

El problema de recordar un problema para resolver un problema¹

Javier de la Fuente
Universidad de Barcelona

El trabajo que presentamos pretende, en primer lugar, ofrecer una revisión y ordenación conceptual del trabajo experimental desarrollado sobre el proceso de recuperación de análogos en solución de problemas por analogía. También se analizaron resultados de algunos trabajos relacionados indirectamente con este tema de investigación. Un segundo objetivo lo constituyó la evaluación de un modelo sobre solución de problemas por analogía, recientemente propuesto (Holyoak y Thagard, 1989), respecto al proceso de recuperación de análogos. El análisis desarrollado puso de manifiesto que los resultados experimentales se integran dentro de tres líneas básicas de investigación: a) La participación de estructuras de conocimiento general en el proceso de recuperación de análogos; b) La dificultad de recuperación de análogos interdominio; y c) La participación de rasgos superficiales en el proceso de recuperación de análogos. Por otra parte, se discuten los aspectos del modelo de Holyoak y Thagard que explican coherentemente los resultados obtenidos, así como algunos aspectos que, de momento, caen fuera del espectro explicativo de este modelo.

Palabras clave: Recuperación de análogos, solución de problemas por analogía, analogía.

In this paper we reviewed and organized the experimental studies devoted to analogue retrieval in analogical problem solving. We also analyzed some studies indirectly related with this research topic. A second aim was to assess a recent analogical problem solving model (Holyoak & Thagard, 1989), concerning its proposal about analogue retrieval. Our analysis showed that empirical findings could be integrated into three main research lines: a) The participation of abstract knowledge structures in the process of analogue retrieval; b) The people frequent failure to retrieve interdomain analogues; and c) The relevance of surface similarities in this pro-

Dirección del autor: Javier de la Fuente. Departamento de Psicología Básica, Facultad de Psicología, Adolf Florensa s/n. 08028 Barcelona.

1. Gran parte de este trabajo está basado en mi tesis doctoral que dirigió el Dr. Fernando Gabucio. Sus siempre certeros comentarios han contribuido a mejorar tanto aquel trabajo como éste. Mercè Martínez y Modesta Pousada leyeron el primer manuscrito de este trabajo e hicieron útiles comentarios. Como provechosas han sido las sugerencias de los anónimos revisores. Gracias a todos.

cess. Furthermore, we discussed the results that give support to the model of Holyoak and Thagard, and some other results that can not be explained nowadays by this model.

Key words: Analogue Retrieval, Analogical Problem Solving, Analogy.

Cuando las personas nos enfrentamos con un problema nuevo que debemos resolver, en ocasiones evocamos algún otro problema similar anteriormente resuelto, cuyo conocimiento nos facilita la obtención de una solución adecuada. Éste no es, evidentemente, el único método de resolución de problemas que empleamos, sin embargo, sus características hacen que su estudio tenga una especial importancia. Por una parte, por el carácter central con que los procesos analógicos operan en el sistema cognitivo humano y, por otra, por la complejidad del proceso global de solución de problemas por analogía en donde interactúan diversos subprocesos de naturaleza muy diversa.

En efecto, para que una persona resuelva un problema por analogía debe, en un primer momento, formar una representación mental del problema con el que está enfrentada (problema objetivo); seguidamente, mientras se intentan aplicar métodos de solución más o menos específicos, es posible que se evoque un episodio de problema potencialmente análogo (análogo fuente) almacenado en la memoria a largo plazo. Una vez recuperada la representación de este problema, puede producirse un proceso de contrastación analógica en la que el sujeto establezca las similitudes y diferencias entre el problema objetivo y el análogo fuente. Si este proceso tiene éxito y el sujeto valora el problema evocado como un análogo válido del problema objetivo, se dará un proceso de adaptación de la solución del problema análogo para obtener una solución al problema planteado. Por último, debemos tener en cuenta la reorganización del sistema de memoria que el establecimiento de una analogía debe producir.

Durante los últimos 15 años, el ámbito investigador sobre solución de problemas por analogía ha experimentado un auge creciente. Sin embargo, tanto desde un punto de vista teórico como experimental, el interés se ha centrado sobre el proceso de establecimiento de correspondencias entre problemas análogos, mientras se soslayaba el proceso que es condición necesaria para que aquél pueda producirse: la recuperación de análogos potencialmente relevantes.

En los últimos años los investigadores de este campo han sido cada vez más conscientes de la necesidad de abordar el proceso de recuperación de análogos si se pretende una explicación global satisfactoria. Consecuentemente, los más recientes modelos sobre solución de problemas por analogía han integrado explicaciones sobre el proceso de recuperación y se han realizado experimentos que inciden directamente sobre este tema.

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental ofrecer una revisión sistemática del trabajo experimental desarrollado que aporta datos sobre el proceso de recuperación de análogos. En este sentido nos planteamos ordenar conceptualmente toda una serie de trabajos empíricos aparecidos en los últimos 15 años. Este «poner orden» (evidentemente «nuestro orden») y, por tanto, no el único

ni el mejor) a una serie de trabajos empíricos responde en gran medida a la reciente aparición de modelos teóricos sobre el problema que abordamos que posibilita la reconsideración conjunta de trabajos desarrollados desde perspectivas diversas. Consideraremos este primer objetivo con un criterio amplio, al contemplar no sólo aquellos trabajos dirigidos directamente a tratar el proceso de recuperación de análogos, sino también otros estudios sobre solución de problemas por analogía que aportan alguna luz sobre dicho proceso, aunque éste no sea su objetivo primordial. También tendremos en consideración algunos trabajos sobre recuperación de información relevante (pero no análoga) en tareas de resolución de problemas cuando aporten datos de interés.

Un segundo propósito de nuestro análisis lo constituye el determinar el grado de adecuación a los datos y el potencial explicativo de una propuesta teórica recientemente formulada por Holyoak y Thagard (1989). Sin ánimo de entrar ahora en un análisis de las distintas aproximaciones teóricas propuestas (véase de la Fuente, 1990), debemos señalar que el enfoque de Holyoak y Thagard constituye una explicación más completa y consistente que otras planteadas hasta el momento (Carbonell, 1986; Carbonell y Veloso, 1988; Keane, 1988; Kolodner, Simpson y Sycara-Cyransky, 1984). A grandes rasgos, este modelo, que ha sido desarrollado computacionalmente, propone que cuando se presenta un problema a una persona y ésta elabora una representación o modelo mental del mismo, se desarrolla un proceso de propagación de activación a partir de los elementos o conceptos incluidos en esa representación. Aquellos episodios almacenados en memoria a largo plazo que poseen elementos superficiales o estructurales comunes con el problema objetivo van acumulando activación y sólo aquéllos que superan cierto umbral de activación son recuperados y quedan disponibles para iniciar el siguiente proceso de contrastación analógica. Hay que añadir que ese proceso de activación entre conceptos puede ser directo (cuando se da entre elementos idénticos del problema objetivo y el análogo potencial), o bien indirecto (entre elementos no idénticos pero sí semánticamente relacionados, a través de otros conceptos que los conectan y mediante un mecanismo de establecimiento de subobjetivos). Por último, el modelo concede un peso fundamental a los elementos del «estado inicial» (aquéllos implicados en la estructura de relaciones que el problema plantea) y una importancia secundaria a los elementos del «estado objetivo» (la estructura de relaciones que debe obtenerse para considerar el problema resuelto).

Al hilo de la exposición sobre el trabajo experimental desarrollado iremos discutiendo el potencial explicativo de este modelo, así como ciertas insuficiencias que plantea.

Evidencia de la participación de estructuras de conocimiento en el proceso de recuperación de análogos

Quizás el trabajo pionero que puso de manifiesto la participación de estructuras de conocimiento abstracto en el proceso de recuperación de análogos

es el de Gick y Holyoak (1980). El paradigma experimental consistió en presentar a los sujetos, en la primera fase del procedimiento experimental, una historia titulada «El General» (véase Apéndice) que contenía un problema análogo, pero con un contenido completamente distinto (análogo interdominio o remoto), al «Problema de la radiación» de Duncker (1945) (véase Apéndice) con la excusa de alguna tarea asociada (lectura y posterior recuerdo). Tras un intervalo en el que el sujeto se dedicaba a esta tarea, se le proponía el problema de la radiación y se proporcionaba al individuo cierto tiempo para intentar resolverlo. Por último, se informaba al sujeto de la relación entre la historia leída previamente y el problema que había intentado resolver, proporcionándole más tiempo para obtener la solución o reformularla, en el caso de descubrir una solución que considerase mejor a la ofrecida antes de la pista.

Haciendo una síntesis de los resultados obtenidos, se observó que mientras sólo el 30 % de los sujetos conseguía solucionar el problema antes de la pista, después de ésta el porcentaje de solución se elevó hasta el 75 % de los sujetos. Por otra parte, alrededor del 10 % de los sujetos resolvió el problema en las condiciones de control en las que no se les proporcionó ninguna historia análoga previa a la solución del problema.

Una primera conclusión que podemos extraer a partir de los resultados es que una parte de los sujetos, alrededor del 20 %, es capaz de recuperar el análogo sin que le sea proporcionada una pista sobre su relación con el problema y, por tanto, estos sujetos han sido capaces de relacionar, a través de una estructura conceptual común, ambas situaciones. Además, esa estructura de conocimiento ha sido de un carácter suficientemente abstracto como para activar una situación a partir de otra con la que no compartía elementos de similitud evidente. Una analogía interdominio, por definición, es aquella en la que las similitudes son relativamente abstractas y las diferencias bastante obvias. Por tanto, puede ser difícil para las personas detectar la relevancia y recuperar espontáneamente análogos interdominio. Sin embargo, los experimentos de Gick y Holyoak (1980) demuestran que las personas son capaces de recuperar análogos interdominio, aunque con una probabilidad reducida. Esto sugiere que estructuras de conocimiento de alto nivel, bajo determinadas condiciones, actúan en el proceso de recuperación.

Desde la perspectiva del modelo de Holyoak y Thagard, estos resultados experimentales son coherentemente explicados. En efecto, la mayor o menor probabilidad de recuperación de un análogo interdominio vendrá determinada, por una parte, por la existencia en la memoria del individuo de estructuras abstractas de conocimiento que organizan los distintos episodios. Esta condición es poco probable que se cumpla con personas relativamente profanas en problemas del tipo del de la radiación. Por otra parte, dando por supuesta la existencia de este tipo de estructuras que organizarían episodios concretos de solución de problemas, existe la dificultad, experimentalmente comprobada (Seifert, Abelson y McKoon, 1986), de la activación automática de este tipo de estructuras. En el modelo de Holyoak y Thagard, el mecanismo de activación de análogos remotos que se propone está basado en un proceso de activación de conceptos, ya sea directamente o a través del establecimiento de subobjetivos. Este proceso de activación indirecta a través de subobjetivos es clave para la recuperación de análogos

interdominio, aunque los mecanismos que operan en este proceso no quedan del todo explicitados en el modelo. Sin embargo, es posible que para la mayoría de las personas el desarrollo de este proceso entrañe notables dificultades.

Una vez demostrada la posibilidad y necesidad de mediación de estructuras abstractas en el proceso de recuperación de análogos, los esfuerzos se dirigieron a determinar las condiciones que facilitaban tal participación. Los siguientes experimentos de los mismos autores (Gick y Holyoak, 1983) pretendieron poner a prueba diversas manipulaciones en la primera fase del procedimiento que condujesen a la formación de un esquema abstracto y así facilitar la recuperación del análogo y la posterior transferencia de conocimiento.

Los primeros tres experimentos de este trabajo demostraron que ni hacer que los sujetos resumieran la historia análoga (en lugar de una tarea de recuerdo como se había empleado anteriormente); ni la presentación de un principio abstracto, expresado verbalmente, que representase la estructura del problema junto con la historia análoga; ni tampoco la presentación de un diagrama representativo de la situación, consiguieron hacer evidente a los sujetos el esquema implícito a la situación y facilitar la recuperación del análogo.

Por el contrario, la manipulación introducida en los siguientes tres experimentos sí tuvo sus consecuencias. Ésta consistió en la presentación al sujeto de dos historias análogas, en lugar de una sola, pidiendo además al sujeto que hiciera una descripción de similitudes entre ambas historias. Los porcentajes de solución globales no sufrieron una variación significativa, sin embargo, sí aumentó notablemente el porcentaje de sujetos que recuperaba espontáneamente el análogo y solucionaba el problema antes de proporcionarles la pista (alrededor del 50 %). Además, en este caso, la adición de un principio abstracto o un diagrama a las dos historias análogas conseguía un efecto facilitador de la recuperación espontánea.

Un factor que se evidenció como altamente predictivo de la probabilidad de recuperación del análogo fue la calidad del esquema inducido por los sujetos a partir de las dos historias análogas presentadas. Los individuos que eran capaces de abstraer, en sus juicios de similitud entre las dos historias, elementos de la estructura del problema y eliminar similitudes superficiales consiguieron en un 91 % resolver el problema antes de que se les proporcionase la pista.

La conclusión principal que se obtuvo a partir de estos resultados fue que cuanto más explícito se hace el esquema subyacente a ambas situaciones, más claves de recuperación contendrá éste y más facilitará la recuperación de un análogo a partir de un problema planteado. Además, la presentación de varios ejemplos facilita más la abstracción del esquema que la utilización de principios generales abstractos. Estos resultados son coherentes con el modelo de Holyoak y Thagard.

Respecto al problema de la mediación de estructuras de conocimiento en el proceso de solución de problemas por analogía, el trabajo de Sierra (1986) constituye una continuación natural de los trabajos de Gick y Holyoak (1983) empleando también el problema de la radiación de Duncker (1945). Este autor se interrogó por los efectos que los contenidos de las historias análogas y el número de historias que se presentan al sujeto producen en el proceso de transferencia

analógica. En primer lugar, se demostró, variando el número de historias análogas previas entre 2 y 5, que la calidad del esquema inducido depende directamente del número de situaciones y, consecuentemente, la probabilidad de recuperación del análogo también dependerá del número de situaciones. En segundo lugar, puso de manifiesto que si se presentan las historias análogas con similares contenidos es más probable que los sujetos generen esquemas funcionalmente adecuados. Sin embargo, cuando los esquemas correctos se generan a partir de situaciones contextualmente distintas hacen más probable la transferencia a cualquier situación análoga. En términos de Holyoak y Thagard, a partir del establecimiento de analogías interdominio se generarían reglas más abstractas. Esto aumentaría su probabilidad de aplicación a situaciones diversas y distintas.

El estudio de Faries y Reiser (1988) también resulta interesante para demostrar la participación de estructuras de conocimiento abstractas en el proceso de recuperación de problemas análogos. Estos investigadores intentaron demostrar que el proceso de recuperación de problemas análogos está fuertemente influido por elementos estructurales del problema, en contra de toda una serie de trabajos que, como veremos posteriormente, concluyen que el proceso de recuperación está fundamentalmente mediado por elementos superficiales. Para ello, diseñaron un sistema tutor informatizado que enseñaba a sujetos profanos diversas nociones de programación en LISP y, posteriormente, planteaba a los sujetos problemas bien definidos para ser resueltos aplicando estas nociones. El sistema permitía a los sujetos almacenar los ejemplos previamente resueltos, dándoles una etiqueta o clave de recuperación, y revisar estos ejemplos ante un nuevo problema planteado. Los resultados demostraron que los sujetos recuperaban una mayor proporción de problemas estructuralmente análogos, respecto a problemas estructuralmente distintos pero con elementos superficiales comunes. Sin embargo, paradójicamente, las etiquetas que crearon los sujetos para almacenar y recuperar ejemplos contenían en su mayoría elementos superficiales.

Por su parte, Lockhart, Lamon y Gick (1988) pusieron de manifiesto una de las claves de actuación importante de las estructuras de organización de la memoria: la organización y recuperación de episodios basados en fallos de expectativas. En el caso de este trabajo, nos encontramos con situaciones en las que se proporciona a los sujetos una información relevante (pero no un problema análogo) para la solución del problema que se les planteará posteriormente. Trabajos anteriores, algunos de los cuales veremos enseguida, como los de Weisberg, DiCamillo y Phillips (1978) o Perfetto, Bransford y Franks (1983) habían demostrado la dificultad de recuperar información relevante, presentada a los sujetos de distintas formas, en una tarea de solución de problemas con forma de adivinanza.

El estudio de Lockhart y cols. (1988) demostró que cuando se presenta a los sujetos la información relevante previa al problema de una manera que provoca un estado inicial de confusión, de fallo de expectativas, seguidamente aclarado, es más probable la recuperación de esta información en el momento de solucionar el problema. Los autores asumen la explicación de Schank (1982) sobre una memoria que organiza los episodios aplicando un principio basado en los fallos de las expectativas elaboradas por las estructuras de conocimiento genéri-

co. El modelo de Holyoak y Thagard no propone explícitamente dicha forma de organización, pero sí facilita mecanismos que la hacen posible: los problemas son almacenados en estructuras de conocimiento genérico y episódico denominadas *conceptos*, y éstas pueden integrar en su organización reglas que recojan fallos de expectativas.

Para concluir este apartado, vamos a introducirnos ahora en un aspecto tratado por varios trabajos. Nos referimos a la influencia de rasgos visuales y espaciales contenidos en las estructuras de conocimiento. Aunque el modelo de Holyoak y Thagard ha asumido una representación proposicional, es plausible, y de hecho no se niega, la posibilidad de componentes visoespaciales en la representación. Ya vimos que Gick y Holyoak (1983) habían fracasado al intentar demostrar que el proporcionar a los sujetos un análogo visual diagramático mejorase la transferencia analógica. Estos resultados contrastaban con el trabajo de Driestadt (1969) que había señalado que imágenes o diagramas pueden servir como análogos efectivos, incluso sin proporcionar al sujeto una pista de su relación con el problema.

Dos trabajos aparecidos el mismo año contradijeron los resultados de Gick y Holyoak (1983): Sierra y Foufre (1987), y Beveridge y Parkins (1987). Estos estudios comparten la misma crítica al experimento 3 de Gick y Holyoak (1983) relativa a la adecuación de los diagramas utilizados como análogos del problema de la radiación. Para ambos, los diagramas empleados carecen de determinados elementos relevantes dentro de la situación. Tanto Sierra y Foufre (1987), como Beveridge y Parkins (1987) empleando diagramas ligeramente distintos del empleado por Gick y Holyoak, encontraron que los sujetos eran capaces de recuperar y utilizar este análogo visual. Por tanto, concluyeron que una representación visual de la información presentada como análogo al problema es recuperada y contribuye a aumentar la probabilidad de solución del problema.

Como señalan Sierra y Foufre (1987), quizá un sistema de representación de la información exclusivamente proposicional sea incompleto para modelar un sistema cognitivo implicado frecuentemente en tareas de carácter espacial. Sin embargo, nuestro conocimiento del papel preciso que juega este tipo de información y cómo integrarla con otros formatos representacionales es todavía escaso.

Análogos e información potencialmente relevante para la solución del problema son frecuentemente ignorados

En muchas ocasiones, a pesar de que a los sujetos se les proporciona un problema análogo antes de intentar solucionar un nuevo problema, éstos son incapaces de recuperar de su memoria el problema análogo que proporcione la información necesaria para un proceso de transferencia analógica que genere la solución.

Uno de los primeros trabajos que mostraron la dificultad de la recuperación de análogos fue el de Reed, Ernst y Banerjii (1974). Estos autores encontra-

ron que los sujetos no se beneficiaban de la información proporcionada por un problema análogo previo, a menos que se les señalara explícitamente la relación entre el problema análogo y el problema objetivo (experimento 3). Debemos señalar, empero, que el tipo de problema utilizado en este estudio es de un carácter bastante distinto a los empleados en los trabajos descritos hasta ahora. Reed y cols. (1974) emplearon problemas de transformación bien definidos, como son los conocidos «Misioneros y caníbales». Este tipo de problemas, en los que se da un estado inicial y otro final bien definidos y una serie de movimientos o transformaciones legales claramente determinados, se caracteriza porque la secuencia de movimientos, que conduce a la solución del problema, es considerablemente amplia y difícil de integrar significativamente como para ser adecuadamente codificada y, eventualmente, recuperada.

Otros trabajos, los ya citados de Gick y Holyoak (1980, 1983), pusieron de manifiesto la dificultad de recuperación espontánea de análogos interdominio utilizando el problema de la radiación. Ya señalamos en el apartado anterior la radical diferencia de porcentajes de solución obtenidos antes y después de proporcionar la pista a los sujetos sobre las relaciones entre el problema objetivo y el análogo previamente presentado (30 % versus 75 %).

Utilizando en sus experimentos problemas algebraicos formulados verbalmente, Reed (1987) y Reed y Ettinger (1987) también constataron la escasa probabilidad con la que los sujetos recuperaban espontáneamente el análogo previamente presentado al intentar resolver este tipo de problemas.

Existe otra línea de investigación, que inician Judson, Cofer y Gelfand (1956), y en la que se encadenan los trabajos de Maltzman, Belloni y Fishbein (1964), Weisberg y cols. (1978) y Perfetto y cols. (1983), que pone de manifiesto la dificultad de recuperación automática de información relevante en solución de problemas. El paradigma experimental básico consiste en proporcionar a los sujetos una información relevante para la solución del problema a través de una tarea de aprendizaje de pares de palabras asociadas y, posteriormente, enfrentar al sujeto con un problema. Por ejemplo, se presentaba a los sujetos el par «caja-vela» dentro de una lista de pares asociados y posteriormente se les proponía otro problema utilizado por Duncker (1945). Éste consiste en fijar una vela de cera a una pared de forma que pueda iluminar adecuadamente, disponiendo para ello del siguiente material: una vela, una caja llena de clavos, unas cerillas y un pequeño martillo. La solución idónea consiste en vaciar la caja de clavos, clavar ésta en la pared y, finalmente, poner la vela encima de la caja.

Los resultados de estos trabajos demostraron reiteradamente la ineffectividad del par asociado «caja-vela» para mejorar el porcentaje de solución a menos que los sujetos fuesen explícitamente informados de su relación con el problema. Además, Perfetto y cols. (1983) encontraron que los intentos previos de soluciones inadecuadas producían un decremento de porcentaje de solución incluso cuando se daba a los sujetos la pista sobre la relación entre el par de palabras y el problema. La explicación a estos resultados hizo referencia a la dificultad que tiene para las personas recuperar información que no se ha codificado, en el momento de recibirla, como información relevante para la consecución de ciertos objetivos. Esta propuesta es concordante con la ofrecida en el modelo de Holyoak y Tha-

gard anteriormente expuesto: la representación de los objetivos en un episodio es un elemento determinante para la activación posterior de dicho episodio cuando se está resolviendo un problema.

Evidencia de la participación de características superficiales en el proceso de recuperación de análogos

Quizá el tema estrella con el que se ha empezado a investigar, de manera directa y explícita, sobre el proceso de recuperación de análogos en solución de problemas haya sido la participación de características superficiales, comunes entre el análogo fuente y el problema objetivo, en dicho proceso. ¿En qué medida el grado de similitud superficial entre dos situaciones hace que recuperemos una de ellas de la memoria al presentársenos la otra? Esta cuestión sintetiza el punto de partida de esta línea de investigación. No existe de momento una idea completamente clara de lo que puede constituirse en similitud superficial y similitud estructural entre dos situaciones (Vosniadou y Ortony, 1989). Sin embargo, sí existe un acuerdo en la idea de que la similitud superficial entre dos situaciones está relacionada con los objetos y atributos de objetos compartidos, mientras que la similitud estructural viene determinada porque dos situaciones comparten elementos de su estructura relacional.

El problema de determinar la forma en que las personas categorizan los problemas que se les presentan está íntimamente relacionado con el problema de la recuperación del análogo en solución de problemas. A fin de cuentas, los elementos incluidos en la representación de un problema deben determinar si este problema es recuperado o no a partir de una nueva situación. Diversos estudios han demostrado la participación de aspectos irrelevantes o superficiales, para la estructura causal, en la categorización que los sujetos hacen de los problemas que se les presentan. Por ejemplo, los de Simon y Hayes (1976), y Hinsley, Hayes y Simon (1977), utilizando problemas algebraicos formulados verbalmente. Por su parte, Chi, Feltovich y Glaser (1981) encontraron que la influencia de las características superficiales en la clasificación que hacían los sujetos de los problemas estaba inversamente relacionada con el grado de experiencia que poseían los sujetos en el dominio de conocimiento relativo a esos problemas.

Por su parte, Stein, Way, Benningfield y Hedgecough (1986), siguiendo el paradigma experimental de Weisberg y cols. (1978), demostraron la importancia de los elementos superficiales en el momento de recuperar información relevante cuando los sujetos intentan solucionar problemas de tipo adivinanza y atribuyeron los fracasos en la recuperación de esta información de los trabajos anteriores (véase el apartado anterior) al hecho de no manipular adecuadamente la similitud superficial.

En un influyente trabajo, Ross (1984) demostró la importante participación de claves superficiales en el proceso de evocación de información análoga. En su segundo experimento, se enseñaba a los sujetos diversos principios de la

teoría de probabilidades junto con un ejemplo que ilustrase cada principio. Estos ejemplos podían tener diversos contenidos superficiales. Posteriormente, se pedía a los sujetos que resolvieran 14 problemas que requerían la aplicación de los principios aprendidos. Los resultados demostraron que el porcentaje de solución fue mayor cuando coincidían en contenidos el problema de prueba y el ilustrativo (76 %), intermedio cuando los contenidos del problema de prueba no estaban relacionados con los del problema ilustrativo del principio (42 %), y eran claramente inferiores cuando los contenidos del problema de prueba eran coincidentes con los de un problema ilustrativo de un principio distinto al que era necesario aplicar para resolver ese problema (22 %).

En un experimento de Gentner y Landers (1985) se proporcionaba a los sujetos, para ser memorizadas, una serie de historias que representaban situaciones problemáticas. Una semana después, se presentaba a los sujetos otra serie de historias y se les pedía que escribiesen la situación previamente leída que cada una de estas nuevas historias les evocase. Las correspondencias entre las historias del primer y segundo bloque podían ser de tres tipos: a) Mera apariencia de similitud (la similitud entre las dos historias sólo se daba entre los objetos contenidos y algunas proposiciones simples, es decir, predicados con un único argumento); b) Analogía verdadera (compartían proposiciones simples y proposiciones de orden superior, es decir, predicados con varios argumentos y predicados con proposiciones como argumentos); y c) Falsa analogía (sólo compartían proposiciones simples). Los resultados demostraron que los sujetos evocaban en una proporción significativamente mayor historias con mera apariencia de similitud, seguidas por historias que constituían analogías verdaderas y, en menor proporción, falsas analogías. Gentner y Landers (1985) concluyeron, a partir de estos resultados, que el proceso de recuperación del análogo está gobernado por la similitud superficial entre el problema objetivo y el análogo fuente.

En otro trabajo (Ross, 1987), utilizando también problemas de probabilidad, se confirmaba que el acceso al análogo presentado como ejemplo estaba fuertemente determinado por el grado de similitud superficial entre ambos problemas. Además, se demostró que este grado de similitud es relativo. Es decir, la probabilidad de recuperación del análogo no depende sólo del grado de correspondencia entre el problema objetivo y el análogo fuente, sino que también depende del grado en que el análogo sea distinguible de otros episodios almacenados en la memoria. Cuanto más similar sea el problema análogo a otros episodios almacenados, menos probable será su recuperación. El mismo autor, Ross (1989), intentó determinar los distintos efectos de varios tipos de similitudes superficiales. Hasta ese momento, se había considerado que las similitudes superficiales poseían una clara influencia sobre el acceso o recuperación del análogo. Sin embargo, se consideraba que tenían un escaso o nulo efecto sobre el proceso posterior de establecimiento de la analogía. Se distinguen en este trabajo dos tipos de similitudes superficiales: las correspondencias de objetos entre la historia y el problema y, por otra parte, la correspondencia entre los argumentos de ambas situaciones. Los resultados de Ross (1989) parecen confirmar que la similitud entre los argumentos de las historias tiene un efecto claro sobre el acceso al análogo y no tiene influencia sobre el establecimiento de la analogía. Lo contrario

ocurre con las correspondencias entre objetos: influyen en el uso del análogo pero no en su recuperación. El problema que presenta este estudio es la indefinición en la que deja la similitud entre argumentos de dos episodios. La correspondencia entre objetos sí está bien definida por la presencia en los dos episodios de los mismos objetos cumpliendo los mismos roles. Si analizamos las historias, que representan problemas algebraicos, podemos comprobar que lo que Ross (1989) denomina correspondencias entre argumentos se traduce en similitudes entre objetivos, en un sentido bastante abstracto, además de ciertas correspondencias entre las entidades que aparecen en ambos episodios. En correspondencia con lo expuesto hasta ahora, sería bastante aventurado calificar de «superficiales» a similitudes en la estructura de objetivos entre el análogo fuente y el problema objetivo.

El segundo experimento de Holyoak y Koh (1987) pretendió poner a prueba las predicciones del modelo de Holyoak y Thagard. Los resultados confirmaron que en el proceso de recuperación de análogos influyen determinantemente similitudes superficiales y estructurales, mientras que sólo estas últimas determinan el ulterior proceso de contrastación analógica. Similares conclusiones se obtuvieron en el trabajo de Keane (1987).

El trabajo de de la Fuente, Baillo, Gabucio y Tübau (1989) puso a prueba una predicción directamente derivada del modelo de Holyoak y Thagard: si para recuperar un análogo interdominio es necesario recurrir en mayor medida a un proceso de activación indirecta, debe consumir más tiempo recuperar este tipo de análogos que recuperar análogos intradominio. Los resultados obtenidos confirmaron esta hipótesis, así como los del experimento 1 de de la Fuente (1990).

Otro de los objetivos de estos dos últimos trabajos era analizar el papel de las características superficiales en la producción del efecto de «transferencia negativa». Los experimentos citados hasta ahora ejemplifican un paradigma de «transferencia positiva» en donde la transferencia de conocimiento a partir de un análogo facilita, en mayor o menor medida, la resolución de un problema planteado. Sin embargo, también es posible que, al proporcionar el análogo a los individuos junto con otra información (pseudanálogo), ésta produzca un efecto de interferencia. Es decir, la recuperación y posterior contrastación de la historia realmente análoga se ve dificultada porque otras historias compiten con ella en los procesos mencionados. El efecto de transferencia negativa es de especial interés porque pone de manifiesto los rasgos de los distintos episodios que participan en el proceso de recuperación al hacerlos competir directamente. Los resultados de de la Fuente (1990) pusieron de manifiesto que los episodios pseudoanálogos que contenían elementos comunes al estado inicial del problema de la radiación produjeron un efecto interferidor máximo; los episodios pseudoanálogos que contenían los elementos relacionados con los objetivos produjeron un efecto interferidor intermedio y, cuando las similitudes del episodio pseudoanálogo eran exclusivamente superficiales, el efecto interferidor producido fue muy poco relevante. Estos resultados son interesantes porque matizan la importancia concedida hasta el momento a las similitudes superficiales en el proceso de recuperación de análogos, y porque apoyan la hipótesis del modelo de Holyoak y Tha-

gard relativa a la importancia de elementos del estado inicial y de los objetivos del problema en el proceso de recuperación.

Este efecto de transferencia negativa ha sido recientemente demostrado por Novic (1988) en un estudio donde comparaba su magnitud utilizando como material experimental problemas de álgebra. Esta autora encontró que el efecto de interferencia era mayor en profanos que en expertos cuando el problema distractor compartía con el problema objetivo características superficiales pero era estructuralmente distinto.

Otros factores que condicionan el proceso de recuperación de análogos

Además del conocimiento que las personas poseen en ámbitos determinados y de los componentes concretos de las situaciones en las que pueden establecerse analogías para resolver problemas, se ha logrado determinar la influencia de otros elementos cognitivos y ambientales que pueden estar condicionando el proceso de transferencia analógica. Vamos a analizar en este apartado aquellos factores en los que ha logrado determinarse esta posible influencia.

Efecto del contexto en el proceso de recuperación de análogos

Uno de los factores que pueden intervenir decisivamente en el proceso de recuperación de análogos es el contexto que rodea la situación de adquisición de una información, que constituye un análogo potencial, y la posterior situación de resolución de un problema. Utilizamos la noción de contexto en un sentido amplio para referirnos a todo el conjunto de estímulos que están presentes al coincidir, espacial y temporalmente, con las situaciones que hemos mencionado.

El efecto del contexto en los procesos de memoria ha sido un tema al que se ha dedicado considerable esfuerzo (Clark y Carlson, 1981). Sin ánimo de entrar a fondo en este ámbito investigador, señalaremos que una de las conclusiones obtenidas al respecto apunta a unos mejores rendimientos de las personas cuando coincide el contexto en el que se realiza la prueba de memoria, durante la cual el sujeto debe recuperar información, con el contexto en que tuvo lugar el aprendizaje de esa información (Godden y Baddeley, 1975; Smith, Glenberg y Bjork, 1978). No obstante, esta generalización debe matizarse. Como señalan Godden y Baddeley (1980), la información ambiental es relativamente importante para la localización de la huella de memoria, pero no se la utiliza para determinar si ésta es, en realidad, adecuada.

A partir de la constatación de estos efectos del contexto en los procesos de recuperación de información, se han llevado a cabo algunos experimentos para determinar la influencia del contexto en situaciones de solución de problemas por analogía. Vimos anteriormente que en los experimentos de Gick y Holyoak (1980, 1983) se había obtenido un 30 % de recuperación espontánea de un análogo re-

moto, en contra de un 10 % obtenido cuando no se proporcionaba al sujeto un análogo previo al intento de solución. Este 20 % de diferencia entre ambas condiciones se atribuyó a la posibilidad de abstracción de un esquema por parte de los sujetos que habían leído la historia análoga. Sin embargo, una interpretación alternativa podría afirmar que lo que facilitó la recuperación del análogo no fue el esquema abstraído, sino el contexto compartido entre las fases de lectura de la historia análoga y la fase de intento de resolución del problema, dado que ambas fases se desarrollaron dentro de la misma sesión experimental.

Algunos resultados experimentales parecen apoyar esta interpretación. En el primer experimento de Spencer y Weisberg (1986), el problema de la radiación fue presentado en un contexto distinto al de la fase de lectura de las historias análogas con un intervalo entre ambas fases de 6 minutos. Los resultados demostraron que los sujetos no recuperaban el análogo fuente y resolvían el problema en igual porcentaje que un grupo control sin análogo previo. En un segundo experimento, realizado por los mismos autores, se crearon dos grupos de sujetos. A uno de ellos se le proporcionó la historia y el problema en el mismo contexto y al otro grupo en contextos diferentes. También se manipuló el intervalo entre la presentación de la historia análoga y la presentación del problema objetivo en dos condiciones: una con un intervalo de 6 minutos y otra con un intervalo de 45 segundos. En los resultados se observó transferencia en el grupo en el que historia y problema compartían contexto y no se produjo en el grupo con distintos contextos, independientemente del intervalo entre una fase y otra. Spencer y Weisberg (1986) concluyeron que el contexto facilita el proceso de recuperación de información en situaciones de solución de problemas y, afirmaron además, que la posesión de un esquema no es una condición suficiente para que se produzca dicho proceso. Otra de las conclusiones de este trabajo, coincidente con las de otro estudio de Catrambone y Holyoak (1985), fue que este efecto facilitador del contexto no se obtuvo en sujetos que elaboraban malas descripciones de la similitud entre las situaciones, es decir que habían abstraído esquemas de baja calidad.

Para defender la idea de que la recuperación y transferencia analógica es posible al margen de efectos contextuales, se diseñó el experimento 1 de Holyoak y Koh (1987). En este experimento se separaron considerablemente el contexto de adquisición y el de recuperación. Los sujetos leían accidentalmente una discusión sobre el problema de la radiación en un libro de texto y, después de un intervalo entre 3 y 7 días, se enfrentaba a los sujetos en un contexto experimental con una versión análoga del problema (véase el problema titulado «La Bombilla» en el Apéndice). En este caso, sí se obtuvo claramente el fenómeno de la recuperación del análogo y transferencia analógica, a pesar de la separación radical de los contextos de aprendizaje y recuperación. Sin embargo, debemos hacer notar que entre el análogo fuente y el problema objetivo se dieron en este caso evidentes similitudes entre características superficiales (análogos intradominio). Es posible, por tanto, que los efectos contextuales sean más determinantes en la recuperación de análogos interdominio.

Los modelos que se han elaborado sobre el proceso de recuperación de análogos no han abordado la influencia del contexto en este proceso. En las estructuras de representación de problemas que se proponen en el modelo de Holyoak

y Thagard no se contemplan elementos ajenos a la propia situación problemática. Ya hemos visto en el apartado 3 que elementos irrelevantes dentro de las situaciones problemáticas pasan a formar parte de la representación mental que las personas forman de dichas situaciones e influyen, por tanto, en el proceso de recuperación. Desde nuestro punto de vista, resulta coherente pensar que otros elementos ajenos, en sentido estricto, a un problema determinado pueden incluirse en la representación mental del mismo y condicionar un potencial proceso de recuperación posterior. Sobre todo, cuando las personas son profanas en el dominio de conocimiento en el que se inscribe el problema y, consecuentemente, no pueden discriminar eficientemente los componentes relevantes y triviales de esa situación. Resulta necesario, en relación con lo dicho, que los modelos elaboren mecanismos explicativos de los efectos del contexto en el proceso de recuperación de análogos si pretenden ampliar el abanico de fenómenos empíricos consistentemente explicados.

El efecto de generación

Un factor que no ha sido suficientemente estudiado en solución de problemas por analogía y que se ha demostrado relevante en el proceso de recuperación del análogo es el «efecto de generación» (Bobrow y Bower, 1969; Slamecka y Graf, 1978;). Este efecto consiste en la mayor facilidad de recuperación en la memoria de la información que el propio sujeto produce en comparación con la información que le es proporcionada.

Los potenciales efectos beneficiosos del efecto de generación sobre el proceso de recuperación de análogos se pusieron de manifiesto en el experimento 3 de Gick y Holyoak (1980). En este experimento se presentaba a los sujetos la historia análoga sin su solución y se indujo a los sujetos a que generasen sus propias soluciones. En este caso, el 41 % de los sujetos que produjeron la solución adecuada para el análogo previo, dieron la misma solución al problema de la radiación. Porcentaje éste superior al que obtienen los sujetos a los que se les da la historia con la solución al problema incluida.

Por otro lado, en Perfetto y cols. (1983), como vimos anteriormente, los sujetos que no eran informados sobre la relación entre la información previamente presentada y el problema objetivo daban menores porcentajes de solución, incluso en un segundo momento en el que se les informaba explícitamente de la relación entre ambas. Estos autores interpretaron estos resultados afirmando que los sujetos accedían más fácilmente a toda una serie de soluciones inadecuadas, que ellos mismos habían producido, durante el intervalo de tiempo en que no estuvieron informados de la relación.

Para contrastar directamente esta hipótesis sobre el efecto de generación, Perfetto, Yearwood, Franks y Bransford (1987) hicieron que un grupo de sujetos proporcionase sus propias respuestas durante una primera fase de intento de solución del problema, mientras que otro grupo leyó, durante esta fase, las respuestas dadas por el primer grupo. Los resultados demostraron, en los dos grupos, un menor porcentaje de solución en una segunda fase en la que los sujetos fueron infor-

mados de la relevancia de una información previamente proporcionada. Sin embargo, confirmando la hipótesis de la generación, este déficit fue significativamente mayor en el grupo que había generado sus propias respuestas inadecuadas.

Como hemos visto, en el trabajo de Gick y Holyoak (1980) el efecto de generación se ha evidenciado como un elemento facilitador de la recuperación de información en la memoria. Los datos que acabamos de presentar sugieren también la posibilidad de efectos negativos del efecto de generación en una tarea de solución de problemas. Además, cabe señalar por último que los modelos explicativos elaborados sobre el proceso de solución de problemas por analogía no han abordado la influencia de estos fenómenos sobre el proceso de recuperación de análogos.

Algunos aspectos evolutivos del proceso de transferencia analógica

Un punto de vista tradicional (Thorndike, 1913), apoyado por recientes investigaciones empíricas, ha sugerido la idea de que la capacidad de transferir conocimiento de un dominio conocido a otro desconocido es difícil de adquirir. Se afirma que los niños se resisten a transferir lo que conocen y, cuando lo hacen, se apoyan más en aspectos superficiales del entorno de la tarea que en propiedades relacionales (Gentner y Toupin, 1986; Holyoak, Junn y Billman, 1984). Estos trabajos han concluido que los niños están *perceptivamente dirigidos*, es decir, que resultan inevitablemente influidos por las apariencias de las cosas. Martí (1978), por su parte, afirma la ausencia de una verdadera capacidad metafórica en el niño entre 2 y 4 años.

Sin embargo, ¿es esto completamente cierto? Por un lado, Gelman y Markman (1986, 1988) demuestran que los niños pueden elaborar proyecciones inductivas sobre la base de estructuras subyacentes asignando elementos a categorías, incluso cuando estas clasificaciones entran en conflicto con similitudes superficiales. Por otra parte, sin negar la importancia que la similitud física de atributos perceptivos tiene en el proceso de transferencia analógica, Brown y Kane (1988) han demostrado la posibilidad de este proceso en niños enfrentados con tareas de solución de problemas.

En una serie de experimentos, estas autoras examinaron la posibilidad de transferencia analógica espontánea en niños de preescolar en condiciones en que la similitud superficial de los problemas fue minimizada. El paradigma experimental básico consistía en exponer a los niños, de 3, 4 y 5 años, una historia en la que se resolvía un problema planteado mediante la utilización inhabitual de objetos familiares. Posteriormente, se pedía a los niños que resolviesen un nuevo problema, en el que intervenían otros objetos, aplicando el mismo principio expuesto en el problema que les había sido mostrado con anterioridad. Los resultados demostraron que incluso los niños de 3 años aplicaban espontáneamente procesos de transferencia analógica, recuperando la experiencia relevante previamente presentada y aplicando el principio subyacente a la nueva situación problemática. Las diferencias de rendimiento encontradas entre los niños más pequeños y los más mayores venían determinadas por el hecho de que los de más edad nece-

sitaban menos experiencias de transferencia analógica para solucionar adecuadamente los problemas. También se demostró que incluso los niños de 3 años se beneficiaban de las instrucciones que les inducían a valorar las similitudes entre las dos situaciones.

Una de las conclusiones fundamentales que se obtuvieron en dicho trabajo es que la similitud superficial es importante para evocar en los sujetos ejemplos previos utilizables, al menos en los niveles iniciales del aprendizaje. Así lo hemos visto también en este trabajo. No obstante, los niños no son diferentes a este respecto de los adultos. En efecto, los niños, cuando utilizan similitudes meramente aparentes en los procesos de transferencia, lo hacen por falta de conocimientos previos suficientes, y no por estar en un «nivel evolutivo» en el que no se produzca transferencia analógica en ausencia de evidentes apoyos perceptivos. Esta explicación es, por otra parte, equivalente a la habitualmente proporcionada para explicar la dependencia de sujetos adultos, profanos en determinado dominio de conocimiento, de claves superficiales para la recuperación de situaciones análogas previas (Anderson, 1987; Chi y cols., 1981).

Conclusiones

A lo largo del presente trabajo hemos revisado la literatura experimental que ha abordado, ya sea de manera directa o indirecta, el proceso de recuperación de análogos en la solución de problemas. Vamos a intentar sintetizar ahora los resultados experimentales obtenidos para apuntar, ulteriormente, algunas conclusiones interesantes desde el punto de vista teórico.

Haciendo abstracción de los resultados experimentales podrían elaborarse las siguientes afirmaciones:

1. El proceso de recuperación de análogos está fuertemente condicionado por la existencia de estructuras de conocimiento abstracto. La elaboración y activación de éstas por parte de las personas enfrentadas con un problema posibilita la recuperación de análogos potencialmente relevantes.

2. Resulta difícil para las personas la elaboración y utilización automática de esas estructuras de conocimiento abstracto por lo que, frecuentemente, no recuperan episodios análogos, potencialmente relevantes, que almacenan en su memoria. La construcción y uso de dichas estructuras depende fundamentalmente de la experiencia previa de los sujetos y, consecuentemente, los problemas para la recuperación de análogos interdominio se manifiestan claramente en los niños y en las personas profanas en el dominio de conocimiento en los que el problema se inscribe.

3. Dentro de esas estructuras de conocimiento pueden jugar un papel relevante ciertos componentes de información visoespacial.

4. Cuando mayor sea el grado de abstracción de esas estructuras de conocimiento, mayor será la probabilidad de recuperación de análogos interdominio.

5. Determinadas manipulaciones de las tareas conducen a facilitar la cons-

trucción de tales estructuras de conocimiento. En general, exponer a las personas a varias situaciones análogas e instarles a que determinen las similitudes entre estas situaciones facilita la formación de un esquema. La presentación de principios abstractos que representen las relaciones analógicas es más efectiva cuando se acompaña con la presentación de varias situaciones análogas.

6. La calidad del esquema inducido (valorado a partir de la descripción de similitud entre problemas que las personas elaboran), que determina fuertemente la probabilidad de recuperación de un análogo, depende directamente del número de situaciones de las que la persona tiene experiencia. Sin embargo, si estas situaciones pertenecen al mismo dominio de conocimiento generarán esquemas funcionalmente buenos dentro del dominio pero extremadamente específicos, por lo que harán difícil la recuperación de análogos pertenecientes a dominios distintos. Por el contrario, esquemas generados a partir de experiencias relativas a dominios diversos pueden ser más difíciles de adquirir, pero facilitan la recuperación de análogos interdominio.

7. Es probable que los elementos de la estructura de relaciones del problema influyan de manera más determinante en el proceso de recuperación de análogos cuando nos enfrentamos a problemas bien definidos. En situaciones problemáticas mal definidas, las personas experimentan mayor dificultad para discriminar en la representación los componentes estructurales del problema de aquellos elementos accesorios e irrelevantes.

8. Un mecanismo importante de organización de episodios concretos por parte de las estructuras de conocimiento puede estar basado en fallos de expectativas, generadas por las propias estructuras de conocimiento, en el momento de interpretar una situación.

9. Además de los elementos estructurales de los problemas, sus características superficiales (objetos y atributos de objetos) se constituyen también en elementos determinantes en el proceso de recuperación de análogos.

10. El grado de similitud, estructural y superficial, es relativo. Cuanto más similar sea el análogo fuente a otros episodios no análogos almacenados en la memoria, menos probable será su recuperación ante la presentación de un problema objetivo.

11. La influencia de claves de recuperación superficiales está inversamente relacionada con el grado de experiencia de las personas en el ámbito de conocimiento al que pertenece el problema.

12. Es posible distinguir entre distintos tipos de elementos superficiales en función de su influencia sobre el proceso de recuperación de análogos. Esta distinta influencia viene determinada por la inclusión de elementos superficiales en distintas partes de la estructura del problema. Los elementos superficiales relacionados con el estado inicial del problema tienen más peso que los relacionados con los objetivos del problema. Los elementos superficiales tienen una mínima influencia cuando no están relacionados con la estructura abstracta del problema.

13. Es probable que requiera más tiempo recuperar análogos que sólo comparten elementos estructurales que análogos que además comparten elementos superficiales.

14. Los elementos superficiales, al jugar un importante papel en el proce-

so de recuperación de análogos, pueden producir un efecto interferidor en el proceso de recuperación.

15. El contexto externo a la situación problemática facilita el proceso de recuperación cuando coincide con el contexto en el que se produjo la experiencia del episodio análogo. Además, es probable que este efecto facilitador sea más determinante en el caso de análogos interdominio.

16. Cuando la información análoga, relevante para la solución de un problema, es generada por las propias personas se recupera más fácilmente que cuando esa misma información se les proporciona por alguien de manera explícita. Asimismo, las soluciones erróneas generadas por las personas ante un problema dificultan la recuperación de la información análoga adecuada al problema.

A pesar de que, como hemos señalado, el interés por el proceso de recuperación de análogos tardó en despertarse, un rápido desarrollo de este ámbito investigador ha generado un buen número de generalizaciones empíricas. Parece que empiezan a vislumbrarse los elementos fundamentales que entran en juego en este proceso y, no sólo eso, sino la forma en que lo hacen. Los modelos teóricos, que se han enfrentado con el problema de explicar el proceso de recuperación de un problema para resolver un problema (por analogía), también han experimentado un desarrollo paralelo.

¿Qué conclusiones pueden extraerse al contemplar este conjunto de resultados experimentales a la luz del modelo teórico que hemos presentado anteriormente? Como hemos ido señalando al revisar la literatura experimental, el modelo de Holyoak y Thagard proporciona una explicación bastante detallada, sobre la que derivar predicciones específicas, del proceso de activación y recuperación de análogos. Aunque aquí sólo hemos presentado un esbozo intuitivo del modelo, éste ha sido desarrollado computacionalmente en un programa de ordenador denominado *PI (Process of Induction)* (Holyoak y Thagard, 1989).

Hemos visto, en primer lugar, cómo explica el progresivo proceso de abstracción de las estructuras de conocimiento derivada de procesos analógicos y la participación de estas estructuras en el proceso de evocación espontánea de análogos relevantes. Por otra parte, ofrece una explicación coherente de la participación de elementos superficiales en el proceso de recuperación de análogos y en la producción del efecto de transferencia negativa. Proporciona, además, una concepción ajustada a los datos de la interacción entre elementos superficiales y estructurales del análogo fuente y el problema objetivo. Asimismo, se recogen los efectos diferenciales del estado inicial y los objetivos del problema planteado sobre el proceso de recuperación del análogo.

En el plano del desarrollo teórico, el modelo de Holyoak y Thagard ofrece la ventaja de estar derivado de una teoría de amplio alcance explicativo, como es el marco de la *Inducción*, elaborada por Holland, Holyoak, Nisbett y Thagard (1986), que constituye una propuesta de carácter bastante general sobre el funcionamiento cognitivo humano. No es, por tanto, un micromodelo desconectado de propuestas sobre otros procesos cognitivos, sino la especificación de una explicación más general.

Hay que señalar, sin embargo, algunas limitaciones de este modelo, así como del resto de modelos propuestos hasta el momento (Carbonell, 1986; Carbonell

y Veloso, 1988; Keane, 1988; Kolodner, Simpson y Sycara-Cyransky, 1984). Fenómenos como la participación en las estructuras de conocimiento de información visoespacial, el efecto de generación, o las influencias del contexto externo en el proceso de recuperación caen fuera del espectro explicativo de los modelos planteados en su estado actual de desarrollo. La influencia del contexto nos parece un aspecto que no entrañaría demasiadas dificultades para ser recogido coherentemente dentro del modelo de Holyoak y Thagard. Bastaría con admitir que en los rasgos superficiales, que las personas seleccionan para su representación de los problemas, se incluyen elementos internos a la situación problemática y elementos externos pero coincidentes con ésta en cuanto a espacio y tiempo. En suma, bastaría con complicar adecuadamente el modelo. Respecto al efecto de generación o a la influencia de información con cualidades de imagen, su integración en el modelo resulta más difícil y el problema es de otra índole. En este caso, las limitaciones proceden del marco teórico general del que surge el modelo. Ahora bien, ¿se derivan estos problemas del carácter estrictamente formal/sintáctico de la teoría y de los inconvenientes intrínsecos a esta concepción de «Ciencia Cognitiva», o bien se tratan sólo de lagunas cuyo fondo será revelado por el futuro trabajo investigador? Recientemente, Rivière (1991) ha puesto de manifiesto los problemas que un paradigma estricta y exclusivamente computacional tiene a la hora de explicar, entre otras nociones, el carácter funcional de las imágenes mentales. No es nuestra intención abordar a estas alturas del trabajo problemas que exceden los objetivos del mismo; sin embargo, permítasenos apuntar algunas ideas al respecto. La teoría de la *Inducción* de Holland y cols. (1986) constituye sin duda un paso adelante sobre anteriores propuestas explicativas del sistema cognitivo humano. Mantiene un fuerte carácter formalizador y sintáctico, pero se pretenden incluir aspectos semánticos y pragmáticos en los formalismos representacionales que se postulan. Los modelos que se elaboran a partir de la propuesta general se desarrollan computacionalmente y, al mismo tiempo, los procesos que se proponen pretenden ser coherentes con los datos obtenidos de investigaciones psicológicas procedentes de ámbitos y orientaciones diversas. Sin embargo, a este adecuado planteamiento le queda un largo y difícil camino para cumplir lo que promete y el esfuerzo deberá dirigirse en distintas direcciones. Habrá que seguir insistiendo en el desarrollo de modelos computacionales sobre procesos cognitivos como el de Holyoak y Thagard y ser formalmente rigurosos en su formulación. No se pueden dejar puntos oscuros en un algoritmo como el que se deja en el modelo de Holyoak y Thagard respecto al proceso de «establecimiento de subobjetivos» para la activación de conceptos en el proceso de recuperación. En este caso, no llegan a hacerse suficientemente explícitos los mecanismos que guían ese proceso de activación entre episodios de problemas por vía indirecta a través del establecimiento de subobjetivos. Este proceso de desarrollo teórico formalmente riguroso deberá generar investigaciones de carácter empírico que fundamenten *conductualmente* los procesos cognitivos que se infieran. Otro aspecto sobre el que deberá insistirse lo constituye el alcance explicativo de la teoría que, si ahora es amplio, todavía deja fuera aspectos relevantes como el papel de la conciencia, el desarrollo de formas complejas de aprendizaje y el papel de las imágenes mentales. Para que un desarrollo teórico tan ambicioso sea

posible será necesario que se articulen coherentemente los niveles de explicación adecuados a los fenómenos que se pretende explicar. En este sentido, el planteamiento de Holland y cols. (1986) comparte ciertos presupuestos con los modelos de procesamiento paralelo distribuido, pero queda mucho por hacer para fundamentar microestructuralmente algunos de los procesos que se proponen. Queda por ver si el «nivel algorítmico», en términos de Marr (1982), será suficiente para explicar aspectos como la intencionalidad, la conciencia o la extraordinaria flexibilidad de la mente humana. Si no es así, deberán articularse, y hacerlo coherentemente, otros niveles de explicación adecuados a esos aspectos de la realidad.

REFERENCIAS

- Anderson, J.R. (1987). Skill acquisition: Compilation of weak-method problem solutions. *Psychological Review*, 94, 192-210.
- Beveridge, M. & Parkins, E. (1987). Visual representation in analogical problem solving. *Memory and Cognition*, 15, 230-237.
- Bobrow, S.A. & Bower, G.H. (1969). Comprehension and recall of sentences. *Journal of Experimental Psychology*, 80, 455-461.
- Brown, A.L. & Kane, M.J. (1988). Preschool children can learn to transfer: Learning to learn and learning from example. *Cognitive Psychology*, 20, 493-523.
- Carbonell, J.G. (1986). Derivational analogy: A theory of reconstructive problem solving and expertise acquisition. In R.S. Michalski, J.G. Carbonell & T.M. Mitchell (Eds.), *Machine learning II: An artificial intelligence approach*. Los Altos, CA: Kaufmann.
- Carbonell, J.G. & Veloso, M. (1988). Integrating derivational analogy into a general problem solving architecture. *Proceedings of the DARPA Workshop on Case-Based Reasoning*, Morgan Kaufmann.
- Catrambone, R. & Holyoak, K. (1985). The role of schemas in analogical problem solving. Ponencia presentada en *93rd Annual Meeting of the American Psychological Association*, Los Angeles.
- Chi, M.T.H., Feltovich, P.J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Clark, H.H. & Carlson, T.B. (1981). Context for comprehension. In J. Long y A. Baddeley (Eds.), *Attention and Performance*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- de la Fuente, J., Baillo, A., Gabucio, F. y Tubau, E. (1989). Similitudes superficiales en solución de problemas por analogía. *Cognitiva*, 2, 3-19.
- de la Fuente, J. (1990). *Recuperación de información en la memoria y solución de problemas por analogía*. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Barcelona.
- Driestadt, R. (1969). The use of analogies and incubation in obtaining insights in creative problem solving. *Journal of Psychology*, 71, 159-175.
- Duncker, K. (1945). On problem solving. *Psychological Monographs*, 58, (Whole N° 270).
- Faries, J.M. & Reiser, B.J. (1988, August). Access and use of previous solutions in a problem solving situation. *Proceedings of the Tenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, Montreal.
- Gelman, S.A. & Markman, E.M. (1986). Categories and induction in young children. *Cognition*, 23, 183-209.
- Gelman, S.A. & Markman, E.M. (1988). Young children's induction from natural kinds: The role of categories and appearances. *Child Development*, 58, 1532-1541.
- Gentner, D. & Landers, R. (1985, November). Analogical reminding: A good match is hard to find. *Proceedings of the International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Tucson, Arizona.
- Gentner, D. & Toupin, C. (1986). Systematicity and surface similarity in the development of analogy. *Cognitive Science*, 10, 277-300.
- Gick, M.L. & Holyoak, K.J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.
- Gick, M.L. & Holyoak, K.J. (1983). Schema induction in analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38.
- Godden, D.R. & Baddeley, A.D. (1975). Context-dependent memory in two natural environments: On land and underwater. *British Journal of Psychology*, 66, 325-331.
- Godden, D.R. & Baddeley, A.D. (1980). When does context influence recognition memory? *British Journal of Psychology*, 71, 99-104.

- Hinsley, D.A., Hayes, J.R. & Simon, H.A. (1977). From words to equations: Meaning and representation in algebra word problems. In M.A. Just & P.A. Carpenter (Eds.), *Cognitive processes in comprehension*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Holland, J.H., Holyoak, K.J., Nisbett, R.E. & Thagard, P. (1986). *Induction: Processes of inference, learning and discovery*. Cambridge, MASS: MIT Press.
- Holyoak, K.J., Junn, E.N. & Billman, D.O. (1984). Development of analogical problem solving skill. *Child Development*, 55, 2042-2055.
- Holyoak, K.J. & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory and Cognition*, 15, 332-340.
- Holyoak, K.J. & Thagard, P. (1989). A computational model of analogical problem solving. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. London: Cambridge University Press.
- Judson, A.I., Cofer, C.N. & Gelfand, S. (1956). Reasoning as an associative process: II. «Direction» in problema solving as a function of prior reinforcement of relevant responses. *Psychological Reports*, 2, 501-507.
- Kean, M.T. (1987). On retrieving analogues when solving problems. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 39A, 29-41.
- Kean, M.T. (1988). *Analogical Problem Solving*. Chichester: Ellis Horwood.
- Kolodner, J.L., Simpson, R.L. & Sycara-Cyranski, K. (1984, April). A process model of case-based reasoning in problem solving. *Technical Report GIT-ICS-84/16*. School of Information and Computer Science, Georgia Institute of Technology.
- Lockhart, R.S., Lamon, M. & Gick, M.L. (1988). Conceptual transfer in simple insight problems. *Memory and Cognition*, 16, 36-44.
- Maltzman, I., Belloni, M. & Fishbein, M. (1964). Experimental studies of associative variables in originality. *Psychological Monographs*, 3, (Whole N° 580).
- Marr, D. (1982). *Visión: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. New York: Freeman. (Trad. cast. en Madrid: Alianza, 1985).
- Martí, E. (1978). Estudio del pensamiento analógico en el niño de 2 a 8 años. Metáforas y comparaciones espontáneas. *Anuario de Psicología*, 19, 39-56.
- Novic, L.R. (1988). Analogical transfer, problem similarity, and expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 14, 510-520.
- Perfetto, G.A., Bransford, J.D. & Franks, J.J. (1983). Constraints on access in a problem solving context. *Memory and Cognition*, 11, 24-31.
- Perfetto, G.A., Yearwood, A.A., Franks, J.J. & Bransford, J.D. (1987). Effects of generation on memory access. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 25, 151-154.
- Reed, S.K., Ernst, G.W. & Banerji, R. (1974). The role of analogy in transfer between similar problem states. *Cognitive Psychology*, 6, 436-450.
- Reed, S.K. (1987). A structure-mapping model for word problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13, 124-139.
- Reed, S.K. & Ettinger, M. (1987). Usefulness of tables for solving word problems. *Cognition and Instruction*, 4, 43-59.
- Rivière, A. (1991). *Objetos con mente*. Madrid: Alianza.
- Ross, B.H. (1984). Reminding and their effects in learning a cognitive skill. *Cognitive Psychology*, 16, 371-416.
- Ross, B.H. (1987). This is like that: The use of earlier problems and the separation of similarity effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13, 629-639.
- Ross, B.H. (1989). Distinguishing types of superficial similarities: Different effects on the access and use of earlier problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 456-468.
- Schank, R.C. (1982). *Dynamic Memory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Seifert, C.M., Abelson, R.P. & McKoon, G. (1986). The role of thematic knowledge structures in reminding. In J.A. Galambos, R.P. Abelson & J.B. Black (Eds.), *Knowledge structures*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Sierra, B. (1986). Inducción y transferencia analógica de esquemas. *Conocimiento y Acción*, 1, 23-60.
- Sierra, B. y Foufres, M. (1987). Incidencia de las representaciones gráficas en la solución de problemas por analogía. *Estudios de Psicología*, 29-30, 31-44.
- Simon, H.A. & Hayes, J.R. (1976). The understanding process: Problem isomorphs. *Cognitive Psychology*, 8, 165-190.
- Slamecka, N.J. & Graf, P. (1978). The generation effect: Delineation of a phenomenon. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 4, 592-604.
- Smith, S., Glenberg, A. & Bjork, R.A. (1978). Environmental context and human memory. *Memory and Cognition*, 6, 342-353.

- Spencer, R.M. & Weisberg, R.W. (1986). Context-dependent effects on analogical transfer. *Memory and Cognition*, 14, 442-449.
- Stein, B.S., Way, K.R., Benningfield, S.E. & Hedgecough, C.A. (1986). Constraints on spontaneous transfer in problem-solving tasks. *Memory and Cognition*, 14, 432-441.
- Thorndike, E.L. (1913). *Educational psychology* (vol. 2). New York: Teachers College, Columbia University.
- Vosniadou, S. & Ortony, A. (1989). (Eds.) *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Weisberg, R., Di Camillo, M. & Phillips, D. (1978). Transferring old associations to new situations: A non-automatic process. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 17, 219-228.

APÉNDICE

Historia titulada «El General»

Había un pequeño país donde gobernaba un dictador desde su fortaleza, la cual estaba situada en el centro de la nación y circundada por granjas y pequeños poblados. Desde todas las partes del país partían caminos hacia la fortaleza. Un general rebelde había jurado tomar la fortaleza para derrocar al dictador. Sabía que con un ataque conjunto de todos sus soldados podía conquistarla. Entonces reunió a su ejército a la cabecera de una de las rutas preparándolo para lanzar un ataque directo, pero el general se enteró de que el dictador había puesto minas en cada uno de sus caminos. Las minas estaban colocadas de modo que podían pasar sobre ellas pequeños grupos de hombres sin ningún peligro, puesto que el dictador necesitaba que sus tropas y trabajadores entraran y saliesen de la fortaleza. Ahora bien, cualquier grupo un poco grande, podría hacer estallar las minas, y esto no sólo cortaría el camino, sino que destruiría muchos poblados cercanos. De aquí, que tomar la fortaleza parecía imposible. Pero al general se le ocurrió un plan simple: dividió a su ejército en pequeños grupos, y mandó a cada uno de ellos a un camino diferente. Cuando todos estuvieron preparados, dio la señal y cada grupo avanzó por una ruta distinta. El avance se realizó de modo que el ejército completo llegó a la fortaleza al mismo tiempo. De esta forma, el general tomó la fortaleza y derrotó al dictador.

Problema de la radiación de Duncker (1945)

Suponga que es usted un doctor y tiene un paciente con un tumor maligno en el estómago. Resulta que es imposible operar al paciente, pero si el tumor no se destruye a tiempo éste morirá. Existe un tipo de rayos que puede utilizarse para destruir el tumor. Si estos rayos llegan al tumor todos a la vez y con una intensidad suficientemente alta, el tumor será destruido. Desafortunadamente, con esta intensidad los rayos destruyen los tejidos sanos que tienen que atravesar hasta llegar al tumor. Con una intensidad más baja los rayos son inofensivos al tejido sano, pero no afectan al tumor. ¿Qué tipo de procedimiento podría seguirse para destruir el tumor con los rayos y, al mismo tiempo, evitar la destrucción de los tejidos sanos?

La solución comúnmente aceptada para el problema consiste en enviar rayos de baja intensidad desde distintas direcciones y simultáneamente.

Problema de «La Bombilla» utilizado por Holyoak y Koh (1987)

En un laboratorio de física de una importante universidad se estaba usando en unos experimentos una carísima bombilla que permitía emitir cantidades de luz controladas con precisión. Ana era la ayudante de laboratorio encargada de manejar la delicada bombilla. Una mañana entró en el laboratorio y comprobó que la bombilla no funcionaba. Recordó que la noche anterior había olvidado desconectarla. Como consecuencia de esto, se recalentó y los

dos filamentos del interior de la bombilla, al fundirse, se habían unido. El cristal, que cerraba herméticamente la bombilla, no podía abrirse. Ana sabía que la bombilla podía repararse si se aplicaba un rayo láser, de breve duración y alta intensidad, para separar los dos filamentos que se habían unido. Además, el laboratorio disponía del equipamiento necesario para esta operación. Sin embargo, un rayo láser de alta intensidad rompería también el frágil cristal que envolvía al filamento. A intensidades más bajas, el láser no rompería el cristal pero tampoco separaría los filamentos. ¿Qué procedimiento podría seguir Ana para reparar con los rayos la bombilla?

