

Metáforas y modelos en psicología cognitiva

Manuel de Gracia
Universitat de Girona
Antoni Castelló
Universitat Autònoma de Barcelona

Este trabajo tiene como objetivo identificar desde una perspectiva predominantemente epistemológica, los diferentes sentidos que la denominada metáfora del ordenador o metáfora computacional de la mente adquiere en el desarrollo de la psicología cognitiva, tanto desde su perspectiva clásica como desde la más reciente metáfora conexionista de la mente. Siguiendo en parte la taxonomía de la metáfora propuesta por Black (1961), se analiza cada uno de los posibles significados que puede tomar la metáfora computacional de la mente, y su eficacia como un medio epistémico para abordar los procesos mentales. Por otra parte, se discute también acerca de los diversos sentidos que adquiere el término modelo dentro de la psicología cognitiva, estableciéndose semejanzas y diferencias respecto a términos como analogía o metáfora, que se utilizan frecuentemente como sinónimos de modelo. Se concluye acerca del sentido de una de las posibles interpretaciones que puede tener la metáfora computacional, concretamente la metáfora como interacción propuesta de la taxonomía de Black, y también sobre la necesidad de establecer un núcleo de equivalencias básico que garantice un isomorfismo entre la mente humana y el computador.

Palabras clave: psicología cognitiva, epistemología, modelo, metáfora.

The aim of this work is to identify, mainly from an epistemological point of view, the different meanings of the so-called computer metaphor (or computational metaphor) of the mind in the development of cognitive psychology, both from a classical perspective and from the more recent connectionist metaphor of the mind. Following in part the taxonomy proposed by Black (1961), every possible meaning of the computational metaphor of the mind is analysed, as well as its efficiency as an epistemological method for the treatment of the mental processes. The different meanings of the term «model» in cognitive psychology are also discussed,

establishing similarities and differences with respect to the terms «analogy» or «metaphor», which are frequently used as synonyms of model. We conclude that the computational metaphor can be interpreted according to one of Black's proposals, the metaphor as interaction. We also conclude the need to establish a basic kernel of equivalences to guarantee an isomorphism between the human mind and the computer.

Key words: Cognitive psychology, epistemology, model, metaphor.

La psicología cognitiva, tanto la denominada extensamente «computacionista-proposicionalista-sintáctica-discreta» (Viader y Arnau, 1998, p. 28) como la posterior perspectiva conexionista de Smolensky (1988), admite de una u otra forma lo que se ha denominado «metáfora del ordenador». Así por ejemplo, se concluye que «la metáfora del ordenador ha sido un heurístico de investigación fructífero, inspirando los temas e hipótesis, ofreciendo un vocabulario teórico para interpretar los datos, y sirviendo como herramienta formal en la simulación de modelos» (de Vega, 1998, p. 26). O bien aparecen en la literatura cognitiva preguntas como: «¿hay que tomarse en serio la analogía [de la mente] con el ordenador; es decir, que una máquina puede ser modelo de la mente?» (Peraita, 1986, p. 25), o afirmaciones como que «el paradigma cognitivo [...] se apoya en la denominada metáfora del ordenador» (de Vega, 1982, p. 63). En todas estas afirmaciones o aco-taciones subyace la idea de que la mente, «como sistema cognitivo, debe entenderse por su analogía con el ordenador y por ello utilizar fundamentalmente la metodología de la simulación» (Bajo y Cañas, 1991, p. 10). Ahora bien, en todas ellas se emplean los términos «metáfora», «analogía», «modelo» o «simulación» de forma indistinta, como si fuesen sinónimos o equivalentes en la mayoría de los casos. Tampoco se precisa el significado de cada uno de esos términos: ¿Qué es una metáfora?, ¿es diferente de una analogía? y si lo es ¿en qué se diferencia?, ¿qué es un modelo? ¿Es diferente a una metáfora, o es sinónimo de analogía?

Partiendo de estas preguntas, el objetivo de este trabajo pretende esbozar algunas respuestas y delimitar las diferentes interpretaciones y los contextos en los que el uso de la metáfora o del modelo computacional de la mente puede considerarse como legítimo desde un punto de vista epistemológico. Es decir, para expresarlo de otro modo, hasta qué punto la metáfora o el modelo computacional de la mente constituyen un medio epistémico válido para acceder a la realidad mental (Boyd, 1993).

Para estructurar los diferentes significados que puede tomar la metáfora o el modelo computacional de la mente y su eficacia como un medio epistémico para abordar los procesos mentales seguiremos en sus aspectos formales, y como punto de partida para nuestro análisis crítico, la taxonomía propuesta por Black (1961).

La metáfora computacional de la mente

La metáfora puede entenderse como una figura del habla que establece una comparación implícita entre dos entidades desiguales, y que implica un salto cua-

litativo entre los objetos considerados que va desde la mera comparación hasta una cierta forma de identificación, para dar lugar a una nueva entidad que comparte las características de ambos. Para manejar intelectivamente un concepto nuevo hay que recurrir a una cierta forma de evidencia. Esta evidencia puede alcanzarse, o bien mediante la descripción, cuando el concepto puede expresarse por medio de otros previamente conocidos, o bien mediante la metáfora, a la que se recurre cuando para establecer un concepto nuevo se precisa el concurso de la intuición (Cooper, 1986). Ante la imposibilidad de expresión de un concepto puro se recurre a metáforas, a imágenes, a comparaciones, a intuiciones simbólicas, a analogías que sean capaces de suscitar la intelección buscada. Durante bastante tiempo se consideró que las expresiones metafóricas desempeñaban un papel secundario en la ciencia, ya que lo característico del lenguaje científico era la precisión y la ausencia de ambigüedad. Ortega y Gasset (1928), frente a los recelos —la fobia a la metáfora científica— que mostraban los científicos positivistas de la época, reivindicaba el uso de la metáfora en ciencia, asignándole un papel primordial en la caracterización del pensamiento científico: «la metáfora es un instrumento mental imprescindible, es una forma de pensamiento científico» (p. 157). Ortega distinguía dos usos de la metáfora: el primero, de carácter superficial, es aquél en el que la metáfora se reduce a una simple transposición de nombres; es decir tiene un uso traslático y su empleo es propio de la literatura, especialmente en la poesía. En este caso, el uso metafórico consistiría en el empleo de una expresión en un sentido distinto del suyo propio o normal. El siguiente uso que otorga Ortega y Gasset a la metáfora es más profundo, necesitamos inevitablemente las metáforas «para pensar nosotros mismos ciertos objetos difíciles. Además de ser un remedio de expresión, es la metáfora un medio esencial de intelección» (*op. cit.*, pp. 164-165). Ante lo complejo de determinados objetos, nuestra capacidad de comprensión tiende a «apoyarse en los objetos fáciles y asequibles para poder pensar los difíciles y esquivos». Por lo tanto, para Ortega, la «metáfora es un procedimiento intelectual por cuyo medio conseguimos aprehender lo que se halla más lejos de nuestra potencia conceptual. Con lo más próximo y lo que mejor dominamos, podemos alcanzar contacto mental con lo remoto y más arisco» (*op. cit.*, p. 166). La metáfora como suplemento a «nuestro brazo intelectualivo», como propone Ortega, es enormemente sugestiva cuando el objeto de estudio presenta caracteres de complejidad. Es indudable que el recurso a la metáfora por parte del científico ha sido ampliamente reconocido a lo largo de la historia de la ciencia, aunque, advierte Ortega «lo que puede muy bien acaecer es que el hombre de ciencia se equivoque al emplearla, y *donde ha pensado algo en forma indirecta o metafórica crea haber ejercido un pensamiento directo*» (*op. cit.*, p. 158; la cursiva es nuestra).

También el físico teórico James Clerk Maxwell se interesó por los usos metafóricos en ciencia. En alusión a su conocida representación del campo magnético, en la que basándose en la analogía de comportamientos entre acciones electromagnéticas y ondas luminosas postulaba la existencia de ondas electromagnéticas que tuvieran la misma naturaleza que las ondas luminosas, decía de la metáfora: «la figura de estilo o del pensamiento por la cual se transfieren el lenguaje y las ideas de una ciencia con la que estamos familiarizados a otra, que

nos es menos conocida, puede denominarse metáfora científica» (pp. 184-185). El interés por el papel de las metáforas en el pensamiento científico llevaría a que Maxwell (1999) estableciera una distinción entre las metáforas empleadas en las ciencias físicas, reduciéndolas a dos grandes grupos: las metáforas *análogas*, basadas en una analogía profunda entre los términos involucrados en ellas; y las metáforas que denomina *audaces*, con las que se exploran nuevos campos del conocimiento y que son las que, en último extremo, están en la base de todo pensamiento creador. Este proceso de prolongaciones metafóricas aparece, con alusiones más o menos directas, en los escritos de los grandes creadores científicos cuando describen el proceso mediante el cual llegaron a establecer nuevos descubrimientos. En la génesis de muchas innovaciones científicas hay una intuición que toma cuerpo a partir de un proceso de prolongación metafórica del tipo que acabamos de describir. Esta prolongación no está exenta de peligros, y debe hacerse con las oportunas cautelas, pero sin infravalorar, por ello, las posibilidades que sugiere. En la ingeniería cibernética de Wiener, antesala de la denominada revolución cognitiva, un ejemplo claro de este tipo de proceder lo constituye el paso de la metáfora al modelo en los comportamientos propositivos mediante mecanismos de realimentación negativa, tradicionalmente empleados por los ingenieros en el diseño de servomecanismos o en la estabilización de amplificadores eléctricos.

Se puede colegir de ambas aproximaciones al concepto de metáfora, que éstas no agotan su interés en ser un mero recurso pedagógico útil como ilustración elemental, o como sostén en la divulgación de la ciencia; sino que, como recurso psicológico, pueden ser empleadas para engendrar ciencia al suministrar elementos intuitivos al científico en su propio trabajo creador.

Max Black (1961), desde la reflexión filosófica sobre la metáfora, intentó dar respuesta a los problemas metodológicos o epistemológicos de la identificación, detección o delimitación de lo metafórico (de Bustos, 2000). El análisis conceptual de la metáfora que realiza Black pretende, a partir de un análisis del lenguaje, acotar los sentidos y los usos de la palabra metáfora «o bien, si se prefiere el modo material de hablar, de analizar la noción de metáfora» (*op. cit.*, p. 37) para toda teoría y ciencia.

En el análisis de la noción de metáfora propuesto por Black, una primera identificación posible es la que denomina enfoque *sustitutivo*. En él se sostiene que las expresiones metafóricas se utilizan en lugar de otras expresiones literales equivalentes a ellas. Definida de este modo, la metáfora se convierte en el uso de un vocablo en un sentido nuevo con objeto de cubrir una laguna del vocabulario; es decir, se convierte en un remedio de alguna imperfección temporal del lenguaje. En el caso de su uso dentro del pensamiento científico, expresa lo que todavía o de momento no puede decirse literalmente, y sería equivalente a la metáfora audaz propuesta por Maxwell. Éste sería también el caso del uso de las metáforas que, con frecuencia, hace Freud en la presentación de sus hipótesis; aunque tomando todas las precauciones respecto a su empleo en ciencia que le exigía su formación en el empirismo cientifista y positivista de la escuela de Helmholtz. En el capítulo 7 de la *Interpretación de los Sueños*, Freud describe el aparato psíquico como un juego de lentes como los que se encuentran en una má-

quina fotográfica, un telescopio o un microscopio, advirtiendo reiteradamente que el recurso a esta metáfora es sólo eso, un recurso expresivo. Aludiendo a la localización psíquica Freud dice: «en el microscopio y el telescopio, como es sabido, éstas son en parte unas localizaciones ideales, unas zonas en las que no se sitúa ningún componente aprehensible del aparato. *Juzgo superfluo disculparme por los defectos de este símil y todos los del mismo tipo [...] Tenemos derecho, creo, a dar libre curso a nuestras conjeturas con tal de que en el empeño mantengamos nuestro juicio frío y no confundamos los andamios con el edificio*» (pp. 529-530, la cursiva es nuestra).

El empleo de metáforas sustitutivas en psicología, como ha señalado Draaisma (1998) en su estudio sobre las metáforas de la memoria, presenta serias objeciones. Si bien, señala este autor, en el caso de los procesos físicos se podrían llegar a describir literalmente las interacciones entre cuerpos o elementos físicos a través de las leyes físicas que los relacionan, una descripción literal parece totalmente excluida en el caso de los procesos psíquicos. ¿Cuál es, se pregunta Draaisma, «el equivalente literal de procesos de búsqueda en la memoria? ¿Cómo podemos describir literalmente un proceso como el de 'guardar'? ¿A qué descripción literal sustituye la metáfora de 'filtrar' la información?» (p. 33). La conclusión del autor es que no existe una alternativa literal al lenguaje figurado en psicología y, por lo tanto, este tipo de enfoque metafórico no puede ser el que guíe el sentido de la metáfora computacional en psicología cognitiva.

En el segundo enfoque de la metáfora señalado por Black, la expresión metafórica tiene un significado que procede, por transformación, de su significado literal normal. Esta función transformadora característica de la metáfora es la analogía, la semejanza o el símil. Hay semejanza o analogía entre el significado de dos conceptos y su equivalente literal cuando se puede reconstruir, a partir de un marco de indicios o referencias procedentes de un contexto más amplio, el fundamento de la analogía o símil que se pretende proponer para llegar al significado literal de partida; es lo que este autor ha denominado enfoque *comparativo* de la metáfora.

En medicina encontramos un ejemplo histórico que puede servir para ilustrar la función transformadora de las metáforas analógicas. Harvey (1578-1657) percibió una analogía tan evidente entre las válvulas de las venas y las puertas de las esclusas que la inducción de su ley de circulación fue prácticamente irresistible, la adecuación del órgano a la función se muestra tan precisa en la analogía que permitía sin duda, extraer conclusiones. El concepto de circulación era originalmente un término de la ingeniería utilizado para describir el desplazamiento o el movimiento del agua en los sistemas hidráulicos de bombeo. Se produjo una transferencia desde el dominio de la técnica, en particular de la hidráulica, a la fisiología, mediante lo que inicialmente era una metáfora analógica, pero que apelaba a las, todavía entonces desconocidas, leyes de la dinámica de fluidos, con lo que la metáfora se convirtió en un modelo (matemático) plausible de la circulación sanguínea (Lain Entralgo, 1948). Sin embargo, no siempre las supuestas analogías tienen un valor heurístico tan evidente, una metáfora atrayente puede conducir también a considerables errores interpretativos. Otro ejemplo histórico puede ayudar a ilustrar este hecho. Las primeras eta-

pas de la neurología pueden considerarse como una réplica del descubrimiento de la circulación sanguínea, los efectos biológicos de las corrientes eléctricas puestos en evidencia por Galvani (1737-1789) y la invención de la pila por Volta (1745-1827) fundarán la metáfora analógica del nervio como conductor de corriente. Sin embargo, la indefinición del marco de referencia (teoría eléctrica/fisiología nerviosa) condujo a que Galvani postulase la existencia de una electricidad inherente a los animales, que explicaría el fenómeno vital. Este error, inducido por la *necesidad analógica* de la metáfora que hizo equivocarse a Galvani, dio el supuesto *fundamento científico* a las peculiares teorías del magnetismo animal de Mesmer (1734-1815) que de una u otra forma se prolongarían durante casi un siglo (Laín Entralgo, 1975).

¿Se puede entender la metáfora computacional como una metáfora analógica? ¿Se puede reconstruir el fundamento de la analogía entre el ordenador y lo que se supone que es su equivalente literal, la mente humana? Este enfoque es el que se podría aplicar a las comparaciones metafóricas que consideran al «organismo como un sistema procesador de información (es decir, como un sistema computacional)» (García-Albea, 1993, p. 23). En este caso, se utiliza la metáfora como un *símil* y, por lo tanto, puede considerarse la comparación como un caso particular del enfoque sustitutivo anterior, ya que el enunciado metafórico podría substituirse por una comparación literal equivalente. Pero, teniendo en cuenta que en psicología no existe esa posibilidad literal —¿cuál sería la literalidad de la mente, si precisamente lo que se quiere averiguar a través de la metáfora computacional es esa misma literalidad?— la metáfora comparativa vuelve a convertirse en una *figura*. Éste parece ser el paso que implícitamente se produce cuando se reconoce que la metáfora computacional en psicología es «una forma de hablar acerca de los ordenadores para hablar acerca de los organismos» (García-Albea, 1993, p. 23). Es decir, a pesar de que se mantiene explícitamente el enfoque analógico de la metáfora computacional, su sentido se desplaza finalmente hacia una interpretación puramente *figurativa* de escaso interés epistemológico.

Siguiendo en este uso comparativo de la metáfora, se puede llegar a suponer que el ordenador, al ser un *símil*, puede llegar a funcionar como un simulador de aquello que supuestamente es su equivalente literal: la mente humana. En efecto, si se supone que nos estamos preguntando cómo cierta expresión [computador], en su uso metafórico, puede funcionar en lugar de una determinada expresión literal [mente] que, según se sostiene, constituye un sinónimo aproximado de ella; y se contesta que aquello que [computador] representa en su uso literal es semejante a lo representado por [mente]. La pregunta que se formula de forma inmediata es ¿qué información útil proporciona esta metáfora? ya que se puede concluir que las semejanzas ya están objetivamente dadas, con lo cual la metáfora carece de utilidad. Si estas semejanzas estuviesen dadas, es decir, estuviesen relacionadas por una serie de enunciados o leyes, obviamente la metáfora carecería de interés, dado que el *símil* consiste en la afirmación explícita de una similitud entre dos objetos o hechos, pero sin cualidad novedosa alguna (de Bustos, 2000).

Tampoco es cuestión de suponer una serie de gradaciones similares entre la metáfora [computador] y su referente literal [mente] de modo que una pre-

gunta verdaderamente objetiva tomase la forma de, por ejemplo, ¿Se parece el computador simbólico a la mente más que el computador neuronal en una escala de grados de semejanza objetivos, como sostienen Fodor y Phyllyshyn (1988)? De hecho, estos autores mantienen que la metáfora conexionista no es incompatible con la metáfora simbólica (cognitivismo clásico), pues se ubicarían en niveles explicativos diferentes, mientras que este último pretende analizar la estructura de la mente desde un punto de vista cognitivo, los estados postulados por la metáfora conexionista no son estados cognitivos, sino que, en todo caso, podrían contar como una posible implementación de los estados descritos en la metáfora clásica. Como indica Black, «a medida que nos acercamos a semejantes formas de enunciados metafóricos pierden su razón de ser: necesitamos metáforas justamente en los casos en que por el momento esté descartada la precisión de los enunciados científicos» (*op. cit.*, p. 47). Concluye este autor con una advertencia que parece especialmente indicada para transitar por el resbaladizo terreno metafórico de la psicología cognitiva: «cuando al desentrañar la metáfora principal aparecen otras substantivamente nuevas, se corre un serio riesgo de confusión mental», y añade entre paréntesis como algo obvio «recuérdese la habitual prohibición de 'mezcla de metáforas'» (*op. cit.*, p. 52). Un consejo que se habrá de tener muy en cuenta si se piensa en las dos metáforas computacionales, elevadas al rango de paradigmas, que forman el núcleo del cognitivismo y el conexionismo.

La tercera interpretación de la metáfora que propone Black, y que denomina *enfoque interactivo*, es una alternativa que parece estar libre de los defectos presentados por los enfoques sustitutivo y comparativo. El enfoque interactivo aparece «cuando tenemos dos pensamientos de cosas distintas en actividad simultánea y apoyados por una sola palabra o frase, cuyo significado es el resultado de su interacción» (*op. cit.*, p. 48). Es decir, que el sentido literal y su metáfora se presentan vinculados a un conjunto de asociaciones que, a su vez, están implicadas en dicha interacción (Draaisman, 1998). Se abre, por decirlo de otro modo, un campo semántico nuevo cuya prolongación dependerá de que la red de asociaciones establecida en torno a ambos términos (literal y metafórico) sea más y más detallada. Precisamente todo lo contrario de lo que se propone cuando se postula una interpretación débil de la metáfora computacional, que se basa «generalmente en el supuesto de una *correspondencia vaga* entre los componentes fijos del ordenador y la mente» (Rivière, 1991, p. 96, la cursiva es nuestra). Con lo que se corre el riesgo de que la interpretación débil de la metáfora computacional pueda acabar conduciendo a la suma vaguedad a una psicología que pretende constituirse en una ciencia objetiva de la mente.

El papel que ha jugado la metáfora del ordenador en la psicología cognitiva podría ajustarse en un determinado sentido al enfoque interactivo. Si se puede hablar de una interacción entre dos pensamientos, es entre un pensamiento tecnológico -en este caso de la ingeniería de computadoras- y un pensamiento psicológico, o viceversa, cuya consecuencia natural ha llevado a que la psicología entable una estrecha relación con los desarrollos tecnológicos gracias a los cuales ha intentado adquirir el prestigio propio de las ciencias duras. Cencillo (1988) ha llamado la atención sobre este hecho al señalar que la «reacción

frecuente de algunos epistemólogos e investigadores de ciencias humanas es la de llegar a obtener una conversión de éstas en ciencias duras mediante la adopción de lenguajes biofísicos» (*op. cit.*, p. 17) o, como es el caso que nos concierne, de lenguajes tecnológicos continuamente renovados. Draaisman (1998) opina de forma parecida y dice con cierta ironía que «en la cultura occidental, donde la psicología hizo su aparición, siempre se ha sabido apreciar esta asociación [con la técnica]» (*op. cit.*, p. 274).

En el mismo sentido, Draaisman concluye refiriéndose a la memoria que «las asociaciones entre ordenador y memoria no sólo han dado un carácter más técnico a la memoria, sino también un aire más psicológico al ordenador» (*op. cit.*, p. 34). El papel de ésta y de otras metáforas históricas inspiradas en la técnica ha conducido, según Draaisman, a que en el caso de la memoria, sus concepciones «siempre estén mezcladas con las técnicas que hemos utilizado como metáforas y por ello parecen cambiar por completo a cada nueva imagen. Pero después de un tiempo, los rasgos de lo conocido vuelven a surgir a través de lo nuevo y se reconocen coincidencias» (*op. cit.*, p. 274). El autor relativiza el papel de la renovación metafórica en psicología y el interés teórico que este continuo recambio puede llegar a tener: «en psicología reaparecen las mismas nociones teóricas en figuras metafóricas siempre cambiantes» (*op. cit.*, p. 274), y acaba añadiendo que «el continuo cambio de términos, orientaciones y metáforas sugiere más cambio del que hay en realidad» (p. 274).

Desde el enfoque cognitivo de la teoría contemporánea de la metáfora, Lakoff y Johnson (1987) han destacado la función de las metáforas en el desarrollo de capacidad psicológica para establecer inferencias o relaciones, y como representación de la experiencia individual. De ahí que, como señalan estos autores, «la insistencia en mantener una extensión coherente de una metáfora puede ocultarnos aspectos de la realidad que no han sido puestos de manifiesto a partir de ella [...]. Quisiéramos sugerir que hay veces en las que la comprensión científica puede mejorarse permitiendo metáforas alternativas, incluso a expensas de la minuciosidad y la coherencia» (p. 247). La aproximación al análisis de la metáfora que hacen Lakoff y Johnson es de carácter psicológico (experiencial) y no pretende, por tanto, dilucidar su papel en el pensamiento científico (epistemológico), sino en el pensamiento del científico como sujeto psicológico. Las metáforas, desde este punto de vista, son consideradas como vehículos expresivos que facilitan la comprensión o la definición de conceptos o ideas abstractas, que se estructuran a partir de conceptos más concretos. Es decir, son tratadas como un hecho psicológico que comparte la eficacia educativa de lo gráfico, facilitando la comprensión y el aprendizaje (Reynolds y Schwartz, 1983). Se plantea, en definitiva, un estudio psicológico de la metáfora en el aprendizaje humano de tareas o conceptos que revisten cierta complejidad. En estos procesos de aprendizaje, en los que la organización de los nuevos datos de la experiencia se ajusta a las pautas que han decantado los procesos de aprendizaje pasados, se tiende a desarrollar nuevas estructuras cognitivas empleando como proyección metafórica las estructuras previamente aprendidas.

En definitiva, los trabajos de Lakoff y Johnson (1999) sobre las metáforas pretenden mostrar cómo gran parte de la experiencia cotidiana del mundo y de

las relaciones sociales está estructurada metafóricamente. Sin embargo, caen en el psicologismo cuando extienden el papel psicológico de la metáfora al campo del pensamiento científico, creando una confusión entre el plano psicológico y el epistemológico, que conduce a identificar lo inductivo en las ciencias con la percepción en los sujetos empíricos (psicológicos). Según estos autores, una teoría científica propone una explicación de un fenómeno a partir de la elaboración de un conjunto de conceptos metafóricos y, en el caso que las metáforas básicas de una teoría científica provengan de extensiones de metáforas básicas de nuestro sistema conceptual cotidiano, se puede decir que «dicha teoría es intuitiva o natural» (*op. cit.*, p. 246). Resulta evidente que en las disciplinas científicas que componen el panorama de las ciencias cognitivas, con el alto grado de formalización y conceptualización que las caracteriza, la argumentación anterior carece de sentido; no parece muy probable que, por ejemplo, la teoría de la comunicación de Shannon tenga algo que ver con el sistema conceptual cotidiano. En realidad, tal pretensión psicologista no existe, al menos de una manera explícita en psicología cognitiva, y los psicólogos, que postulan la existencia de una lógica mental simulable, no suelen sostener que las leyes de la lógica sean en sí mismas leyes mentales, sino que presuponen su validez e intentan mostrar cómo las reglas mentales que constituyen la competencia lógica de los sujetos son isomorfas con las reglas usuales.

La psicología cognitiva, continúan estos autores, sí que «emplea metáforas de la mente e ideas que se encuentran en nuestro sistema conceptual cotidiano (la mente como recipiente, las ideas son objetos, las expresiones lingüísticas son recipientes, la mente como una máquina)». El efecto obtenido es que «los modelos computacionales de la mente son *el resultado de tomar en serio metáforas como éstas*, y de intentar elaborarlas de forma coherente» (*op. cit.*, p. 246; la cursiva es nuestra).

¿Qué quiere decir y qué implica tomarse la metáfora del ordenador en serio? En primer lugar, la pregunta anterior da pie a interpretar que la metáfora computacional se ha tomado en broma con anterioridad, y en efecto, pensamos que en cierto sentido así fue. La metáfora como herramienta didáctica o instruccional tuvo, y sigue teniendo, un papel fundamental en el aprendizaje y manejo de máquinas complejas que suponen un nivel de abstracción y representación considerable. Como han señalado Smith y Green (1980), las metáforas psicológico-computacionales tuvieron un papel importante en el inicio y primeros desarrollos de la ingeniería de computadores, vehiculando el diálogo entre el ingeniero o el programador y el operador-usuario, y la máquina computadora. Por lo tanto, el uso y proliferación de metáforas en ambas direcciones responde más a una búsqueda de soluciones prácticas y aplicaciones a problemas técnicos de interacción hombre-máquina, que no a una renovación teórica realizada desde la propia psicología. El enfoque interactivo adquiere, por tanto, sentido en este contexto; es un lenguaje metafórico generado en una praxis tecnológica. La necesidad de crear un marco de referencia compatible entre la actuación humana y una máquina lógica compleja que es opaca —una caja negra— al operador humano propicia el recurso a la metáfora del ordenador, al permitir un diálogo entre el ingeniero, que diseña los sistemas, y el psicólogo, que instruye a los operadores de

esos sistemas o que intenta explicitar sus pautas de actuación, sus esquemas y planes de conducta, como dirá Miller (1983) en un lenguaje todavía conductista. Se intenta construir un ámbito de conceptos metafóricamente estructurados, tales como esquemas o marcos, relevantes para las interacciones hombre-máquina. La metáfora en este primer momento tiene un valor puramente didáctico, permite estructurar e instrumentalizar conceptos e ideas acerca de lo psíquico que forman parte de un conjunto de creencias de la psicología del sentido común referentes a estados o procesos mentales, con la suposición de que tales estados existen y tienen contenido (p. ej. la memoria como un recipiente, las ideas como objetos que se tienen o se poseen, la mente como una máquina, etc.). Fodor (1975) lo expresará del siguiente modo: «la psicología cognitiva contemporánea es, en rasgos generales, conservadora en su actitud hacia la tradición basada en el sentido común» (p. 214).

El recurso a estados mentales internos es, desde esta óptica, de carácter intuitivo y natural (Stich, 1983); es decir, forma parte de un imaginario colectivo de supuestos acerca de lo mental (Lakoff y Johnson, 1980). Tiene sentido entonces afirmar que no es la psicología la que vuelve al mentalismo, sino que es el mentalismo el que se pretende reinterpretar como una nueva psicología (Bueno, 1985). El recurso al mentalismo es inicialmente un medio heurístico útil para la invención en ingeniería y eficaz para adiestrar a operadores de sistemas de computación o control. Probablemente se podrá hablar entonces de representación mental o de procesamiento de la información en un sentido figurado, pero eficaz para el aprendizaje del funcionamiento o la composición interna de la máquina computadora. Así entendido, el uso de la metáfora computacional quedaría limitado a lo que en epistemología se denomina «contexto de descubrimiento», en este caso el contexto de una nueva ingeniería de la invención de artefactos pensantes, como los denomina Simon (1969). En otras palabras, se limita el uso de la metáfora computacional a los procedimientos heurísticos utilizados en la práctica de una nueva y revolucionaria forma de ingeniería.

Dentro de esta particular coyuntura, la psicología aportará un componente heurístico a la invención de sistemas computacionales o, por extensión, a la ingeniería de la información. Esta última dirige sus esfuerzos a realizar algo que anteriormente no existía, un artefacto nuevo, en este caso una máquina de procesar símbolos. Al no existir previamente, no puede ser descubierto en ningún sitio (las máquinas calculadoras de Pascal o Babbage son un precedente excesivamente lejano) ni estudiadas e imitadas sus características. Por lo tanto, los procedimientos clásicos de la ciencia no pueden ser útiles al ingeniero informático, por lo que tendrá que recurrir a saberes de otras disciplinas como parte heurística (inventiva) del método científico, que coincide en este caso con el contexto de descubrimiento. La consecuencia de esto es un proceso de hibridación, cuyo resultado es la psicología cognitiva (Blanco, 1994).

Ahora bien, conviene precisar que el psicólogo no es un ingeniero que inventa nuevas realidades, por lo tanto el proceso heurístico inverso (de la invención en ingeniería de computadoras a la «invención» en psicología) no se justifica en absoluto. Sería absurdo sostener que las ingenierías de la información pueden llegar a formar un contexto de descubrimiento (y mucho menos el de su

justificación) para la psicología como se ha insinuado en algunas ocasiones al intentar acreditar la «metáfora del ordenador» (García-Albea, 1993).

Esta interacción metafórica, en la terminología de Black, adquiere por tanto para la ingeniería de computadores un carácter fuertemente heurístico (inventivo), ya que permite disponer de un *vehículo* de expresión que facilita, al ingeniero y al psicólogo cognitivo como intermediario en la tarea, la exploración de los procedimientos humanos de decisión a fin de obtener heurísticos susceptibles de ser implementados y simulados en un ordenador; es decir, objetivar las reglas y estrategias de decisión y gestión del experto humano implicado en dichas tareas (p.e. operadores, programadores, gestores, administradores, etc.) en un intento de obtener un patrón de razonamiento básico para cada tarea que pudiera ser trasladado a un programa informático. En definitiva, de lo que se trataba era de tomar la heurística de los planificadores humanos y hacerla explícita. Como anticipaba la cibernética de Wiener, el interés que tiene esta nueva tecnología por el estudio de las habilidades humanas proviene de que «es esencial conocer sus características a fin de poderlas incorporar matemáticamente a las máquinas que controlan» (p. 30). Ahora bien, la incorporación de ciertas habilidades humanas a una máquina tampoco debe dar pie a entender que la simulación en un ordenador de un procedimiento de decisión humano supone la simulación real de algún estado o proceso mental. Como señalaba Searle (1984) «la simulación de un estado mental no es un estado mental, del mismo modo que la simulación de una explosión no es una verdadera explosión» (p. 44). Una simulación informática de un supuesto fenómeno mental no es más real que el modelo informático de cualquier otro fenómeno natural.

En definitiva, la posibilidad de compartir un lenguaje metafórico común, o un mismo «campo del discurso» como lo denomina Black, entre las funciones de la máquina computadora y las del operador humano se constituirán en un recurso pedagógico o instruccional que facilitará al operador humano generar y comprender nuevas nociones que permanecían ocultas en la complejidad y opacidad de la máquina computadora. La antropomorfización de la máquina y la computerización del hombre permiten que compartan «memoria», «procesos», «almacenes» (o *buffers*), «capacidad», y toda una larga serie de metáforas subordinadas en ambas direcciones, que asimilarán metafóricamente las tareas que comparten el hombre y la máquina, con el objetivo de facilitar la interacción con la máquina y de formalizar los heurísticos de decisión humanos. La metáfora computacional es muy útil como puente entre el sistema conceptual humano y las funciones supuestamente análogas de la máquina computadora. Searle (1984) alude a esta cuestión del siguiente modo «está muy bien usar una metáfora psicológica para explicar el computador. La confusión viene cuando se toma la metáfora literalmente y se usa el sentido metafórico de seguir una regla por parte del computador para intentar explicar el sentido psicológico de seguir una regla» (p. 55).

Por lo tanto, el problema surge cuando el uso de la metáfora computacional pasa de ser un medio (de expresión o de instrucción) entre la ingeniería de computadores y los psicólogos aplicados, y se convierte en un fin en sí misma. Es entonces cuando la metáfora arraiga en psicología independizándose de su

cometido inicial y cuando la máquina computadora se presenta desde una perspectiva predominantemente ontológica; es decir, se toma la «metáfora en serio».

La expresión anterior provoca cierta perplejidad. ¿Qué quiere decir tomarse la metáfora en serio? ¿Significa —como se ha dicho— suponer que *el ordenador es un modelo válido del organismo*? (García-Albea, 1993) y si lo es ¿cómo se justifica el paso de la metáfora al modelo computacional y qué características debe tener ese modelo para ser viable? Ante estas preguntas, Bueno (1985), en un artículo crítico con los planteamientos de la psicología cognitiva, proponía traducir «*la expresión psicológica 'en serio' con la expresión lógica 'isomorfismo'*» (p. 22), lo que conduciría a considerar la máquina computadora como un modelo isomorfo de la mente. Por lo tanto, subyace aquí la idea de los cognitivistas de que la máquina ideal de Turing se comporta como un sistema isomorfo con todo sistema posible, por lo que puede convertirse en modelo universal; es decir, un modelo de modelos.

El modelo computacional de la mente

El modelo se presenta como algo más que una metáfora ya que establece un tipo de relación más específica con la realidad modelada. A pesar de esta última consideración, el concepto de modelo no está exento de ambigüedades y se sobreentiende de muy diversas maneras en ciencia. A pesar del uso cada vez más generalizado de los modelos en ciencia, pocas veces se consideran los supuestos previos y las implicaciones que conlleva su empleo, en particular en las ciencias sociales y especialmente en psicología.

Representar, imitar, reproducir, repetir son actividades propias de la experimentación científica que tienen en la construcción de modelos un común denominador genérico. La ciencia es la única actividad humana en la que el término modelo tiene un sentido inverso al que se le da en el lenguaje cotidiano. Es modelo aquello que se imita o aquello que puede ser imitado. Así, se puede hablar de modelo fotográfico, modelo de belleza o modelo de cine. En otras ocasiones, el término modelo se emplea para designar una relación opuesta; es decir, el modelo como «representación de» un edificio, un puente, etcétera, a una escala reducida.

El modelo científico es inicialmente una imitación y tiene la misma relación con la realidad que la que tiene un modelo a escala con el objeto del cual es una reproducción a fin de ser más fácilmente manejable. Sin embargo, como señala Mosterín (1987), «la equivocidad del vocablo 'modelo' en el lenguaje ordinario se ha trasladado a la ciencia, dando lugar a usos opuestos de la palabra» (p. 153). Si nos atenemos a las ciencias formales, se usa este término «como aquello a lo que se refiere la teoría, como lo que está frente a la teoría, como lo opuesto a la teoría» (*op. cit.*, p. 153), siendo en las disciplinas englobadas en estas ciencias donde el modelo adquiere un sentido estrictamente metodológico. En cambio, en las ciencias empíricas entre las que se encuentra la psicología, se utiliza en muchas ocasiones la palabra modelo como sinónimo de teoría. Por lo

que sería recomendable que cuando se «emplea la palabra modelo como sinónimo de teoría, lo más práctico sería dejar de usarla en dichos contextos y sustituirla por la palabra teoría, de uso mucho menos confundente» (Mosterín, 1987, p. 154). En muchas ocasiones, los psicólogos —y no sólo los cognitivistas— buscan un modelo para explicar algo que les interesa, por ejemplo un modelo de aprendizaje o un modelo de inteligencia humana, cuando lo que realmente quieren decir es que buscan una teoría que describa de forma adecuada lo que ellos entienden por aprendizaje o por inteligencia humana.

Es frecuente que en las ciencias empíricas el sistema que se quiere describir teóricamente revista una gran complejidad, por lo que se recurre a construir otro sistema que sirva de modelo para el estudio del primero. Cuando el modelo construido cumple con lo previsto en la teoría, se puede concluir que es útil para describir el sistema complejo o desconocido. En ese caso, como concluye Mosterín (1987), «ambos sistemas son modelos de la misma teoría y, por tanto, tienen propiedades estructurales en común, tienen cierta estructura en común (a saber, la estructura caracterizada por la teoría en cuestión)» (p. 156). De este modo, es posible que dominios tan diferentes de la realidad como la hidrodinámica y la electricidad, la luz y las vibraciones sonoras, puedan representarse por modelos idénticos, lo que establece entre ellos una *relación de equivalencia*. El modelo es la clase de equivalencia correspondiente.

Max Black (1961) ha dibujado una panorámica más amplia de los distintos papeles que los modelos desempeñan en el método científico. En primer lugar distingue los *modelos a escala*, propios de la ingeniería, en los que el modelo es siempre modelo de algo real o imaginario, cuya finalidad consiste en probar el diseño previo o el funcionamiento de una máquina y constatar de este modo la corrección de las leyes físicas que rigen ese funcionamiento. Este modelo es, por tanto, una representación de la cosa real o imaginaria a la que sustituye, cuyo «uso consiste en que 'se lean' en él propiedades del original a partir de las propiedades del modelo directamente observables» (p. 217). No parece, obviamente, que sea éste el sentido que tiene la noción de modelo en psicología cognitiva.

La segunda distinción propuesta por Black recae en el uso de los modelos analógicos. Un modelo analógico, indica este autor, «es cualquier objeto material, sistema o proceso destinado a reproducir de la manera más fiel posible, en otro medio, la estructura o trama de relaciones del original» (*op. cit.*, p. 219). ¿Es a este tipo de modelos a los que se hace referencia cuando se dice que los ordenadores son modelos de procesamiento humano de la información? (Massaro y Cowan, 1993). Para que fuera así, sería necesario que el modelo estuviera sujeto a reglas de interpretación que permitieran realizar inferencias precisas a partir de los rasgos pertinentes del modelo.

Lo que caracteriza a los modelos analógicos es que son formas abstractas, a menudo formalizadas y expresadas en términos matemáticos, que sintetizan un sistema de relaciones entre «elementos cuya identidad e incluso su naturaleza es, hasta cierto punto, indiferente y que permite, en consecuencia, ser cambiados, reemplazados por otros elementos análogos o diferentes, sin que el modelo sea alterado» (Ullmo, 1969, p. 103). Esta característica que permite incorporar la misma configuración de relaciones —la misma estructura— en una gran variedad

de medios diferentes convierte al modelo analógico en una herramienta muy eficaz, pero, a la vez, de difícil manejo. Los riesgos de interferencias falaces derivados de factores no pertinentes y de distorsiones o errores en el modelo hacen que todo uso que pretenda ser científico exija confirmaciones independientes por otras vías, generalmente empíricas. Aun insistiendo en esta interpretación del modelo computacional de la mente, la confirmación última sería empírica; es decir, ajena al modelo.

Si el modelo analógico «es adecuado, manifestará una correspondencia biunívoca entre las relaciones incorporadas en él y las existentes en el original; es decir, tiene que haber reglas de traducción de la terminología aplicable al modelo de modo que se conserven los valores veritativos» (Black, 1961, p. 219). Por lo tanto, el principio guía que permite identificar un modelo de este tipo es lo que los matemáticos llaman «isomorfismo». Un modelo fructífero en ciencia, según Black, tiene que ser isomórfico con su dominio de aplicación, de modo que haya una base racional teórica para utilizar los modelos. El necesario isomorfismo entre el modelo y el campo de aplicación proporciona tal justificación racional, pudiéndose determinar la validez de un modelo dado comprobando la medida de su isomorfismo con la aplicación pretendida. Como señala Mosterín (1987), «un sistema A puede servir de modelo del sistema B al científico h si y sólo si 1) A es más simple o resulta más conocido para h que B , 2) a partir de A h desarrolla la teoría T , de la que A es un modelo y 3) B es también un modelo de T » (*op. cit.*, p. 156).

En este sentido, para que fuera posible hablar de un modelo computacional analógico con la mente humana, o lo que es lo mismo, para establecer un isomorfismo entre el cerebro humano y el computador, «sería preciso atribuir operaciones al propio computador (es decir, antropomorfizarlo), dado que sólo cabe hablar de isomorfismo entre A y B cuando existen no sólo correspondencias entre términos a_1, a_2, \dots de A y b_1, b_2, \dots de B , sino también entre operaciones b de A y g de B según el esquema $b f X_1, f X_2 = f g X_1, X_2$, la reciprocidad que antes hemos señalado (la mente es una computadora y la computadora es un cerebro) es necesaria siempre que se hable de isomorfismo en un sentido estricto, de suerte que la 'automatización' de la mente que resulta de la aplicación del modelo de computadora queda 'contrarrestada' con la 'psicologización' de la máquina de la que se precisa para que el isomorfismo se mantenga. Pero este isomorfismo es tan sólo un postulado ontológico y, salvo petición de principio, carece de significado gnoseológico. *Ni se obtiene como consecuencia de los descubrimientos de la psicología cognitiva, sino que, a lo sumo, se presenta como condición de los mismos*» (Bueno, 1985; p. 107, la cursiva es nuestra).

Es decir, que para demostrar el carácter computacional de la mente se apela en la demostración al mismo proceso que se quiere demostrar. De ahí, como también indica este autor, que, en la práctica, las informaciones obtenidas en la experimentación psicológica tengan que estar ya previstas en el modelo y sean interpretadas desde éste y no a la inversa.

Si el modelo analógico pertenece al dominio de las ciencias físicas, en las que existe un amplio repertorio de leyes científicas mediante las que establecer la red de influencias que constituye la estructura de los modelos, la reproducción

que suministran estos últimos puede ser de una gran fidelidad. No ocurre lo mismo si el objeto que se quiere modelar pertenece a otros dominios de conocimiento, como es el caso de la psicología, donde se carece, en gran medida, de un conocimiento universalmente aceptado y mucho menos de leyes que establezcan relaciones constantes. En este caso, el modelo debería limitarse a suministrar sugerencias plausibles de cómo se ordena la realidad empírica observada respecto al comportamiento de la realidad modelada. Sería el caso de los modelos estadísticos empleados en psicología, que aglutinan la información de diferentes variables relevantes. Pero en ningún caso proporcionaría caracterizaciones ontológicas de la realidad estudiada, como sucede si nos ceñimos a la interpretación del modelo computacional de la mente, a lo sumo pueden proporcionar hipótesis plausibles, pero no demostraciones o explicaciones. Un modelo isomórfico, en consecuencia, debe entenderse en un sentido formal; es decir, lógico o matemático, para lo que se requieren los útiles desarrollados por la teoría matemática y, de forma especial, las posibilidades que ofrece un computador para estudiar, por simulación, el comportamiento de estos modelos.

Ahora bien, si en algún sentido se puede hablar de simulación por ordenador en psicología, no es en el sentido isomórfico sugerido por la orientación cognitiva, y que mencionábamos anteriormente, si no más bien como un método que aplica sobre un sistema de objetos (individuos o grupos) un conjunto de formulaciones matemáticas, que permiten realizar una topología plausible del sistema original; esto es, llegar a conclusiones cualitativas acerca los datos obtenidos.

La modelización matemática, como metodología (se habla de modelos de regresión, modelos logísticos, estructurales, etcétera), constituye la herramienta principal de estudio de las ciencias sociales y, por tanto, de la psicología. Siguiendo de nuevo a Black, se puede hablar de modelo matemático cuando en un campo determinado de investigación se identifica cierto número de variables pertinentes, y se forman hipótesis empíricas concernientes a las presuntas relaciones entre las variables seleccionadas en la investigación. Lógicamente, para facilitar la formulación y manipulación matemática de las variables objeto de estudio, se realizan las simplificaciones que el investigador considere pertinentes, intentando que esta simplificación no sea tan drástica que lleve a confundir la exactitud del procedimiento matemático con su verificación empírica en el campo de estudio original. El modelo matemático así entendido sigue sin proporcionar explicaciones, y debe ser el investigador el que derive, siguiendo los presupuestos de alguna teoría, las relaciones causales correspondientes. Como expresa Black, «lo único que puede esperarse de las matemáticas es que saquen consecuencias de las asunciones empíricas iniciales; se puede decir, que las matemáticas ofrecen la 'forma' de una explicación, al hacer ver qué tipos de función podrían ajustarse aproximadamente a los datos causales; pero es preciso buscar por otro lado las explicaciones 'causales'» (*op. cit.*, p. 222). Estas consideraciones no siempre se han tenido en cuenta en psicología. En el estudio de la inteligencia humana, por ejemplo, se han puesto de manifiesto los inconvenientes que suscitan los modelos de inteligencia basados en el análisis factorial, en los que «en ningún caso se argumenta con suficiente claridad la pertinencia de generalizar la estructura matemática de los factores a la de los componentes de la inteligencia» (Genovard y Castelló,

1990, p. 63). Los modelos matemáticos, por tanto, no facilitan explicaciones, sino que son necesarias teorías psicológicas que encajen los datos derivados de esos modelos matemáticos. Como se ha indicado respecto a los modelos de inteligencia humana: «a pesar de que se disponga de modelos matemáticos factoriales, la generalización directa al campo del conocimiento que nos ocupa [la inteligencia] no es en ningún momento lícita» (Genovard y Castelló, 1990, p. 63).

La simulación de procesos mentales por la que se interesan los ingenieros que sientan las bases del enfoque computacional es de este tipo. La pretendida simulación de los procesos mentales de decisión o razonamiento consiste en destacar una serie de variables que puedan ser cuantificadas (ese será el cometido de las primeras aplicaciones de la psicología cognitiva) y representadas en un modelo lógico-matemático implementable en un ordenador, de modo que éste actuase *como si* la tarea a realizar la ejecutase un ser humano. Éste es el origen de la inteligencia artificial como campo de estudio dentro de la ingeniería, y también el origen del interés que ésta tenía por el razonamiento humano. Como el propio Simon (1991) indica en sus memorias, «el centro de mis esfuerzos se volvió intensamente hacia la psicología de la resolución de problemas humanos; en particular, a descubrir los procesos simbólicos que utiliza la gente para pensar. De ahí en adelante, estudié estos procesos en un laboratorio psicológico y escribí mis teorías en lenguajes formales peculiares que se usan para programar computadoras» (p. 189). Un interés que se perderá pronto al desarrollar la inteligencia artificial sus propios métodos y modelos en los que inspirarse, de ahí, como dirá Minsky (1985), que la inteligencia artificial prescindiera pronto de las aportaciones heurísticas de la psicología. Como indica Winston (1994), «la inteligencia artificial difiere mucho de la psicología debido al mayor énfasis que se dedica a la computación» (p. 5). La inteligencia artificial tiene, continúa este autor, un «objetivo ingenieril» centrado en «resolver problemas reales actuando como un arsenal de ideas acerca de cómo representar y utilizar el conocimiento, y cómo ensamblar sistemas» (p. 6). En resumidas cuentas, la inteligencia artificial es «un nuevo punto de vista que aporta una nueva metodología» (p. 8). La distancia marcada respecto a la psicología es más que considerable.

Lo que había sido un uso creativo y psicológico de la metáfora computacional que pretendía, como se apuntaba anteriormente, la identificación de variables cognitivas en el sujeto humano, por parte del psicólogo, y la modelización matemática de éstas, por parte del ingeniero de computadoras, se convertirá en la metáfora objeto de estudio de la psicología cognitiva. La psicología cognitiva resultante de este cruce de metáforas, modelos e intenciones, no sólo se tomará «en serio» la metáfora computacional, sino que también se tomará en serio la modelización (o simulación) de la mente humana.

Un aspecto importante a tener en cuenta aquí es que el mencionado problema del psicologismo vuelve a aparecer de nuevo bajo esta noción de modelización o simulación de la mente humana. En efecto, las ciencias cognitivas al considerar cualquier sistema *cognitivo* (hombre, máquina, sociedad, animal, etcétera) como un sistema de tratamiento de la información que puede ser modelizado —y por tanto conocido— y al suponer que esa modelización es una representación regida por las reglas de la lógica, hacen que el problema del psicologismo

aparezca con nueva fuerza. Si se admite que el programa científico de la psicología cognitiva es modelizar la mente humana sobre la base de una máquina de Turing universal, lo mental pasa al mundo de los objetos físicos. Por lo tanto, puede ser tentador suponer que la descripción lógica, que se supone sustenta la modelización de la mente humana, al haber sido *recreada* en un modelo físico, tiene su origen –se inserta– de alguna manera en el mundo físico. El problema filosófico que se plantea aquí es que la frontera entre el mundo de las representaciones y el mundo físico se ve franqueada por la suposición de que todo sistema físico, incluida la mente humana en tanto que simulable en una máquina, puede ser representable bajo reglas lógicas inmanentes al propio sistema modelizado.

Volviendo de nuevo a la clasificación de los modelos propuesta por Black, cabría la posibilidad de que el ordenador pudiera ser interpretado como un *modelo teórico* de la mente humana. El sentido que adquieren estos modelos difiere substancialmente de los tratados hasta ahora, el modelo teórico no necesita ser construido, sino que es suficiente describirlo, por lo que no tiene solución de continuidad con los modelos anteriores. ¿Se está hablando en el sentido teórico de modelo cuando se habla del modelo computacional de la mente? Para que así fuera se requieren una serie de condiciones:

a) Un campo determinado de investigación, en el que se han distinguido ciertos hechos y regularidades.

b) Que se expliquen los hechos y regularidades dadas, se consideren los términos básicos aplicables al dominio inicial, y se extiendan al corpus anterior de conocimiento y de conjeturas o se vinculen con otras áreas de conocimiento ajenas.

c) Que se describan algunas entidades (objetos, materiales, mecanismos, sistemas, estructuras) pertenecientes a un dominio secundario relativamente no problemático que esté mejor organizado.

d) Que se disponga de reglas de traducción explícitas o implícitas que permitan verter enunciados acerca del campo secundario a otros enunciados correspondientes referentes al campo original.

e) Por último, que haya unas reglas de correlación que traduzcan ciertas inferencias acerca de las asunciones hechas en el campo secundario, y que se puedan contrastar independientemente con datos conocidos o predichos del dominio primario.

Estas condiciones determinan que en los modelos teóricos, las relaciones entre el modelo descrito y el dominio original se asemejen a las existentes entre un modelo analógico y su original. Al igual que sucedía en este último caso, «la clave para entender toda transacción es la identidad de estructura, que en casos favorables permite que las aserciones hechas acerca del dominio secundario nos hagan penetrar intelectualmente en el campo de interés original» (*op. cit.*, p. 227). Por consiguiente, es muy posible decir que el uso de los modelos teóricos consiste en introducir un nuevo lenguaje, sugerido por una teoría conocida, pero ampliado a un nuevo dominio de aplicación. Este traspasso lingüístico esconde que este nuevo lenguaje es siempre una descripción de algún objeto o sistema definido (el modelo mismo), por lo que, en este caso, el empleo de modelos teóricos se asemeja al uso de metáforas, ya que requiere la transferencia analógica de un vocabulario. Es decir, se utilizan cuando, por la razón que sea,

no es posible dar una descripción directa y completa en el lenguaje que usamos normalmente. Ahora bien, la metáfora opera en su mayor parte con implicaciones tópicas; mientras que cuando se elabora un modelo científico tiene que dominar previamente una teoría científica bien trabada que vincule los dos dominios (el original y el descrito) estableciendo entre ellos reglas de traducción.

Si consideramos el primer caso, no parece que la transferencia terminológica entre las ciencias de la computación y la psicología sea muy necesaria; no da la sensación de que la psicología presente un déficit terminológico, más bien pecaría de profusión y ambigüedad de términos descriptivos. Por lo tanto, el modelo computacional de la mente, entendido desde la perspectiva teórica, no suple una laguna descriptiva, los conceptos referentes a los estados de la mente y a su estructura cognitiva forman parte de la tradición psicológica que se remonta a los tiempos de la psicología racional alemana. Dudamos, en consecuencia, de que arropar conceptos clásicos con términos nuevos sea necesario y adecuado, sobre todo si se tiene en cuenta la carga ontológica o metafísica que está implícita (Bueno, 1985).

En el segundo caso, cuando se elabora un modelo asentado en una teoría científica establecida, el modelo puede tener un considerable valor heurístico, pero, en el caso que nos concierne, no parece que sea así. Es cierto que existe un corpus teórico bien trabado, la teoría de la información o las teorías computacionales, pero carece de reglas de traducción biunívocas entre el original (ordenador) y lo que se describe (mente), ya que éstas pertenecen sólo al dominio original y sólo se suponen en el descrito. De este modo, la descripción mental en términos computacionales implica un salto que desplaza la supuesta interpretación teórica del modelo computacional de la mente al terreno de la metáfora. Existe una gran diferencia entre considerar la mente como algo meramente conveniente con fines heurísticos y hacerlo como una cosa con materia real y con propiedades definidas. La diferencia que hay entre pensar en la mente humana *como si* fuera un ordenador y *entender que es* la mente humana, es que un enfoque usa una comparación remota, reminiscencia del símil y del argumento por analogía, y el otro requiere una identificación típica de la metáfora. En el pensamiento *como si* hay una suspensión voluntaria, de descreencia ontológica, sin poder explicativo; se puede hablar, por tanto, del uso de modelos como ficciones heurísticas. Si lo que se propone son enunciados existenciales, como aparenta ser el caso de la metáfora computacional, subyace la creencia en una posible explicación como ha sostenido Fodor (1968).

Finalmente, Black describe lo que denomina *arquetipos* o modelos radicales (modelo-raíz). La diferencia esencial con el resto de modelos reside en que no se postula ninguna estructura ni sistema específico, y no existe tampoco ningún modelo implícito. Lo que se hace es emplear un sistema de conceptos analógicos, que no pretenden alcanzar una explicación definitiva de los fenómenos dados. Siguiendo a Black, un arquetipo es «un repertorio sistemático de ideas por medio del cual un pensador dado describe, por 'extensión analógica', cierto dominio al que tales ideas no sean aplicables inmediata y literalmente» (*op. cit.*, p. 236). Este autor ilustra la noción de arquetipo con la teoría de campo elaborada por Kurt Lewin. Es de sobra conocido que el modelo de campo en ciencias

sociales propuesto por este autor está cargado de conceptos y referencias a la física, concretamente a la teoría electromagnética como, por ejemplo, «campo», «vector», «tensión», «fuerza», etcétera. Inicialmente, dice Lewin (1988), «la aplicación de conceptos topológicos y vectoriales fue al comienzo de tal índole que no sabíamos si teníamos que tratar simplemente con un recurso pedagógico o con una representación científica real» (p. 19). Esta representación no pretendía constituirse en un modelo elaborado, sino que trataba de «representar las relaciones dinámicas entre los hechos psicológicos por medio de constructos matemáticos en un nivel suficiente de generalidad» (*op. cit.*, p. 34). A pesar de este rechazo al empleo de modelos, las reiteradas referencias al vocabulario de la física son, en palabras de Black, «síntomas visibles de un voluminoso arquetipo que espera ser reconstruido» (*op. cit.*, p. 236). El arquetipo subyacente en la teoría de campo de Lewin puede considerarse un reduccionismo fiscalista al estilo del propuesto por Carnap (1965).

¿Cuál es el arquetipo subyacente al modelo de la mente-computadora? El arquetipo o la raíz de esta concepción es el hombre-máquina, el autómatas, perfectamente identificable a lo largo de gran parte del pensamiento occidental, que concibe al mundo como un inmenso mecanismo, por lo que sus atractivos son muchos. Por este motivo existe —advierte Black, respecto a los arquetipos—, un riesgo incesante y grave de que se utilicen metafísicamente; y cuanto más persuasivo sea un arquetipo más riesgo se corre de que se convierta en un mito que se certifique a sí mismo. En cierto modo, se puede afirmar que si los modelos arquetípicos se presentan como algo más que una metáfora es porque los mitos que los arropan funcionan ya como modelos (Bueno, 1985).

Los ordenadores tienen sus antepasados conceptuales en los autómatas del siglo XVII. En este siglo converge una tradición de automatismo especulativo, que equipara los animales a autómatas espontáneos, con el pensamiento filosófico y fisiológico de Descartes y otros mecanicistas como La Mettrie. El cuerpo humano es concebido como una construcción estática y maquinaal sobre la que descansará durante mucho tiempo la oposición entre estructura y función, entre morfología y biología. La atención prestada durante ese siglo a la construcción de autómatas y simuladores, y el notorio éxito de las primeras tentativas de la biomecánica sustentan la idea de la existencia de una conciencia explícita de un método heurístico que utiliza, bajo el nombre de la imitación, el recurso de los modelos analógicos funcionales que se sustenta en una filosofía mecanicista.

La reflexión filosófica aparece trazada de forma clara en el *Tratado del Hombre* de Descartes. Anticipándose de manera singular a la cibernética, considera que lo propio del hombre reside en la capacidad del lenguaje, entendida, no tanto como la capacidad semiótica de combinar signos y de imitarlos, sino como la aptitud semántica de adjudicarles en toda ocasión el sentido que la situación extralingüística reclama; es decir, como una semántica de la creación. Las concepciones de Pascal sobre la máquina de calcular, que puede hacer operaciones aritméticas por sí misma, sin la intervención de la mente del hombre, sólo a partir de un movimiento reglado mecánico, son el prelude de un autómatas artificial que produce unos efectos (los cálculos aritméticos) que se aproximan más al pensamiento que todo lo que hacen los animales. La controversia entre automá-

tica natural y automática artificial (que estará en la base de una biología mecanicista, donde el modelo de autómatas tendrá un papel de especial relevancia) puede encontrarse también en Malebranche y, sobre todo, en Leibniz, cuando enuncia en su *Monadología*, a propósito de los autómatas, que «cada cuerpo orgánico de un viviente es una especie de autómatas natural [...] las máquinas de la naturaleza, es decir los cuerpos vivientes, son también máquinas en sus menores partes» (*Monadología*, p. 64). ¿No se está diciendo lo mismo cuando, desde la psicología cognitiva, se afirma que «los ordenadores y los organismos son especies de un mismo género denominado sistemas de procesamiento de la información»? (García-Albea, 1993, p. 22).

En cierto modo, la reconstrucción del arquetipo del hombre-máquina permite sostener que las ciencias cognitivas aparecieron antes de que el ordenador, en tanto que objeto material, existiera o, más precisamente, cuando no se disponía todavía de una teoría funcional de dicho objeto. La teoría que distingue la parte lógica (*software*) de la material (*hardware*), es un producto de la revolución conceptual que marca la llegada de las ciencias cognitivas, pero no su origen. Desde esta óptica, se puede considerar que en su dimensión teórica el proyecto cognitivista consistía en dar una respuesta científica, y por tanto materialista, al viejo problema filosófico de las relaciones mente-cuerpo a través de la versión moderna del hombre-máquina.

Por otra parte, si la idea de una representación inscrita en la mente es una metáfora, que descansa en las representaciones reales que el hombre ha ejercido desde hace miles de años (Blanco, 1993), en el cognitvismo clásico, el papel que se le otorga al modelo es precisamente el de ser una hipotética representación de lo mental. Se da por supuesto un hecho mental, como lo da la psicología popular, pero que no se percibe o, al menos no se percibe de la misma manera que los otros hechos físicos. A pesar de que esta interpretación puede parecer sugerente, todavía será necesario un cambio conceptual que promueva la *solución funcionalista*. El funcionalismo computacional-representacional tomará al pie de la letra la metáfora del ordenador. La mente, o más concretamente, cada una de sus facultades particulares, se concibe como una máquina de Turing que opera con las fórmulas de un lenguaje interno, privado; es decir, con un lenguaje simbólico análogo al lenguaje formal de la lógica. Los símbolos, que forman ese lenguaje interno supuestamente análogo entre la mente y la máquina de Turing, tienen tres modos de existencia: son materiales, en tanto que *están* en la *materia nerviosa* y, en consecuencia, sujetos a las leyes que describen las neurociencias, por lo que suponen, en definitiva, una reducción a las leyes de la física. Son formales y, en tanto que tales, se rigen por reglas sintácticas análogas a las reglas de inferencia de un sistema formal; es decir, lógico. Por último, tienen un sentido y un valor semántico.

La distancia que parecía separar el mundo físico del mundo de las significaciones es franqueada gracias a un nivel intermedio constituido por la sintaxis. El paralelismo entre procesos físicos, sometidos a leyes causales, y procesos mecánicos que realizan operaciones sintácticas, inferenciales o de cálculo, tiene su expresión concreta en la existencia material de máquinas de Turing, es decir, fundamentalmente en el ordenador de arquitectura von Neumann, que pasa de este modo a convertirse en el modelo radical de la mente humana.

Conclusiones

En primer lugar, se puede concluir que la única interpretación plausible que puede tener la «metáfora del ordenador» se limita a un sentido restringido del enfoque interactivo. Si nos atenemos al periodo histórico que se sitúa entre las décadas de los años 50 y 60, el contexto original de la relación o del ajuste del hombre a la máquina que instaura la cibernética, puede caracterizarse como una *ergonomía mental* que define y limita una serie de actividades o tareas en las que el componente humano forma una pieza más dentro de sistemas complejos de control. En este contexto, se hace cada vez más necesario recurrir a una noción intuitiva, próxima a la psicología popular, de representación mental, que se puede entrenar como una habilidad más y que tiene en la metáfora su vehículo de expresión. Esta recuperación ingenua del mentalismo permitirá a la psicología cognitiva aplicada elaborar estrategias de adiestramiento que faciliten al operador humano la comprensión de nociones abstractas e internas de una máquina, cuyas operaciones ya no son mecánicas ni visibles. Se trata de una determinada coyuntura tecnológica que instaura la necesidad de una nueva praxis psicológica que permita crear un marco de referencia compatible entre la actuación humana y una máquina lógica, que es opaca —una caja negra— al operador humano; es decir, que facilite un diálogo entre el ingeniero, que diseña los sistemas, y el psicólogo que instruye a los operadores de esos sistemas «de forma que se facilite un mayor ajuste del hombre a la secuencia de la máquina» (Broadbent, 1977, p. 17), o que intenta explicitar sus pautas de actuación para su extrapolación e implementación en un ordenador a través de un programa informático.

Frente a esto, resulta evidente que el conductismo poco o nada podía ofrecer en una situación en la que la máquina impone patrones o procesos lógicos de decisión. En la propuesta conductista de Skinner no cabe que una frase o una secuencia de actuación sea cierta, es decir, que sea fruto de alguna valoración o decisión lógica. Para el conductismo una frase o una secuencia es tan válida como otra suponiendo que esté suficientemente reforzada. Parece claro, por tanto, que la tecnología psicológica estaba obligada a ofrecer soluciones prácticas que iban más allá de las posibilidades que ofrecía la tecnología conductista. Se abrió, por decirlo así, un nuevo campo de aplicaciones psicológicas subsidiarias de una nueva tecnología en el que la metodología conductista no era competente, lo que no significa que dejase de serlo también en otros campos aplicados, como intentaba demostrar Leahey (1981, 1997) en su conocida defensa de la vigencia del conductismo.

En consecuencia, se puede concluir que las teorías cognitivas que surgen en la década de los 50 no aparecen como respuesta a las anomalías teóricas del conductismo. El desarrollo inicial del cognitivismo es paralelo al conductismo y ajeno a su problemática. Sus intereses recaen, como se ha visto, en hacer explícitas determinadas habilidades cognitivas y en el estudio instrumental de la inteligencia humana para su extrapolación a la artificial (Baars, 1986). En efecto, la relación entre el conductismo y el cognitivismo tampoco se representa mejor como un conflicto de competencias y paradigmas teóricos excluyentes; al menos, en el mismo sentido que representó en física el cambio de paradigma entre las teorías

de Newton y las de Einstein. Si en algún sentido se puede hablar de relevo paradigmático entre conductismo y cognitivismo, pensamos que debe hacerse desde la acotación de paradigma que hace Kuhn (1977) como «soluciones a problemas concretos» (Kuhn, 1977, p. 322), en este caso los planteados por una nueva tecnología, más que desde un cambio en la formalización de la disciplina o desde la adopción de un modelo, en el sentido de una abstracción formalizada y sistematizada «sostenida profundamente en una ontología» (*op. cit.*, p. 321).

En segundo lugar, si algún sentido tiene hablar de un modelo computacional de la mente, pensamos que éste debe entenderse como un sistema de conceptos analógicos, sin pretender una explicación definitiva de los fenómenos mentales; es decir, como un modelo radical que aporta, en el mejor de los casos, un nuevo lenguaje. Quizás se quiera indicar esto cuando se habla de versión débil de la analogía computacional o cuando se dice, como citábamos anteriormente, que la referencia a los ordenadores es sólo una forma de hablar para referirse a los organismos. En cualquier caso, estas referencias ocultan un persuasivo arquetipo próximo a un cierto misticismo computacional como ha subrayado de Vega (1998).

En tercer lugar, las consideraciones críticas anteriores no pretenden en modo alguno infravalorar los resultados empíricos obtenidos por la psicología cognitiva desde los supuestos de la metáfora del ordenador. En su dimensión práctica, operatoria, la metáfora computacional ha sido un recurso inventivo o si se quiere, un heurístico fructífero (de Vega, 1998) que, sustentado en una sólida base metodológica, ha abierto nuevos campos de investigación y ha permitido la obtención de una ingente cantidad de datos relevantes. Sin embargo, no hay que olvidar que la representación de esos datos bajo metáforas o modelos computacionales no es «inocua o meramente metalingüística respecto de las construcciones mismas [de esas metáforas o modelos], sino que distorsiona gravemente los objetivos de esa construcción, imprimiéndole designios equivocados, y dando lugar a interpretaciones fantásticas de materiales que, por otro lado, pueden estar cuidadosamente elaborados» (Bueno, 1985, pp. 112-113). Por otra parte, no hay que olvidar tampoco que los datos empíricos permiten, por lo general, una enorme cantidad de interpretaciones y clasificaciones y que, por lo tanto, es fácil idear una gran variedad de teorías que los incluyan.

Finalmente, no pensamos que la metáfora computacional haya contribuido a la definición o delimitación epistemológica de la psicología. No está claro si la psicología cognitiva es sólo una metodología que nos puede hacer creer, como decía Wittgenstein en sus *Investigaciones Filosóficas*, «que ya disponemos de los medios para librarnos de los problemas que nos inquietan; cuando en realidad problemas y métodos pasan de largo sin encontrarse» (pp. 525-526). O bien un conjunto de saberes técnico-prácticos que caracterizarían a una psicología de la utilidad en la que, al igual que el conductismo, «sus hipótesis y sus técnicas sean aplicables tanto al mercado como al laboratorio» (Buckley, 1982, p. 207). De este modo, la psicología humana se reconduce al modelo técnico, de forma que la máquina se convierte en la gran metáfora que preside la concepción de la propia naturaleza humana. La idea del *homo faber* sería una indicación paralela a la de esta transformación centrada en la primacía

de la máquina, hasta el punto de que el propio hombre será concebido como una máquina, una máquina útil que se agota en sus adaptaciones sin mayor trascendencia ontológica, de ahí el tono de despreocupación teórica que subyace en el fondo de la metáfora-modelo computacional.

REFERENCIAS

- Baars, B.J. (1986). *The cognitive revolution in psychology*. New York: Guilford Press.
- Bajo, M.T. y Cañas, J.J. (1991). *Ciencia cognitiva*. Madrid: Debate.
- Black, M. (1961). *Models and metaphors*. New York: Cornell University Press. Traducción: Black, M. (1967). *Modelos y metáforas*. Madrid: Técnicos.
- Blanco, C.J. (1993). Análisis gnoseológico de la psicología cognitiva. *El Basilisco*, 15, 29-48.
- Blanco, C.J. (1994). Las difíciles relaciones entre las neurociencias y la sociedad cognitiva. *Revista de Psicología. Universitas Tarraconensis*, 16 (1-2), 151-162.
- Boyd, R. (1993). Metaphor and Theory Change: What is «metaphor» a metaphor for? En A. Ortony, (Ed.), *Metaphor and thought*. New York: Cambridge University Press.
- Broadbent, D.E. (1977). Language and ergonomics. *Applied Ergonomics*, 8, 15-18.
- Buckley, K.W. (1982). The selling of a psychologist: John Broadus Watson and the application of behavioral techniques to advertising. *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 18, 207-221.
- Bueno, G. (1985). Para un análisis gnoseológico de la psicología cognitiva. *Estudios de Psicología*, 22, 103-113.
- Carnap, R. (1965). Psicología en lenguaje fiscalista. En A.J. Ayer (Ed.), *El positivismo Lógico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Cencillo, L. (1988). *La psicología como posibilidad*. Salamanca: Amarú Ediciones.
- Cooper, D. E. (1986). *Metaphor*. Oxford: Blackwell.
- De Bustos, E. (2000). *La Metáfora*. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- De Vega, M. (1982). La metáfora del ordenador: implicaciones y límites. En I. Delclaux, y J. Seoane, (Eds.), *Psicología Cognitiva y Procesamiento de la Información*. Madrid: Pirámide.
- De Vega, M. (1984). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Madrid: Alianza.
- De Vega, M. (1998). La psicología cognitiva: ensayo sobre un paradigma en transformación. *Anuario de Psicología*, 29 (2), 21-44.
- Draaisma, D. (1998). *Las metáforas de la memoria: una historia de la mente*. Madrid: Alianza Editorial.
- Fodor, J. (1968). *Psychological Explanation. An Introduction to the Philosophy of Psychology*. Random House.
- Fodor, J. (1984). *El lenguaje del pensamiento*. Madrid: Alianza Universidad.
- Fodor, J. y Pylyshyn, Z.W. (1988). Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis. *Cognition*, 28, 3-71.
- Freud, S. (1901). La interpretación de los sueños. En S. Freud (1989), *Obras Completas*, (vol.V). Buenos Aires: Amorrortu Editores.
- García-Albea, J.E. (1993). *Mente y Conducta*. Madrid: Trotta.
- Genovard, C. y Castelló, A. (1990). *El límite superior*. Madrid: Pirámide.
- Johnson-Laird, P. (1987). Modelos mentales en ciencia cognitiva. En D. Norman, (Eds.), *Perspectivas de la Ciencia Cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Kuhn, T.S. (1977). *The essential tension. Selected studies in scientific tradition and change*. The University of Chicago Press. Traducción: Kuhn, Th. (1983), *La tensión esencial*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lain Entralgo, P. (1975). La obra de William Harvey y sus consecuencias. En Lain Entralgo (Ed.), *Historia Universal de la Medicina* (vol IV). Barcelona: Salvat.
- Lain Entralgo, P. (1948). *Harvey*. Madrid: Centauro.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago Press.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1987). La estructura metafórica del sistema conceptual humano. En D. Norman (Eds.), *Perspectivas de la ciencia cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh: The embodied mind and its challenge to western thought*. Chicago: Basic Books.
- Leahey, T. (1981). The revolution never happened: information processing is behaviorism. Comunicación presentada en la 52ª reunión anual de la Eastern Psychological Association. New York.
- Leahey, T.H. (1997). *A History of Psychology*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Leibniz, G.W. (1981). *Monadología*. Traducción: Julián Valverde. Oviedo: Pentalfa.

- Lewin, K. (1988). *La Teoría del Campo Social*. Barcelona: Paidós.
- Massaro, D.W. y Cowan, N. (1993). Information processing models: microscopes of the mind. *Annual Review of Psychology*, 44, 383-425.
- Maxwell, J.C. (1999). *Escritos científicos*. Barcelona: Círculo de Lectores.
- Miller, G.A., Galanter, E. y Pribram, K.H. (1983). *Planes y estructura de la conducta*. Madrid: Debate.
- Minsky, M. (1985). *The Society of Mind*. New York: Simon y Schuster.
- Mosterin, J. (1987). *Conceptos y teorías en la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Ortega y Gasset, J. (1928). Las dos grandes metáforas. *El Espectador*, 4, 157-189. Madrid: Revista de Occidente.
- Peraita, H. (1986). Psicología cognitiva y ciencia cognitiva: el enfoque computacional. En M. Carretero y J.A. García-Madruga (Eds.), *Psicología cognitiva y ciencia cognitiva*. UNED, Madrid.
- Reynolds, R.E. & Schwartz, R.M. (1983). Relation of metaphoric processing to comprehension and memory. *Journal of Educational Psychology*, 75, 3, 450-459.
- Rivière, Á. (1991). *Objetos con mente*. Madrid: Alianza.
- Searle, J. (1994). *Mentes, cerebros y ciencia*. Madrid: Cátedra.
- Simon, H.A. (1969). *The sciences of the artificial*. Cambridge: MIT Press. Traducción: Simon, H. A. (1973). *Las ciencias de lo artificial*. Barcelona: Gráficas Víctor.
- Simon, H.A. (1991). *Models of my life*. Basic Book.
- Smith, H.T. & Green, T.R.G. (1980). *Human interaction with computers*. Chicago Press.
- Smolensky, P. (1988). The proper treatment of connectionism. *Behavioral and Brain Sciences*, 11(1), 1-74.
- Stick, S.P. (1983). *From folk psychology to cognitive science*. Cambridge: MIT Press.
- Ullmo, J. (1959). *El pensamiento científico moderno*. Madrid: Taurus.
- Viader, M. y Arnau, J. (1993). De la máquina de Turing a la máquina de Boltzmann: dinámica interactiva y fenómenos globales en redes conexionistas. *Anuario de Psicología*, 56, 27-47.
- Winston, P.H. (1994). *Inteligencia Artificial*. Addison-Wesley Iberoamericana.
- Wittgenstein, L. (1988). *Investigaciones Filosóficas*. Traducción: A. García Suarez y U. Moulines. Barcelona: Crítica.