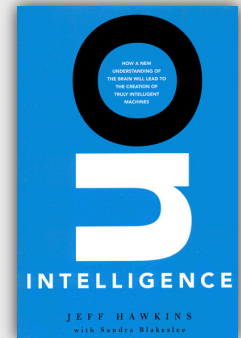


reseña

Sobre el cerebro, la mente y la máquina

Salvador Climent

HAWKINS, Jeff; BLAKESLEE, Sandra (2004). *On intelligence*. Nueva York: Times Books, Henry Holt and Co. 2004 [Traducción al español: *Sobre la inteligencia* (2005). Madrid: Espasa Calpe]. ISBN 0-8050-7456-2



Resumen:

En este libro Jeff Hawkins, creador de la Palm Pilot, presenta una nueva teoría del cerebro-mente. Pretende explicar cómo la mente resulta de la actividad de la materia —en concreto, del córtex cerebral— y cómo este modelo se puede llegar a plasmar en un algoritmo biológicamente plausible e implementable en ordenadores. Hawkins cree que con su modelo se podrán construir máquinas inteligentes y explica qué harán.

La idea básica es la siguiente: el cerebro utiliza grandes cantidades de memoria para crear un modelo jerárquico del mundo, y lo utiliza para efectuar, por analogía, predicciones continuas sobre hechos futuros. La clave de la inteligencia sería, por lo tanto, la capacidad de hacer predicciones.

El libro *On intelligence* interesará a quien esté interesado en la ciencia cognitiva en cualquiera de sus derivaciones, como la teoría lingüística o la inteligencia artificial, ya que presenta un marco teórico susceptible de tener repercusiones en cualquier área de estudio que implique tratar con modelos de la inteligencia y de la percepción, naturales o artificiales.

Palabras clave:

ciencia cognitiva, inteligencia artificial, lingüística, mente-cerebro

Abstract:

In this book, the creator of the Palm Pilot presents nothing less than a new theory about the brain/mind. The aim is to explain how the mind results from the activity of matter – specifically the brain cortex – and how this model may reflect an algorithm that is biologically plausible and implementable in computers. Hawkins believes that his model can be used to build intelligent machines and he explains what they will do.

The basic idea is as follows: the brain uses large amounts of memory to create a hierarchical model of the world and uses it to create, by analogy, continuous predictions about future events. The key to intelligence is, therefore, the ability to make predictions.

On intelligence will interest anyone interested in cognitive science in any of its forms, such as linguistic theory or artificial intelligence, as it presents a theoretical framework likely to have repercussions on any area of study that involves dealing with intelligence and perception models, both natural and artificial.

Keywords:

cognitive science, artificial intelligence, linguistics, mind-brain

Jeff Hawkins, inventor de la Palm Pilot, después de pasar un largo período estudiando neurociencia, ha escrito —con la ayuda de Sandra Blakeslee— un libro con vocación fundacional e inspiracional que quiere dar vías de solución a dos problemas clave de la ciencia cognitiva: uno propio de la neurociencia y uno de la inteligencia artificial (IA).

El primero es el siguiente: después de décadas de investigación y de recopilación masiva de datos experimentales sobre la

actividad neuronal que se desarrolla en una multiplicidad de áreas definibles en el cerebro, todavía no existe una teoría que dé cuenta de manera unificada y general del funcionamiento del cerebro y de la mente.

El segundo problema afecta a la IA y corresponde al hecho de que, también después de décadas de investigación, aún no se ha conseguido crear sistemas realmente inteligentes. Sí se han construido sistemas que superan funcionalmente al hombre en la resolución de

determinados problemas (como jugar a ajedrez), pero se orientan a un problema concreto y utilizan para su solución técnicas específicas, lo cual queda lejos de lo que se puede considerar inteligencia.

On intelligence interesará a quien le interese la ciencia cognitiva en cualquiera de sus derivaciones, ya que presenta un marco teórico susceptible de tener repercusiones en cualquier área de estudio que implique tratar con modelos de la inteligencia y de la percepción, tanto naturales como artificiales.

La mente como computadora

He leído este libro desde el interés y el punto de vista inicial de la lingüística. Éste no es un libro sobre el lenguaje, pero evidentemente el lenguaje es una de las facultades principales de la mente. Y paradójicamente se ha escrito mucho desde la lingüística sobre cómo los humanos entendemos y generamos lenguaje sin prestar excesiva atención a qué dicen los neurocientíficos sobre el funcionamiento del cerebro y la mente. Más bien hay teorías del lenguaje que, de hecho, se postulan como teorías de la mente, ya que proponen módulos y estrategias de procesamiento de tipo computacional, compuestas básicamente por elementos más o menos atómicos por un lado y de instrucciones de combinación de estos elementos por otro.

Este paradigma cognitivo («la mente como computadora») ha llegado a ser tan poderoso en lingüística en el último tercio del siglo xx que la mayoría de veces se constituye de forma ni mencionada ni advertida en el trasfondo asumido de las descripciones o explicaciones de los lingüistas.

Sin embargo, si tenemos que creer a Jeff Hawkins, no es el caso que el cerebro-mente sea una computadora, sino un sistema basado únicamente en la memoria y la predicción por analogía. Claro está que Hawkins no es el primero que dice este tipo de cosas. Hace ya un par de décadas que científicos cognitivos como Roger Penrose, Gerald Edelman y John Searle, o lingüistas como George Lakoff, mantienen esta postura: el cerebro no es un mecanismo que manipula símbolos formales y hace operaciones con ellos de acuerdo con unas determinadas reglas (aunque algunos sí aceptan que los computadores puedan ser herramientas útiles para hacer simulaciones de la mente). La opinión contraria la sostienen neurocientíficos como Steven Pinker, Daniel Dennet o David Chalmers y lingüistas como Noam Chomsky o Jerry Fodor.

Ideas básicas

On intelligence presenta, y no es poca cosa, una nueva teoría del cerebro-mente. Pretende explicar cómo la mente resulta de la actividad de la materia, en concreto del córtex cerebral, y cómo este modelo se puede llegar a plasmar en un algoritmo que sea al mismo tiempo biológicamente plausible e implementable en

ordenadores. Hawkins cree que con su modelo será posible construir máquinas inteligentes y explica qué harán.

Considera que es un error, y la causa del fracaso de la IA, el modelo clásico de Turing (1950), en que la inteligencia se define por la conducta inteligente (véase también Searle, 1997). Sostiene en cambio que la inteligencia es una propiedad interna del cerebro (un ser puede comprender sin manifestar conducta alguna) y, por lo tanto, el objetivo de la IA debe ser el de construir sistemas biológicamente realistas.

La teoría está sólidamente anclada en la neurobiología: en los mecanismos físicos de la estructura del córtex y sus regiones, la percepción, los mecanismos sinápticos y las columnas de neuronas. A partir de aquí se despliega hasta dar explicaciones plausibles del funcionamiento de diversas facultades mentales, como la imaginación, la creatividad o, en general, la inteligencia.

La idea básica es la siguiente: el cerebro utiliza grandes cantidades de memoria para crear un modelo jerárquico del mundo, y lo utiliza para efectuar, por analogía, predicciones continuas sobre hechos futuros. La clave de la inteligencia sería, por lo tanto, la capacidad de hacer predicciones.

El modelo se fundamenta en la hipótesis de Mountcastle (1978), quien afirma que el córtex es uniforme con respecto a estructura y aspecto, independientemente de las regiones o funciones, y sugiere que puede ser que todas las regiones del córtex realicen la misma operación básica.

Así, Hawkins asume que el algoritmo cerebral es independiente de la función, y lo que hace que el área cortical visual sea visual y la auditiva auditiva son las partes del sistema nervioso con que se conectan y cómo lo hacen. Los órganos sensoriales suministran señales diferentes, pero una vez convertidas en potenciales de acción todos son exactamente lo mismo: patrones espaciales y temporales de actividad celular.

El modelo: memoria, predicción y jerarquía

Hawkins se pregunta cómo es posible que el cerebro, siendo millones de veces más lento que los modernos ordenadores, pueda resolver en muy poco tiempo problemas complejos e inalcanzables para la IA, tales como el reconocimiento de caras o el tratamiento del lenguaje. Después de argumentar de manera convincente que la solución no se puede encontrar en el paralelismo, su respuesta es la siguiente: el cerebro no «computa» las respuestas a los problemas, las recupera de la memoria.

Según el autor, los cuatro atributos de la memoria cortical son:

- Almacena secuencias (temporales) de patrones.
- Las regiones corticales en que los almacena forman, en virtud de su conectividad, una jerarquía, la cual consti-

tuye un modelo del mundo real y está estructurada por relaciones de inclusión y parte.

- Los patrones se almacenan de forma invariable; es decir, son esquemas que permanecen estables, a pesar de que los *inputs* perceptivos sean, como es sabido, siempre cambiantes.
- Recuerda los patrones por «autoasociación»: unos evocan a otros y, como también es sabido, nuestro cerebro completa constantemente la información que falta.

Cada región cortical recibe *inputs* de muchas regiones jerárquicamente inferiores y envía también señales a una región superior del mismo tipo, hasta llegar a las áreas de asociación, donde convergen y se combinan funciones diferentes (p. ej., la vista y el tacto). Anatómicamente, sorprende el hecho de que haya tantas o más conexiones jerarquía abajo que jerarquía arriba. Con el modelo clásico no se entiende su función, ya que si lo que se supone que hace el cerebro es recibir *inputs* sensoriales, procesarlos y actuar en consecuencia, estas señales de realimentación no resultan necesarias. Pero cuando nos damos cuenta, dice Hawkins, de que la función central del córtex es realizar predicciones, es cuando la realimentación resulta imprescindible para el modelo: la predicción precisa de una comparación entre lo que está pasando y lo que se espera que ocurra a continuación.

Así, el cerebro utiliza las memorias almacenadas para hacer predicciones constantes e inconscientes sobre todo lo que percibimos o hacemos. La atención sólo se dispara ante el incumplimiento de la predicción. Las predicciones acertadas dan como resultado comprensión. Además, todas las predicciones que hace el córtex, ya que emanan de las memorias, son aprendidas: fruto de la experiencia. Este mecanismo es válido tanto para procesos de nivel puramente perceptivo, como ver o escuchar, como para procesos más abstractos. Incluso la mayor construcción del hombre, la ciencia, no es más que un ejercicio de predicción a partir de lo que se sabe.

Discusión

Científicos cognitivos prestigiosos han recibido muy favorablemente el planteamiento de Hawkins.¹ En cambio, otros, como Feldman (2005), Perlis (2005) y Taylor (2005), han publicado reseñas críticas.

Estos últimos, en general, admiten que el papel de la memoria para modelar la inteligencia es crucial y poco estudiado en IA y que, por lo tanto, es pertinente postular un modelo predictivo basado en la memoria y que sea computacionalmente implemen-

table. Pero en cambio, creen que la aproximación de Hawkins es relativamente simplista y que adolece de falta de una discusión más profunda de determinados temas técnicos de IA y de filosofía de la mente (como la consciencia, los *qualia* o la atención). En su respuesta, Hawkins (2005) dice que, ciertamente, el libro presenta algunas cosas de manera simplificada, pero eso es debido a que está presentando las líneas básicas de una teoría nueva, y por lo tanto, está dando una visión global a partir de la cual en el futuro se descenderá hacia los detalles técnicos.

Feldman (2005) insiste en que la memoria sola no puede dar cuenta de los problemas claves de la mente. Pero probablemente también él cae en la simplificación, ya que el modelo de Hawkins no se basa únicamente en la memoria, sino también en la predicción, la jerarquía, la invariancia y la realimentación. Hay que tener en cuenta, también, que Hawkins remarca explícitamente que su teoría está en construcción y naturalmente sujeta a comprobación experimental; él mismo, de manera metodológicamente admirable, presenta un apéndice de predicciones que deberán ser verificadas experimentalmente.

Por mi parte, echo de menos en el libro alguna referencia a Gerald Edelman, que ha construido un modelo bastante próximo al de Hawkins, seguramente el más próximo por lo que yo sé (Edelman, 1992). También creo que falta dar un papel más relevante en el modelo a los papeles de la analogía y de la fuerza (o peso) de las conexiones. Con respecto a las últimas, Hawkins presenta —quizás porque también es un aspecto a desarrollar— un panorama prácticamente binario: hay conexión o no la hay; pero yo intuyo que las estructuras del conocimiento están conectadas con diferentes grados de intensidad (como, de hecho, es sabido que ocurre con las conexiones sinápticas, aunque no sé si es exactamente lo mismo) y este hecho tiene que ser muy relevante para un modelo de la mente. Por lo que respecta a la analogía, Hawkins sólo la menciona de forma marginal hacia el final del libro, pero dando por hecho que este es precisamente el mecanismo que articula uno de los dos fundamentos principales del modelo: la predicción. Yo creo que no es suficiente apuntar este hecho, sino que hay que situarlo en el centro de la teoría. Así, el enunciado del modelo de Hawkins debería decir que el funcionamiento del cerebro o la mente está basado en la memoria y en la predicción por analogía.

En la actualidad, Hawkins está implementando su modelo mediante algoritmos similares a redes bayesianas, extendidas con jerarquía, memorias secuenciales, acción y atención (Hawkins y George 2006) y está empezando a construir sistemas basados en su modelo, para lo cual ha fundado la empresa Numenta.^[www1] Creo que quien trabaje en IA haría bien en seguir de cerca estos trabajos.

1. Véase www.onintelligence.org.
[www1]: <http://www.numenta.com>

Corolario para lingüistas

El modelo de Hawkins (quien, por cierto, explica de manera convincente que el lenguaje es evolutivamente demasiado reciente para que los genes lo hayan podido codificar como un mecanismo específico) encaja perfectamente con la aproximación al lenguaje de la lingüística cognitiva, fundamentada por autores como Lakoff, Langacker o Fillmore. Esta corriente asume que el lenguaje no se codifica en unos módulos mentales específicos, sino que utiliza las facultades cognitivas comunes, y rechaza la mente-computadora. En cambio, postula construcciones y representaciones mentales esquemáticas guardadas en memoria, como las representaciones invariables de Hawkins, y la integración holística (no modular-secuencial) de los diferentes tipos de datos perceptivos y semántico-informativos relevantes para el lenguaje.

En todo caso, independientemente de la evolución del modelo de Hawkins, parece cada vez más claro que para la neurociencia, hoy, la memoria (de la cual el cerebro dispone cantidades insospechadamente inmensas) juega un papel dominante en el funcionamiento de la mente. Por ello resulta extraño que éste sea todavía un factor ignorado por muchos lingüistas, en favor de modelos que postulan la recomputación permanente y *ex novo* de toda entrada o producción humana del lenguaje.

Finalmente, creo que la principal conclusión metodológica que podemos sacar los lingüistas de todo esto es que, en cualquier trabajo de investigación, habría que especificar necesariamente si lo que se está haciendo es únicamente la descripción de un sistema externo o si, en cambio, se está contribuyendo a una hipótesis del funcionamiento de la mente. Y si el caso es el segundo, convendría dejar claro, aunque fuera brevemente, qué tipo de arquitectura mente-cerebro se está asumiendo o postulando.

Enlaces relacionados:

Web del libro *On Intelligence*

<http://www.onintelligence.org>

Empresa del autor donde se aplica la teoría

<http://www.numenta.com>

Bibliografía:

- CRICK, F. (1994). *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*. Nueva York: Touchstone [Traducción español: *La búsqueda científica del alma*. Barcelona: Círculo de Lectores].
- EDELMAN, G. (1992). *Bright Air, Brilliant Fire: On the Matter of the Mind*. Nueva York: Basic Books.
- FELDMAN, J. (2005). «On intelligence as memory». *Artificial Intelligence*. N.º 169, pág. 181-183.
- HAWINKS, J. (2005). «Reponse to reviews by Feldman, Perlis, Taylor». *Artificial Intelligence*. N.º 169, pág. 196-200.
- HAWKINS, J.; GEORGE, D.(2006). *Hierarchical Temporal Memory. Concepts, Theory and Terminology*. Numenta. [en línea]. <http://www.numenta.com/Numenta_HTM_Concepts.pdf>
- MOUNTCASTLE, V. (1978). «An organizing principle for cerebral function: The unit model and the distributed system». En: G.M. Edelman, V. Mountcastle (eds.). *The Mindful Brain*. Cambridge MA: MIT Press.
- PERLIS, D. (2005). «Hawkins on intelligence: Fascination and frustration». *Artificial Intelligence*. N.º 169, pág. 184-191.
- SEARLE, J.R. (1997). *The Mystery of Consciousness*. Nueva York: New York Review of Books [Traducción español: *El misterio de la conciencia*. Barcelona: Paidós].
- TAYLOR, J.G. (2005). «Book Review». *Artificial Intelligence*. N.º 169, pág. 192-195.
- TURING, A.M. (1950). «Computing Machinery and Intelligence». *Mind*. Núm. 59, pág. 433-460.

Cita recomendada

CLIMENT, Salvador (2006). Reseña del libro *On intelligence* de Jeff Hawkins y Sandra Blakeslee. *UOC Papers*. [reseña en línea]. N.º. 3. UOC.

[Fecha de consulta: dd/mm/aa].

<<http://www.uoc.edu/uocpapers/3/dt/esp/climent.pdf>>

ISSN 1885-1541



Esta obra está bajo la licencia Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 2.5 de Creative Commons. Puede copiarla, distribuirla y comunicarla públicamente siempre que especifique su autor y UOC Papers; no la utilice para fines comerciales; y no haga con ella obra derivada. La licencia completa se puede consultar en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/es/deed.es>.

Autores del libro



Jeff Hawkins
Director técnico de Palm Inc.
y cofundador de Numenta

Jeff Hawkins ha fundado tres empresas, Palm Computing, Handspring y Numenta, así como el Instituto Redwood de Neurociencia, un instituto de investigación científica especializado en entender el funcionamiento del neocórtex. En la actualidad, ostenta el cargo de director técnico de Palm Inc. y es cofundador de Numenta. En Palm Inc. es el arquitecto de varios productos computerizados, como los ordenadores de mano Palm Pilot y Treo. En Numenta desarrolla tecnología derivada del modelo cerebral descrito en su libro *On Intelligence*. La tecnología de Numenta es un nuevo tipo de arquitectura de memoria que imita el córtex de los mamíferos y que puede solucionar problemas de reconocimiento de formas y de aprendizaje mecánico.

Además de los cargos en Numenta y en Palm, Hawkins es miembro del Consejo Directivo Científico del laboratorio Cold Spring Harbor y forma parte del Consejo Consultivo del Instituto Redwood de Neurociencia Teórica de la Universidad de California en Berkeley. Hawkins fue elegido para formar parte de la National Academy of Engineering en 2003. Es licenciado en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Cornell.



Sandra Blakeslee
Corresponsal científica
del *New York Times*

Sandra Blakeslee es corresponsal científica del *New York Times*, especializada en neurociencia. Es coautora, con Judith Wallerstein, de varios libros sobre los efectos del divorcio en los niños: *Second Chances*, *The Unexpected Legacy of Divorce* y *What About the Kids*, así como de un libro sobre las claves para que un matrimonio funcione, *The Good Marriage*. También es coautora del libro *Phantoms in the Brain*, con el psicólogo y neurólogo Vilayanur S. Ramachandran de la Universidad de California, San Diego.

Autor de la reseña



Salvador Climent
Profesor de los Estudios de Lenguas
y Culturas de la UOC
scliment@uoc.edu

Salvador Climent es profesor de los Estudios de Lenguas y Culturas de la UOC, donde imparte y coordina asignaturas en las áreas de Lingüística General, Tecnología Lingüística y Lengua Española en las titulaciones de Filología Catalana, Humanidades y Publicidad y Relaciones Públicas. Es director adjunto de la revista *Digithum* (www.uoc.edu/digithum) y lleva a cabo investigación en lingüística computacional y lingüística cognitiva.