



APROXIMACIONES ACTUALES AL ESTUDIO DE LA IMÁGEN MENTAL

JUAN J. ORTELLS
Universidad de Almería

Resumen

El presente artículo analiza algunas de las aproximaciones actuales más relevantes sobre el problema de las imágenes mentales. En primer lugar, se exponen los principales dificultades que han caracterizado al estudio de la imagen mental, poniendo especial énfasis en las objeciones conceptuales y metodológicas que pretenden cuestionar su validez como constructo psicológico. En segundo lugar se describen las concepciones teóricas y líneas de investigación más recientes sobre las imágenes, las cuales abordan dicho tópico desde una perspectiva más amplia e interdisciplinaria. La confluencia de la psicología cognitiva con las aproximaciones neuropsicológicas y computacionales ha permitido esbozar una arquitectura del sistema de procesamiento de imágenes y relacionar dicha problemática con el estudio de otros aspectos cruciales de la cognición humana, como la percepción, la memoria, el pensamiento o la resolución de problemas.

Palabras clave: Imagen mental. Imagen Visual.

Abstract

The present paper reviews some of main contemporary approaches about mental imagery. In the first part of this article, a brief review of the state of the art is presented, by focussing on both conceptual and methodological objections that have been invoked against mental images. The second part examines the most recent theoretical conceptions and lines of work in imagery research, which examine this topic from a more general and interdisciplinary perspective. The confluence of cognitive psychology with neuropsychological and computational approaches has allowed to sketch an architecture of the processing system used in imagery and to relate mental imagery with the study of other main issues about human cognition, such as perception, memory, thinking or problem solving.

Key words: Mental Imagery. Visual Imagery.

¿Qué está más lejos del suelo, la cola de un caballo o sus rodillas traseras?. ¿Qué apariencia tendría nuestro dormitorio si colocáramos la cama al revés o lo viéramos desde el techo?. ¿Qué es más grande, una cabra o un cerdo?.

Al intentar responder a estas cuestiones, seguramente tendremos la impresión subjetiva de formar una serie de imágenes en nuestra mente en las que literalmente "vemos" los objetos o escenas por los que nos preguntan. La realidad fenomenológica de las imágenes parece un hecho incuestionable. Nuestra propia experiencia nos sugiere que para pensar y resolver problemas, empleamos no sólo representaciones abstractas basadas en el significado lingüístico, sino también representaciones analógicas. La imagen mental, en especial la visual, constituye además un concepto muy arraigado en nuestra cultura y ha demostrado tener un

gran valor funcional en fenómenos tan diversos como la percepción visual (v.g. Segal y Fusella, 1970), la retención de información (v.g. Paivio, 1971), el razonamiento y la resolución de problemas (v.g. Shepard, 1978), o la modificación de conducta (v.g. la técnica de desensibilización sistemática).

No obstante, la realidad funcional y fenomenológica de la imagen mental no garantizan su validez como constructo psicológico. La principal limitación de los estudios funcionales es que no proporcionan ninguna información que permita explicitar la naturaleza y propiedades de dichas representaciones. Por otra parte, los informes introspectivos de los sujetos sobre las imágenes que experimentan, no pueden ser utilizados como un firme punto de apoyo para inferir las características de dichas representaciones. Tales informes pueden reflejar "sesgos" de distinto tipo y es probable que muchos de los procesos implicados en la capacidad para formar imágenes resulten inaccesibles a la introspección y la consciencia. Como señalan algunos autores (v.g. Pinker 1984), la experiencia subjetiva sobre un proceso mental es un fenómeno psicológico que debe ser explicado, pero no constituye por sí mismo una explicación ni una descripción fidedigna de los mecanismos subyacentes a tal proceso. De hecho, es incluso posible que las imágenes visuales, al igual que sucede con las luces intermitentes del panel frontal de un ordenador, no desempeñen ningún papel causal y sean meros epifenómenos o subproductos colaterales de las computaciones y representaciones que utiliza realmente la mente humana cuando procesa información visual.

¿Cómo averiguar entonces si las imágenes reflejan un fenómeno psicológico real con independencia de su realidad fenomenológica y funcionalidad aparente?. Aunque se han diseñado técnicas experimentales muy diversas para responder a esta cuestión, es preciso reconocer la especial dificultad que caracteriza al estudio de las imágenes en comparación con otros procesos cognitivos, como la percepción. A diferencia del reconocimiento perceptual, el "input" y el "output" de los supuestos mecanismos subyacentes a la capacidad imaginativa no pueden ser establecidos a priori, sino que deben ser descubiertos al mismo tiempo que las operaciones realizadas por dichos mecanismos. Ya que la activación de una imagen no puede ser inducida directamente presentando un determinado input (como ocurre en la percepción), es preciso recurrir a vías más indirectas que implican el sistema conceptual del individuo (por ejemplo, instruyéndole explícitamente a que genere una imagen), por lo que no es nada fácil determinar en qué situaciones y tareas el sujeto utiliza imágenes o si existen realmente sistemas de procesamiento especializados en tales representaciones.

En vista de lo expuesto, no resulta extraño que la imagen mental se haya convertido en uno de los tópicos más controvertidos y difíciles de abordar de la psicología cognitiva. Siguiendo a Kosslyn (1990), podemos distinguir dos periodos diferenciados en el debate generado en torno a las imágenes. En el primero la controversia es de tipo conceptual mientras que el segundo debate gira principalmente en torno a problemas metodológicos.

1. Representaciones analógicas versus proposicionales:

La primera fase del debate

El primer debate importante tiene su origen en la década de los 70, a partir de la aparición de algunas publicaciones como el artículo de Pylyshyn (1973) "What the Mind's Eye tells the Mind's Brain: A critique of mental imagery", o el libro de Anderson y Bower (1973) "Human Associative Memory". Estos autores opinan que la noción de imagen mental es paradójica (¿quién mira las imágenes?) y confusa (¿en qué sentido una imagen es como un dibujo?) y defienden una postura reduccionista al postular un único formato representacional de carácter proposicional y abstracto. En consecuencia, las propiedades pictóricas que son tan evidentes a la introspección reflejarían meros epifenómenos, esto es, no tienen nada que ver con las

representaciones que de hecho utiliza el sistema de procesamiento (que serían de tipo proposicional). Frente a esta postura, otros teóricos defienden un enfoque "modular" (v.g. Finke, 1980; Kosslyn 1980; Paivio, 1971), según el cual, las imágenes implican el uso de representaciones y procesos específicos (muchos de los cuales serían utilizados también en la percepción), más que estructuras conceptuales de carácter general.

Aunque los argumentos proposicionalistas defendidos por Pylyshyn y otros autores han sido objeto de diversas réplicas (v.g. Kosslyn y Pomerantz, 1977; Shepard, 1978), tuvieron una repercusión positiva, ya que propiciaron el desarrollo de un buen número de estudios experimentales que a diferencia de los primeros trabajos de orientación funcional, intentaron obtener información más explícita sobre la naturaleza y procesos subyacentes a la imagen mental. Las técnicas más utilizadas han sido las cronométricas, en las que se pide al sujeto que realice algún tipo de operación sobre una imagen (v.g. rotar, recorrer una distancia) y el investigador manipula la magnitud de dicha operación (v.g. ángulo de rotación, distancia recorrida), utilizando como variable dependiente el tiempo de reacción. La relación entre la operación realizada y el tiempo de reacción permite inferir las propiedades de la imagen mental (para una revisión detallada de estos trabajos ver Finke, 1989). Entre los paradigmas experimentales que han utilizado la cronometría mental destacan el de rotación de imágenes (v.g. Shepard y Metzler, 1971; Cooper y Shepard, 1973), los desplazamientos a través de una imagen mental (v.g. Kosslyn, Ball y Reiser, 1978), la inspección de imágenes de distinto tamaño (v.g. Kosslyn, 1975), así como las investigaciones sobre la similitud entre imagen y percepción (v.g. Farah, 1985; Finke, 1980; Podgorny y Shepard, 1978; Segal y Fusella, 1970). La conclusión fundamental que se desprende de estos estudios es que la imagen consiste en una representación de carácter analógico y "cuasi pictórico" que preserva distintas propiedades físicas de los objetos (v.g. distancia, tamaño, orientación) y que mantienen una estrecha correspondencia estructural y funcional con la percepción.

2. Problemas metodológicos: La segunda fase del debate

A pesar de la gran cantidad de datos que parecían confirmar la realidad psicológica de la imagen mental, a partir de la década de los 80 se genera lo que podríamos denominar el "segundo debate" importante sobre las imágenes (Kosslyn, 1990). Por una parte, los partidarios de las representaciones analógicas se esforzaron por desarrollar modelos integradores que fueran capaces de incorporar la evidencia acumulada y que estuvieran formulados con mucha más precisión que las teorías tradicionales (v.g. la hipótesis dual de Paivio). El exponente más representativo de esta tendencia es el modelo elaborado por Kosslyn y colaboradores (Kosslyn, 1980; Kosslyn y Schwartz, 1977), en torno al cual giran muchas de las investigaciones recientes sobre las imágenes que analizaremos posteriormente.

Por otra parte, diversos autores han seguido cuestionando la realidad psicológica de la imagen mental, al considerar que la mayor parte de los estudios realizados al respecto presentan diversos problemas metodológicos que ponen en duda la validez de los resultados obtenidos. En este sentido, se ha sugerido que los paradigmas experimentales utilizados en el estudio de las imágenes, en particular aquellos que demandan juicios subjetivos acerca del objeto imaginado, son especialmente vulnerables a los sesgos inducidos por las demandas de la tarea y/o las expectativas del propio experimentador. Por ejemplo, en una serie de experimentos sobre desplazamiento mental, Intons-Peterson (1983) manipuló las expectativas de los investigadores y observó que éstas determinaban el tipo de resultado obtenido. La conclusión a la que llega esta autora es que la mayor parte de la evidencia favorable a las imágenes podría ser atribuida a un artefacto experimental.

Un segundo tipo de crítica se basa en la argumentación defendida por Pylyshyn (1981, 1989) sobre la influencia de las características de la demanda y el conocimiento tácito en las tareas imaginativas. Según Pylyshyn, la imagen mental consiste simplemente en la utilización de procesos cognitivos de propósito general para simular eventos físicos o perceptuales, que viene a reflejar el conocimiento tácito que el sujeto posee sobre el funcionamiento de su propio sistema visual. Por ejemplo, cuando se instruye a un sujeto a realizar una rotación mental, éste hace uso de representaciones proposicionales y de sus conocimientos acerca de los objetos físicos y del sistema visual para realizar tal simulación. El sujeto sabe implícitamente que cuando ve un objeto que cambia su orientación, dicho cambio se produce de forma continua y en una cantidad de tiempo proporcional al ángulo de rotación. En consecuencia, modula sus respuestas para que se ajusten a las demandas de la tarea, esto es, realiza la computación relevante y espera la cantidad de tiempo correspondiente antes de responder. Aunque parece poco probable que los sujetos puedan conocer conscientemente ciertas propiedades funcionales de su sistema visual, como el campo de resolución o los efectos de la adaptación perceptual (v.g. postefectos), Pylyshyn sostiene que los conocimientos que utiliza el sujeto no tienen por qué ser accesibles a la consciencia, sino que pueden ser tácitos (inconscientes). La conclusión a la que llega este autor es que virtualmente todos los fenómenos conocidos acerca de las imágenes serían un mero reflejo del conocimiento tácito que poseen los sujetos para simular eventos y no deben ser atribuidos a la operación de procesadores o mecanismos modulares especializados.

Para los defensores de la imagen mental, la hipótesis del conocimiento tácito constituye un importante obstáculo, pues resulta difícil o imposible de falsear empíricamente mediante los métodos convencionales de la psicología cognitiva. Como afirma Farah (1988), con independencia de lo sutil o inesperada que pueda ser la propiedad perceptual manifestada en una imagen (v.g. resolución limitada), los investigadores no pueden estar totalmente convencidos de que el sujeto no esté utilizando el conocimiento tácito acerca de dicha propiedad de su sistema visual.

Por otra parte, cabe destacar la argumentación defendida por Anderson (1978), según la cual, a partir de la estructura representacional y los procesos interpretativos postulados por un determinado modelo (v.g. analógico), es posible siempre elaborar otro modelo alternativo que utilizando estructuras y procesos distintos (v.g. proposicional) sea funcionalmente equivalente, esto es, establezca las mismas predicciones conductuales. En consecuencia, se produciría una situación de incertidumbre, ya que los resultados empíricos nunca permitirán discriminar entre dos teorías alternativas, por lo que la elección de uno u otro sistema representacional dependería de las preferencias del investigador o de una serie de criterios "metateróricos", como parsimonia, generabilidad, falseabilidad, eficacia o valor adaptativo.

¿Podemos concluir entonces que la polémica en torno a la imagen mental ha llegado definitivamente a un punto muerto sin solución?. En nuestra opinión, existen diversas razones que sugieren una respuesta negativa.

En primer lugar, la noción de la imagen mental es desde luego teóricamente plausible (v.g. De Vega, 1984; Kosslyn, 1990). En este sentido, si bien las teorías duales que asumen un formato representacional analógico pueden ser menos parsimoniosas que las teorías de código único, tienen por el contrario una mayor eficiencia informacional y biológica (valor adaptativo) y se ajustan mejor a la evidencia acumulada sobre la fisiología cerebral, que los enfoques reduccionistas que postulan un único formato representacional de tipo proposicional.

En segundo lugar, el constructo "imagen" es también psicológicamente plausible y las investigaciones desarrolladas en las dos últimas décadas han venido aportando numerosas pruebas en favor de esta idea. Por ejemplo, el mismo Kosslyn (1990) reconoce que la imagen

puede ser modulada (permeable) por el conocimiento conceptual y semántico del sujeto, pero se trataría no obstante, de una permeabilidad limitada. Diversos estudios cronométricos recientes demuestran que las respuestas del sujeto se mantienen relativamente constantes, aun cuando se manipulan las expectativas del experimentador y/o las demandas de la tarea experimental (v.g. Finke y Pinker, 1982; Jolicoeur y Kosslyn, 1985). Además y como señalan Finke y Shepard (1986), ninguna de las objeciones formuladas contra los estudios cronométricos son capaces de explicar la totalidad de los resultados obtenidos, cosa que sí pueden hacer las concepciones teóricas propuestas por los partidarios de las imágenes.

En tercer lugar y más importante, diversos investigadores (v.g. Farah, 1984; 1988; Kosslyn, 1987; 1988; Kosslyn, Flynn, Amsterdam y Wang, 1990) han encontrado en las aportaciones psicobiológicas un sólido punto de apoyo a la noción de imagen mental, cuya principal ventaja radica en que presentan una "mayor inmunidad" a las críticas formuladas tradicionalmente contra tales representaciones. En este contexto se desarrollan precisamente gran parte de las aproximaciones recientes al estudio de las imágenes.

3. Aproximaciones actuales al estudio de las imágenes

Actualmente podemos destacar dos líneas de investigación alternativas sobre las imágenes. La primera de ellas pretende obtener evidencia adicional sobre la equivalencia imagen-percepción que permita determinar con mayor precisión la naturaleza de los mecanismos compartidos por ambos sistemas. La segunda tiene como objetivo fundamental explicitar la arquitectura del sistema de procesamiento subyacente a la capacidad para formar imágenes. Ambos enfoques tiene dos características en común:

En primer lugar, defienden la naturaleza modular de la imagen mental en un doble sentido: a) la arquitectura de la mente contiene estructuras representacionales y procesos computacionales específicos a las imágenes, por lo que éstas no suponen la actuación de un sistema de procesamiento indiferenciado y de propósito general. b) La capacidades imaginativas reflejan un sistema multicomponencial constituido por una serie de mecanismos o subsistemas independientes localizados probablemente en distintas estructuras cerebrales.

En segundo lugar, las investigaciones realizadas tienen un carácter interdisciplinario y en este sentido, asumen la necesidad de integrar la evidencia acumulada por la psicología experimental con las aportaciones procedentes de la neurobiología y la neuropsicología cognitiva.

3.1. Relación entre imagen y percepción

La evidencia psicobiológica relevante a esta problemática puede agruparse en dos categorías: a) Las investigaciones psicofisiológicas que demuestran la implicación de áreas corticales visuales en las imágenes y b) los estudios neuropsicológicos de pacientes con daño cerebral que permiten inferir la existencia de mecanismos funcionales compartidos entre imagen y percepción.

3.1.1. Estudios psicofisiológicos

El primer tipo de pruebas de que las imágenes suponen la activación de las áreas corticales visuales procede de la observación de pacientes con "ceguera cortical", los cuales suelen mostrar también una incapacidad para formar imágenes, a pesar de que otras habilidades

cognitivas se mantienen intactas. Sin embargo, los resultados más consistentes en favor de esta idea se han obtenido mediante la utilización de técnicas de registro de la actividad cerebral, como el flujo sanguíneo (v.g. Goldenberg, Prodeka, Steiner y Willmes, 1987) o los potenciales corticales evocados (v.g. Farah, Peronnet, Gonon y Giard, 1988). La mayoría de estos estudios han demostrado que aquellas condiciones que inducen la formación de imágenes visuales producen, en comparación a condiciones control, un aumento de la actividad fisiológica en las regiones visuales de la corteza cerebral. Por ejemplo, Goldenberg y cols. (1987) presentaron listas de palabras concretas e instruían a los sujetos a aprenderlas en distintas condiciones, al mismo tiempo que registraban el flujo sanguíneo cerebral: un grupo de sujetos (condición no-imagen) tenía que oír las palabras y tratar de recordarlas, mientras que a otro grupo (condición imaginativa) se les dijo que intentaran visualizar los referentes de cada palabra como estrategia mnemónica. Este último grupo mostró un nivel de recuerdo significativamente superior y lo que es más importante, el mayor incremento de flujo sanguíneo se localizó en las áreas corticales occipitales, cosa que no ocurría en la condición no-imagen. En un experimento posterior, se registró el flujo sanguíneo mientras los sujetos intentaban responder a diversas cuestiones de conocimiento general que diferían en la probabilidad para inducir imágenes. Las cuestiones que supuestamente requerían la formación de una imagen para responder correctamente (v.g. ¿es el color verde del pino más oscuro que el color verde del césped?) produjeron un incremento del flujo en las áreas corticales implicadas en la percepción visual (regiones occipitales y regiones parietales y temporales posteriores), lo que no sucedía ante las preguntas que supuestamente no requerían imágenes (v.g. ¿es el imperativo categórico una forma gramatical antigua?).

3.1.2. Estudios neuropsicológicos

La conclusión más parsimoniosa que se desprende de las investigaciones psicofisiológicas es que las imágenes implican la misma clase de representación que la utilizada durante la percepción visual. No obstante, cabe la posibilidad de que la activación de las áreas visuales del córtex "acompañe" a la ocurrencia de una imagen, pero que no desempeñe ningún papel funcional en relación a tales representaciones. Según Farah (1988), para poder descartar esta explicación y obtener pruebas más directas de que la imagen visual utiliza la misma maquinaria representacional que la percepción, sería preciso demostrar que los pacientes con lesiones cerebrales que muestran déficits perceptuales de diversa índole (v.g. forma, color, localización espacial), presentan también un patrón idéntico de alteraciones en sus habilidades imaginativas. Pues bien, existe amplia evidencia neuropsicológica que confirma la existencia de déficits paralelos en imagen y percepción (v.g. Bisiach y Luzzati, 1978; Levine, Warach y Farah, 1985). Por ejemplo, un trastorno prototípico que resulta tras la lesión de las regiones parietales posteriores del hemisferio derecho es que el paciente se comporta como si no existiera la parte izquierda de su espacio extrapersonal (o incluso de su propio cuerpo), aunque los procesos sensoriales elementales permanecen intactos (v.g. Posner, Walker, Friedrich y Rafal, 1984). Pues bien, este déficit conocido como síndrome de inatención o "neglect" parece ocurrir igualmente ante estímulos imaginados. Bisiach y Luzzati (1978) pidieron a dos pacientes con neglect perceptual que imaginaran que estaban viendo la plaza del Duomo de Milán (un lugar muy familiar para ellos) desde una determinada perspectiva y que describieran lo que veían. Ambos pacientes omitieron en sus descripciones los lugares de la plaza que supuestamente caían en la parte izquierda de la escena imaginada. Entonces se les pidió que repitieran la tarea pero esta vez utilizando la perspectiva opuesta, de forma que los lugares que antes caían sobre las partes izquierda y derecha de la imagen ahora deberían estar situados en las

localizaciones opuestas. En esta situación, los pacientes describieron los lugares que previamente habían omitido e ignoraron aquellos que antes habían descrito (que supuestamente caían ahora en la mitad izquierda de la imagen).

Como antes comentamos, la relevancia de los datos psicofisiológicos y neuropsicológicos radica en que parecen más inmunes a las críticas de tipo metodológico contra la capacidad de formar imágenes. En lo que respecta a la evidencia psicofisiológica (v.g. flujo sanguíneo, potenciales evocados), para que los argumentos basados en expectativas inducidas experimentalmente y/o en el conocimiento tácito puedan ser plausibles, sería preciso que se dieran dos condiciones: a) que los sujetos conozcan (aunque sea de forma no consciente) qué partes concretas de sus cerebros se activan normalmente durante la percepción visual y b) que puedan alterar a voluntad (aumentando o disminuyendo) los patrones de actividad neuronal en determinadas regiones de sus cerebros. Según Farah (1988), mientras que es en principio posible que un sujeto conozca ciertas propiedades sutiles de su sistema visual como resultado de haber experimentado diversos fenómenos perceptuales (v.g. postefectos, ilusiones), no existe ningún mecanismo que pueda explicar cómo podría adquirir el sujeto algún tipo de conocimiento tácito sobre la localización de las áreas cerebrales implicadas en la visión. Además, se ha demostrado que los sujetos que no han tenido ninguna experiencia o entrenamiento especial son totalmente incapaces de modificar voluntariamente las características de sus patrones de actividad electroencefalográfica.

En lo referente al paralelismo observado entre déficits perceptuales e imaginativos en los estudios neuropsicológicos, las explicaciones basadas en el conocimiento tácito resultan igualmente improbables. Supongamos que al realizar una tarea imaginativa el paciente se comporta "como si estuviera viendo" los estímulos imaginados. No obstante, aún aceptando esta posibilidad, existen dos formas alternativas de interpretarlo: el paciente podría comportarse como si viera con normalidad, empleando su conocimiento tácito sobre la visión normal, o bien como si viera con un sistema visual anómalo, basándose en el conocimiento que ha podido adquirir más recientemente sobre su visión deteriorada. ¿Cómo podemos dilucidar entre estas dos posibilidades?. Existen diversas pruebas en la literatura de que las personas con ceguera periférica adquirida pueden formar imágenes visuales con normalidad. En términos de la hipótesis del conocimiento tácito, esto significa que el sujeto con un déficit visual realizaría una tarea imaginativa "simulando" el funcionamiento de su sistema visual intacto, pero si esto es así, entonces los pacientes con trastornos visuales adquiridos como consecuencia de una lesión cerebral deberían realizar correctamente las tareas de tipo imaginativo, cosa que como hemos visto no ocurre. Los defensores de la hipótesis del conocimiento tácito podrían aún argumentar que los pacientes con déficits visuales centrales, a diferencia de los que tienen lesiones periféricas, "toman la decisión" de realizar una tarea imaginativa simulando un funcionamiento anómalo de su sistema visual, pero este planteamiento resulta difícil de sostener por varias razones: La primera es que es improbable que un paciente persista en cometer errores en una tarea cuando tiene la posibilidad de realizarla correctamente. Además, se ha observado que los pacientes que intencionalmente fingen determinados trastornos cuando realizan tests neuropsicológicos suelen mostrar un rendimiento significativamente "inferior" al nivel de azar, lo que no sucede en los estudios que hemos revisado. Por último, resulta especialmente ilustrativa la evidencia relativa al neglect, ya que uno de los rasgos característicos de este síndrome es que el paciente no parece tener conciencia alguna de padecerlo, como lo demuestra el hecho de que estando hambriento se deje la comida situada en la mitad izquierda del plato o que se golpee con los objetos situados en la parte izquierda del campo visual. En consecuencia, el neglect que muestran estos pacientes ante estímulos imaginados difícilmente puede deberse al uso de conocimiento tácito, ya que no son en absoluto conscientes de que su sistema visual está alterado.

3.2. Arquitectura del sistema de procesamiento de imágenes

El marco de referencia fundamental de las investigaciones desarrolladas en este contexto es el modelo elaborado por Kosslyn y sus colaboradores (Kosslyn, 1980, 1987; Kosslyn y Schwartz, 1977), que puede considerarse como la primera teoría explícita sobre las imágenes desarrollada en el marco del procesamiento de la información. Las estructuras y los procesos son los dos componentes básicos de este modelo. En lo que respecta a las estructuras, Kosslyn distingue entre una representación profunda en la memoria a largo plazo (MLP) que contiene toda la información requerida para construir una imagen (las diversas propiedades relativas a la apariencia de un objeto) y una representación superficial que tiene lugar en una estructura a corto plazo o "buffer visual". El buffer sería el medio o "espacio mental" en el que se generan las imágenes (la activación de una imagen en el buffer tendría un carácter transitorio) y tiene una serie de propiedades invariantes similares a las del campo visual (v.g. grado de resolución y extensión limitadas). Para Kosslyn (1987; Kosslyn y cols., 1990), el buffer visual correspondería probablemente a la operación conjunta de las mismas áreas del córtex visual con organización topográfica que se activan durante la percepción ante la presentación del input sensorial, con la diferencia de que en el caso de las imágenes lo harían a partir de la información almacenada en la MLP.

Kosslyn postula también un conjunto de procesos básicos que operarían sobre las imágenes, entre los que cabe destacar los siguientes: el proceso de generación, que utilizaría la información sobre las partes y propiedades de un objeto contenida en la MLP para formar secuencialmente la imagen en el buffer; el proceso de inspección, que convierte los patrones de activación en el buffer en perceptos organizados y permite localizar propiedades del objeto imaginado (dicho proceso actuaría también durante la percepción); procesos que realizan diversos tipos de transformaciones (rotación, desplazamiento, aumento o disminución de tamaño) sobre las imágenes.

La teoría de Kosslyn fue propuesta inicialmente en términos de un modelo de simulación por ordenador que trataba de incorporar los diversos datos comportamentales obtenidos en los experimentos cronométricos. Sin embargo, el modelo ha ido evolucionando y en sus formulaciones posteriores posee un carácter más "general" e interdisciplinario (v.g. Kosslyn, 1987; 1991; Kosslyn, Flynn, Amsterdam y Wang, 1990).

En primer lugar, Kosslyn y colaboradores pretenden esbozar una arquitectura de la cognición visual y no sólo de la imagen mental, por lo que trata de relacionar los procesos imaginativos con otros mecanismos psicológicos, como la atención, la percepción y la memoria. Por ejemplo, Kosslyn (1991) ha postulado recientemente la implicación de una "ventana" o foco atencional, cuyas funciones serían entre otras, guiar la exploración de la imagen activada sobre el medio visual y propiciar su identificación, o participar en la generación de imágenes complejas (cambiando el foco a distintas localizaciones del medio visual).

Por otra parte, el carácter multidisciplinario de la aproximación de Kosslyn se refleja en la importancia atribuida tanto a los datos neuropsicológicos y la información disponible sobre los mecanismos cerebrales implicados en la visión, como a los criterios de tipo computacional.

3.2.1. Criterios psicobiológicos

Existen numerosas pruebas neurobiológicas y neuropsicológicas que sugieren la existencia de dos sistemas corticales implicados en la percepción visual: el sistema ventral y el dorsal (v.g. Ungerleider y Mishkin, 1982). El sistema ventral, localizado en el córtex inferior temporal, se encargaría de analizar la apariencia o forma del patrón estimular, es decir, lo que es un objeto, con independencia de su posición espacial. El sistema dorsal, localizado en el lóbulo

parietal, procesaría las propiedades espaciales del estímulo con independencia de su forma. Pues bien, Kosslyn se ha basado en esta disociación para sugerir que la información relativa a la forma de un objeto y a sus propiedades espaciales son procesadas por separado en la imagen (Kosslyn, 1987; Kosslyn y cols., 1990). En este sentido, postula dos subsistemas disociables implicados en la generación de imágenes: el primero de ellos selecciona las representaciones perceptuales correspondientes a objetos y partes de objetos almacenados en MLP para construir la imagen (el módulo PICTURE en el modelo original), mientras que el segundo utilizaría la información relativa a las relaciones espaciales entre las partes de un objeto para situar cada una de ellas en sus localizaciones apropiadas en la imagen (el módulo PUT). El módulo PUT sería utilizado cuando el estímulo imaginado representa a un objeto constituido por partes disociables (v.g. un cuerpo humano), pues en este caso la imagen debe ser generada secuencialmente y cada uno de sus componentes tienen que situarse en sus posiciones correctas. En relación con esta idea, Kosslyn (1991) ha propuesto recientemente una disociación hemisférica relacionada con el sistema ventral entre dos tipos de representaciones perceptuales sobre la apariencia de un objeto. Según este autor, el hemisferio derecho parece operar sobre campos receptivos mucho mayores que el izquierdo, lo cual lo capacitaría para codificar y almacenar representaciones de las formas globales de los objetos. Por el contrario, el hemisferio izquierdo se especializaría en la codificación de las representaciones perceptuales relativas a las partes o fragmentos significativos de los objetos.

3.2.2. Criterios computacionales

Utilizar un criterio computacional significa que a la hora de diseñar un sistema de procesamiento que mime el comportamiento humano, es preciso especificar los problemas que dicho sistema debe ser capaz de resolver. Basándose en este criterio, Kosslyn propone una nueva distinción en el sistema dorsal entre dos clases de representaciones espaciales, que él denomina relaciones "categóricas" y relaciones basadas en "coordenadas métricas". Consideremos los problemas que el sistema visual debe afrontar para poder reconocer objetos. El reconocimiento de un estímulo (v.g. una bicicleta) requiere que éste se represente de tal forma que pueda "contactar" con sus representaciones correspondientes almacenadas en la memoria. A su vez, esta tarea requiere seleccionar las propiedades fundamentales del estímulo (v.g. la forma de la bicicleta) e ignorar las propiedades "accidentales" e irrelevantes, las cuales pueden experimentar numerosas variaciones (v.g. la longitud o el color de la bicicleta).

En opinión de Kosslyn, el tipo de representación de un objeto que propicia su reconocimiento dependerá en parte de las características que posea dicho objeto. Por una parte, muchos objetos compuestos son flexibles (v.g. un cuerpo humano) en el sentido de que pueden asumir un número prácticamente ilimitado de transformaciones y apariencias diferentes (v.g. un cuerpo erguido, agachado, inclinado). Igualmente, existen objetos más simples que pueden mostrar múltiples variantes de una misma forma básica, como por ejemplo, las letras del alfabeto. Una forma efectiva de representar todos estos objetos (y facilitar su reconocimiento) sería seleccionar aquellas propiedades "invariables" que no cambian cada vez que éstos presentan una nueva configuración. Desde luego, las partes fundamentales de un objeto son siempre las mismas (v.g. brazos, piernas, cabeza), no se añade ni elimina ninguna de ellas aunque alguna esté oculta. Pero también permanecen constantes las relaciones espaciales "generales" entre las partes del objeto (v.g. arriba-abajo, próximo a, unido a). Por ejemplo, la relación "unido a" entre brazo y hombro es siempre la misma, con independencia de las distintas posiciones que adopte un brazo. Kosslyn denomina a este tipo de relaciones espaciales "categóricas", ya que capturan las propiedades generales de una relación sin especificar los detalles (v.g. "a la izquierda de", sin especificar a qué distancia concreta).

Sin embargo, las representaciones categóricas no pueden ser el único método que utilice el cerebro para procesar relaciones espaciales. Lo que constituye una ventaja a la hora de reconocer objetos compuestos flexibles, puede convertirse en un serio obstáculo cuando queremos alcanzar un objeto u orientarnos en el espacio, o en aquellas situaciones en las necesitamos discriminar entre objetos simples (v.g. un lápiz) o compuestos (v.g. una cara) que difieren entre sí de forma sutil. Dichos objetos son relativamente "rígidos" en el sentido de que varían muy poco (o nada) de una a otra situación y las relaciones espaciales entre sus componentes apenas difieren de las de otros objetos similares. Para reconocer una cara particular no es suficiente saber que los dos ojos están próximos y por encima de una nariz y una boca, sino que necesitamos conocer la métrica o distancia concreta que relaciona a unas partes con otras. En consecuencia, para reconocer esta clase de objetos necesitamos codificar y retener las relaciones espaciales entre sus componentes en coordenadas métricas precisas.

En resumen, parecen existir dos formas alternativas de generar imágenes de objetos que utilizarían respectivamente relaciones espaciales categóricas o relaciones espaciales en coordenadas métricas. La literatura sobre lateralización cerebral sugiere una especialización del hemisferio derecho (HD) para representar y procesar relaciones espaciales métricas. Por tanto, cabe esperar que dicho hemisferio sea también superior en las tareas imaginativas que requieren la activación de tales representaciones. Por su parte, el hemisferio izquierdo (HI) podría especializarse en el procesamiento de relaciones espaciales categóricas, ya que la consistente especialización de dicho hemisferio en el procesamiento lingüístico supone de hecho acceder e interpretar representaciones de naturaleza categórica. Kosslyn y colaboradores han obtenido evidencia en favor de esta disociación, tanto en estudios con sujetos normales (v.g. Kosslyn, Koenig, Barrett, Cave, Tang y Gabrieli, 1989), como en investigaciones neuropsicológicas (v.g. Kosslyn, Holtzman, Farah y Gazzaniga, 1985). Por ejemplo, Kosslyn y cols. (1989) presentaban pares de letras (v.g. X O) en uno u otro campo visual e instruían a los sujetos a responder basándose en relaciones espaciales métricas (decidir si la separación entre ambas letras era o no superior a una pulgada) o categóricas (v.g. juzgar si una letra está a la izquierda de la otra). Los autores encontraron una ventaja del campo visual izquierdo (HD) cuando debían computarse relaciones métricas y una superioridad del campo visual derecho (HI) ante relaciones espaciales categóricas.

Los estudios realizados por Kosslyn y cols. (1985) en pacientes comisurotomizados, como el sujeto J.W., llegan a una conclusión similar y aportan además pruebas en favor de la estructura modular del proceso de generación. Estos autores utilizaron la tarea de clasificación de letras, que consiste en presentar en cada ensayo una letra minúscula en uno u otro campo visual y pedir al paciente que decida si su versión correspondiente en mayúsculas está formada únicamente por líneas rectas (v.g. K,L,M) o incluye algunos fragmentos curvados (v.g. B,R,P). Esta tarea parece requerir la formación de imágenes, así como la intervención de los dos subsistemas implicados en el proceso de generación, esto es, los módulos PICTURE y PUT. Pues bien, los resultados obtenidos en el paciente J.W. mostraron una clara inferioridad del HD para realizar dicha tarea. Kosslyn y cols. realizaron una serie de experimentos adicionales con el fin de averiguar si se trataba de una incapacidad general del HD para generar imágenes, o de una limitación específica en alguno de los subsistemas subyacentes a dicho proceso (el módulo PICTURE o el módulo PUT). En uno de ellos (Experimento 7) emplearon 2 tareas diferentes: a) decidir cuál de dos objetos de un tamaño similar (v.g. una cabra y un cerdo) es mayor y b) juzgar si una serie de objetos familiares (v.g. libro, nariz) nombrados por el experimentador son más altos que anchos (o viceversa). La hipótesis de los investigadores es que ambas tareas requieren la construcción de imágenes globales de los objetos (más que una generación secuencial por partes), por lo que requerirían la operación del módulo PICTURE, encargado de activar las representaciones almacenadas sobre la apariencia global de los objetos, pero no la del módulo PUT. Los resultados fueron coherentes con estas predicciones,

ya que los dos hemisferios mostraron un rendimiento normal en ambas tareas. Para obtener evidencia adicional en favor de la disociación entre los subsistemas implicados en la generación de imágenes, se realizó un nuevo estudio (experimento 8) en el se empleó el mismo tipo de material (animales) que en el experimento anterior, pero en esta ocasión presentaban lateralizados los nombres de los animales e instruyeron a J.W. a decidir si cada uno de los animales tenía las orejas sobresaliendo por encima de su cabeza (v.g. gato, ratón), o si éstas se extendían a ambos lados de la cabeza (v.g. oveja, mono). Kosslyn y cols. predijeron que el HD tendría serias dificultades para realizar esta tarea, ya que para responder correctamente sería preciso relacionar dos partes en la imagen (las orejas y la cabeza), lo que requiere la actuación del módulo PUT. Los resultados confirmaron esta predicción: mientras que el rendimiento del HI fué muy bueno (85% de aciertos), el del HD se aproximó al nivel de azar (45% de aciertos).

La conclusión a la que llegan Kosslyn y cols. es que el HD no presenta una incapacidad general para generar imágenes, ni tampoco una limitación específica para imaginar estímulos lingüísticos. Por el contrario, el módulo PICTURE parece operar con la misma eficiencia en ambos hemisferios y por tanto, el déficit del HD se relacionaría específicamente con el módulo PUT, o más en concreto, con la manipulación de relaciones espaciales categóricas. En consecuencia y en contra de lo que tradicionalmente se ha pensado, ningún hemisferio cerebral puede ser considerado como el responsable de la capacidad imaginativa. Ambos hemisferios tendrían la misma capacidad para generar imágenes globales y para construir secuencialmente imágenes de objetos compuestos, aunque en este último caso lo harían de forma muy diferente: mientras que el HI parece superior en el procesamiento de información espacial categórica, el HD se especializaría en el uso de información espacial métrica.

4. Conclusiones

“¿Qué ha sido de las imágenes?. ¡Hombre!, quedan sin demostrar, mitológicas, la ficción de la terminología del psicólogo. Si nuestro vocabulario cotidiano y la literatura entera no hubieran quedado tan atrapados en esta terminología, nada se oiría de las imágenes. ¿Qué quiere decir una persona cuando cierra sus ojos o tapa sus oídos (hablando en sentido figurado) y dice: Veo la casa en que nací, la cuna de ruedas en que dormía en la habitación de mi madre. Incluso veo a mi madre viniendo a arroparme y escucho su voz cuando suavemente me dice buenas noches?. Conmover, por supuesto, pero pura palabrería. Estamos sencillamente dramatizando. El conductista no encuentra prueba alguna de imágenes en todo esto”. (Watson, 1928, págs. 76-77).

Estas palabras de Watson ilustran la desvalorización y el rechazo que padecieron las imágenes como tópico de interés científico y ayudan a comprender por qué ha sido tan lento y costoso el camino que ha tenido que recorrer la psicología para demostrar que las imágenes son fenómenos teórica y psicológicamente plausibles. Es cierto que su estatus como una clase peculiar de representación ha sido y aún sigue siendo objeto de intensos debates, pero no cabe duda que en las últimas décadas hemos avanzado mucho en la comprensión de un fenómeno tan subjetivo y escurridizo como la imagen mental.

En primer lugar, los tópicos de índole general, como la similitud imagen-percepción, o la naturaleza analógica versus proposicional de la representación subyacente a los fenómenos imaginativos, han ido dando paso a otro tipo de cuestiones mucho más precisas, tales como la arquitectura de la imagen mental (véase por ejemplo la aproximación desarrollada por Kosslyn). El descubrimiento de que las imágenes no constituyen una entidad unitaria, sino un sistema multicomponencial formado por una serie de subsistemas relativamente disociables tiene, a nuestro juicio, importantes repercusiones para la psicología, tanto a nivel conceptual como en un plano más aplicado. Por una parte y en contra de los que sostienen concepciones

"generalistas" o "unitarias" de la cognición (v.g. Anderson, 1983), los datos acumulados sobre la imagen mental son más coherentes con los enfoques "modulares" que postulan la existencia de "facultades cognitivas" o sistemas especializados regidos por distintos principios (v.g. Marr, 1976). Desde una perspectiva más aplicada, la modularidad de la imagen mental ha permitido un análisis más preciso de los trastornos imaginativos de pacientes con daño cerebral y está ayudando a comprender mejor determinados fenómenos psicológicos, como las diferencias individuales en la capacidad imaginativa (v.g. Kosslyn, Brunn, Cave y Wallach, 1984).

En segundo lugar y al igual que está sucediendo en otras áreas de la psicología, como la atención, la percepción, el aprendizaje o la memoria, las aproximaciones actuales a la imagen mental son por lo general más abiertas e interdisciplinarias. En este sentido, las investigaciones sobre las imágenes están utilizando un abanico más amplio y variado de técnicas de investigación, que comprenden desde los tradicionales experimentos conductuales de laboratorio, hasta técnicas psicofisiológicas y neuropsicológicas (v.g. potenciales evocados, tomografía de emisión de positrones), computacionales, o incluso informes introspectivos. Por otra parte, son cada vez más los investigadores que tratan de descubrir la forma en que los procesos subyacentes a las imágenes se relacionan con aquellos implicados en otras funciones psicológicas, como la percepción (v.g. Finke, 1989; Saariluoma, 1992), la memoria operativa (v.g. Hanley, Young y Pearson, 1991) o el pensamiento y la resolución de problemas (v.g. Antonietti, 1991).

Finalmente, los conocimientos acumulados durante más de dos décadas sobre la arquitectura de las imágenes están siendo utilizados por los investigadores para estudiar la funcionalidad de tales representaciones en áreas poco exploradas como el aprendizaje de un nuevo idioma, la comprensión de textos o la resolución de problemas de insight. En opinión de Baddeley (1989), el actual resurgimiento del interés por el valor funcional de las representaciones analógicas constituye un indicio muy saludable de que se están superando algunos de los problemas conceptuales que obstaculizaron tradicionalmente el estudio de las imágenes (v.g. estatus ontológico; el problema del homúnculo).

Sin lugar a dudas, quedan aún muchas cuestiones por dilucidar en torno a la imagen mental, pero como afirma Pinker (1984), en el momento actual el problema fundamental a resolver no es ya si existen representaciones analógicas en el cerebro, sino más bien qué clase de datos y argumentos sobre las imágenes son los más relevantes y qué grado de precisión debemos exigir a nuestras teorías.

Referencias

- Anderson, J. R. (1978). Arguments concerning representations for mental imagery. *Psychological Review*, 85, 249-277.
- Anderson, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson, J. R. y Bower, G. H. (1973). *Human Associative Memory*. Washintong, D.C.: Winston.
- Antonietti, A. (1991). Why does mental visualization facilitate problem-solving?. En R. Logie y M. Denis (Eds.). *Mental Images in Human Cognition*, North-Holland.
- Baddeley, A. D. (1989). Some reflections on visual imagery. *The European Journal of Cognitive Psychology*, 1, 333-335.
- Bisiach, E. y Luzzati, C. (1978). Unilateral neglect of representational space. *Cortex*, 14, 129-133.
- Cooper, L. A. y Shepard, R. N. (1973). Chronometric studies of the rotation of mental images. En Chase, W.G. (Ed.), *Visual Information Processing*. Academic Press.
- Farah, M. J. (1984). The neurological basis of mental imagery. A componential analysis. *Cognition*, 18, 245-272.
- Farah, M. J. (1985). Psychophysical evidence for a shared representational medium for mental images. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 91-113.
- Farah, M. J. (1988). Is visual imagery really visual?. Overlooked evidence from neuropsychology. *Psychological Review*, 95, 307-317.
- Farah, M. J., Peronnet, F., Gonon, M. A. y Giard, M. H. (1988). Electrophysiological evidence for a shared representational medium for visual images and visual percepts. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 248-257.
- Finke, R. A. (1980). Levels of Equivalence in Imagery and Perception. *Psychological Review*, 87, num. 2.
- Finke, R. A. (1989). *Principles of mental imagery*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Finke, R. A. y Pinker, S. (1982). Spontaneous imagery scanning in mental extrapolation. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 8, 142-147.
- Finke, R. A. y Shepard, R. N. (1986). Visual Functions of Mental Imagery. En K.R. Boff, L. Kauffman and J.P. Thomas (Eds.), *Handbook of Perception and Human Performance*. New York: Wiley.
- Goldenberg, G., Prodeka, I., Steiner, M. y Willmes, K. (1987). Patterns of regional cerebral blood flow related to memorizing of high and low imagery words: An emission computer tomography study. *Neuropsychologia*, 25, 473-486.
- Hanley, J. R., Young, A. W. y Pearson, N. A. (1991). Impairment of the visuo-spatial sketch pad. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43 A, 101-125.
- Intons-Peterson, M. J. (1983). Imagery paradigms: How vulnerable are they to experimenters' expectations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 9, 394-412.
- Jolicoeur, P. y Kosslyn, S. M. (1985). Is time to scan visual images due to the man characteristics?. *Memory and Cognition*, 13, 320-332.
- Kosslyn, S. M. (1975). Information representation in visual images. *Cognitive Psychology*, 7, 341-370.
- Kosslyn, S. M. (1980). *Image and Mind*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Kosslyn, S. M. (1987). Seeing and imagining in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychological Review*, 94, 148-175.
- Kosslyn, S. M. (1988). Aspects of a cognitive neuroscience of mental imagery. *Science*, 240, 1621-1626.
- Kosslyn, S. M. (1990). Mental Imagery. En D.N. Osherson, S.M. Kosslyn y J. Hollerbach (Eds.), *An Invitation to Cognitive Science, Vol. II: Visual Cognition and Action*, (pp. 73-98). Cambridge MA: MIT Press.
- Kosslyn, S. M. (1991). A cognitive neuroscience of visual cognition: Further developments. En R. Logie y M. Denis (Eds.), *Mental Images in Human Cognition*. North-Holland.
- Kosslyn, S. M., Ball, T. M. y Reiser, B. J. (1978). Visual Images Preserve Metric Spatial Information. Evidence from Studies of Image Scanning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 47-60.
- Kosslyn, S. M., Brunn, J., Cave, K. R. y Wallach, R. W. (1984). Individual differences in mental imagery ability: A computational analysis. *Cognition*, 18, 195-243.
- Kosslyn, S. M., Flynn, R. A., Amsterdam, J. B. y Wang, G. (1990). Components of high-level vision: A cognitive neuroscience analysis and accounts of neurological syndromes. *Cognition*, 34, 203-277.
- Kosslyn, S. M., Holtzman, J. D., Farah, M. J. y Gazzaniga, M. S. (1985). A computational analysis of mental image generation: evidence from functional dissociations in split-brain patients. *Journal of Experimental Psychology: General*, 114, 311-341.
- Kosslyn, S. M., Koenig, O., Barrett, A., Cave, C. B., Tang, J. y Gabrieli, J. (1989). Evidence for two types of spatial representations: hemispheric specialization for categorical and coordinate relations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 15, 723-735.
- Kosslyn, S. M. y Pomerantz, J. R. (1977). Imagery, propositions and the form of the internal representation. *Cognitive Psychology*, 9, 52-76.
- Kosslyn, S. M. y Schwartz, S. P. (1977). A simulation of visual imagery. *Cognitive Science*, 1, 265-295.
- Levine, D. N., Warach, J. y Farah, M. J. (1985). Two visual systems in mental imagery. Dissociation of "what" and "where" in imagery disorders due to bilateral posterior cerebral lesions. *Neurology*, 35, 1010-1018.
- Marr, D. (1976). Early processing of visual information. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 275, 483-524.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and Verbal Processes*. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Pinker, S. (1984). Visual Cognition: An introduction. *Cognition*, 18, 1-63.
- Podgorny, P. y Shepard, R. N. (1978). Functional representation common to visual perception and imagination. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4, 21-35.
- Posner, M. I., Walker, J. A., Friedrich, F. J. y Rafal, R. D. (1984). Effects of parietal lobe injury on covert orienting of visual attention. *Journal of Neuroscience*, 4, 1863-1874.
- Pylyshyn, Z. W. (1973). What the mind's eye tells the mind's brain: A critique of mental imagery. *Psychological Bulletin*, 80, 1-23.
- Pylyshyn, Z. W. (1981). The Imagery debate: Analogue media versus tacit knowledge. *Psychological Review*, 8, 16-45.
- Pylyshyn, Z. W. (1989). Computing in Cognitive Science. En M. Posner (Ed.), *Foundations of Cognitive Science*, (pp. 49-92). Cambridge MA: MIT Press.
- Saarioluoma, P. (1992). Do visual images have Gestalt properties. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 45 A, 399-420.
- Segal, S. J. y Fusella, V. (1970). Influence of imagined pictures and sounds on detection of visual and auditory signals. *Journal of Experimental Psychology*, 83, 458-464.
- Shepard, R. N. (1978). The mental image. *American Psychologist*, 33, 125-137.
- Shepard, R. N. y Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
- Ungerleider, L. G. y Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. En D.J. Ingle, M.A. Goodale y R.J.W. Mansfield (Eds.), *Analysis of Visual Behavior*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vega, M. De, (1984). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Madrid: Alianza Psicología.
- Watson, J. B. (1928). *The ways of behaviorism*. New York: Harper and Brothers.