Teresa Bajo Molina
Luis José Fuentes Melero
Juan Lupiáñez Castillo
Charo Rueda Cuerva
(coords.)

Mente y cerebro. De la Psicología experimental a la Neurociencia cognitiva

Pío Tudela: Una trayectoria científica

Alianza Editorial

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios, para quienes reprodujeren, plagiaren, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización.

© Sociedad Española de Psicología Experimental, 2016
© Alianza Editorial, S. A., Madrid 2016
Calle Juan Ignacio Luca de Tena, 15; 28027 Madrid
www.alianzaeditorial.es
ISBN: 978-84-9104-233-4
Depósito legal: M. 33.265-2015
Printed in Spain

SI QUIERE RECIBIR INFORMACIÓN PERIÓDICA SOBRE LAS NOVEDADES DE ALIANZA EDITORIAL, ENVÍE UN CORREO ELECTRÓNICO A LA DIRECCIÓN:
alianzaeditorial@anaya.es

Índice

Listado de autores 15

Prólogo. Pío Tudela: un gurú español, *Michael I. Posner* 17

1. De la Psicología cognitiva a la Neurociencia cognitiva, *Carles Escera, Luis J. Fuentes y Fernando Cadaveira* 21
   1. Introducción 21
   2. Conectando mente y cerebro. Hacia la construcción de la Neurociencia cognitiva 22
      2.1 Contribuciones de la Psicología cognitiva 22
      2.2 Contribuciones de las neurociencias 25
   3. Desarrollo de la Neurociencia cognitiva 30
   4. El futuro de la Neurociencia cognitiva 33
      Lecturas recomendadas 38
      Referencias bibliográficas 38

2. Técnicas y métodos de la Neurociencia cognitiva, *Fernando Maestú, César Ávila, Alfonso Barrós-Loscertales, Luis Carretié, Lluís Fuentemilla, Javier González Rosa, Eduardo Madrid y Josep Marco-Pallarés* 41
   1. Electroencefalografía 43
      1.1 Características generales 43
      1.2 Registro 45
   2. Magnetoencefalografía 46
   3. Tipos de actividad magneto/electroencefalografía (M/EEG) 47

3.1 Actividad cerebral espontánea 47
3.2 Potenciales o campos relacionados con acontecimientos discretos (PRAD/CRAD) 48
4. Análisis de las señales M/EEG 50
4.1 Cuantificación de la amplitud 50
4.2 Cuantificación de la latencia 52
4.3 Cuantificación de la frecuencia 52
4.4 Distribución topográfica (2D) 57
4.5 Localización de fuentes (2D) 59
5. Resonancia magnética estructural y funcional 60
5.1 Estudio funcional del cerebro 61
5.2 Estudios anatómico-funcionales 64
6. La conectividad funcional y anatómica 66
6.1 Conectividad funcional mediante M/EEG 66
6.2 Conectividad funcional mediante RMf y conectividad anatómica mediante tensor de difusión 68
7. Integración multimodal. Métodos para la fusión de datos electromagnéticos (EE/MEG) y hemodinámicos (FMRO) 71
7.1 Métodos que incorporan la información de la RMf a los resultados de M/EEG 73
7.2 «EEG-informed fMRI analysis» o métodos que incorporan la información M/EEG a los resultados de RMf 77
Lecturas recomendadas 79
Referencias bibliográficas 79

3. Percepción visual, *Joan López-Moliner, Dolores Luna, Pedro R. Montoro, Ignacio Serrano-Pedraza* 87
1. Introducción. Evolución del estudio de la percepción visual desde la Psicología experimental hasta la Neurociencia cognitiva 87
2. Avances en percepción visual. Sinergias entre Psicología experimental y Neurociencia 89
2.1 Áreas cerebrales implicadas en el procesamiento de la visión 89
2.2 Los procesos visuales. Evidencias desde la Psicología experimental, lesiones cerebrales y técnicas de neuroimagen 96
Lecturas recomendadas 115
Referencias bibliográficas 115

4. Integración multisensorial, *Salvador Soto Faraco, Jordi Navarra, Scott C. Sinnett, Agnès Alsius y Elena Azañón* 119
1. Los beneficios de integrar información entre modalidades sensoriales 119
2. Contribuciones multisensoriales a la representación del espacio 120
3. Contribuciones multisensoriales a la percepción del habla 123
4. Contribuciones multisensoriales a la percepción temporal 128
5. La atención a través de modalidades sensoriales 132
6. Los mecanismos de integración multisensorial 135
7. Conclusiones 139
Referencias bibliográficas 140

5. Atención, *Juan Lupiáñez, Ángel Correa, Ana Chica, Ana Vivas, Alicia Callejas, Daniel Sanabria y Juan Botella* 147
1. Introducción histórica y conceptual..... 147
2. La atención como mecanismo de selección. Tres funciones atencionales con dos formas de control..... 152
3. Atención selectiva en el tiempo. Procesos voluntarios e involuntarios..... 154
3.1 Oscilaciones de la atención en el tiempo..... 154
3.2 Preparación temporal..... 155
3.3 Vigilancia 157
3.4 Ritmos circadianos..... 158
4. Atención selectiva en la percepción. Orientación voluntaria e involuntaria de la atención en el espacio y selección de objetos..... 159
4.1 El espacio o los objetos como marco de orientación y selección atencional 160
4.2 Mecanismos de orientación atencional voluntaria e involuntaria 164
4.3 Atención crossmodal..... 170
5. Atención selectiva en la acción. Intención y contexto como moduladores voluntarios e involuntarios en el control cognitivo 171
6. Medición de la atención. La tarea de las redes atencionales y otras tareas para medir atención en diferentes poblaciones..... 175
6.1 El Test de las Redes Atencionales (ANT y ANTI)..... 175
6.2 Otras tareas para medir la atención..... 178
Lecturas recomendadas 180
Referencias bibliográficas 181

6. Los procesos motores, *Miguel Fernández del Olmo (coord.), Noa Fogelson, Florentino Huertas Olmedo, Germán Gálvez García y Joaquín M. Vaquero* 187
1. Introducción..... 187
2. El sistema motor..... 188
3. Atención y conducta motora 192
4. Alteraciones de las habilidades motoras: apraxias 195
5. Sistema de neuronas espejo. Imitando, observando y entendiendo el movimiento..... 199
Lecturas recomendadas..... 203
Referencias bibliográficas..... 203

7. Memoria: estructura y funciones, *Teresa Bajo, Ángel Fernández, Marcos Ruiz y Carlos J. Gómez-Ariza*..... 205
1. Introducción..... 205
2. Los sistemas de memoria..... 207
2.1 La distinción entre memoria a corto y largo plazo 207
2.2 Las memorias declarativas: memoria episódica, semántica y autobiográfica 208
2.3 Las memorias no declarativas. Sistema de representación perceptiva y memoria procedimental..... 210
3. Procesos de codificación y consolidación..... 213
3.1 Tiempo de estudio y práctica..... 213

3.2 Tipos de procesamiento 215
3.3 Elaboración 216
3.4 Consolidación 217
4. Procesos de recuperación 218
4.1 Recuperación implícita y efectos de facilitación 219
4.2 Recuperación explícita. Recuerdo y reconocimiento 220
4.3 Recuperación y contexto 222
4.4 Monitorización de la fuente 223
5. Procesos de olvido y distorsiones de memoria 224
5.1 Olvido incidental 224
5.2 Interferencia como causa de olvido 224
5.3 Control de la interferencia, inhibición y olvido 225
5.4 Olvido intencional 226
5.5 Distorsiones de memoria 228
6. Recuerdo colaborativo y memoria colectiva 230
6.1 Recuerdo colaborativo 231
6.2 Memoria colectiva 231
Lecturas recomendadas 233
Referencias bibliográficas 233

8. Memoria de trabajo, *Santiago Pelegrina, M. Teresa Lechuga, M. Concepción Castellanos y M. Rosa Elosúa* 237
1. Antecedentes históricos de la memoria de trabajo 238
2. El modelo multialmacén de Baddeley 240
2.1 El bucle fonológico 241
2.2 La agenda visoespacial 242
2.3 El retén episódico 243
2.4 El ejecutivo central 243
3. Modelos de almacenamiento unitario 244
3.1 El modelo de los procesos integrados de Cowan 244
3.2 La capacidad del foco de atención 246
4. Bases neurales de la memoria de trabajo 248
4.1 Modelos basados en el dominio 249
4.2 Modelos basados en procesos 250
4.3 Modelos unitarios 251
5. Variación en la memoria de trabajo 253
5.1 Diferencias individuales 253
5.2 Cambios asociados al envejecimiento 255
6. Entrenamiento en memoria de trabajo 256
Lecturas recomendadas 259
Referencias bibliográficas 259

9. Aprendizaje y Neurociencia cognitiva, *Antonio Maldonado, Antonio Cándido, José César Perales, Rocío García-Retamero, Alberto Megías, Yasmina Okan y Andrés Catena* 263
1. Introducción 263
2. El aprendizaje asociativo 265

2.1 Aprendizaje de relaciones S-S: CC y predictibilidad 268
2.2 Aprendizaje de relaciones R-S: CI y controlabilidad 270
2.3 Aprendizaje de relaciones S-R: procesamiento controlado y automático... 272
2.4 Aprendizaje y Neurociencia cognitiva. Un modelo integrador 276
3. El aprendizaje causal en humanos. Más allá de la asociación 282
3.1 Contingencia y aprendizaje causal: modelos uniprocesuales..... 283
3.2 Neurociencia y aprendizaje causal..... 289
3.3 Arquitectura cognitiva del aprendizaje causal: de la asociación a la cognición..... 293
Lecturas recomendadas..... 298
Referencias bibliográficas..... 298

10. Procesamiento del lenguaje, *Manuel Carreiras, Albert Costa, Fernando Cuetos, Manuel Perea y Núria Sebastián Gallés*..... 301
1. Introducción..... 301
2. La percepción y comprensión del lenguaje..... 302
2.1 La percepción del habla..... 302
2.2 Reconocimiento visual de palabras 304
2.3 Comprensión de oraciones..... 306
3. Producción del habla 308
4. Trastornos del lenguaje..... 310
5. Bilingüismo 313
6. Conclusiones 316
Lecturas recomendadas..... 316
Referencias bibliográficas..... 317

11. El lenguaje: la representación del significado en el cerebro, *Manuel de Vega y Alfonso Palma*..... 323
1. Más allá del código lingüístico..... 323
2. Teorías del significado 324
3. Corporeidad del lenguaje de acción. Estudios conductuales..... 326
3.1 Descripciones de transferencia 326
3.2 Acciones «abstractas» 328
3.3 Lenguaje emocional 329
3.4 Conclusiones..... 330
4. Corporeidad del lenguaje en acción. Estudios neurocientíficos..... 331
4.1 Estudios de neuroimagen 331
4.2 Estudios de EEG y MEG..... 332
4.3 Estudios de TMS..... 334
4.4 Conclusiones..... 336
5. Teorías neurológicas del significado corpóreo 336
5.1 Resonancia motora 336
5.2 Asambleas celulares hebbianas..... 337
5.3 Neuronas espejo..... 338
5.4 Conclusiones..... 338
6. Ventajas del enfoque corpóreo..... 339
6.1 Interfaz con el mundo físico 339

6.2 Comunicación 340
6.3 Evaluación 340
6.4 Conclusiones 341
7. El problema de la abstracción 341
7.1 Metáforas 342
7.2 Marcadores gramaticales 342
7.3 Nombres abstractos 343
7.4 Conclusiones 345
8. Consideraciones finales 345
Lecturas recomendadas 346
Referencias bibliográficas 346

12. Cognición numérica, *Pedro Macizo, Àngels Colomé, Javier García-Orza y Amparo Herrera* 351
1. La magnitud numérica 351
1.1 La representación de la magnitud numérica 351
1.2 El componente espacial de la representación de magnitud 354
1.3 Sustrato neuronal 356
2. El modelo de triple código y la neuropsicología del procesamiento numérico 358
2.1 El modelo de triple código 358
2.2 Disociaciones entre la representación de cantidad y otras representaciones semánticas 358
2.3 Disociaciones del cálculo 360
3. Lenguaje y cognición numérica 362
3.1 El lenguaje modela la cognición numérica 362
3.2 Influencia del lenguaje en el acceso a la magnitud numérica 363
3.3 Influencia del lenguaje en el cálculo 366
4. Cognición numérica y desarrollo 367
4.1 La representación preverbal de la cantidad 367
4.2 De las representaciones preverbales al conteo 369
4.3 La representación de la cantidad subyacente al uso de los símbolos numéricos 370
5. Conclusiones 373
Lecturas recomendadas 374
Referencias bibliográficas 374

13. Funciones ejecutivas, *Pilar Andrés, M.ª Jesús Funes y Francisco Barceló*. 381
1. Introducción 381
2. El sustrato neuronal de las funciones ejecutivas 382
3. Procesos de adaptación al conflicto 387
4. Nuevos modelos de control ejecutivo desde la Neurociencia cognitiva 392
4.1 Modelo probabilístico de control ejecutivo de Koechlin y colaboradores ... 393
4.2 Aplicación de los modelos probabilísticos de control ejecutivo al cambio de tarea y la distracción por novedad 398
4.3 Ventajas de los modelos probabilísticos de control cognitivo 402
5. Conclusiones 404

Lecturas recomendadas 405
Referencias bibliográficas 405

14. Pensamiento y razonamiento, *Juan A. García Madruga, Carlos Santamaría y Sergio Moreno Ríos* 409
1. Introducción 409
2. El razonamiento proposicional. De la lógica mental a los procesos duales 412
2.1 Tareas y resultados básicos 413
2.2 Teorías de reglas y modelos 417
2.3 El enfoque probabilístico en la deducción: la teoría suposicional 420
2.4 El enfoque de los procesos duales 422
3. Pensamiento, razonamiento y MO 425
3.1 Los componentes de la memoria operativa en el razonamiento 425
3.2 La función de la memoria operativa en la deducción 427
3.3 La memoria operativa y los sistemas de razonamiento 428
3.4 La memoria operativa y el desarrollo deductivo 429
4. Neurociencia del pensamiento y el razonamiento 431
4.1 ¿Es posible una Neurociencia del pensamiento y el razonamiento? 431
4.2 La corteza prefrontal y el pensamiento 432
4.3 Estudios sobre las bases cerebrales del razonamiento deductivo 434
Lecturas recomendadas 438
Referencias bibliográficas 438

15. Consciencia, inconsciencia y voluntad, *Juan José Ortells, María Ruz y Fernando del Valle-Inclán* 443
1. Introducción 443
2. ¿Qué entendemos por consciencia? 445
2.1 La consciencia y sus umbrales 445
2.2 Umbrales en el cerebro 447
3. Percepción inconsciente 448
3.1 Procesamiento no consciente preconsciente y subliminal 449
3.2 Disociación entre percepción consciente e inconsciente 450
3.3 La estrategia de las diferencias cualitativas 453
3.4 Limitaciones del procesamiento inconsciente 454
4. Neurobiología de la consciencia 455
5. La ilusión de la voluntad 457
5.1 ¿Cuándo comienza una acción voluntaria? Experimentos con EEG 458
5.2 ¿Cuándo comienza una acción voluntaria? Experimentos con RMf 460
5.3 ¿Cuándo comienza una acción voluntaria? Estudios con registros unicelulares 461
5.4 ¿Cuándo comienza una acción voluntaria? Estudios con lesiones y estimulaciones 461
5.5 La ilusión de la voluntad. Recapitulación 462
6. Conclusiones. Algunas cuestiones por resolver en el estudio de la consciencia 463
6.1 Estrategias de investigación en Neurociencia cognitiva 463
6.2 Relaciones entre atención y consciencia 464

6.3 Procesamiento inconsciente. Alcance y posibles limitaciones 464
6.4 La dimensión subjetiva de la consciencia..... 466
Lecturas recomendadas..... 468
Referencias bibliográficas..... 468

16. Emoción y Neurociencia social, *Alberto Acosta, Sonia Doallo y Antonio Gaitán* 471
1. Comprendiendo las emociones..... 471
1.1 Configuraciones faciales y emoción..... 473
1.2 Cambios corporales periféricos, interocepción y emoción 477
1.3 Valoraciones (*appraisal*) 479
1.4 Regulación emocional..... 484
2. Cognición social 488
2.1 Empatía..... 488
2.2 Las decisiones morales 493
3. Recapitulación..... 497
Lecturas recomendadas..... 497
Referencias bibliográficas..... 498

17. Neurociencia cognitiva del desarrollo, *Charo Rueda, Silvia Defior, Pedro M. Paz-Alonso y Marisa Arnedo* 503
1. Introducción..... 503
1.1 El debate *Natura vs. Nurtura* en las teorías del desarrollo..... 504
1.2 La contribución de la Neurociencia cognitiva a la Psicología del desarrollo..... 506
1.3 La contribución de la Psicología del desarrollo a la Neurociencia cognitiva 507
2. Mecanismos de desarrollo cerebral..... 508
3. Procesos de maduración neurocognitiva..... 511
3.1 Desarrollo estructural de la corteza cerebral 514
3.2 Organización funcional. Desarrollo de circuitos neurales..... 517
3.3 Plasticidad..... 518
4. Desarrollo atípico..... 520
4.1 Hiperactividad infantil..... 520
4.2 Dislexia 523
Lecturas recomendadas..... 527
Referencias bibliográficas..... 527

Listado de autores

Alberto Acosta Mesas
Agnès Alsius Rance
Pilar Andrés Benito
Marisa Arnedo Montoro
César Ávila Rivera
Elena Azañón Gracia
Teresa Bajo Molina
Francisco Barceló Galindo
Alfonso Barrós-Loscertales
Juan Botella Ausina
Fernando Cadaveira Mahía
Alicia Callejas Sevilla
Antonio Cándido Ortiz
Manuel Francisco Carreiras Valiña
Luis Carretié Arangüena
Concepción Castellanos Baena
Andrés Catena Martínez
Àngels Colomé González
Ángel Correa Torres
Albert Costa Martínez
Fernando Cuetos Vega
Ana Belén Chica Martínez
Silvia Ana Defior Citoler
Sonia Doallo Pesado
María Rosa Elosúa de Juan
Carles E. Escera i Micó
Miguel Ángel Fernández del Olmo
Ángel Fernández Ramos
Noa Fogelson
Lluís Fuentemilla Garriga
Luis José Fuentes Melero
María Jesús Funes Molina
Antonio Gaitán Torres
Germán Gálvez García
Juan Antonio García Madruga
Javier García Orza
Rocío García-Retamero
Carlos Gómez-Ariza
Javier J. González Rosa
Amparo Herrera Montes
Florentino Huertas Olmedo
María Teresa Lechuga García
Joan López-Moliner
Dolores Luna Blanco

Juan Lupiáñez Castillo
Pedro Macizo Soria
Eduardo Madrid Cañadas
Fernando Maestú Unturbe
Antonio Maldonado López
Josep Marco Pallarés
Joaquín Manuel Martínez Vaquero
Alberto Megías Robles
Pedro Raúl Montoro Martínez
Sergio Moreno Ríos
Jordi Navarra Ordoño
Yasmina Okan Gil
Juan José Ortells Rodríguez
Alfonso Palma Reyes
Pedro Manuel Paz-Alonso
Santiago Pelegrina López
José César Perales López
Manuel Perea Lara
Charo Rueda Cuerva
Rafael Marcos Ruiz Rodríguez
María Ruz Cámara
Daniel Sanabria Lucena
Carlos Santamaría Moreno
Núria Sebastián Gallés
Ignacio Serrano Pedraza
Scott Sinnett
Salvador Soto Faraco
Fernando del Valle-Inclán
Joaquín M. Vaquero
Manuel de Vega Rodríguez
Ana Belén Vivas Navarro

Prólogo
Pío Tudela: un gurú español

Michael I. Posner

Raramente sucede que una sola persona haya hecho tanto para fomentar el crecimiento de una disciplina científica, en un país con tantas universidades bien establecidas y de tan dilatada trayectoria. Sin embargo, con la fuerza de su inteligencia y la amabilidad de sus formas, Pío Tudela ha traído a España una floreciente y moderna versión de la Psicología de la mente y el cerebro. Pío es realmente un extraordinario maestro.

La profundidad y amplitud de su pensamiento se manifiesta en la cantidad de temas que son tratados en este volumen en su honor por sus muchos alumnos, colaboradores y colegas. La amplitud abarca temas como percepción, atención, memoria (tanto memoria a largo plazo como memoria de trabajo), procesos motores, lenguaje, procesamiento semántico, cognición numérica, función ejecutiva, emoción, consciencia, pensamiento y desarrollo. La profundidad incluye tanto aproximaciones metodológicas como teóricas, además de una gran cantidad de estudios empíricos. Estas son características de Pío Tudela, alguien que ha buscado no solamente hacer sus propias contribuciones al campo de estudio de la Psicología, sino también allanar el camino para que en su país haya una completa representación de estudios en este ámbito.

Como americano me enorgullece decir que Pío realizó su doctorado en Psicología en la Universidad de Northern Illinois. Esto sucedió en un tiempo en el que Estados Unidos estaba a la vanguardia de la Psicología experimental. Los años de la guerra habían devastado la psicología euro-

pea y, con la excepción del Reino Unido y los Países Bajos, el trabajo en Europa era escaso y pocas veces experimental. Durante la carrera profesional de Pío esto ha cambiado sustancialmente. Aunque la investigación de importancia en Psicología cognitiva y Neurociencia cognitiva puede proceder de cualquier país de la Unión Europea, los mejores trabajos se publican en inglés. Las publicaciones procedentes de Estados Unidos pueden ser más numerosas, pero las mejores ideas y líneas de investigación pueden provenir de cualquier país. Con toda probabilidad, los lectores de este texto sabrán que muchos de estos estudios, particularmente en el área de percepción y atención, proceden del sur de España, y están bien representados en los trabajos de este volumen.

Los desarrollos procedentes de España me enorgullecen a mí también, ya que en el año 2002 la Universidad de Granada me concedió el título de Doctor Honoris Causa. Este título, promovido por Pío y acogido por toda la Universidad, fue un gran honor para mí. Confieso que me producía cierto nerviosismo tener que usar mi oxidado latín en la ceremonia, pero con la amabilidad de todos los implicados pude iniciarme en la comunidad de investigadores, muchos de los cuales están representados en este volumen.

Conocí a Pío en 1996, cuando pasó un año en Eugene. Durante ese año llevó a cabo experimentos sobre *priming* y comenzó su andadura en neuroimagen usando el sistema de EEG desarrollado por Don Tucker y *Electrical Geodesic* en nuestra ciudad. Escribimos juntos un artículo de revisión que se publicó el año siguiente en *Biological Psychology*. La revisión versó sobre el largo y costoso recorrido para integrar la Psicología cognitiva y la Neurociencia cognitiva.

Resumimos estudios recientes en los que se habían usado registros eléctricos para entender la dinámica temporal de las activaciones cerebrales producidas cuando se debe generar el uso para un nombre (p. ej. martillo ⇒ golpear). Tanto Stan Dehaene (Dehaene, 1996) como Yalchin Abdullaev (Abdullaev y Posner, 1998) habían usado este método para estudiar el curso temporal de asociaciones verbales y numéricas. En asociaciones verbales se producían activaciones frontales tan pronto como en 150 milisegundos, mientras que la operación de obtener la palabra asociada, que implica al área de Wernicke, se producía en torno a los 500 milisegundos. En el caso del efecto de la distancia numérica, un índice de comprensión de la cantidad, la activación ocurría en el surco intraparietal a los 200 milisegundos.

En nuestra revisión nos centramos en el *priming* como una tarea que se puede considerar que incluye tanto componentes automáticos como atendidos. Argumentamos que el *priming* podría implicar a redes neurales específicas para tareas particulares (leer palabras) o redes más generales relacionadas con distintas tareas (atención). Investigaciones en años subsiguientes han apoyado por lo general esta idea (Price, 2012). Ciertamente, Pío junto con sus alumnos publicaron estudios importantes sobre

priming en los años que siguieron (Catena, Fuentes y Tudela, 2002; Ruz, Madrid, Lupiáñez y Tudela, 2003). Tanto el *priming* como la atención se convirtieron en elementos centrales de la línea que Pío desarrolló en Granada. Pío y su grupo estaban interesados en la capacidad de una palabra para facilitar el procesamiento de otras palabras semánticamente relacionadas presentadas a continuación de la primera, y en cómo la atención también podía causar la inhibición del procesamiento posterior.

Pío, junto con Juan Lupiáñez y otros colaboradores, examinaron la tendencia a inhibir el retorno a una posición ya atendida (inhibición de retorno) y mostraron que esto ocurría tanto en tareas de discriminación como en tareas de detección, aunque algo más tarde en el primer tipo de tarea (Lupiáñez y cols., 1997). Este tema ha sido común en estudios posteriores de Lupiáñez en los que también se ha examinado el *priming* negativo. Una característica única del grupo de Pío en Granada fue considerar la atención a posiciones y objetos y la atención a palabras como sujetas a los mismos procesos de *priming* incluyendo tanto sus componentes facilitatorios como inhibitorios. Esta perspectiva única llevó a Fuentes a explorar en detalle los aspectos comunes entre la orientación en el campo visual y la orientación en la memoria semántica (Fuentes y cols., 2012).

Durante el tiempo que pasó en Eugene, Pío se familiarizó con el sistema de EEG de alta densidad que Don Tucker había desarrollado. Pío se formó en el registro electroencefalográfico de alta densidad y persuadió al gobierno de Andalucía de la importancia de comprar un sistema de estas características para su laboratorio. Este desarrollo es un típico ejemplo de los esfuerzos de Pío para dotar de las últimas tecnologías a su creciente número de estudiantes y colaboradores y promover su desarrollo profesional añadiendo los métodos y resultados de la Neurociencia cognitiva al trabajo en Psicología cognitiva.

Este nuevo énfasis se hizo visible en la investigación de Pío. En 2002, usando métodos comportamentales, encontró una disociación entre *priming* e interferencia en la tarea *stroop* (Catena y cols., 2002). Al año siguiente publicó un estudio con EEG de alta densidad en el que pretendieron separar los aspectos conscientes e inconscientes del *priming* semántico (Ruz y cols., 2003). Este estudio marcó los esfuerzos de Pío para sintetizar la Psicología cognitiva con la emergente y nueva aproximación de la Neurociencia cognitiva.

Trabajando en el grupo de Pío, Charo Rueda comenzó a explorar cómo las redes cerebrales relacionadas con la atención se desarrollan en la infancia. Usando la recientemente creada versión infantil de la tarea de las redes atencionales (ANT, del inglés Attention Network Task), encontraron que se produce un importante proceso de desarrollo en todas las redes atencionales durante la infancia (Rueda y cols., 2004). Este desarrollo fue particularmente marcado para la red relacionada con el procesamiento del conflicto, la

cual juega un papel importante en la autorregulación. Pío fue inusualmente visionario en reconocer la importancia de comprender cómo desarrollan las redes atencionales que estaban siendo estudiadas en adultos. Pío animó a Charo a venir a Estados Unidos y trabajar con Mary Rothbart y conmigo en nuestros esfuerzos por influir en el desarrollo de la atención y la autorregulación a través de entrenamiento. Liderado por Charo, nuestro programa de entrenamiento tuvo éxito, y cuando ella volvió a España continuó extendiendo y mejorando el programa tratando de adaptarlo para estudios con técnicas de neuroimagen (Rueda y cols., 2005; 2012).

Recientemente, Pío trabaja con muchos colaboradores usando tanto métodos de RMf como EEG con objeto de comprender las bases cerebrales y los cursos temporales de activación de procesos de resolución de conflicto de índole cognitiva y emocional. Este trabajo tiene que ver con atención tanto a estados internos del organismo como a estímulos externos. Es difícil imaginar temas y cuestiones más centrales que estas.

El liderazgo de Pío ha sido fundamental en la creación del Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento en Granada. Un nuevo edificio recientemente inaugurado que está equipado con la tecnología más avanzada, incluyendo un equipo de resonancia magnética, y con lo que es más importante, el espíritu de investigación y progreso que el trabajo de Pío representa.

Este volumen refleja la amplitud de intereses que Pío ha mostrado a lo largo de los años. Es realmente asombrosa la gran variedad de temas. Desde métodos de investigación cognitiva y de la neurociencia cognitiva, hasta procesos de emoción, consciencia y desarrollo. De las sensaciones más tempranas a los niveles superiores de pensamiento. Igualmente impresionante es la gran cantidad de nombres de investigadores españoles involucrados en esta empresa. Investigadores que van desde San Sebastián en el norte hasta Murcia en el sur. Esto también indica cuán amplia ha sido la influencia de Pío en el desarrollo de la Psicología en España. Este manual es un merecido homenaje tanto a la contribución de Pío en el pasado como al futuro prometedor de lo que él ha comenzado.

1. De la Psicología cognitiva a la Neurociencia cognitiva

Carles Escera, Luis J. Fuentes y Fernando Cadaveira

1. Introducción

Este libro trata de lo que hoy denominamos Neurociencia cognitiva, un campo de indagación científica que estudia las bases neurológicas implicadas en las diversas formas actividad mental. Es fácil comprender que la aparición y desarrollo de un nuevo campo de estudio no ocurre en el vacío, sino que supone la interacción, o mejor dicho la convergencia de disciplinas ya bien establecidas (ver Cooper y Shallice, 2010, para una revisión reciente, o Escera, 2004, para una revisión detallada en castellano). Lo que tiene de importancia para la Psicología, procedencia de la mayor parte de los autores que contribuyen en este libro, es que la Neurociencia cognitiva surgió hace aproximadamente tres décadas como consecuencia de la interacción entre la revolución cognitiva por una parte, y las neurociencias por otra. A lo largo de este capítulo, abordaremos aspectos cruciales de dicha interacción, remarcando algunas de las contribuciones más importantes de cada disciplina, cómo se ha desarrollado y las claves para vislumbrar el futuro de la Neurociencia cognitiva.

2. Conectando mente y cerebro. Hacia la construcción de la Neurociencia cognitiva

Como hemos indicado, la neurociencia cognitiva surge de la interacción entre la psicología cognitiva y las neurociencias. La psicología cognitiva emergió en su momento como reacción a décadas de oscurantismo conductista que prácticamente relegó el objeto de la psicología durante la primera mitad del siglo XX al estudio de la conducta observable. Influida por la teoría de la información a comienzos de la segunda mitad del siglo XX, el estudio de la conducta dio paso al estudio de los procesos mentales, constituyendo lo que se denominó el paradigma del procesamiento de información humano. En cuanto a las neurociencias, no todas las disciplinas neurocientíficas tuvieron el mismo peso en la emergencia de la neurociencia cognitiva, pero es necesario destacar la influencia de la neurociencia de sistemas, que surge como una interacción entre la fisiología y la anatomía principalmente, así como de la neurociencia conductual, lo que en nuestro país se ha entendido como psicología fisiológica. La neurociencia conductual se ha focalizado tradicionalmente en las relaciones entre el cerebro y la conducta, mientras que la neurociencia de sistemas se ha focalizado tradicionalmente en los circuitos neuronales implicados en estructuras cerebrales específicas (p. ej., el hipocampo). Ambas disciplinas parten del estudio de animales con un interés casi único en los procesos sensoriales y perceptivos y el aprendizaje, dejando de lado el estudio de otros conceptos cognitivos. El interés neurocientífico por los procesos cognitivos vino de la mano de la neuropsicología cognitiva y de la psicofisiología. La primera aportó una amplia base de conocimiento sobre las relaciones entre cerebro y conducta en humanos, con énfasis en el estudio de todos aquellos procesos con amplia implicación cortical; la segunda extendió el interés por la fisiología para acometer estudios en sujetos humanos, y fue crucial en el desarrollo de procedimientos no invasivos para estudiar la actividad del sistema nervioso central.

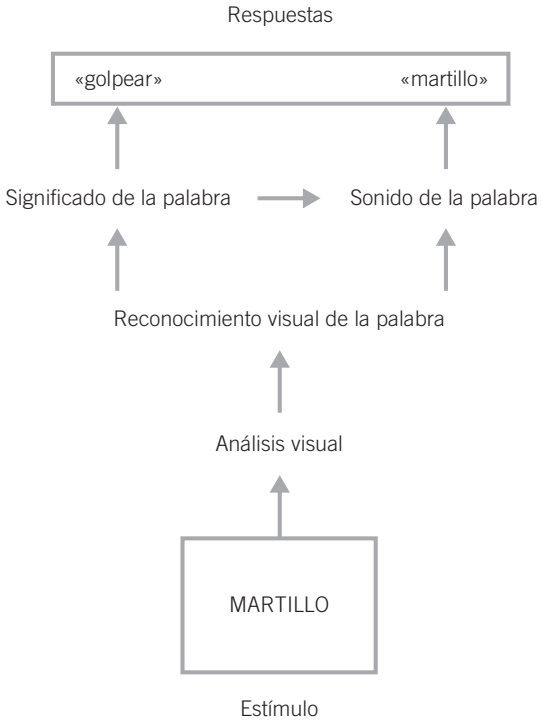
2.1 Contribuciones de la Psicología cognitiva

Si pedimos al lector que recuerde qué comió para almorzar hace un par de horas, lea el título de la novela que hay encima de su mesa, seleccione la fotografía de su madre entre otras fotografías de mujeres de edad similar, o escriba su nombre completo, tendrá la sensación de que son actividades sencillas que realiza sin el menor esfuerzo. Es como si accediesen a su «mente» o pusiesen en marcha los movimientos motores de la escritura de forma automática, nos diría. La sencillez reflejada en los informes subjetivos contrasta con la dificultad para conocer qué procesos u opera-

ciones cognitivas están ocurriendo cuando se realiza una o varias de estas actividades. Algunas de las actividades tienen la característica de compartir un sistema cognitivo común. Por ejemplo, leer, escribir, hablar, son actividades que implican al sistema cognitivo que denominamos «lenguaje»; navegar por una habitación llena de muebles, buscar un objeto en el escritorio, o encontrar a un amigo que acaba de aterrizar y sale por la puerta de salida del aeropuerto son actividades que implican al sistema cognitivo que denominamos «atención visuoespacial». Comprender en detalle aquellos aspectos concretos relacionados con cada una de las actividades, requiere disponer de un modelo que explicite los distintos procesos u operaciones que intervienen, la naturaleza de dichos procesos, el funcionamiento de los mismos, y cómo se relacionan entre sí. En otras palabras, los psicólogos cognitivos han abordado esta cuestión proponiendo modelos acerca de cómo funciona la percepción, la atención, la memoria, el lenguaje, esto es, sistemas que son necesarios para que se puedan realizar las actividades cotidianas antes referidas.

Aunque los procesos implicados en una determinada actividad pueden ser distintos de aquellos que intervienen en otras actividades, una característica compartida por todos ellos es que se asume que las tareas cognitivas que los experimentadores utilizan para su estudio permiten que puedan ser diseccionadas en operaciones elementales simples. Cada operación estaría encargada de una función pero operando todas ellas de manera coordinada. Veamos un ejemplo para ilustrar cómo se aborda el estudio de actividades tan cotidianas como reconocer palabras desde la psicología cognitiva. En la figura 1.1 aparece como estímulo la palabra MARTILLO en una tarea que requiere reconocer palabras. La primera fase del proceso de reconocimiento tiene que ver con un análisis visual de dicho estímulo, donde se extraen rasgos físicos del mismo como el tipo de trazos, su orientación, contraste, etc. David Marr publicó un libro en 1982 que puede considerarse un clásico en el estudio del procesamiento visual temprano. Una segunda fase de procesamiento permite concluir que ese estímulo visual tiene «aspecto de palabra», y por tanto diferente de otro tipo de estímulo visual (como por ejemplo un dibujo esquemático, o una hilera de #s). A partir de aquí, fases posteriores darán lugar a una representación del estímulo en términos de sus características fonológicas/articulatorias que permitirán su lectura (p. ej., decir «martillo»). Por último, el acceso al significado del estímulo nos permitirá obtener información de su función y poder generar una acción relacionada con el mismo (por ejemplo, decir «golpear»). Como veremos más adelante, la disección del reconocimiento de palabras en operaciones o procesos más elementales como los descritos anteriormente será fundamental para establecer una conexión entre las operaciones mentales y los circuitos neurológicos implicados, objetivo de la neurociencia cognitiva.

Figura 1.1 Reconocimiento de palabras



FUENTE: Adaptada de Fuentes y García-Sevilla (2008).

Como hemos visto, el diseño de tareas elementales debe permitirnos diseccionar una actividad compleja en procesos u operaciones más elementales, definiendo claramente el fenómeno que se pretende estudiar y mostrándolo de una forma simple. Esto no es suficiente. La psicología cognitiva asume que los procesos psicológicos pueden medirse en términos del tiempo que requieren para completar la tarea en la que están implicados. Posner (1978) definió cronometría mental como el «estudio del curso temporal que sigue el procesamiento de la información en el sistema nervioso humano». Por tanto, los cambios que se producen en el procesamiento de determinados estímulos van a afectar al tiempo requerido para completar la tarea. Por ejemplo, se tarda más tiempo en decir que el estímulo MESA pertenece a una determinada categoría (muebles) que decir que está escrito en color azul. Esto significa que las operaciones que implican el análisis de las características visuales de un estímulo son diferentes de aquellas que requieren su procesamiento semántico, de

modo que las diferencias en el tiempo requerido para completar cada tarea nos puede ayudar a entender la naturaleza de los distintos procesos cognitivos implicados. Cada tarea implica una serie de procesos de los que el tiempo de reacción es el producto final. Por ejemplo, una tarea de categorización requiere primero el procesamiento visual del estímulo (si se presenta en un determinado color, orientación, etc.), la clasificación del mismo en una categoría (si es un mueble, animal, planta, etc.) y la organización de la respuesta requerida (pulsar una determinada tecla si es animal, y otra si no lo es). Ejemplos de este tipo de tareas aparecerán a lo largo de los capítulos que constituyen este libro para el estudio de los distintos procesos cognitivos, y suponen una de las contribuciones más importantes de la psicología cognitiva en la emergencia de la neurociencia cognitiva.

2.2 Contribuciones de las neurociencias

Como hemos indicado anteriormente, la neurociencia cognitiva surge de la convergencia de diferentes disciplinas, entre ellas la neurociencia de sistemas, la neurociencia conductual, la neuropsicología cognitiva y la psicofisiología. La neurociencia de sistemas y la neurociencia conductual experimentaron un gran auge en los años sesenta y setenta del siglo XX en la comprensión de los procesos sensoriales. Esto tuvo lugar gracias sobre todo al trabajo pionero de figuras tan relevantes como David Hubel y Torsten Wiessel (ver Hubel y Wiesel, 1977), que realizaron investigaciones sobre los campos receptivos de células localizadas en la corteza visual primaria de gatos y monos macacos. Sin embargo, gran parte de estas investigaciones requerían animales anestesiados como sujetos experimentales, con poca implicación de procesos cognitivos más complejos. A mitad de los años setenta, otros neurobiólogos como Vernon Mountcastle en sensación somática, o Edward Evarts en control del movimiento, fueron pioneros en el estudio neurológico de diversos aspectos relacionados con el procesamiento de información en primates no humanos. Un gran avance se consiguió con el trabajo de estos autores que desarrollaron técnicas que permitían realizar registros unicelulares en el cerebro de monos despiertos (ver figura 1.2). Los registros unicelulares se obtienen a través de la implantación de electrodos muy pequeños en el axón de la neurona (registro intracelular), o fuera de la membrana (registro extracelular).