

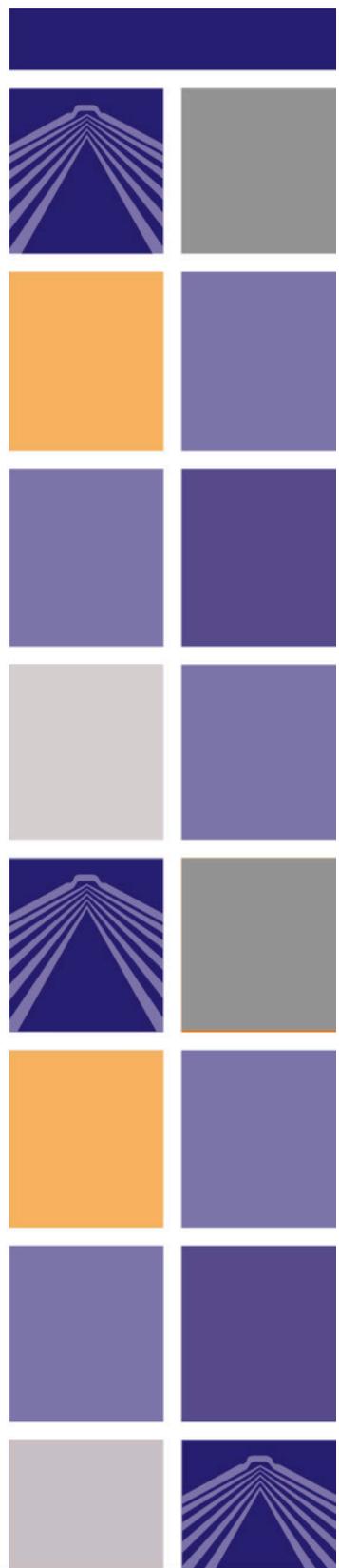
Técnicas neurocientíficas aplicadas a la salud

Iván Padrón González
Alberto Domínguez Martínez
José Luis González Mora

VÍDEO AUTORES



PIRÁMIDE



Técnicas
neurocientíficas
aplicadas a la salud

IVÁN PADRÓN GONZÁLEZ

DOCTOR POR LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (ESPAÑA) Y ESPECIALISTA EN TÉCNICAS DE ESTIMULACIÓN CEREBRAL NO INVASIVA Y RESONANCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL

ALBERTO DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ

CATEDRÁTICO DE PSICOLOGÍA BÁSICA DE LA FACULTAD DE PSICOLOGÍA Y LOGOPEDIA,
INSTITUTO UNIVERSITARIO DE NEUROCIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (ESPAÑA)

JOSÉ LUIS GONZÁLEZ MORA

CATEDRÁTICO DE FISIOLOGÍA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD, SECCIÓN DE MEDICINA, DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICAS BÁSICAS
DE LA UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA (ESPAÑA) Y DIRECTOR DEL SERVICIO DE RESONANCIA MAGNÉTICA PARA INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS

Técnicas neurocientíficas aplicadas a la salud

EDICIONES PIRÁMIDE

COLECCIÓN «PSICOLOGÍA»

Director:

Francisco J. Labrador

Catedrático de Modificación de Conducta
de la Universidad Complutense de Madrid

Edición en versión digital

Está prohibida la reproducción total o parcial de este libro electrónico, su transmisión, su descarga, su descompilación, su tratamiento informático, su almacenamiento o introducción en cualquier sistema de repositorio y recuperación, en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, conocido o por inventar, sin el permiso expreso escrito de los titulares del copyright.

© Iván Padrón González, Alberto Domínguez Martínez y José Luis González Mora, 2023

© Primera edición electrónica publicada por Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, S. A.), 2023

Para cualquier información pueden dirigirse a piramide_legal@anaya.es

Valentín Beato, 21. 28037 Madrid

Teléfono: 91 393 89 89

www.edicionespiramide.es

ISBN digital: 978-84-368-4798-7

Relación de autores

Martín Antúnez García

Departamento de Psicología Cognitiva, Social y Organizacional. Facultad de Psicología y Logopedia. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.
Department of Human Development and Quantitative Methodology, University of Maryland, MD, EE. UU.

Horacio A. Barber

Departamento de Psicología Cognitiva, Social y Organizacional. Facultad de Psicología y Logopedia. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.
Basque Center On Cognition, Brain and Language. España.

Alfonso Barrós-Loscertales

Departamento de Psicología Básica, Clínica y Psicobiología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universitat Jaume I. España.

David Beltrán Guerrero

Departamento de Psicología Básica I. Facultad de Psicología. Universidad Nacional de Educación a Distancia. España.
Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Beatriz Bermúdez-Margaretto

Departamento de Psicología Básica, Psicobiología y Metodología de las Ciencias del Comportamiento. Instituto de Integración en la Comunidad - INICO Facultad de Psicología. Universidad de Salamanca. España.
Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna.

Agustina Birba

Departamento de Psicología Cognitiva, Social y Organizacional. Facultad de Psicología y Logopedia. Instituto Uni-

versitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Centro de Neurociencias Cognitivas. Universidad de San Andrés. Argentina.

Maria Antonieta Bobes León

Departamento de Neurociencias Cognitivas. Centro de Neurociencias de Cuba. Cuba.

Raúl Cabestrero Alonso

Departamento de Psicología Básica II. Facultad de Psicología. Universidad Nacional de Educación a Distancia. España.

Víctor Costumero-Ramos

Departamento de Psicología Básica, Clínica y Psicobiología. Facultad de Ciencias de la Salud. Universitat Jaume I. España.

Carlos De las Cuevas Castresana

Departamento de Medicina Interna, Dermatología y Psiquiatría. Facultad de Ciencias de la Salud. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Carles Falcon Falcon

BarcelonaBeta Brain Research Center. Fundación Pascual Maragall. Barcelona. España.

Paola Fuentes Claramonte

FIDMAG Research Foundation, Barcelona, España.
CI- BERSAM, Barcelona, España.

Enrique García-Marco

Departamento de Psicología Cognitiva, Social y Organizacional. Facultad de Psicología y Logopedia. Instituto Uni-

versitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Europea de Canarias. España.

Daylín Góngora Leonart

Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

José Luis González-Mora

Departamento de Ciencias Médicas Básicas. Facultad de Ciencias de la Salud. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Pamela Guevara

Departamento de Ingeniería Eléctrica. Facultad de Ingeniería. Universidad de Concepción. Chile.

Estefanía Hernández-Martín

Departamento de Ciencias Médicas Básicas. Facultad de Ciencias de la Salud. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Julio César Hernández-Pavón

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Feinberg School of Medicine, Northwestern University, Chicago, IL, EE. UU.

Legs + Walking Lab, Shirley Ryan AbilityLab (Formerly The Rehabilitation Institute of Chicago), Chicago, IL, EE. UU.

Center for Brain Stimulation, Shirley Ryan AbilityLab, Chicago, IL, EE. UU.

Inmaculada León Santana

Departamento de Psicología Cognitiva, Social y Organizacional. Facultad de Psicología y Logopedia. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Mikel Lizarazu

BCBL, Basque Center on Cognition, Brain and Language. España.

Jesús Llabrés Olmo

Departamento de Ciencias Médicas Básicas. Facultad de Ciencias de la Salud. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Departamento de Neurología, sección Neurofisiología del Hospital Universitario de Canarias.

Francisco José Marcano Serrano

Departamento de Ciencias Médicas Básicas. Facultad de Ciencias de la Salud. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Maartje van der Meij

Universidad de La Laguna. España.

Ana Mirallave Pescador

Department of Intraoperative Neurophysiology. King's College Hospital, NHS Foundation Trust. Reino Unido.

Cristián Modroño Pascual

Departamento de Ciencias Médicas Básicas. Facultad de Ciencias de la Salud. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Isabel Orenes Casanova

Departamento de Psicología Básica I. Facultad de Psicología. Universidad Nacional de Educación a Distancia. España.

Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Iván Padrón González

Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Facultad de Psicología y Logopedia. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Óscar Pérez-Díaz

Departamento de Ciencias Médicas Básicas. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de La Laguna. España.

Pedro Pérez Lorensu

Departamento de Ciencias Médicas Básicas. Facultad de Ciencias de la Salud. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Departamento de Neurología, sección Neurofisiología del Hospital Universitario de Canarias.

Esteban Pino

Departamento de Ingeniería Eléctrica. Facultad de Ingeniería. Universidad de Concepción. Chile.

Julio Plata-Bello

Servicio de Neurocirugía. Hospital Universitario de Canarias.

Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

María José Rodrigo López

Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Facultad de Psicología y Logopedia. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Darío Rojas

Facultad de Ingeniería. Universidad Finis Terrae. Chile.

Vincenzo Romei

Dipartimento di Psicologia. Centro studi e ricerche in Neuroscienze Cognitive. Alma Mater Studiorum-Università di Bologna. Italia.

Carles Soriano-Mas

Departamento de Psicología Social y Psicología Cuantitativa. Facultad de Psicología. Universitat de Barcelona. España. Instituto de Investigación Biomédica de Bellvitge-IDIBELL, CIBERSAM G17.

Juan L. Terrasa

Neurociencia Cognitivo-Afectiva y Psicología Clínica. Instituto Universitario de Investigación en Ciencias de la Salud. Instituto de Investigación Sanitaria de las Islas Baleares. Universitat de les Illes Balears. España.

Jelena Trajkovic

Dipartimento di Psicologia. Centro studi e ricerche in Neuroscienze Cognitive. Alma Mater Studiorum-Università di Bologna. Italia.

Mabel Urrutia Martínez

Facultad de Educación. Universidad de Concepción. Chile.

Manuel de Vega Rodríguez

Departamento de Psicología Cognitiva, Social y Organizacional. Facultad de Psicología y Logopedia. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Domenica Veniero

School of Psychology, University of Nottingham. Reino Unido.

Juan Verdejo-Román

Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico. Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento (CIMCYC-UGR). Universidad de Granada. España.

Rebeca Villarroel

Departamento de Ciencias Médicas Básicas. Facultad de Ciencias de la Salud. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Francesca Vitale

Departamento de Psicología Cognitiva, Social y Organizacional. Facultad de Psicología y Logopedia. Instituto Universitario de Neurociencias. Universidad de La Laguna. España.

Índice

Prólogo.....	17
--------------	----

PARTE PRIMERA Técnicas neurofisiológicas

1. Electroencefalografía y su aplicación en la salud (<i>Enrique García-Marco, Beatriz Bermúdez-Margaretto, Ana Mirallave Pescador y David Beltrán Guerrero</i>)	25
Resumen.....	25
1.1. Protocolo metodológico.....	25
1.2. Uso de la técnica de EEG en el contexto de la investigación	33
1.3. Aplicaciones a la salud.....	35
1.4. Equipamiento EEG	38
1.5. Conclusiones.....	42
Referencias.....	43
2. Magnetoencefalografía (<i>Mikel Lizarazu</i>).....	45
Resumen.....	45
2.1. Historia de la MEG	45
2.2. Instrumentación de la MEG	47
2.3. Protocolo metodológico.....	49
2.4. Aplicaciones clínicas de la MEG.....	53
2.5. Conclusiones.....	56
Referencias.....	57
3. Electroencefalografía cuantificada en neurología (<i>Jesús Llabrés Olmo y Pedro Pérez Lorensu</i>).....	59
Resumen.....	59
3.1. Introducción y fundamentos técnicos	59
3.2. Aplicaciones en medicina	63
3.3. Conclusión.....	78
Referencias.....	78

4. Hyperscanning, técnica efectiva para el estudio de la neurociencia social (<i>Mabel Urrutia Martínez, Darío Rojas, Esteban Pino y Pamela Guevara</i>)..	81
Resumen.....	81
4.1. Introducción	81
4.2. Aplicaciones a la investigación.....	82
4.3. Aplicaciones a la salud.....	83
4.4. Configuración del equipamiento.....	85
4.5. Protocolo metodológico.....	87
4.6. Conclusiones.....	93
Referencias.....	93
5. Corregistro de EEG y movimientos oculares (<i>Martín Antúnez García y Horacio A. Barber</i>)	95
Resumen.....	95
5.1. Introducción conceptual y fundamentos de la técnica	95
5.2. Uso de la técnica en el contexto de investigación.....	96
5.3. Transferencia aplicada a la salud	97
5.4. Protocolo metodológico.....	99
5.5. Equipos.....	108
5.6. Conclusiones.....	108
Referencias.....	109
6. Corregistro de EEG con estimulación magnética transcraneal (<i>Vincenzo Romei, Jelena Trajkovic, Domenica Veniero y Julio César Hernández-Pavón</i>).....	111
Resumen.....	111
6.1. Introducción	111
6.2. El uso del TMS-EEG en la investigación básica	113
6.3. El uso del TMS-EEG en el ámbito clínico	116
6.4. Protocolo metodológico.....	117
6.5. Equipo	127
6.6. Conclusiones.....	128
Referencias.....	129
7. Movimientos oculares en neurociencia (<i>Isabel Orenes Casanova y Raúl Cabestrero Alonso</i>)	131
Resumen.....	131
7.1. Introducción conceptual y fundamentos de la técnica	131
7.2. Aplicaciones a la investigación.....	136
7.3. Aplicaciones a la salud.....	138
7.4. Protocolo metodológico.....	142
7.5. Equipos de registro	146
7.6. Conclusiones.....	147
Referencias.....	148

PARTE SEGUNDA
Técnicas de neuroimagen

8. Resonancia magnética funcional (<i>Alfonso Barrós-Loscertales, Carles Falcon Falcon, Paola Fuentes Claramonte, Juan L. Terrasa, Óscar Pérez-Díaz y Carles Soriano-Mas</i>)	153
Resumen	153
8.1. Introducción	153
8.2. Secuencias de resonancia magnética funcional.....	158
8.3. Transferencia aplicada a la salud	163
8.4. Combinación de la fMRI con otras técnicas.....	164
8.5. Conclusiones.....	169
Referencias.....	170
9. Espectroscopia funcional en el infrarrojo cercano y sus aplicaciones (<i>José Luis González-Mora, Francisco Marcano Serrano y Estefanía Hernández-Martín</i>).....	171
Resumen	171
9.1. Introducción	171
9.2. Aplicaciones en imagen funcional cerebral	177
9.3. Conclusiones.....	180
Referencias.....	180
10. Morfometría basada en vóxel (<i>Cristián Modroño Pascual y Rebeca Villarreal</i>).....	183
Resumen	183
10.1. Introducción	183
10.2. Aplicaciones a la investigación.....	184
10.3. Aplicaciones a la salud.....	186
10.4. Protocolos metodológicos.....	187
10.5. Equipos.....	194
10.6. Conclusiones.....	194
Referencias.....	194
11. Estado de reposo en fMRI (<i>Julio Plata-Bello, Alfonso Barrós-Loscertales, Víctor Costumero-Ramos, Carles Soriano-Mas y Juan Verdejo-Román</i>)	195
Resumen	195
11.1. Introducción	195
11.2. Protocolo metodológico.....	196
11.3. Conclusiones.....	202
Referencias.....	203

12. Espectroscopia funcional de resonancia magnética <i>in vivo</i> del cerebro humano (<i>Francisco José Marcano Serrano, Estefanía Hernández-Martín, Cristián Modroño Pascual y José Luis González-Mora</i>)	207
Resumen	207
12.1. Introducción	207
12.2. Aplicaciones de la fMRS a la investigación del cerebro <i>in vivo</i>	216
12.3. Aplicaciones en salud de la fMRS de cerebro <i>in vivo</i>	217
12.4. Protocolo metodológico.....	218
12.5. Equipos.....	222
12.6. Conclusiones.....	225
Referencias.....	225
13. Conectividad estructural (<i>Daylín Góngora Leonart, Inmaculada León Santana, María José Rodrigo López y María Antonieta Bobes León</i>)	227
Resumen	227
13.1. Introducción conceptual y mecanismos de acción de la técnica	227
13.2. Uso de la técnica en el contexto de investigación.....	229
13.3. Resultados de estudios usando la técnica de DTI en el ámbito de la salud	234
13.4. Protocolo metodológico de adquisición, procesado de datos e interpretación de resultados para cada técnica.....	236
13.5. Conclusiones.....	239
Referencias.....	239
PARTE TERCERA	
Técnicas de neuromodulación cerebral	
14. Estimulación magnética transcraneal (<i>Francesca Vitale, Iván Padrón González, Agustina Birba y Manuel de Vega Rodríguez</i>).....	245
Resumen	245
14.1. Introducción	245
14.2. Protocolos de estimulación magnética transcraneal.....	246
14.3. Equipamiento	253
14.4. Usos clínicos del TMS	256
14.5. Usos en investigación.....	260
14.6. Conclusiones.....	262
Referencias.....	262
15. Estimulación transcraneal de corriente directa (<i>Agustina Birba, Iván Padrón González, Francesca Vitale y Manuel de Vega Rodríguez</i>)	265
Resumen	265
15.1. Introducción	265
15.2. Fundamentos y mecanismos fisiológicos de la tDCS.....	266
15.3. Protocolos metodológicos.....	270

15.4. Aplicaciones de la tDCS	277
15.5. Aplicaciones terapéuticas	279
15.6. Limitaciones y futuras investigaciones	281
15.7. Conclusiones	282
Referencias	283
16. Técnicas de regulación cerebral: biofeedback y neurofeedback (Maartje van der Meij y Horacio A. Barber).....	285
Resumen	285
16.1. Introducción	285
16.2. Aplicaciones a la investigación.....	290
16.3. Aplicaciones clínicas de los entrenamientos con <i>biofeedback</i> y <i>neurofeedback</i>	294
16.4. Protocolos metodológicos	297
16.5. Equipos y sistemas utilizados.....	299
16.6. Conclusiones.....	300
Referencias.....	301
17. Estimulación cerebral profunda (Estefanía Hernández-Martín).....	303
Resumen	303
17.1. Introducción	303
17.2. Aplicación clínica.....	306
17.3. Protocolos metodológicos	309
17.4. Conclusiones.....	313
Referencias.....	314
18. Epílogo. Reflexionando sobre las técnicas neurocientíficas: tecnofilia y tecnofobia (Carlos De las Cuevas Castresana).....	317
Resumen	317
18.1. Introducción	317
18.2. Tecnofilia	322
18.3. Tecnofobia	323
18.4. Conclusiones.....	325
Referencias.....	326

Prólogo

Los avances científicos de las neurociencias se difunden ampliamente en multitud de revistas científicas especializadas, e incluso llegan a veces al gran público en forma de noticias en los medios. Estos avances se basan en el uso de técnicas capaces de registrar e incluso modificar la actividad cerebral, mientras el individuo realiza una tarea o simplemente está en reposo.

Paradójicamente, el impacto de las neurociencias en la práctica de los profesionales de la salud ha sido relativamente escasa hasta ahora. Por ejemplo, muchos psiquiatras, psicólogos y logopedas siguen utilizando principalmente herramientas diagnósticas tradicionales, como la entrevista clínica, los tests y cuestionarios de autoinforme o la observación. Aun reconociendo la notable eficacia de estos procedimientos, sorprende la escasa penetración de las técnicas neurocientíficas en la consulta, que podrían aportar biomarcadores diagnósticos o ayudar a detectar problemas neurológicos que escapan a los métodos tradicionales. Ciertamente, algunas de las técnicas que se describen en este libro, como las de neuroimagen, no son viables en un contexto primario de salud mental por su complejidad técnica, su coste económico y su tamaño físico. Pero hay otras que han alcanzado un grado de miniaturización y una reducción de precio aceptables. Este es el caso de la electroencefalografía, el registro de movimientos oculares o pupilométrico e incluso la neuroimagen cercana al infrarrojo que, con el

software adecuado, podrían llegar a aplicarse de forma rutinaria en contextos primarios de salud mental.

Este libro ofrece una descripción ordenada de las técnicas neurocientíficas más avanzadas y de sus aplicaciones tanto en ámbitos de investigación científica como en contextos clínicos o de salud mental. Va dirigido tanto a estudiantes de cursos avanzados como a profesionales. A los estudiantes de neurología, psiquiatría, psicología o logopedia les proporcionará un texto fundamental para formarse en alguna de esas técnicas, como parte de sus estudios de máster o de doctorado. A los profesionales en estos mismos campos les permitirá iniciarse en estas técnicas y, eventualmente, les ayudará a decidir sobre la posible incorporación de alguna de ellas en su práctica cotidiana.

Los autores y autoras de los capítulos, que muestran una notable trayectoria científica y profesional y un conocimiento especializado de primera mano en las técnicas que describen, han hecho un esfuerzo de sistematización didáctica para facilitar la lectura y asimilación de los contenidos. La mayoría de los capítulos comparten una serie de apartados, que facilitan al lector una extracción rápida de la información más relevante. Así, en cada capítulo se presenta la fundamentación fisiológica de la técnica, detallando el tipo de señal cerebral o biológica que mide (o modula). También se describen el equipamiento y ac-

cesorios necesarios; la puesta en escena de una sesión, tanto desde la perspectiva del experimentador como del participante; los protocolos metodológicos de registro y análisis de datos, que incluyen generalmente condiciones de control, tipos de diseño, etc.; el preprocesamiento de la señal registrada (eliminación o corrección de artefactos, obtención de promedios, etc.). Asimismo, se ofrecen las aplicaciones de las técnicas en la investigación de procesos (memoria, lenguaje, atención, etc.) y en el diagnóstico de trastornos mentales o neurodegenerativos en contextos sanitarios y clínicos y, en el caso de técnicas de neuroestimulación, su utilidad en la rehabilitación y tratamiento. Finalmente, se incluyen consideraciones éticas y de seguridad en su aplicación.

Antes de revisar el contenido de los capítulos, reflexionemos brevemente sobre la asombrosa complejidad de la actividad cerebral. Básicamente el cerebro es una inmensa red con billones de interconexiones neuronales que intercambian señales. En la mayoría de las neuronas la transmisión de información implica potenciales eléctricos producidos por la despolarización de la membrana axonal, que a su vez inducen la transmisión de sustancias químicas (neurotransmisores) entre las sinapsis, a través de canales iónicos liberadores o receptores. Por otra parte, hay una intensa actividad hemodinámica a través de la red de capilares que alimentan las neuronas, que correlaciona con la demanda metabólica durante su actividad. Más allá de las señales producidas en el propio cerebro, hay también manifestaciones periféricas observables de su actividad, como potenciales eléctricos musculares, movimientos oculares o sacádicos, variaciones en el tamaño de la pupila o respuestas del sistema nervioso autónomo (sudoración, ritmo cardíaco, presión sanguínea, etc.). Finalmente, si consideramos la actividad cerebral en una escala temporal amplia, hay efectos de plasticidad, que incluyen cambios estructurales en la conectividad o en el grosor y densidad cortical de ciertas regiones, que pueden ser inducidos por el aprendizaje, la cog-

nición, factores socioafectivos, traumáticos o psicopatológicos.

Ninguna herramienta científica puede registrar toda esta actividad multidimensional del cerebro, pero las técnicas explicadas en este libro detectan de forma controlada algunas de estas señales o cambios, asociados a la actividad cerebral humana. De este modo, cada técnica obtiene medidas neurobiológicas parciales, pero que dan información muy valiosa sobre las funciones cognitivas en el cerebro sano y sobre las alteraciones anatómicas o funcionales que subyacen a los trastornos mentales o neurodegenerativos. A continuación, se describen las técnicas y aplicaciones que se incluyen en los capítulos del libro¹.

Electroencefalografía (EEG)². La vieja técnica de EEG ha ido evolucionando, gracias a la miniaturización de los equipos, el enorme poder de cómputo de los ordenadores y los avances en *software* de análisis de la señal, hasta convertirse en una herramienta básica en la investigación neurocognitiva. El EEG registra los potenciales eléctricos postsinápticos de grandes poblaciones de neuronas piramidales, a través de electrodos situados externamente sobre el cráneo, ofreciendo datos con una resolución temporal de milisegundos. Varios capítulos dan cuenta de la pujanza de esta técnica. El *capítulo 1* (García-Marco et al.) ofrece una detallada descripción de todos los aspectos de la técnica, incluyendo los tipos de análisis de la señal de EEG, los principales potenciales relacionados con eventos (ERP), etc. Incluye también algunas de sus aplicaciones en investigación y en el campo de la salud. El *capítulo 3* (Llabrés y Pérez Lorensu) se dirige a las aplicaciones de EEG

¹ Las imágenes marcadas en el pie de las figuras mediante los símbolos ** están disponibles en color en el cuadernillo central del libro.

² En la mayoría de los acrónimos utilizados a lo largo del libro se ha optado por las iniciales de la expresión inglesa, que es la que se maneja en los artículos científicos y en los manuales. En algunos otros casos se ha mantenido la expresión en español, ya que se entiende que es la más usada en esos casos particulares.

en la consulta del neurólogo, prestando especial atención al análisis de los ritmos bioeléctricos y su utilidad para detectar diversos trastornos cerebrales. El *capítulo 4* (Urrutia et al.) describe el hiperescaneo (*hyperscanning*), una interesante extensión de la técnica de EEG, consistente en el registro simultáneo de dos o más participantes mientras realizan una tarea compartida, lo cual permite valorar el grado de sincronización de su actividad cerebral en contextos de interacción social.

Magnetoencefalografía (MEG). Esta técnica registra los débiles campos magnéticos que acompañan a la actividad eléctrica del cerebro y ofrece datos de gran resolución temporal como el EEG, aunque a diferencia de este, también muestra una buena resolución espacial de la actividad cortical. El *capítulo 2* (Lizarazu) ofrece un panorama general de la MEG y sus aplicaciones clínicas potenciales, por ejemplo, para detectar el foco neuronal de la epilepsia.

Imagen de resonancia magnética funcional (fMRI). Utiliza equipos de resonancia magnética (RM), para registrar con enorme precisión la actividad hemodinámica (señal BOLD) asociada a la actividad cortical y subcortical, ya sea en estado de reposo o durante la realización de una tarea, ofreciendo imágenes de alta resolución espacial, en una escala temporal de segundos. El *capítulo 8* (Barrós-Loscertales et al.), introduce diversos aspectos técnicos de la fMRI, incluidos los protocolos de secuencias utilizados en la obtención de imágenes y sus aplicaciones, por ejemplo, como herramienta de evaluación funcional antes de la neurocirugía. Ofrece además una interesante descripción del protocolo que debe seguir el paciente sometido a un medio tan extraño. El *capítulo 11* (Plata-Bello et al.) describe el registro de fMRI en estado de reposo (*resting-state fMRI*), es decir, cuando no se le pide al participante una tarea específica, permitiendo estimar la conectividad funcional tanto en el cerebro sano como en pacientes con alteraciones neurológicas.

Otras medidas basadas en resonancia magnética. El equipamiento de RM ofrece otras posibilidades, más allá del registro de la señal BOLD, que aportan interesantes datos funcionales y estructurales del cerebro humano en vivo. Así, el *capítulo 10* (Modroño y Villaroel) muestra los protocolos de morfometría basada en vóxels, que permiten estimar las diferencias individuales en el volumen y densidad de determinadas regiones corticales o los cambios debidos a la plasticidad neuronal, resultantes del aprendizaje o del tratamiento. Por su parte, la espectroscopia funcional basada en RM (fMRS), descrita en el *capítulo 12* (Marcano et al.), ofrece un perfil de la actividad de ciertos metabolitos neuronales, incluidos algunos neurotransmisores relevantes, en una determinada área cerebral. Los protocolos más avanzados que relatan los autores permiten estimar los cambios en la concentración de estos metabolitos a lo largo del tiempo o en función de la tarea realizada. Finalmente, el *capítulo 13* (Góngora et al.) desarrolla los protocolos de imagen por tensor de difusión (DTI) que, calculando la anisotropía del agua en sustancia blanca, permiten estimar la morfología de los grandes tractos que conectan las regiones del córtex, lo cual tiene aplicaciones en el campo clínico al aportar posibles biomarcadores relacionados con trastornos mentales y neurodegenerativos.

Imagen funcional de infrarrojo cercano (fNIRS). Se trata de una técnica de neuroimagen que utiliza un equipamiento físico muy diferente de la fMRI. El *capítulo 9* (González-Mora et al.) explica su funcionamiento, basado en la absorción de luz infrarroja cercana por las moléculas de hemoglobina del cerebro. Para ello se sitúan diodos emisores y diodos fotorreceptores sobre el cráneo, ofreciendo imágenes funcionales de la corteza cerebral, basadas en indicadores hemodinámicos. La técnica es en cierta medida equivalente a la fMRI, pero mucho más portable y menos sensible a artefactos de movimiento, lo cual la hace idónea para trabajar en contextos no hospitalarios.

Registro ocular (*eye-tracker*). El registro de los movimientos sacádicos y de las variaciones en el tamaño de la pupila mediante avanzados equipos de *eye-tracker* está muy extendido en los laboratorios experimentales y también en entornos naturales. El *capítulo 7* (Orenes y Cabestrero) muestra cómo los registros oculares proporcionan una «ventana» a los procesos atencionales en diversas tareas y contextos; por ejemplo, en los procesos de lectura, en la conducción de automóviles o en el impacto de la publicidad. Los patrones de movimientos oculares pueden ser también marcadores de trastornos mentales y neurodegenerativos.

Estimulación cerebral. Mientras que las técnicas mencionadas hasta ahora registran algún aspecto de la actividad cerebral, la estimulación cerebral abarca un conjunto de técnicas que inducen cambios transitorios o relativamente persistentes en la actividad cerebral. En general son técnicas no invasivas, es decir, que la estimulación se aplica externamente de forma inocua. La estimulación magnética transcraneal o TMS, descrita en el *capítulo 14* (Vitale et al.) induce breves pulsos magnéticos de gran intensidad sobre el cráneo, modulando focalmente la actividad neuronal de la corteza cerebral subyacente. Este tipo de modulación puede ser excitatoria o inhibitoria («lesión virtual»), dependiendo de la frecuencia de los pulsos, y tiene aplicaciones en el campo científico, pero también en la rehabilitación y tratamiento de pacientes. Por su parte, la estimulación transcraneal de corriente directa (tDCS), tratada en el *capítulo 15* (Birba et al.), consiste en la aplicación de una débil corriente eléctrica sobre el cuero cabelludo a través de dos electrodos (anódico y catódico), que produce un cambio en la polarización de la membrana neuronal en las áreas subyacentes, alterando su potencial de reposo. La tDCS también puede ser excitatoria (bajo el electrodo anódico) o inhibitoria (bajo el electrodo catódico) y tiene un efecto bastante prolongado, aunque menos focal que la TMS. Por último, la estimulación cerebral profunda (DBS) es una técnica de estimulación eléctrica invasiva

y por tanto de uso exclusivamente clínico. El *capítulo 17* (Hernández-Martín y Sanger) describe la técnica de implantación de electrodos en estructuras subcorticales y los protocolos de estimulación de gran utilidad para mejorar los síntomas de la enfermedad de Parkinson, entre otras.

Corregistro mediante dos técnicas. Algunos capítulos describen el corregistro simultáneo mediante dos técnicas, aumentando enormemente la riqueza de información al combinar dos señales biológicas diferentes. Así, el *capítulo 5* (Antúnez et al.) reporta el corregistro de EEG y los movimientos oculares o el tamaño de la pupila; mientras que el *capítulo 6* (Romei et al.) habla del corregistro EEG-TMS, que permite estimar la conectividad funcional al rastrear el potencial cerebral inducido por la estimulación, tanto en estado de reposo como en estados neurales inducidos por tareas. Ambas técnicas de corregistro se han desarrollado, sobre todo, en el ámbito de la investigación, aunque recientemente se están implementando aplicaciones en ámbitos de salud mental y clínicos. Finalmente, otro tipo de técnicas descritas en el *capítulo 16* (Van der Meij y Barber) consiste en proporcionar retroalimentación al participante. La retroalimentación puede basarse en los cambios en una señal fisiológica, como la respiración, medidas cardiovasculares, o tensión muscular (*biofeedback*), o bien en los cambios en una señal neurológica, registrada mediante EEG, fMRI u otra técnica (*neurofeedback*). La retroalimentación permite entrenar la autorregulación y el aprendizaje y tiene, por tanto, aplicaciones en salud mental.

Es notable el carácter multidisciplinar que subyace a estas técnicas, cuyo desarrollo ha sido posible gracias a los conocimientos acumulados sobre electromagnetismo o física de partículas, a los avances sobre anatomía, fisiología y bioquímica del cerebro, al trabajo de la ingeniería aplicada al diseño de equipos avanzados, al de la informática que elabora protocolos de limpieza, extracción y análisis de las señales neurobiológicas. Pero también, gracias al personal científico y sanitario que

- luación del Servicio Canario de la Salud. Informes de Evaluación de Tecnologías Sanitarias.
14. Weil, M. M. y Rosen, L. D. (1995). The Psychological Impact of Technology from a Global Perspective: A study of technological sophistication and technophobia in university students from 23 countries. *Computers in Human Behavior*, 11(1), 95-133.
 15. Loken, E. K., Hetteema, J. M., Aggen, S. H. y Kendler, K. S. (2014). The structure of genetic and environmental risk factors for fears and phobias. *Psychol Med*, 44(11), 2375-2384.
 16. Reynolds, G., Field, A. P. y Askew, C. (2017). Learning to fear a second-order stimulus following vicarious learning. *Cogn Emot*, 31(3), 572-579.
 17. Brod, C. (1984). *Technostress: The Human Cost of the Computer Revolution*. Addison-Wesley Publishing Company.
 18. Weil, M. M. y Rosen, L. D. (1997). *Technostress: coping with technology @work @home @play*. Wiley.
 19. Salanova, M. (2003). Trabajando con tecnologías y afrontando el tecnoestrés: el rol de las creencias de eficacia. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, 19, 225-247.
 20. Socha-Dietrich, K. (2020). *Empowering the Health Workforce. Strategies to make the most of the digital revolution*. OECD Health Division. Disponible en: <https://www.oecd.org/els/health-systems/Empowering-Health-Workforce-Digital-Revolution.pdf>
 21. Ditrencia (2020). *Informe Mobile en España y en el Mundo 2020*. Disponible en: <https://ditrendia.es/informe-mobile-2020/>
 22. Diéguez, A. (2017). *Transhumanismo: La búsqueda tecnológica del mejoramiento humano*. Herder.
-

TÍTULOS RELACIONADOS

- ACEPTACIÓN PSICOLÓGICA, S. Valdivia-Salas y M. Páez Blarrina.
ADICCIÓN A LA COMPRA, R. Rodríguez, J. M. Otero y R. Rodríguez.
ADICCIÓN A LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN ADOLESCENTES Y JÓVENES, E. Echeburúa, F. J. Labrador y E. Becoña.
AGORAFOBIA Y ATAQUES DE PÁNICO, A. Bados López.
AGRESIÓN Y PSICOPATÍA, J. Ortegay M. Á. Alcázar (coords.).
ANÁLISIS FUNCIONAL DE LA CONDUCTA HUMANA, M.ª X. Froxán.
ANIMALES DE COMPAÑÍA Y SALUD, J. López-Cepero Borrego (coord.).
ATENCIÓN TEMPRANA EN EL ÁMBITO HOSPITALARIO, J. Piñero, J. Pérez-López, F. Vargas y A. B. Candela.
AVANCES EN EL TRATAMIENTO PSICOLÓGICO DE LOS TRASTORNOS DE ANSIEDAD, E. Echeburúa.
BUENAS PRÁCTICAS EN LA PREVENCIÓN DE TRASTORNOS DE LA CONDUCTA ALIMENTARIA, P. M. Ruiz, J. M. Velilla y E. González (dirs.).
CLAVES PSICBIOLÓGICAS, DIAGNÓSTICAS Y DE INTERVENCIÓN EN EL AUTISMO, J. Folch-Schulz y J. Iglesias Dorado.
CÓMO ELEGIR EL MEJOR TRATAMIENTO PSICOLÓGICO, S. N. Haynes, A. Godoy y A. Gavino.
CONSULTORÍA CONDUCTUAL, M.ª X. Froján Parga (coord.).
DE LOS PRINCIPIOS DE LA PSICOLOGÍA A LA PRÁCTICA CLÍNICA, C. Rodríguez-Naranjo.
DETECCIÓN Y PREVENCIÓN EN EL AULA DE LOS PROBLEMAS DEL ADOLESCENTE, C. Saldaña (coord.).
DETECCIÓN Y PREVENCIÓN DE TRASTORNOS DE CONDUCTA EN LA INFANCIA Y LA ADOLESCENCIA, M. R. Ruiz-Olivares (coord.).
EL ADOLESCENTE EN SU MUNDO, J. Toro Trallero.
EL JUEGO PATOLÓGICO, E. Echeburúa, E. Becoña, F. J. Labrador y F. Gaudium.
ÉTICA PROFESIONAL EN SALUD MENTAL, J. M. Pastor y C. del Río.
FUNDAMENTOS Y APLICACIONES CLÍNICAS DE FACT, J. J. Macías y L. Valero.
GUÍA DE AYUDA AL TERAPEUTA COGNITIVO-CONDUCTUAL, A. Gavino.
GUÍA DE ÉTICA PROFESIONAL EN PSICOLOGÍA CLÍNICA, C. del Río.
GUÍA DE TRATAMIENTOS PSICOLÓGICOS EFICACES I, II Y III, M. Pérez, J. R. Fernández, C. Fernández e I. Amigo (coords.).
GUÍA PRÁCTICA DE EVALUACIÓN PSICOLÓGICA CLÍNICA, C. Marín.
HABILIDADES CLÍNICAS PARA APLICAR, CORREGIR E INTERPRETAR LAS ESCALAS DE INTELIGENCIA WECHSLER, M.ª Forns y J. A. Amador.
INTERVENCIÓN EN LOS TRASTORNOS DEL COMPORTAMIENTO INFANTIL, M. Servera Barceló (coord.).
INTERVENCIÓN PSICOLÓGICA, J. Olivares, D. Macià, A. I. Rosa y P. J. Olivares.
INTERVENCIÓN PSICOLÓGICA EN ACTIVIDAD FÍSICA Y DEPORTE, P. J. Jiménez.
INTERVENCIÓN PSICOLÓGICA CONDUCTUAL Y CONDUCTUAL-COGNITIVA, P. J. Olivares-Olivares, Á. Rosa, A. I. Rosa y J. Olivares.
INTERVENCIÓN PSICOLÓGICA TRANSDIAGNÓSTICA, J. Olivares, y P. J. Olivares.
INTERVENCIÓN PSICOLÓGICA Y EDUCATIVA CON NIÑOS Y ADOLESCENTES, F. X. Méndez, J. P. Espada y M. Orgilés (coords.).
LA INTERVENCIÓN ANTE EL MALTRATO INFANTIL, J. Martín.
LA INTERVENCIÓN PSICOEDUCATIVA DE FAWZY Y FAWZY PARA PACIENTES ONCOLÓGICOS, P. Martínez, Y. Andreu y M.ª José Galdón.
LA INTERVENCIÓN PSICOLÓGICA CONDUCTUAL Y CONDUCTUAL-COGNITIVA, P. J. Olivares, Á. Rosa, A. I. Rosa y J. Olivares.
LA VOZ Y LAS DISFONÍAS DISFUNCIONALES, R. M.ª Rivas y M.ª J. Fiuza.
LAS RAÍCES DE LA PSICOPATOLOGÍA MODERNA, M. Pérez.
LOS PROBLEMAS PSICOLÓGICOS NO SON ENFERMEDADES, E. López y M. Costa.
MANUAL DE CONDUCTAS ADICTIVAS, R. Secades, G. García y S. Fernández (coords.).
MANUAL DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE VIOLENCIA, I. Loinaz.
MANUAL DE PRÁCTICAS DE CONDUCTAS ADICTIVAS, R. Secades-Villa, G. García-Fernández, S. Weidberg y A. González-Roz (coords.).
MANUAL DE PROMOCIÓN DE LA RESILIENCIA INFANTIL Y ADOLESCENTE, M.ª de la F. Rodríguez, J. M. Morell y J. Fresneda (coords.).
MANUAL DE PSICOLOGÍA CLÍNICA INFANTIL Y DEL ADOLESCENTE. Trastornos específicos, V. E. Caballo y M. A. Simón (coords.).
MANUAL DE PSICOLOGÍA CLÍNICA INFANTIL Y DEL ADOLESCENTE. Trastornos generales, V. E. Caballo y M. A. Simón (coords.).
MANUAL DE PSICOLOGÍA DE LA CONDUCTA SUICIDA, S. Al-Halabí y E. Fonseca.
MANUAL DE PSICOLOGÍA DE LA SALUD, I. Amigo y A. González-Roz.
MANUAL DE PSICOLOGÍA DE LA SALUD CON NIÑOS, ADOLESCENTES Y FAMILIA, J. M. Ortigosa, M.ª J. Quiles y F. X. Méndez.
MANUAL DE PSICOONCOLOGÍA, J. A. Cruzado Rodríguez (Coord.).
MANUAL DE PSICOPATOLOGÍA CLÍNICA, J. F. Rodríguez y P. J. Mesa.
MANUAL DE PSICOPATOLOGÍA GENERAL, P. J. Mesa y J. F. Rodríguez.
MANUAL DE PSICOPATOLOGÍA Y TRASTORNOS PSICOLÓGICOS, V. E. Caballo, I. C. Salazar y J. A. Carrobbles (dirs.).
MANUAL DE TÉCNICAS DE MODIFICACIÓN Y TERAPIA DE CONDUCTA, F. J. Labrador, J. A. Cruzado y M. Muñoz.
MANUAL DE TELESALUD MENTAL, J. J. Martí Noguera (coord.).
MANUAL DE TRATAMIENTOS PSICOLÓGICOS. Adultos, E. Fonseca (coord.).
MANUAL DE TRATAMIENTOS PSICOLÓGICOS, E. Fonseca (coord.).
MANUAL DEL PSICÓLOGO DE FAMILIA, L. M.ª Llavona y F. X. Méndez.
MANUAL PARA LA AYUDA PSICOLÓGICA, M. Costa y E. López.
MANUAL PARA EL TRATAMIENTO PSICOLÓGICO DE LOS DELINCUENTES, S. Redondo Illescas.
MANUAL PRÁCTICO DEL JUEGO PATOLÓGICO, J. Fernández y E. Echeburúa.
MEJORANDO LOS RESULTADOS EN PSICOTERAPIA, A. Gimeno.
MENORES EXPUESTOS A LA VIOLENCIA DE GÉNERO, C. López Soler, M. Alcántara López, M. Castro Sáez y A. Martínez Pérez.
MODELOS DEL CAMBIO. Casos clínicos en psicosis, J. A. Díaz Garrido, R. Zúñiga Costa, H. Laffite Cabrera y E. M. J. Morris (Coords.).
MODIFICACIÓN DE CONDUCTA, R. G. Miltenberger.
MÚLTIPLES APLICACIONES DE LA TERAPIA DE ACEPTACIÓN Y COMPROMISO (ACT), M. Páez Blarrina y O. Gutiérrez Martínez.
MUTISMO SELECTIVO, J. Olivares y P. J. Olivares-Olivares.
NEUROCOGNICIÓN, COGNICIÓN SOCIAL Y METACOGNICIÓN EN PSICOSIS, C. Rebollada.
PRESERVACIÓN FAMILIAR, M.ª J. Rodrigo, M.ª L. Máiquez, J. C. Martín y S. Byrne.
PREVENCIÓN DE LAS ALTERACIONES ALIMENTARIAS, G. López y D. Sánchez.
PREVENCIÓN DE DROGODEPENDENCIAS Y OTRAS CONDUCTAS ADICTIVAS, M. Isorna Folgar y D. Saavedra Pino (coords.).
PROGRAMACIÓN FETAL, R. A. Caparros Gonzalez.
PSICOLOGÍA APLICADA A LA ACTIVIDAD FÍSICO-DEPORTIVA, J. A. Mora Mérida, J. García, S. Toro y J. A. Zarco.
PSICOLOGÍA CLÍNICA DE LA INFANCIA Y LA ADOLESCENCIA, M.ª T. González.
PSICOLOGÍA CLÍNICA BASADA EN LA EVIDENCIA, F. J. Labrador y M.ª Crespo.
PSICOLOGÍA CLÍNICA INFANTO-JUVENIL, R. González e I. Montoya (coord.).
PSICOLOGÍA DE LA SALUD, J. Gil Rodes-Nieto (dir.).
PSICOLOGÍA DE LA SALUD EN LA INFANCIA Y ADOLESCENCIA, A. I. Rosa Alcázar y P. J. Olivares Olivares (coords.).
PSICOLOGÍA DE LA VEJEZ, R. Fernández-Ballesteros (dir.).
PSICOLOGÍA PERINATAL, M.ª de la F. Rodríguez Muñoz (coord.).
PSICOLOGÍA PERINATAL EN ENTORNOS DE SALUD, M.ª de la F. Rodríguez y R. A. Caparros (coords.).
PSICOMOTRICIDAD, M. Bernaldo de Quirós Aragón.
PSICOPATOLOGÍA DEL NIÑO Y DEL ADOLESCENTE, R. González (coord.).
PSICOPATOLOGÍA CLÍNICA. Adaptado al DSM-5, M. Ortiz-Tallo.
PSICOPATOLOGÍA DEL DESARROLLO, L. Ezpeleta y J. Toro.
PSICOPATOLOGÍA GENERAL, M.ª J. Fernández Guerrero.
PSICOPATOLOGÍA INFANTIL BÁSICA, J. Rodríguez Sacristán (dir.).
PSICOTERAPIAS, J. L. Martorell.
REHABILITACIÓN PSICOSOCIAL DE PERSONAS CON TRASTORNOS MENTALES CRÓNICOS, A. Rodríguez González (coord.).
TDAH Y TRASTORNOS DEL COMPORTAMIENTO EN LA INFANCIA Y LA ADOLESCENCIA, C. López y A. Romero (coords.).
TÉCNICAS DE MODIFICACIÓN DE CONDUCTA, F. J. Labrador.
TÉCNICAS NEUROCIÉNTIFICAS APLICADAS A LA SALUD, I. Padrón González, A. Domínguez Martínez y J. L. González Mora.
TERAPIA DE ACEPTACIÓN Y COMPROMISO (ACT), K. G. Wilson y M. C. Luciano.
TERAPIA DE ACEPTACIÓN Y COMPROMISO EN PSICOSIS, J. A. Díaz Garrido, H. Laffite Cabrera y R. Zúñiga Costa (coords.).
TERAPIA DE CONDUCTA EN LA INFANCIA, I. Moreno García.
TERAPIA DE GRUPO PARA LOS TRASTORNOS POR CONSUMO DE SUSTANCIAS, L. Carter Sobell y M. B. Sobell.
TERAPIA PSICOLÓGICA CON NIÑOS Y ADOLESCENTES, F. X. Méndez, J. P. Espada y M. Orgilés (coords.).
TRASTORNO ESPECÍFICO DEL LENGUAJE (TEL), E. Mendoza Lara.
TRASTORNO DEL ESPECTRO AUTISTA, M. Ojea Rúa.
TRASTORNOS DEL ESPECTRO AUTISTA, F. Alcantud Marín (coord.).
TRATAMIENTO PSICOLÓGICO DE LA ADICCIÓN AL JUEGO ONLINE, M. Chóltz Montañés y M. Marcos Moliner.
TRATAMIENTO DE LOS TRASTORNOS DEPRESIVOS Y DE ANSIEDAD EN NIÑOS Y ADOLESCENTES, M.ª P. García y J. Sanz.
TRATAMIENTO PASO A PASO DE LOS PROBLEMAS PSICOLÓGICOS EN ADULTOS, J. P. Espada, M. Orgilés y F. J. Méndez (Coords.).
TRATAMIENTO PASO A PASO DE LOS PROBLEMAS PSICOLÓGICOS EN LA INFANCIA Y ADOLESCENCIA, M. Orgilés, F. J. Méndez y J. P. Espada (coords.).
TRATAMIENTO PSICOLÓGICO DEL MUTISMO SELECTIVO, J. Olivares, A. I. Rosa y P. J. Olivares.
TRATAMIENTOS CONDUCTUALES EN LA INFANCIA Y ADOLESCENCIA, J. Olivares, F. X. Méndez y D. Macià.
TRATAMIENTOS PSICOLÓGICOS, J. Vila y M.ª del C. Fernández-Santaella.
TRATAMIENTOS PSICOLÓGICOS PARA LA PSICOSIS, E. Fonseca (coord.).
TRATAMIENTOS PSICOLÓGICOS Y TRASTORNOS CLÍNICOS, A. Gavino.
VIGOREXIA, A. García Alonso.
VIOLENCIA Y TRASTORNOS MENTALES, E. Echeburúa.
VIVIR CON LA DROGA, J. Valverde Molina.