la neurodegeneración, la histología y la patología molecular. Las nuevas técnicas de neuroimagen molecular (PET-amiloide, PET-tau) y otros marcadores pueden ayudar a perfeccionar la correlación clínico-patológica y contribuir a comprender mejor las razones de esa vulnerabilidad selectiva de unas u otras áreas cerebrales implicadas en la anatomía-fisiología del lenguaje.

Abstract

The debate between equipotentiality or specialization of the cerebral cortex as a substrate for higher neurological functions lasted until the second half of the 19th century. The classic observations of Broca, Wernicke and other authors demonstrating the language alterations due to cortical focal lesions were decisive in solving the problem and gave rise to a localization current, similar to that of the phrenologists, but not speculative but neuropathologically based. This vision of the cerebral cortex as a mosaic of autonomous specialized areas has been superseded and complemented by modern neuroscience that supports brain functions in a networked anatomical-functional model, with more or less specific areas or nodes, cortical and subcortical.

Other classic authors such as Pick have already pointed out that aphasia could be, in addition to a consequence of focal vascular lesions, an early symptom of degenerative diseases. Mesulam more modernly, retrieved that idea and coined the concept of primary progressive aphasia. Later, it has been shown that primary or degenerative progressive aphasia is a heterogeneous process both clinically with at least three varieties, non-fluid, semantic and logopenic, and pathologically and in its molecular substrate, which currently includes tau pathology, TDP43, and Alzheimer. There is an imperfect correlation between the clinical variety of aphasia, the preferred location of neurodegeneration, histology, and molecular pathology. The new molecular neuroimaging techniques (amyloid-PET, PET-tau) and other markers can help to refine the clinical-pathological correlation and help to better understand the reasons for this selective vulnerability of one or other brain areas involved in the anatomy-physiology of language.

Autor para la correspondencia

Juan J. Zarranz
Real Academia Nacional de Medicina de España
C/ Arrieta, 12 · 28013 Madrid
Tlf.: +34 91 159 47 34 | E-Mail: secretaria@ranm.es

XV Curso de fundamentos moleculares de la Medicina
ASPECTOS CLÍNICOS Y MOLECULARES DE LAS AFASIAS PROGRESIVAS DEGENERATIVAS

Juan J. Zarranz

An RANM · Año 2018 · 135(02) · Supl.01 · páginas 52 a 58

INTRODUCCIÓN

Las afasias por lesiones focales (vasculares)

Pierre Paul Broca era cirujano en el Hospice de Bicêtre, asilo para hombres enfermos crónicos gemelo de la Salpêtrière para mujeres. Allí atendió a un paciente muy conocido en el hospicio por haber perdido el habla que se reducía a una sílaba “Tan” y ese era su mote. Monsieur “Tan” murió de una gangrena, Broca extrajo el cerebro e inmediatamente lo presentó en la Sociedad de Antropología de París que él mismo había creado y en la que estaban en pleno debate sobre “le principe des localisations cerebrales” (1,2). A esa primera observación pronto le siguió una segunda de “aphemie” que presentó en la Sociedad Anatómica (3). Cumplido el objetivo de demostrar el asiento de la facultad del lenguaje en una zona precisa de la corteza, que limitó a las porciones posteriores de la segunda y tercera circunvoluciones frontales izquierdas, Broca no se interesó por profundizar en la neuropatología de esos casos. Así que guardó los cerebros intactos que fueron encontrados muchos años después en el museo Dupuytren y estudiados en detalle mediante TAC y RM (4).

En claro contraste con los pacientes de Broca cuyo déficit principal era una pérdida de la expresión del lenguaje con escaso o nulo defecto de comprensión, Wernicke publicó pacientes en los que el lenguaje era fluido pero la comprensión muy deficitaria, y en los cuales la lesión asentaba en la porción posterior del lóbulo temporal (5).

Esa dicotomía entre pacientes con afasia no fluida y lesión frontotemporal anterior frente a pacientes con afasia fluida y defecto de comprensión con lesión temporal posterior quedó establecida definitivamente. Pero no sin polémica porque los epónimos de Broca y Wernicke se han aplicado indistintamente, bien a dos tipos de afasia o bien a dos áreas anatómicas o patológicas, lo cual no siempre coincide y sobre cuyas características y límites ha habido no poca confusión (6). En lo que respecta a la afasia/área de Wernicke, la idea tradicional de que la lesión asienta en la porción posterior del lóbulo temporal y que su defecto principal es la pérdida de la comprensión, colisiona con los estudios modernos en los que se demuestra que la lesión en el área de Wernicke clásica sólo produce logopenia y que la pérdida de la comprensión requiere lesiones más extensas temporales anteriores (7).

Sin anular algunas de las conclusiones de las observaciones clásicas, la tendencia actual es a considerar que el modelo de las afasias que de ellas deriva está superado, que el lenguaje está soportado por redes neuronales corticales y subcorticales ampliamente distribuidas y que las afasias se deben describir bajo nuevas perspectivas (8,9). De manera resumida, Mesulam concluye que las redes del lenguaje están a uno y otro lado de la cisura de Silvio con dos *corrientes* o componentes; el componente dorsal que incluye el área de Broca y el giro frontal inferior, está relativamente especializado en la codificación fonológica, la fluidez y la estructura gramatical; mientras que el componente ventral está más especializado en las asociaciones léxico-semánticas que relacionan las palabras con su significado. Pero estas distinciones en la anatomía funcional están lejos de ser absolutas y la interacción entre ambas corrientes es esencial (10).

Las afasias por lesiones degenerativas

Arnold Pick fue un adelantado de la moderna neuropsicología al demostrar que las demencias no se debían a un declinar global e inespecífico de la corteza cerebral como proponían algunos holistas, sino que tenían rasgos clínicos focales atribuibles a la degeneración inicial y preferente de determinadas áreas cerebrales y resaltó entre ellos las alteraciones del lenguaje (11). La propuesta era que las alteraciones del lenguaje se podían correlacionar con una atrofia focal o lobar. Pick no hizo ninguna aportación neuropatológica. Fue Alzheimer quien en casos de atrofia lobar describió las neuronas globosas acromáticas y las inclusiones en forma de bolas argirófilas que han pasado, curiosamente, a la historia como “células y cuerpos de Pick” respectivamente. Onari y Spatz combinando el concepto de atrofia lobar, las lesiones histológicas y la clínica crearon la enfermedad de Pick que ha llegado a nuestros días como el ejemplo clásico de las modernas demencias frontotemporales.

La propuesta de Pick de que un proceso degenerativo puede comenzar de una manera focal por afasia de lenta evolución sin demencia global fue renovada por Mesulam (12) quien acuñó el término de afasia progresiva primaria (APP) sin prejuzgar su neuropatología, y que ha elaborado después extensamente (13,14).

LA AFASIA PRIMARIA PROGRESIVA Y LOS CRITERIOS FUNDAMENTALES PARA SU DIAGNÓSTICO

La propuesta de Mesulam tuvo una gran audiencia pues contrariamente a lo que se creía por entonces, pronto se observó que la afasia como síntoma de comienzo de un proceso degenerativo neurológico es frecuente. Además, se estableció en seguida que la afasia podía ser no sólo “no fluida” como en los casos originales de Mesulam sino con otras características.

Del acuerdo entre expertos (15) se ha concluido en que los criterios fundamentales para el diagnóstico de APP son los siguientes:

1. Alteración gradual del lenguaje
 - Pausas para encontrar la palabra
 - Palabras de relleno (con poco significado)
 - Frases pobres y agramaticales
 - Incapacidad para nombrar las partes de los objetos
 - Dificultad para repetir frases
 - Dificultad para comprender las palabras
 - Errores al deletrear las palabras
 - La disartria o la apraxia del habla no sirven para cumplir este criterio
2. Etiología degenerativa confirmada (o probable por exclusión de otras causas)

3. Importancia desproporcionada de la afasia sobre otros trastornos al menos durante 1-2 años
- Memoria episódica, funciones visuoespaciales, funciones ejecutivas, reconocimiento objetos y caras, comportamiento, actividades motoras de la vida diaria o en pruebas no verbales

Así mismo, los expertos han establecido unos criterios de consenso para el diagnóstico de las variedades actualmente reconocidas dentro de las APP, afasia agramatical, afasia logopénica, afasia semántica y afasia mixta, e incluso las pruebas para definir cada una de ellas (15)

LAS APP ABREN VARIOS FRENTES

- a. Revisar las bases anatómicas de los defectos del lenguaje
 - b. Establecer sus bases moleculares
 - c. Definir las relaciones entre los tipos de APP y la patología molecular en la autopsia
 - d. Plantear las mismas relaciones con la neuroimagen molecular
 - e. Intentar comprender la relación entre la vulnerabilidad selectiva y la patología molecular (la teoría priónica)
- a. Revisar las bases anatómicas de los defectos del lenguaje

Una vez definidos los subtipos clínicos de APP los intentos de correlación con la imagen estructural han sido muy numerosos y básicamente concordantes (16). La variante de afasia no fluida o agramatical se relaciona con una atrofia muy asimétrica, de predominio izquierdo, y de asiento preferente en la región frontal inferior, insula y circunvolución temporal antero-superior (fig. 1).

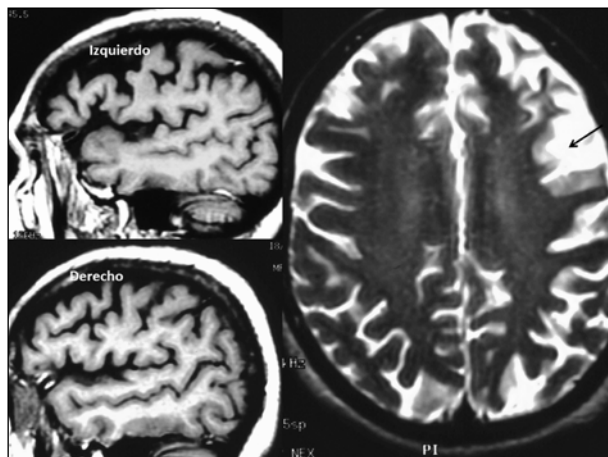


Figura 1. Afasia no fluida o agramatical. En la RM se aprecia una marcada atrofia de la porción anterior del hemisferio izquierdo, de las circunvoluciones frontales y de la temporal superior alrededor del opérculo

La variante de afasia semántica también se relaciona con una atrofia asimétrica de predominio izquierdo pero que interesa más a la porción anterior y media del lóbulo temporal (fig. 2). Por su parte, la afasia logopénica cursa con atrofia predominante en la unión temporo-parietal (circunvolución temporal posterior y parietal inferior) también de predominio izquierdo pero, a veces, con escasa asimetría (fig. 3). Estas correlaciones básicas también se han encontrado en los estudios con neuroimagen funcional, sea mediante SPECT-HMPAO o mediante PET-FDG (17,18) que pueden ser informativas cuando todavía la imagen estructural es normal (fig. 4).

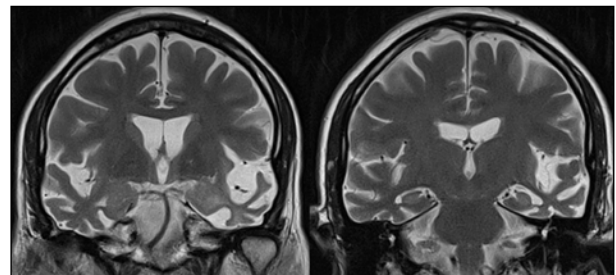


Figura 2. Afasia de tipo semántico. Atrofia bitemporal marcadamente asimétrica, de predominio anterior izquierdo

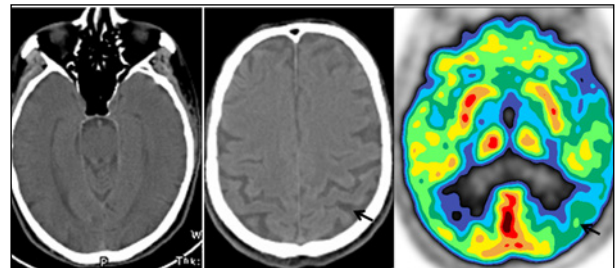


Figura 3. Afasia de tipo logopénico. En la TAC la parte anterior de los lóbulos temporales es normal mientras que se aprecia una moderada dilatación de los surcos temporo-parietales con ligero predominio izquierdo. La misma asimetría se aprecia en la SPECT-HMPAO que detecta una hipoperfusión temporo-parietal de predominio izquierdo (que se extiende a los ganglios basales y tálamo)

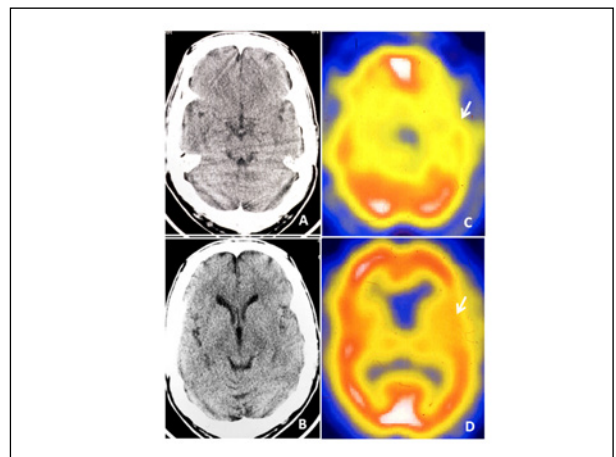


Figura 4. Afasia no fluida o agramatical. En A y B la TAC es normal. Sin embargo en C y D la SPECT-HMPAO detecta una hipoperfusión frontotemporal izquierda.

Las APP son en parte coincidentes en sus características clínicas y bases anatómicas con las afasias debidas a ictus, pero también divergen en muchos detalles (19). Un hecho fundamental es su diferente historia natural. Las afasias por ictus tienen un comienzo agudo con un máximo déficit inicial que va mejorando hasta estabilizarse en un síndrome que refleja el funcionamiento de las estructuras indemnes total o parcialmente. Por el contrario en las APP la historia natural es la de un proceso degenerativo progresivo. Esto permitiría, al menos teóricamente, que en los pacientes estudiados muy precozmente de manera prospectiva con las técnicas modernas de imagen estructural y funcional, cada nuevo progreso en la clínica se pudiera correlacionar con el avance específico de la patología dando una idea más precisa de la organización de las estructuras implicadas en la fisiología del lenguaje.

b. Establecer las bases moleculares de las APP en la autopsia.

En la tabla 1 se presenta un resumen breve de las principales características clínicas de las APP y sus correlaciones anatómicas y con la patología molecular. Las APP son uno de los primeros síndromes degenerativos en los que ha quedado explícito el principio neurológico general de que la sintomatología clínica refleja el asiento anatómico de la lesión, independientemente de su naturaleza patológica o molecular. Igualmente, las bases genéticas de las APP son muy heterogéneas y se han implicado, al menos, a los siguientes genes: *PGN*, *C9ORF2*, *MAPT*, *VCP*, *CHMP28*.

Spinelli y col (20) estudiaron 69 casos autopsiados de APP. De ellos 29 casos eran de tipo semántico y

la patología principal fue TDP43 en 24. De 25 casos con afasia no fluida 22 tenían patología tau (degeneración córtico-basal, parálisis supranuclear progresiva, enfermedad de Pick). Los 11 casos con afasia logopénica tuvieron patología de tipo Alzheimer. Los 4 casos con afasia mixta tuvieron patología variada (Pick 2, Alzheimer 1, TDP 1).

Las correlaciones señaladas en la tabla 1 están lejos de ser absolutas y un número importante de casos se presentan con características atípicas que no se conforman con los esquemas sencillos. Así, por ej. Mesulam y col (21) señalaron la heterogeneidad de la enfermedad de Alzheimer en casos de APP. En ese trabajo demostraron que en 58 autopsias consecutivas, un 45% de los casos de APP tenía patología de tipo Alzheimer, en alguno de los cuales la atrofia asimétrica frontal era indistinguible de la habitual en casos de patología tau como la degeneración córtico-basal. En conjunto, los casos de enfermedad de Alzheimer que se presentaron como APP tenían algunas características peculiares como por ej. el predominio de la patología en la corteza y no en el hipocampo como es habitual, de manera que no seguían los estadios neuropatológicos de Braak tradicionales, el predominio y la precocidad de la afasia sobre la amnesia, la marcada asimetría de la patología, el comienzo en pacientes más jóvenes (<65 a.), el predominio masculino y la falta de relación con el genotipo apoE4.

c. Establecer las bases moleculares de las APP in vivo

Los avances en la cuantificación de los niveles de proteína tau total y fosforilada, y los de β -amiloide en el

Tabla 1.- Resumen de las características principales de las afasias degenerativas primarias

TIPO DE AFASIA	DATO CLINICO PRINCIPAL	DATOS ASOCIADOS	LOCALIZACIÓN LESION	PATOLOGIA MOLECULAR MAS FRECUENTE
Semántica	Pérdida significado palabras y cosas	Fluidez y fonología respetadas	Temporal anterior I>D	TDP-43
No fluida	Lenguaje poco fluido, reducido, trabajoso, agramatical	Repetición alterada Disprosodia Apraxia bucolingual	Frontal posterior y perisilviana izquierda	Taupatía (DCB)
Logopénica	Pausas en el lenguaje por pérdida de la palabra	Parafasias fonémicas y semánticas Repetición frases largas alterada	Temporal superior/posterior izquierda (bilateral)	Alzheimer

LCR, así como la moderna neuroimagen estructural o funcional y la PET con ligandos para tau y amiloide, permiten plantear la correlación entre las variedades de APP y la patología molecular “in vivo”. En esta línea son numerosos los estudios publicados aunque todavía se deben considerar preliminares en sus conclusiones, sobre todo en lo que respecta a la neuroimagen de tau.

Villarejo y col (22) aportaron su experiencia en 24 casos de APP estudiados mediante PET-amiloide y revisaron siete estudios de la literatura con un total de 224 pacientes. De acuerdo con lo esperado según los datos de la correlación clínico-patológica, la mayoría de los casos de APP semántica (41/47) en los que la patología principal es TDP43 fueron negativos para amiloide. De la misma manera en los pacientes con APP no fluida/agramatical en los que la patología más frecuente es tau, 41 de 52 casos fueron negativos para amiloide. Por el contrario 101 de 119 pacientes con afasia logopénica en los que la patología esperable es Alzheimer fueron positivos en la PET-amiloide. Los pacientes con afasia mixta o no clasificables se repartieron prácticamente el 50% entre positivos y negativos.

Santos-Santos y col (23) obtuvieron resultados similares estudiando casos de APP mediante PET-amiloide. En la afasia semántica sólo fueron positivos 4 de 28 y en la afasia no fluida 3 de 28; la autopsia de 4 de los casos positivos confirmó que los pacientes tenían una patología tipo Alzheimer como diagnóstico neuropatológico secundario. En la afasia logopénica por el contrario fueron positivos 25 de 26 y de esos los dos autopsiados tenían enfermedad de Alzheimer como diagnóstico principal.

En lo que respecta a la neuroimagen de la proteína tau, Keith y col (24) estudiaron mediante PET- [18F]AV-1451, casos de los tres tipos de APP. En 14 casos de afasia logopénica la captación seguía el patrón temporo-parietal esperable según la probable patología tipo Alzheimer. Del mismo modo en la afasia agramatical el isótopo se acumulaba en la sustancia blanca prefrontal con predominio izquierdo según la probable patología tau en ese tipo de afasia. Y en la afasia semántica la captación del isótopo era de predominio temporal anteromedial mayor en el lado izquierdo.

Este resultado en el que un ligando diseñado para tau marca la probable patología TDP43 ha sido reproducido por otros autores en la APP semántica (25,26) y plantea su verdadera especificidad. Queda, por tanto, mucho progreso por hacer en la neuroimagen molecular en el campo de las afasias y de otras enfermedades neurodegenerativas.

d. La vulnerabilidad neuronal selectiva

El estudio de las APP aboca a un punto crucial en la comprensión de las enfermedades neurodegenerativas (13). En la mayoría de ellas se supone que la base primera es la patología de una o varias proteínas pero sigue siendo un misterio por qué en unos casos la patología de esas proteínas afecta más o menos selectivamente a unas poblaciones neuronales y no a otras. El siguiente enigma es el de la progresión ordenada por el cerebro de las lesiones neuronales. La capacidad de la

proteína prionica propia de las encefalopatías espongiformes transmisibles para inducir el plegamiento y la patología de la proteína normal adyacente y con ello la progresión en cascada de la enfermedad, ha dado lugar a que se haya propuesto un mecanismo similar “prion-like” para el resto de las enfermedades neurodegenerativas (27). Esta progresión ha sido extensamente documentada en el laboratorio, pero no hay pruebas definitivas de que ocurra de manera natural en las enfermedades humanas. En cualquier caso las estrategias que permitan evitar o reducir el efecto neurotóxico de los oligómeros de esas proteínas anormales pueden ser esenciales para disponer de una posibilidad terapéutica en estas enfermedades que degradan al ser humano.

Tabla 2.- Resumen de los estudios de PET-amiloide en las APP (según datos de Villarejo-Galande y col (22))

TIPO DE AFASIA	n:224 (siete estudios)	PET amiloide negativo	PET amiloide positivo
Semántica	47	41	6
No fluida/agramatical	52	41	14
Logopénica	119	18	101
Mixta o no clasificable	22	10	12

Tabla 3.- Resultado de la PET-amiloide en la APP con algunos casos autopsiados (23)

TIPO DE AFASIA	n:224	PET amiloide negativo	PET amiloide positivo
Semántica	28	24	4 (autopsia 2 Alzheimer 2º)
No fluida/agramatical	31	28	3 (autopsia 2 Alzheimer 2º)
Logopénica	26	1	25 (autopsia 2 Alzheimer 1º)
Mixta	4	1 (autopsia Pick)	3

BIBLIOGRAFÍA

1. Broca PP. Sur le principe des localisations cérébrales. *Bull. Société d'Anthropologie de Paris* 1861;2: 190-204
2. Broca PP. Perte de la parole, ramollissement chronique et destruction partielle du lobe antérieur gauche du cerveau. *Bull. Société d'Anthropologie de Paris* 1861;2:235-238.
3. Broca PP. Remarques sur le siège de la faculté du langage articulé, suivies d'une observation d'aphémie (perte de la parole). *Bull. Société Anatomique de Paris* 1861;6:330-357.
4. Dronkers NF, Plaisant O, Iba-Zizen MT, Cabanis E. Paul Broca's historic cases: high resolution MR imaging of the brains of Leborgne and Lelong. *Brain* 2007 ;130 :1432-1441
5. K. Wernicke. Der aphasische Symptomen complex. Eine psychologische Studie auf anatomischer Basis. Breslau, Cohn und Weigert, 1874.
6. Binder JR. Current Controversies on Wernicke's Area and its Role in Language. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2017 Aug;17:58 doi: org/10.1007/s11910-017-0764-8
7. Binder JR. The Wernicke area: modern evidence and reinterpretation. *Neurology* 2015;85:2170-2175
8. Tremblay P, Dick AS. Broca and Wernicke are dead, or moving past the classic model of language neurobiology. *Brain and Language* 2016;162:60-71
9. Dronkers NF, Ivanova MV, Baldo JV. What do language disorders reveal about brain-language relationships? From classic models to networks approaches. *J Int Neuropsychol Soc* 2017;23:741-754
10. Fridriksson J, den Ouden D-B, Hillis AE, Hickok G, Rorden C et al. Anatomy of aphasia revisited. *Brain* 2018;141:848-862
11. Pick A. Über die Beziehungen der senilen Hirnatrophie zur Aphasie. *Prager Med Wochenschr* 1892;17:165-167.
12. Mesulam M-M. Slowly progressive aphasia without generalized dementia. *Ann Neurol* 1982;11:592-598.
13. Mesulam M-M, Rogalski E, Wieneke C, Hurley R, Geula C, Bigio E et al Primary progressive aphasia and the evolving neurology of the language network. *Nat Rev Neurol* 2014;10:554-569
14. Mesulam M-M, Thompson CK, Weintraub, Rogalski EJ. Wernicke conundrum and the anatomy of the comprehension in primary progressive aphasia. *Brain* 2015;138:2423-2437.
15. Gorno-Tempini ML. Classification of primary progressive aphasia and its variants. *Neurology* 2011;76:1006-1014
16. Marshall CR, Hardy CJD, Volkmer A, Russell LL, Bond RL et al. Primary progressive aphasia: a clinical approach *J Neurol* 2018;265:1474-1490
17. Selley WW, Crawford RK, Zhou J, Miller B, Greicius MD. Neurodegenerative diseases target large-scale human brain networks. *Neuron* 2009; 62:47-52
18. Matias-Guiu JA, Cabrera-Martin MN, Matias-Guiu J, Carrera JL. FDG-PET/CT or MRI for the diagnosis of primary progressive aphasia? *Am J Neuroradiol* 2017;38
19. Grossman M, Irwin DJ. Primary progressive aphasia and stroke aphasia. *Continuum* 2018;24:745-767
20. Spinelli EG, Mandelli ML, Miller ZA, Santos-Santos MA, Wilson SM y col. Typical and atypical pathology in primary progressive aphasia variants. *Ann Neurol* 2017;81:430-443
21. Mesulam M-M, Weintraub S, Rogalski EJ, Wieneke C, Geula C y Bigio EH. Asymmetry and heterogeneity of Alzheimer's and frontotemporal pathology in primary progressive aphasia. *Brain* 2014;137:1176-1192
22. Villarejo-Galende A. Amyloid pet in primary progressive aphasia: case series and systematic review of the literature. *J Neurol* 2017;264:121-130
23. Santos-Santos MA, Rabinovici GD, Laccarino L, Ayakta N, Tammewar G, Lobach I. Rates of amyloid imaging positivity in patients with primary progressive aphasia. *JAMA Neurol* 2018;75:342-35
24. Joseph KA, Martin PR, Botha H, Schwarz CG, Duffy JR, Clark HM, Machulda MM y col [18F] AV-1451 Tau-PET and primary progressive aphasia. *Ann Neurol* 2018;83:599-611
25. Makaretz SJ, Quimby M, Collins J, Makris N, McGinnis S, Schultz A, Vasdev N y col. Florbetapir tau PET imaging in semantic variant primary progressive aphasia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2018;89:1024-1031
26. Lee H, Sea S, Lee S-Y, Jeong HJ, Woo S-H, Lee K-M, Lee Y-B y col. [18F]-THK5351 PET imaging in patients with semantic variant primary progressive aphasia. *Alzheimer Dis Assoc Disord* 2018; 32:62-69
27. Walker LC, Jucker M. Neurodegenerative diseases: expanding the prion concept. *Annu Rev Neurosci* 2015;38:87-103
28. Goñi F, Martí-Ariza M, Peyser D, Herling K, Wisniewski T. Production of monoclonal antibodies to pathologic β -sheet oligomeric conformers in neurodegenerative diseases. *Sci Rep.* 2017;7:9881. doi: 10.1038/s41598-017-10393-z.

NOTA EN PLENIA

Han sido publicados varios artículos relevantes:

29. Ohm DT, Kim G, Gefen T, Rademaker A, Weintraub S, Bigio EH, Mesulam M-M et al. Prominent microglial activation in cortical white matter is selectively associated with cortical atrophy in primary progressive aphasia. *Neuropathol App Neurobiol* 2019;45:216-229
30. Giannini LAA, Xie SX, McMillan CT, Liang M, Williams A, Jester C, Rascovsky et al. Divergent patterns of TDP-43 and tau pathologies in primary progressive apjasia. *Ann Neurol* 2019;85:630-643
31. Borroni B, Alberici A, Buratti. Review: molecular pathology of frontotemporal lobar degenerations. *Neuropathol App Neurobiol* 2019;45:41-57

32. Convey R, Mead S, Rohrer JD. Review: clinical, genetic and neuroimaging features of fronto-temporal dementia. *Neuropathol Appl Neurobiol* 2019;45:6-18
33. Marshall CR, Hardy CJD, Volkmer A, Russell LL, Bond EL, Fletcher PD, Clark CN et al. Primary progressive aphasia: a clinical approach. *J Neurol* 2018

DECLARACIÓN DE TRANSPARENCIA

El autor/a de este artículo declara no tener ningún tipo de conflicto de intereses respecto a lo expuesto en la presente revisión.

Si desea citar nuestro artículo:

Zarranz J. J.

Aspectos Clínicos y Moleculares de las Afasias Progresivas Degenerativas

ANALES RANM [Internet]. Real Academia Nacional de Medicina de España;

An RANM · Año 2018 · 135(02) · Supl.01 · páginas 52-58

DOI: 10.32440/ar.2018.135.02.supl01.art06

**̄
S U P L E M E N T O**

XV Curso de fundamentos moleculares
de la Medicina

A N A L E S R A N M

REVISTA FUNDADA EN 1879

NORMAS DE PUBLICACIÓN

ANALES DE LA REAL ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA DE ESPAÑA

INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES DE ANALES RANM

ANALES RANM (nombre abreviado según norma ISO-4 para revistas científicas: an. ranm) es una revista científico-médica de ámbito nacional e internacional que publica contenidos en relación con la salud, enfermedades y patologías que afectan al ser humano y artículos de interés en ciencias biomédicas básicas.

Es la revista científica oficial de la Real Academia Nacional de Medicina de España, edita 3 números al año, y acepta manuscritos en español e inglés. La Publicación tiene dos versiones: una impresa y otra versión on-line (www.analesranm.es).

RESPONSABILIDADES Y ASPECTOS ÉTICOS EN LA PUBLICACIÓN

ANALES RANM considera que la negligencia en investigación o en publicación es una infracción ética seria y tratará este tipo de situaciones de la manera necesaria para que sean consideradas como negligencia. Es recomendable que los autores revisen el Committee on Publication Ethics (COPE) y el International Committee of Medical Journal Editors para mayor información a este respecto. La revista ANALES RANM **no acepta material previamente publicado**. El plagio y el envío de documentos a dos revistas por duplicado se consideran actos serios de negligencia. El plagio puede tomar muchas formas, desde tratar de publicar trabajos ajenos como si fueran propios, copiar o parafrasear partes sustanciales de otro trabajo (sin atribución), hasta reclamar resultados de una investigación realizada por otros autores. El plagio, en todas sus formas posibles, constituye un comportamiento editorial no ético y, por tanto, se considera inaceptable. El envío/publicación duplicada ocurre cuando dos o más trabajos comparten la misma hipótesis, datos, puntos de discusión y conclusiones, sin que estos trabajos hayan sido citados mutuamente uno a otro.

INVESTIGACIÓN HUMANA Y ANIMAL

Toda información identificativa no deberá ser publicada en declaraciones escritas, fotografías o genealogías. Asimismo, no se podrán revelar nombres de pacientes, iniciales o números de historia clínica en materiales ilustrativos. Las fotografías de seres humanos deberán ir acompañadas de un consentimiento informado de la persona y que dicha persona revise el manuscrito previo a su publicación, en el caso de que dicho paciente pueda ser identificado por las imágenes o los datos clínicos añadidos en dicho manuscrito. Los rasgos faciales no deben ser reconocibles.

El Comité Editorial puede requerir a los autores añadir una copia (PDF o papel) de la aprobación de un Comité de Ética en el caso de trabajos con experimentación animal o ensayos clínicos (pacientes, material de pacientes o datos médicos), incluyendo una traducción oficial y verificada de dicho documento. Se debe especificar en la sección ética que todos los procedimientos del estudio recibieron aprobación ética de los comités de ética relevantes correspondientes a nivel nacional, regional o institucional con responsabilidad en la investigación animal/humana. Se debe añadir igualmente la fecha de aprobación y número de registro. En caso de que no se hubiera recibido la aprobación ética, los autores deberán explicar el motivo, incluyendo una explicación sobre la adherencia del estudio a los criterios propuestos en la Declaración de Helsinki (<https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos>).

AUTORÍA

Todos los datos incluidos en la presentación de un manuscrito deben ser reales y auténticos. Todos los autores incluidos deben haber contribuido de forma significativa a la elaboración del documento, así como tiene la obligación de facilitar retracciones o correcciones, si fuera necesario, cuando se encuentren errores en el texto. En el caso de artículos de investigación original y artículos docentes, se recomienda un máximo de 6 autores, aunque se aceptan sugerencias concretas para más de 6 autores. Para otros tipos de manuscritos, 4 autores será considerado un número aceptable. Cada autor deberá especificar cómo desea que se cite su nombre (i.e., solo el primer apellido, los dos apellidos o unir ambos apellidos con guion). En caso de ser necesario, se requerirá que cada autor especifique el tipo y grado de implicación en el documento.

REVISIÓN POR PARES

ANALES RANM publica documentos que han sido aceptados después de un proceso de supervisión por pares. Los documentos enviados serán revisados por "revisores ciegos" que no tendrán ningún tipo de conflicto de interés con respecto a la investigación, a los autores y/o a las entidades financiadoras. Los documentos serán tratados por estos revisores de forma confidencial y objetiva. Los revisores podrán indicar algunos trabajos relevantes previamente publicados que no hayan sido citados en el texto. Tras las sugerencias de los revisores y su decisión, los editores de la revista tienen la autoridad para rechazar, aceptar o solicitar la participación de los autores en el proceso de revisión. Tanto los revisores como los editores no tendrán conflicto de interés con respecto a los manuscritos que acepten o rechacen.

LICENCIAS

En el caso de que un autor desee presentar una imagen, tabla o datos previamente publicados, deberá obtener el permiso de la tercera parte para hacerlo y citarla expresamente. Este permiso deberá estar reflejado por escrito y dirigido a la atención del editor de la revista ANALES RANM. Si la imagen, tabla o datos a publicar están basados en otros previamente publicados habrá de mencionarse dicha circunstancia.

En caso de que una institución o patrocinador participe en un estudio, se requiere de forma explícita su permiso para publicar los resultados de dicha investigación. En caso de presentar información sobre un paciente que pueda revelar su identidad, se requiere el consentimiento informado de dicho paciente por escrito.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores de un manuscrito son responsables de reconocer y revelar cualquier conflicto de intereses, o potencial conflicto de intereses, que pueda sesgar su trabajo, o pudiera ser percibido como un sesgo en su trabajo, así como agradecer todo el apoyo financiero y colaboraciones personales. ANALES RANM se adhiere a las directrices del International Committee of Medical Journal Editors, que está disponible en <http://www.icmje.org>, incluyendo aquellas de conflicto de intereses y de autoría. Cuando exista conflicto de intereses, deberá ser especificado en la Página de Título. De igual forma, el impre-

NORMAS DE PUBLICACIÓN

ANALES DE LA REAL ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA DE ESPAÑA

so de Conflicto de Intereses (ver impreso) deberá ser rellenado, firmado por todos los autores y remitido al editor de ANALES RANM. Los autores deberán mencionar el tipo de relación e implicación de las Fuentes financiadoras. Si no existe conflicto de intereses, deberá especificarse igualmente. Cualquier posible conflicto de intereses, financiero o de cualquier otro tipo, relacionado con el trabajo enviado, deberá ser indicado de forma clara en el documento o en una carta de presentación que acompañe al envío.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

En el último párrafo de la sección Material y Métodos, los autores deberán comentar que los pacientes incluidos en el estudio dieron su consentimiento a participar después de haber sido informados de forma concienzuda acerca del estudio. El editor de ANALES RANM, si lo considera necesario, puede requerir la presentación de este consentimiento informado a los autores.

ENVÍO DE MANUSCRITOS

Los manuscritos deberán ser remitidos por internet a través de la dirección www.analesranm.es en el enlace de Envío de Manuscritos (o en su defecto entregando el material en la secretaría de la RANM), cumplimentando debidamente todos los campos requeridos siguiendo las normas e instrucciones que aparecen en la misma. El texto del manuscrito (incluyendo primera página o página de título, resumen, cuerpo del artículo, agradecimientos y referencias) deberán incluirse en un único archivo. Las figuras y tablas deberán adjuntarse en archivos separados, usando un archivo para cada tabla o figura.

NORMAS ESPECÍFICAS PARA CADA TIPO DE ARTÍCULO

ARTÍCULO ORIGINAL DE INVESTIGACIÓN

Se considerarán trabajos de investigación clínica o básica todos aquellos relacionados con la medicina interna y con aquellas especialidades médico-quirúrgicas que representen interés para la comunidad científica. Los tipos de estudios que se estiman oportunos son los estudios de casos controles, estudios de cohortes, series de casos, estudios transversales y ensayos controlados.

En el caso de ensayos controlados deberán seguirse las instrucciones y normativas expresadas en CONSORT disponible en www.consort-statement.org, o en otros similares disponibles en la web. La extensión máxima del texto será de 3000 palabras que deberán dividirse en las siguientes secciones: Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones. Además, deberá incluir un resumen de una extensión máxima de 300 palabras estructurado en Objetivos, Métodos, Resultados, Conclusiones.

Se acompañará de 3 a 6 palabras clave, recomendándose para las mismas el uso de términos MeSH (Medical Subject Headings de Index Medicus/ Medline disponible en: <https://meshb.nlm.nih.gov/search>) y de términos del Índice Médico Español. Para la redacción de los manuscritos y una correcta definición de palabras médicas le recomendamos consulten el Diccionario de Términos Médicos editado por la Real Academia Nacional de Medicina de España. En total se admitirán hasta 40 referencias bibliográficas siguiendo los criterios Vancouver (ver más adelante). El número máximo de tablas y figuras permitidas será de 6. Una figura podrá estar a su vez formada por una composición de varias. El manuscrito deberá en-

viarse en formato Word (.doc o .docx), las tablas en formato (.doc o .docx) y las figuras en formato .jpg o .tiff y con una calidad de al menos 300 dpi.

ARTÍCULO ORIGINAL DE DOCENCIA

Se considerarán artículos docentes originales aquellos encaminados a mejorar y aportar nuevos datos sobre un enfoque práctico y didáctico de los aspectos docentes más importantes en las Ciencias de la Salud que ayuden a mejorar la práctica docente diaria. La extensión máxima del texto será de 2500 palabras que deberá dividirse en los mismos apartados descritos con anterioridad para los Artículos Originales, con una introducción y unas conclusiones. Se acompañará de un resumen no estructurado de hasta 250 palabras. Se incluirán de 3 a 6 palabras clave. El número máximo de referencias será de 20. Se podrá acompañar de hasta 3 tablas o figuras en los casos precisos. El manuscrito deberá enviarse en formato Word (.doc o .docx), las tablas en formato (.doc o .docx) y las figuras en formato .jpg o .tiff y con una calidad de al menos 300 dpi.

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Son artículos que de forma sistemática intentan mostrar las evidencias más actuales sobre un tema de interés médico o médico-quirúrgico, tratando de establecer una serie de pautas a seguir en determinadas patologías. Los artículos de revisión podrán ser solicitados al autor de forma directa por parte del Comité Editorial (Editor y Editores Asociados) o bien remitidos de forma voluntaria por los autores. Los artículos de este tipo serán revisados por el Comité Editorial, por algún miembro del Comité Asesor/Científico y por Revisores externos. La extensión máxima del artículo será de 4000 palabras divididas en una Introducción, Cuerpo o Síntesis de la revisión (podrán usarse los apartados y sub-apartados que se estimen oportunos) y Conclusiones. El resumen no tendrá que ser estructurado, con un máximo de 300 palabras; Se añadirán de 3 a 6 palabras clave. Se permitirán hasta 50 referencias bibliográficas y hasta 10 tablas o figuras. El manuscrito deberá enviarse en formato Word (.doc o .docx), las tablas en formato (.doc o .docx) y las figuras en formato .jpg o .tiff y con una calidad de al menos 300 dpi.

CASOS CLÍNICOS

Se permitirá la elaboración y envío de casos clínicos interesantes y que tengan un mensaje que transmitir al lector. No se contemplarán casos clínicos habituales sin interés para la comunidad científica. La longitud máxima de los casos será de 1500 palabras distribuidas en una Introducción, Caso Clínico y Discusión. El resumen tendrá una extensión máxima de 150 palabras y no necesitará ser estructurado. Se permitirá un máximo de 3 figuras o tablas.

El número máximo de referencias bibliográficas será de 10. El manuscrito deberá enviarse en formato Word (.doc o .docx), las tablas en formato (.doc o .docx) y las figuras en formato .jpg o .tiff y con una calidad de al menos 300 dpi.

CARTAS AL EDITOR

Los artículos incluidos en esta sección podrán ser comentarios libres sobre algún tema de interés médico o bien críticas a artículos recientemente publicados (últimos 6 meses) en la revista ANALES RANM. Se aceptarán de manera excepcional críticas o comentarios publicados en otras Revistas si tienen un interés médico evidente. La extensión máxima del texto en-

NORMAS DE PUBLICACIÓN

ANALES DE LA REAL ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA DE ESPAÑA

viado serán 500 palabras sin estructurar. No es necesario incluir resumen ni palabras clave. Se podrá incluir 1 figura o tabla acompañando a la carta. Como máximo se permiten 5 citas bibliográficas. El manuscrito deberá enviarse en formato Word (.doc o .docx), las tablas en formato (.doc o .docx) y las figuras en formato .jpg o .tiff y con una calidad de al menos 300 dpi.

CRÍTICA DE LIBROS

En esta sección se permitirá la crítica y comentarios sobre un libro de ámbito médico o médico-quirúrgico en el que se destacarán los aspectos formales y científicos más importantes, así como las aportaciones fundamentales del mismo a la práctica clínica. Su extensión máxima será de 500 palabras. No es necesario resumen, palabras clave y no se permitirán tablas ni figuras, salvo la portada del libro. El manuscrito deberá enviarse en formato Word (.doc o .docx), las tablas en formato (.doc o .docx)

ARTÍCULOS EN SUPLEMENTOS

Los artículos publicados en este tipo de edición extraordinaria serán regulados por el comité editorial/científico de cada Suplemento.

CARACTERÍSTICAS FORMALES EN LA REDACCIÓN DEL MANUSCRITO

Cada trabajo, en función del tipo de artículo anteriormente expresado, deberá estar estructurado según se ha comentado. De forma general los trabajos deberán ir escritos en folios tamaño DIN A4 con una letra 10, tipo Times New Roman, con unos márgenes de 2.5cm y un interlineado de 1.5 con una justificación completa. Los artículos podrán enviarse en Español o Inglés, que son los dos idiomas oficiales de la revista. Durante la elaboración del manuscrito podrán realizarse abreviaturas, previamente especificadas y aclaradas durante la primera aparición de la misma. Se recomienda uso de abreviaturas comunes en el lenguaje científico. No se permitirá el uso de abreviaturas en el título ni el resumen, únicamente en el cuerpo principal del manuscrito. Se deberá hacer especial hincapié en la expresión correcta y adecuada de las unidades de medida. Se considera fundamental y norma editorial la elaboración de un manuscrito que siga las instrucciones anteriormente mencionadas en cuanto a la estructura de cada uno de los tipos de artículos. La estructura general de envío de los artículos será la siguiente:

Página inicial o Página de Título

- Deberá incluirse un Título sin más de 90 caracteres que sea lo suficientemente claro y descriptivo (en castellano e inglés).
- Nombre y Apellidos de los autores - Indicar las Instituciones en las que Trabajan o proceden los autores - Incluir el nombre completo, dirección, e-mail y teléfono del Autor para la correspondencia.
- Título breve: Sin superar los 50 caracteres - Añadir el número de palabras sin incluir el resumen y el número de tablas y figuras si procede.

Segunda página o Página de Resumen y palabras clave

- Se deberá incluir un Resumen si procede según el tipo de manuscrito elegido, en el que deberá incluirse unos Objetivos (indicar el propósito del estudio de forma clara y breve), Métodos (indicando el diseño del estudio, pruebas realizadas, tipo de estudio, selección de pacientes y estudio estadístico), Resultados (los más significativos con su estudio estadístico correspondiente) y Conclusiones (énfasis en lo más importante de lo obtenido en el estudio). A continuación, se incluirán de 3 a 6 palabras clave.

Tercera página o Página de Resumen y palabras clave en inglés

- Siguiendo las mismas recomendaciones anteriormente descritas en el punto anterior, pero en inglés.

Cuarta página y siguientes

- Texto y Cuerpo del manuscrito con sus diferentes apartados -Introducción: Se incluirán los antecedentes más importantes, así como los objetivos del estudio a realizar.
- Material y Métodos: Es la parte fundamental y más crítica del manuscrito. Es conveniente especificar el periodo de estudio, el tipo de población, el diseño del estudio, los procedimientos e instrumentos utilizados en el estudio, así como especificar los criterios de inclusión y de exclusión en el estudio. Deberá incluirse el tipo de estudio estadístico realizado según las características de las variables analizadas y estudiadas. Además, se añadirá si cumple con los requisitos éticos del comité del centro donde se ha llevado a cabo el estudio.
- Resultados: Deben ser claros, concisos y bien explicados. Se intentará resumir parte de ellos en tablas para evitar confusión durante su lectura. Se recomienda no repetir información de las tablas o gráficos en el texto.
- Discusión: Deberán discutirse los resultados obtenidos con respecto a los datos existentes en la literatura de una forma clara y científicamente adecuada. Se evitará repetir comentarios o datos contemplados en los apartados anteriores en la medida de lo posible.
- Conclusiones: Se deberán destacar los aspectos más importantes de los datos obtenidos de forma breve y con mensajes directos
- Agradecimientos
- Referencias o Bibliografía: Se incluirán las citas que el autor o autores hayan utilizado en la elaboración del manuscrito y quede constancia de ellas en el texto. Deberán ser ordenadas según su aparición en el texto y ser incluidas dentro del mismo entre paréntesis y con números arábigos. Las referencias seguirán estrictamente las normas de Vancouver.
- Tablas Deberán realizarse siguiendo los mismos criterios en cuanto a tamaño y tipo de letra, así como interlineado. Cada tabla será incluida en una página en solitario y deberá ser numerada de forma correlativa a su aparición en el texto con números arábigos. Deberá llevar un título explicativo del contenido de la misma de manera clara y concisa. El formato de realización de las tablas será .doc o .docx.
- Figuras Tanto gráficos como fotografías, dibujos o esquemas se consideran figuras. Deberán numerarse según el orden de aparición en el texto. Cada una de las figuras llevará un título explicativo de las mismas, que deberá incluirse en el cuerpo principal del manuscrito tras las Referencias o Bibliografía. Cada figura deberá enviarse en un archivo individual principalmente en formato .tiff o .jpg con una calidad de al menos 300 dpi. Se añadirá además un pie de figura explicativo.

DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL Y PROCESO EDITORIAL COPYRIGHT

La Real Academia Nacional de Medicina de España, como propietaria de la revista ANALES RANM será responsable de custodiar los derechos de auto-

NORMAS DE PUBLICACIÓN

ANALES DE LA REAL ACADEMIA NACIONAL DE MEDICINA DE ESPAÑA

ría de cada manuscrito. Los autores serán requeridos a completar un documento en lo que concierne a derechos de autoría y la transferencia de estos derechos a la revista ANALES RANM (mirar documento). El autor correspondiente está obligado a declarar si alguno de los autores es empleado del Gobierno de Reino Unido, Canadá, Australia o Estados Unidos de América o si tiene algún tipo de relación contractual con estas instituciones. En el caso de que un autor sea empleado de Estados Unidos de América, deberá especificar el número de contrato, así como si la investigación ha recibido fondos de Estados Unidos. Igualmente, si alguno de los autores pertenece al Instituto Médico Howard Hughes, deberá especificarlo.

La firma y acuerdo de copyright incluye:

- Responsabilidad y garantía del autor: El autor garantiza que todo el material enviado a ANALES RANM es original y no ha sido publicado por otra revista o en otro formato. Si alguna parte del trabajo presentado ha sido previamente publicada, deberá especificarse en el manuscrito. El autor garantiza que ninguno de los datos presentados infringe los derechos de terceras partes y autoriza a ANALES RANM a usar el trabajo si fuera necesario.
- Transferencia de derechos de uso: El autor transfiere a la Real Academia Nacional de Medicina de España todos los derechos concernientes al uso de cualquier material derivado del trabajo aceptado para publicación en ANALES RANM, así como cualquier producto derivado respecto a la distribución, transformación, adaptación y traducción, tal y como figura en el texto revisado de la Ley de Propiedad Intelectual.

Por tanto, los autores no estarán autorizados a publicar o difundir trabajos aceptados para publicación en ANALES RANM sin la expresa autorización escrita de la Real Academia Nacional de Medicina de España.

PROCESO EDITORIAL Y REVISIÓN

Los manuscritos enviados son recibidos a través de un sistema de envío mediante página web (o email en su caso) y, una vez recibidos ANALES RANM informará a los autores si el manuscrito es aceptado, rechazado o requiere de un proceso de revisión. El proceso de revisión comienza tras la recepción y una evaluación formal del Editor o Editores Asociados.

Posteriormente, el manuscrito será enviado a un mínimo de dos revisores externos o miembros del Consejo Rector o del Comité Científico sin que aparezca el nombre de los autores, datos personales ni filiación de los mismos para asegurar un proceso de revisión apropiado y objetivo. Una vez que el informe del revisor externo se ha recibido, el Comité Editorial emitirá una decisión que será comunicada a los autores.

El primer proceso de revisión no durará más de dos meses. Si un manuscrito requiere cambios, modificaciones o revisiones, será notificado a los autores y se les dará un tiempo para que realicen dichos cambios. La cantidad de tiempo dependerá del número de cambios que se requieran. Una vez que la versión revisada sea enviada, los autores deberán resaltar los cambios realizados en un color diferente y adjuntar una carta de respuesta a los revisores donde se argumentan de forma clara dichos cambios realizados en el manuscrito.

El Comité Editorial de ANALES RANM se reserva el derecho de hacer cambios o modificaciones al manuscrito con el consentimiento y aprobación de

los autores sin hacer cambios en el contenido. El objetivo de estos cambios será mejorar la calidad de los manuscritos publicados en la revista. Tras la aceptación de un artículo, este será enviado a prensa y las pruebas serán enviadas al autor.

El autor deberá revisar las pruebas y dar su aprobación, así como indicar cualquier error o modificación en un plazo de 48 horas. Pasado este tiempo, no se admitirán cambios en el contenido científico, el número o el orden de los autores. En caso de que aparezca errores tipográficos u otros errores en la publicación final, el Comité Editorial junto con los autores publicarán una aclaración apropiada en el siguiente número de la revista. En el caso extremo en que los autores insistieran en hacer cambios no autorizados antes de la publicación final del artículo o violar los principios previamente mencionados, el Comité Editorial de ANALES RANM se reserva el derecho de no publicar el artículo.

AGRADECIMIENTOS

En agradecimiento, los revisores recibirán un diploma o documento acreditativo reconociendo su contribución a ANALES RANM (requiere solicitud al Editor). El Comité Editorial y Científico añadirán nuevos revisores cada año y están siempre abiertos a las sugerencias de los revisores para mejorar la calidad científica de la revista.

POLÍTICA EDITORIAL Y PUBLICIDAD

La revista ANALES RANM se reserva el derecho de admitir publicidad comercial relacionada con el mundo de las Ciencias de la Salud si lo cree oportuno. ANALES RANM, su Consejo Editorial y Científico y la Real Academia Nacional de Medicina no se hacen responsables de los comentarios expresados en el contenido de los manuscritos por parte de los autores.

LISTADO DE COMPROBACIÓN

Este listado es muy útil a la hora de realizar la última revisión del artículo previa a su envío a la Publicación. Revisar y comprobar las siguientes tareas: Nombrar un autor de correspondencia y su correo electrónico. Preparar todos los archivos que deberá incluir el envío.

Sobre el Manuscrito verificar:

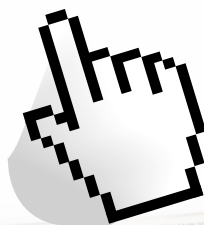
- Que contiene la lista de palabras clave
- Que se incluyen todas las figuras y sus títulos correspondientes
- Que están todas las tablas (con el título, descripción y notas pertinentes)
- Que todas las referencias a tablas y figuras en el texto coinciden con los archivos de tablas y figuras que envía.
- Indicar si alguna de las figuras requiere impresión a color.
- Que las imágenes tienen calidad y la adecuada resolución.

También tener presente:

- Realizar una corrección ortográfica y gramatical.
- Comprobar que todas las citas del texto se hallan en el listado de referencias, y viceversa.
- Obtener los permisos necesarios para el uso de material sujeto a derechos de autor, incluyendo el material que provenga de Internet.
- Realizar las declaraciones de conflicto de intereses.
- Revisar la normativa de la revista detallada en la presente Guía.
- Citar explícitamente las fuentes y origen de contenidos externos.

¡BUSCA EN ESPAÑOL!

www.medes.com



medes
medicina en español

El buscador de información médica
en español.

selección rigurosa de publicaciones
continua **actualización**
precisión en los resultados

MEDES es una iniciativa de Fundación Lilly

 fundación *Lilly*