
EL RAZONAMIENTO INDUCTIVO DESDE LOS ENFOQUES DE DOMINIO GENERAL Y ESPECÍFICO

INDUCTIVE REASONING ACCORDING TO THE GENERAL AND SPECIFIC DOMAIN APPROACH

ÁNGELES BUENO VILLAVERDE
Universidad Camilo José Cela

LUZ PÉREZ SÁNCHEZ
Universidad Complutense de Madrid

e-mail: abueno@ucjc.edu

RESUMEN

En este artículo se ha realizado una revisión teórica de las últimas investigaciones sobre el Razonamiento inductivo, analizando los procesos que subyacen a dicho razonamiento y se ha explicado desde los enfoques generales aplicables a todos los ámbitos (dominio general); las teorías de los modelos mentales que explican el razonamiento aplicado a dominios específicos; y finalmente, los sistemas de categorización, el razonamiento probabilístico y los procesos para realizar inferencias y atribuir causalidad que combinan ambas teorías, las de dominio general y específico.

PALABRAS CLAVE

Modelos mentales, analogías, categorización, razonamiento probabilístico.

ABSTRACT

A theoretical revision of the latest pieces of research about Inductive Reasoning has been made in this article. The underlying processes of that reasoning have been explained according to the general domain approach; Mental model theories according to the specific domain approach have been explained; finally, categorization systems, Probabilistic reasoning, Inferential Processing and Causality are explained taking on account both approaches (general and specific).

KEY WORDS

Mental models, analogies, categories, probabilistic reasoning

INTRODUCCIÓN

Desde la época de los primeros filósofos, el tema del razonamiento humano despertó mucho interés. La Lógica surgió con gran éxito, como método para enseñar a pensar bien, y ha perdurado hasta nuestros días, convirtiéndose en la base de algunas teorías de la Psicología cognitiva.

El razonamiento está relacionado con el proceso de establecer conclusiones de principios y de evidencias (Wason y Johnson-Laird, 1972, cit. Sternberg, 1996, p. 397) moviéndose desde lo que es conocido para inferir una conclusión nueva o evaluar una conclusión propuesta. En este sentido, estaríamos ante la clásica distinción entre razonamiento inductivo y deductivo.

En el caso del razonamiento deductivo, las conclusiones se derivan de la aplicación de formas lógicas a premisas. Se asume que si las premisas son verdaderas, la conclusión también lo es. Si hubiera que representarlo gráficamente, seguiría una dirección de arriba-abajo para inferir las abstracciones a casos específicos (Sternberg, 1996).

El razonamiento inductivo se refiere a la generación de inferencias que no están garantizadas dentro de un sistema formal. Estas inferencias son adivinaciones a partir de un conjunto de evidencias. Este tipo de razonamiento no garantiza que la conclusión sea verdadera, aún partiendo de premisas verdaderas, puesto que por inducción sólo se puede llegar a conclusiones con cierto grado de probabilidad. De forma gráfica, la inducción se refiere a la construcción de abajo-arriba de abstracciones derivadas de la observación de casos específicos (Sternberg, 1996).

Desde el punto de vista de la investigación psicológica, no siempre se acepta esta clasificación, ya que ambos tipos de razonamiento están íntimamente vinculados. Son muchos los modelos que cuando tratan de explicar el razonamiento, lo hacen de forma comprensiva, incluyendo aspectos que podríamos encuadrar tanto en el razonamiento inductivo, como en el deductivo.

Podríamos ver clasificaciones novedosas de los tipos de razonamiento como la de Martín y Valiña (2002), pero nos vamos a centrar en la planteada por Kurtz, Gentner y Gunn (1999), pues diferencian entre métodos de razonamiento débiles, fuertes y métodos basados en la alineación estructural.

Los métodos débiles de razonamiento deductivo consisten en la aplicación de reglas para hacer inferencias sintácticas libres de contenido que operan en la forma lógica de las representaciones. Estos métodos incluyen el razonamiento con proposiciones, teorías basadas en reglas, razonamiento según modelos mentales de Johnson-Laird y Byrne (2000), razonamiento a base de esquemas de Holyoak (1987), y la teoría del contrato social de Cosmides (1989, cit. Martín y Valiña, 2002).

El segundo sistema es el razonamiento por semejanzas o método fuerte. Estos sistemas se basan fundamentalmente en la experiencia específica y la representación del conocimiento. Estos métodos incluyen el razonamiento por categorización, inducción basada en categorías, inferencias basadas en estadísticas y razonamiento a base de heurísticos.

El tercer sistema lo proponen Kurtz, Gentner y Gunn (1999) y es el razonamiento basado en la alineación estructural. Para estos autores la analogía se puede definir como la percepción de comunalidades relacionales entre dominios que pueden ser no-similares en la superficie, o como un tipo de razonamiento basado en la asunción de que dos cosas que son similares de alguna manera, serán similares en otras. Este enfoque estaría a caballo de los dos anteriores, pues es una forma fuerte de razonamiento. Sus mecanismos están muy bien especificados y son bastante independientes de otros procesos cognitivos. Este sistema incluye el razonamiento por analogía, el razonamiento por categorías revisadas, y el razonamiento por reglas revisadas.

En este artículo se ha seguido una clasificación más clásica, pues gran parte de la bibliografía consultada establece una distinción entre razonamiento deductivo e inductivo (Sternberg, 1996).

Las tareas que implican razonamiento inductivo van desde los problemas de clasificaciones verbales o figurales, problemas de completamiento de series, problemas de razonamiento analógico sobre material verbal, numérico, geométrico, figurativo, de estructura matricial, de contenido social, etc. (Alonso Tapia, 1987). Sin embargo, los problemas más estudiados han sido los de clasificación, completamiento de series y razonamiento analógico.

La importancia del estudio de estos problemas se centra, sobre todo, en que estos procesos subyacentes implicados en la resolución de tales problemas parecen ser básicos para el funcionamiento cognitivo.

EL RAZONAMIENTO ANALÓGICO Y LOS PROCESOS SUBYACENTES

La importancia que tiene este tipo de razonamiento se debe, según Vosniadou (1987), a que juega un papel importante en los intentos que hacen tanto los niños, como los adultos para adquirir nuevos conocimientos. Los niños, desde edades muy tempranas, están relacionando activamente informaciones nuevas con el conocimiento ya existente a través de procesos de tipo analógico. En un principio, los niños comienzan la adquisición del conocimiento con pocos dominios conceptuales que posteriormente se reestructuran y diferencian en otros nuevos.

Según esta autora, cuando una persona compra un nuevo coche porque le gustaba el que tenía anteriormente, o cuando escucha los consejos de un amigo porque tuvo razón en una ocasión anterior, es porque está pensando analógicamente. De esta manera, se razona analógicamente cuando se intenta comprender o aprender nuevos conceptos o fenómenos al establecer relaciones paralelas con conceptos o fenómenos familiares.

Está demostrado por diversas investigaciones (Alonso Tapia, 1987; Sternberg, 1986; Sternberg 1996; Vosniadou, 1987; Vosniadou y Ortony, 1989), que la solución de este tipo de problemas de inducción de estructuras (problemas de series, analogías, categorización, etc.) implica una serie de procesos, aunque la frecuencia y orden en que han de ser realizados pueda sufrir variaciones de unos problemas a otros. En los problemas de analogías estos procesos están siempre presentes y son más claros, por eso, nos vamos a centrar en ellos para explicarlos.

Los procesos hacen referencia a una fase del procesamiento de la información. Según Feuerstein (1986; Centro de Investigaciones Psicoeducativas, 1986), esas fases serían la fase de entrada, codificación o recogida de la información que incluiría la codificación; la fase de elaboración, en la que se producen las comparaciones y establecimiento de relaciones entre los elementos, que es el proceso inductivo propiamente dicho; y finalmente la fase de salida en la que el sujeto actúa en consecuencia con el resultado del proceso inductivo, plasmando los resultados en un test, la realización de acciones inducidas en una situación natural, etc.

Los procesos anteriormente indicados son, según Sternberg (1986):

1. Descubrimiento de atributos o procesos de *codificación*.

Los atributos importantes de cada término individual en los problemas analógicos tienen que ser representados en la memoria. En el siguiente ejemplo, “el pájaro vuela por el aire, al igual que el pez nada por el agua”, cada uno de los términos del problema son: pájaro (A), aire (B), pez (C), y agua (D). La codificación implica, por un lado, percibir el estímulo, y por otro, interpretarlo o categorizarlo, lo que supone su comparación con la información almacenada en la memoria del sujeto y a la que debe acceder. Por ejemplo, codificar el término pájaro implica percibirlo, a partir de su comparación con la información de la memoria, como un animal con plumas, pico y que vuela.

2. Procesos de comparación de atributos utilizados para pares específicos de términos.

Aquí se incluyen tres tipos de procesos distintos, la inferencia, la traslación y la aplicación. El primero de estos procesos se denomina *inferencia*, y se

ocupa de la relación entre los dos primeros términos de la analogía (A y B, es decir, entre pájaro y aire). La *categorización o traslación* es un tipo parecido de proceso de comparación de atributos. Se manifiesta cuando se encuentran las correspondencias entre los términos primero y tercero de una analogía (A y C). El tercer proceso de comparación de atributos se denomina *aplicación o extrapolación de relaciones*. Consiste en aplicar la regla inferida del par (A y B) a los atributos del término C para producir una propuesta de solución “ideal” que sería el término D.

3. Procesos de *evaluación*.

Estos son los que determinan si cualquier solución de la analogía o término D es apropiada o no lo es. En las analogías simples la evaluación consiste en un proceso de confirmación en el que los rasgos del término final se comparan con la respuesta ideal. Sin embargo, en las analogías ambiguas o que tengan varias soluciones se requieren los procesos de discriminación y comparación de reglas. Este aspecto se llama *justificación*.

Además de estos procesos, Alonso Tapia (1987) añade el de *discriminación de relaciones*, que se manifiesta cuando los sujetos tienen que seleccionar la mejor alternativa de las que se le ofrecen en un test de razonamiento. Esto implica un proceso de comparación entre las distintas soluciones posibles a fin de distinguir cuál se ajusta más a la relación extrapolada y cuál menos, de modo que sea posible la selección de la respuesta.

En otro tipo de tareas de solución de problemas analógicos, como son las que plantean Holyoak y Kyunghee (1987), se dan otros pasos. En estos problemas, los sujetos conocen una solución y se les da un texto nuevo más o menos largo con otro problema, pidiéndoles que lo resuelvan. Los pasos que mencionan estos autores son los siguientes:

1. Construcción de una representación mental del término *fuerza* y *objetivo*. Siendo la fuerza, la solución conocida y que sirve de modelo, y el objetivo, el problema que ha de resolver de forma analógica al primero.
2. Selección de la fuerza como una analogía potencialmente relevante para el objetivo.
3. Representación de los componentes de la fuerza en el objetivo.
4. Extensión de la representación para generar una solución para el objetivo.

Estos pasos no tienen porqué ir en un orden estricto, ya que pueden interactuar de muchas maneras, sin embargo, proporcionan una útil organización conceptual del proceso global. La solución puede venir al establecer una relación analógica entre la solución primera, que ya se conoce, y el segundo problema.

Dedre Gentner (Gentner, Bowdle, Wolff y Boronat, 2001; Gentner, 1983, cit. Sternberg, 1996; Law, Forbus y Gentner, 1994) explica las metáforas en función del modelo SME (Structure Mapping Engine). Para esta autora, las analogías entre problemas implican "mapping" (proyección) de relaciones entre los problemas; el contenido de los atributos de los problemas es irrelevante. En otras palabras, lo que importa en las analogías no es la semejanza del contenido, sino el grado de semejanza entre los sistemas estructurales de relaciones. Debido a que estamos acostumbrados a considerar la importancia del contenido, encontramos difícil dejar de lado el contenido y dar más importancia a la forma (relaciones estructurales).

La teoría de la proyección de la estructura asume la existencia de representaciones estructuradas hechas con objetos y sus propiedades, relaciones entre objetos, y entre relaciones con relaciones de orden más alto. Una alineación consiste en un conjunto específico de correspondencias entre los elementos representados de las dos situaciones (Gentner, Bowdle, Wolff y Boronat, 2001).

Profundizando aún más en este modelo explicativo del razonamiento analógico, Markman y Gentner (2001) explican estos procesos mediante los conceptos de alineación estructural y "mapping"¹ y los condicionantes² en la consistencia de la estructura, que son la conectividad paralela y la correspondencia uno a uno.

Imaginemos, por ejemplo, un texto en el que se explica un complejo sistema de tuberías, con válvulas que cierran y abren la presión del líquido, y bombas de presión que lo impulsan por todo el circuito. Este sistema de tuberías podría servir de ejemplo para explicar el sistema circulatorio de la sangre. En este caso el proceso de alineación estructural implicaría un proceso que es sensible a las similitudes, no sólo entre los elementos, sino también entre sus relaciones. La alineación estructural busca estructuras que sean consistentes. La consistencia de las estructuras tiene dos condicionantes: la conectividad paralela y la correspondencia uno a uno.

¹ El término inglés "mapping" se podría traducir por proyección, pero se ha dejado este término anglosajón, por el uso extensivo que se hace de él en la literatura especializada; y porque en realidad proyección no sería un sinónimo exacto. Implica un calco de una situación que sirve de referencia a otra, al igual que un mapa, es un "calco" de una realidad y sirve de referencia para ubicarnos en ese espacio.

² El término "constraint" se ha traducido por condicionante, pero en realidad, tiene un carácter más fuerte y coercitivo. Hace referencia a las coacciones que el término fuente impone sobre el término objetivo.

La conectividad paralela requiere que si se establece la correspondencia entre un par de predicados, entonces también se establece correspondencia entre sus respectivos argumentos. Por ejemplo, si se explica que la bomba impulsa el líquido por las tuberías, al igual que hace el corazón con la sangre, se establece una relación entre bomba, y corazón; los sistemas de conducción (tuberías y venas/arterias); y los líquidos transportados (agua y sangre).

La correspondencia uno a uno requiere que un elemento en una representación puede emparejarse con sólo un elemento en la otra representación. Si se asocia la “bomba de presión” con el “corazón”, sólo se puede asociar con él.

En estos problemas analógicos, el SME (Structure Mapping Engine, o Dispositivo de proyección de la estructura) produce una evaluación de la interpretación, usando un tipo de algoritmo en cascada en el que la evidencia se pasa hacia abajo, desde el predicado a los argumentos.

Una forma de representar las relaciones establecidas entre los términos fuente y objetivo y sus respectivos predicados y argumentos es la que vemos en la figura siguiente.

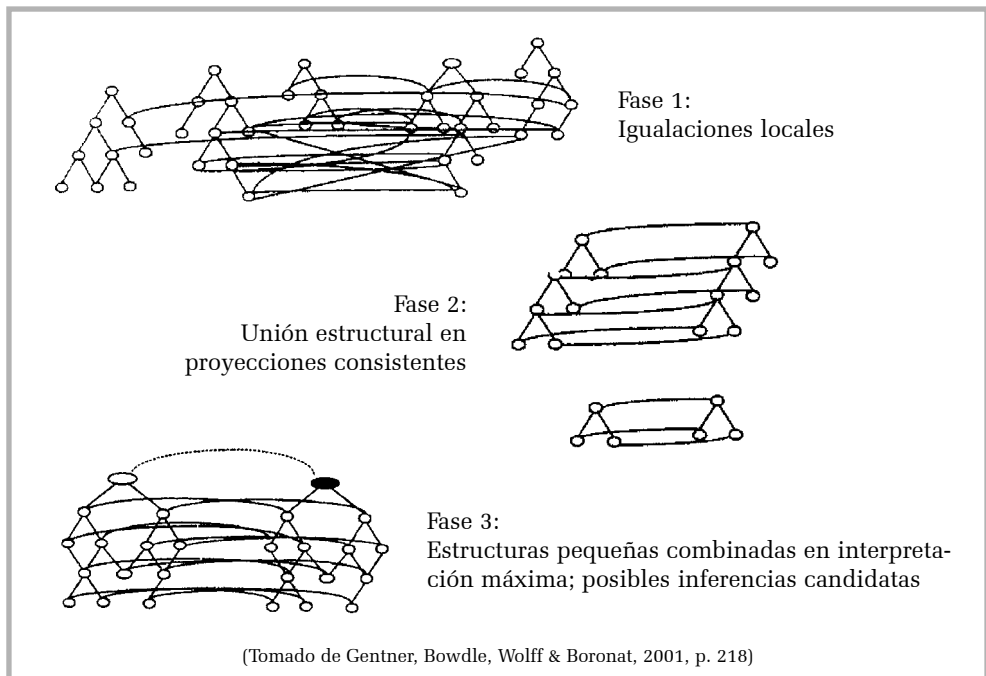


Figura 1. Relaciones establecidas entre los términos fuente y objetivo

Algunas críticas que se han hecho a este modelo se refieren a las dificultades que plantea explicar el funcionamiento de las metáforas, como si fuera idéntico al de las analogías. En una metáfora publicada en la revista *Life*, se establecía una relación analógica entre el gobierno de John Fitzgerald Kennedy y la corte del Rey Arturo. Se establecía una relación entre Jackie Kennedy con Ginebra, la Casa Blanca con Cammelot, Robert Kennedy con Lancelot, Joe Kennedy con Merlín, etc. Sin embargo, no es probable que el lector, a partir de los datos anteriores, induzca una posible relación amorosa entre Robert Kennedy y Jackie Kennedy como ocurrió entre Lancelot y Ginebra. Por tanto, aquí cabe preguntarnos porqué no siempre es aceptable hacer todas las extrapolaciones.

El principio de sistematicidad proporciona una base para determinar qué aspectos del término base o fuente son aplicables al término objetivo. Sin embargo, últimamente se ha empezado a contemplar la idea de un filtro a la hora de establecer las relaciones analógicas. Este filtro se ha dado en llamar el modelo MAC/FAC (Many are called but Few are Chosen, o lo que es lo mismo, "Muchos son los llamados, pero pocos los elegidos"). Este modelo incorpora un componente de recuperación del término base (MAC) que realiza un filtro inicial dentro de la memoria, y un proceso más selectivo (FAC) para determinar las analogías que encajan sistemáticamente para describir la estructura del término objetivo (Law, Forbus y Gentner, 1994).

Una vez conocidos los tipos de procesos que se dan en el pensamiento inductivo, y las interpretaciones que han dado diversos autores acerca de los mismos, se hace necesario, analizar las diferencias que se manifiestan entre los sujetos en relación a cada uno de dichos procesos. Autores como Alonso Tapia (1987), Feuerstein (1980), Sternberg (1986) piensan que la ejecución adecuada de estos procesos puede ser la base de las diferencias individuales en la solución de los problemas de razonamiento. Para explicarlos vamos a seguir la terminología utilizada por Sternberg y Alonso Tapia.

En relación con los procesos de *codificación*, hay que tener muy en cuenta los conocimientos previos del sujeto y las estrategias de recuperación de información, pues se van a producir diferencias en la solución de los problemas según: la cantidad de conocimientos de los sujetos, la forma en la que se encuentran organizados, o en la capacidad de acceder a la información almacenada (Alonso Tapia, 1987).

Las diferencias en los procesos de *inferencia* se pueden deber al entrenamiento y refuerzo que los adultos hayan ejercido sobre los jóvenes. Según Prieto (1989) o Feuerstein (1980, cit Alonso Tapia, 1987), la tendencia a establecer relaciones entre objetos, personas, situaciones, etc., es algo que en parte se halla mediatizado por la historia de aprendizaje del sujeto, y en particular, por la media-

ción de los adultos que estimulan y refuerzan tal conducta en los niños. Cuando no se producen estas relaciones se capta la realidad de forma episódica.

El *establecimiento de relaciones* entre reglas o conceptos dados con otras reglas o conceptos supone que, además de codificar, se compare, detecten las semejanzas y deferencias entre los objetos, personas, situaciones, etc. o entre sus diferentes atributos. Este proceso, al igual que el anterior, se ve potenciado por la mediación de los adultos.

La *aplicación* de relaciones supone el establecimiento de semejanzas entre “relaciones inferidas entre elementos” (relaciones que no constituyen algo inmediatamente presente). Esto nos hace suponer que probablemente esté aquí una de las principales razones de las diferencias encontradas en la capacidad de razonamiento inductivo al tener que descubrir los sujetos algo que está implícito.

También se encuentran diferencias en los sujetos en cuanto a la *discriminación de relaciones*, es decir, según analicen las distintas alternativas para dar una posible solución. Feuerstein (1980) indica que hay diferencias según el estilo impulsivo o reflexivo del sujeto a la hora de examinar las alternativas, y Sternberg (1986) manifiesta que hay diferencias en los sujetos en función de que se realice de forma exhaustiva o autoconcluyente.

Finalmente, en los procesos de decisión y respuesta, las diferencias se pueden deber al estilo (impulsivo/reflexivo), a la familiaridad o no con la modalidad de respuesta (verbal, pictórica, etc.) (Feuerstein, 1980), o a las dificultades que tienen los sujetos para “justificar” de forma consciente y completa su respuesta, aunque haya sido correcta (Sternberg, 1986).

Además de las anteriores variables como posibles causantes de las diferencias individuales, Glaser y Pellegrino (1982, cit. Alonso Tapia, 1987) han demostrado la existencia de otros tres factores que también pueden afectar y son:

- a) Las diferencias en el modo de regular la carga de información en la memoria activa.
- b) El conocimiento de las reglas o procesos de actuación.
- c) La base de conocimiento general y de los elementos sobre los que hay que razonar.

Es decir, la memoria, el conocimiento estratégico y el grado de conocimiento general y profundo sobre un tema (conocimiento de experto).

Alonso Tapia (1987) nombra otro factor añadido: el grado de conocimiento de los sujetos sobre cuándo y de qué modo utilizar los mecanismos de procesamiento de información básicos que ya se poseen para solucionar un problema, es decir, los procesos “metacognitivos” que emplea el sujeto.

MODELOS MENTALES

Hasta ahora hemos explicado cómo funciona el razonamiento inductivo de forma general y sin vincularlo a ningún contexto específico o área de conocimiento. Sin embargo, a menudo, las personas ponen en juego procesos complejos de razonamiento al utilizar los conocimientos que tienen de situaciones particulares, objetos o acontecimientos y que utilizan para comprenderlos, predecir, y explicarlos. Estos sistemas de conocimiento relevante, o *modelos mentales*, influyen grandemente en nuestra comprensión y en nuestra conducta.

Como ya explicamos cuando hablamos sobre el razonamiento deductivo, existen dos enfoques en el estudio de los modelos mentales. El primero se centra en estudiar las características del conocimiento y los procesos que apoyan la comprensión y el razonamiento en áreas ricas de conocimiento. El segundo se centra en estudiar los modelos como constructos de memoria de trabajo que apoyan el razonamiento lógico.

Estos enfoques nos proporcionan definiciones diferentes de los que constituyen los modelos mentales. Así por ejemplo, Markman y Gentner no definen igual los modelos mentales que Johnson-Laird.

Markman y Gentner (2001; Gentner, 2001) definen los modelos mentales como una representación de un dominio (área) o situación que sustenta la comprensión, razonamiento y la predicción.

Según Johnson-Laird (1983, cit. Medin y Ross, 1997), los modelos mentales comparten las siguientes características:

1. Se construyen para comprender y explicar la experiencia.
2. Se construyen espontáneamente para comprender situaciones y para hacer predicciones futuras.
3. A menudo los modelos mentales están encorsetados por teorías acerca del mundo en vez de ser derivados de forma empírica por la experiencia.

En este apartado sólo nos vamos a centrar en los modelos mentales causales que sirven como modelos explicativos en las áreas de conocimiento.

Modelos mentales causales en áreas específicas de conocimiento

Según el primer enfoque que hemos mencionado, estos modelos no son simplemente acumulaciones pasivas de información, sino estructuras de pseudoteorías activamente construidas que sirven para explicar lo que ocurre en el mundo.

Algunas de las características de estos modelos mentales es que permiten realizar simulaciones mentales, pueden coexistir modelos mentales distintos sobre una misma área de conocimiento (*modelos pastiche*) y se convierten en auténticas teorías intuitivas acerca del mundo y sus relaciones.

Una de las formas en la que las personas usan sus modelos es para realizar simulaciones mentales, por ejemplo, en un problema en el que “hay dispuestas ruedas dentadas en forma de círculo, si se mueve una de ellas en el sentido de las agujas del reloj ¿En qué dirección se moverán las ruedas que están junto a ella?” A menudo para resolver este tipo de problemas las personas se acompañan de gestos con las manos, hasta que aprenden de memoria que las ruedas contiguas giran en dirección contraria, y las alternas en la misma.

Un aspecto importante de estas simulaciones es que son cualitativas, es decir, las personas razonan acerca de propiedades relativas de los sistemas físicos como la dirección del movimiento, la velocidad relativa, y la masa relativa. La gente no estima cantidades específicas, ni tampoco llevan a cabo simulaciones matemáticas.

Según Gentner (2002), los modelos mentales se basan en estimaciones y relaciones cualitativas, en vez de relaciones cuantitativas. Las personas son capaces de razonar bien sobre si una cantidad es menos que otra sin necesitar los valores exactos de las cantidades.

Otro descubrimiento de los modelos mentales es que las personas pueden mantener dos o más modelos inconsistentes de un mismo área, es decir, tener un *pastiche* de conocimientos inconexos (Gentner, 2002). Por ejemplo, un alumno novato puede mantener dos modelos distintos para explicar porqué se seca la ropa tendida al sol, y para explicar porqué se evapora el agua de un charco, sin llegar a darse cuenta de la relación que hay entre los dos fenómenos. Los novatos, a menudo, dan explicaciones localmente coherentes, pero globalmente inconsistentes. Siempre y cuando se acceda a cada modelo en un contexto específico, no saldrán a la luz las inconsistencias.

Una nueva aplicación de los modelos mentales lo constituyen las teorías intuitivas. Murphy y Medin (1985, cit Markman y Gentner, 2001) han sugerido que el conocimiento de las personas se puede entender como una teoría acerca del mundo. En este sentido la palabra teoría se usa para designar el conocimiento causal que las personas emplean para inferir propiedades y para explicar los patrones o características que se repiten y se observan en el mundo.

Por ejemplo, Nussbaum (1979, cit. Medin y Ross, 1997), estudió la concepción que tenían los niños del planeta Tierra. Los niños conocían hechos acerca de la Tierra, como por ejemplo, que Cristóbal Colón navegó alrededor de ella y pen-

saba que era redonda, los niños la perciben como plana, también conocen las fotografías espaciales que han visto de la Tierra, el cielo, etc. Los niños combinan esta información y la encuadran en un modelo explicativo. De tal manera, que cuando se les pide que dibujen su interpretación de la Tierra, unos la perciben como un disco plano con mar alrededor, para que se pueda navegar por el último círculo concéntrico; otros la conciben como una esfera hueca en la que la tierra está en la parte de abajo, los humanos se sitúan en la parte plana y segura, y el cielo se encuentra por encima de sus cabezas.

Estos modelos mentales se pueden usar para comprender las observaciones, como también para razonar sobre fenómenos relacionados. Como sugieren Vosniadou y Brewer (1994, cit. Medin y Ross, 1997), los modelos mentales pueden ser herramientas poderosas de razonamiento. Hay estudios que se han centrado en la aplicación de los *modelos mentales en la vida diaria*. Socolow (1978, cit. Gentner, 2002) explica el uso consumo de las calefacciones de las casas en función del modelo que tengan estas personas de cómo funciona un termostato. Leventhal, Meyer, y Nerenz (1980, cit. Medin y Ross, 1997) han estudiado cómo las personas que padecen hipertensión siguen o no el tratamiento en función del modelo mental que elaboren de dicha enfermedad.

Por otro lado, hay teorías que parten de la idea de que el pensamiento de los niños y los adultos se basa en el modelo del razonamiento científico, pero con algunas diferencias, más de tipo cuantitativo que cualitativo. Como Nersessian (1999, cit. Sastre i Riba, 2001) indica, en primer lugar, el razonamiento científico engloba procesos que van más allá de la prueba de hipótesis, tales como simulación mental y analogía, que se encuentran también en el razonamiento de sentido común. En segundo lugar, tanto los científicos, como los que no lo son, aceptan de mejor grado las evidencias que apoyan sus creencias, que las que no.

Otras diferencias entre científicos y no científicos son que los primeros poseen unas teorías explicativas de las causas más profundas que los novatos. Chi et al. (1981, cit. Sternberg, 1996) mostraron que los expertos en Física clasificaban los problemas en función de categorías basadas en principios tales como “conservación de la energía” o “equilibrio de fuerzas”, mientras que los novatos los clasificaban en categorías con diagramas similares.

En segundo lugar, el conocimiento científico es probable que sea más explícito que el de los principiantes. Este mayor interés por ser explícitos puede surgir, en parte, por la necesidad de los científicos de comunicarse con otros miembros de la comunidad científica, y del feedback específico que reciben sobre sus ideas.

En tercer lugar, aunque los científicos y los no científicos tienen cierta resistencia a aceptar los datos que son inconsistentes con sus creencias previas,

los científicos están entrenados para buscar tales datos, como por ejemplo, incluyendo en sus estudios condiciones que podrían no confirmar sus hipótesis. Los no científicos tienen un sesgo de confirmación importante cuando prueban sus hipótesis.

Uno de los primeros autores que empezó a hablar del “sesgo de confirmación” a la hora de probar hipótesis fue Wason (1960, cit. Medin y Ross, 1997), cuando proponía a los sujetos la serie 2, 4, 6, etc. Los sujetos debían indicar otras series que siguieran el mismo patrón. El investigador les confirmaba si esas secuencias seguían la regla o no. La mayoría solían indicar series que fueran ascendiendo de dos en dos. Sin embargo, nadie era capaz de proponer una secuencia que pudiera desconfirmar su hipótesis y por tanto, tener que rechazarla. Una serie como 10, 11, 14 también seguía la regla. En realidad, nadie conseguía descubrir que la regla en la que Wason había pensado, era cualquier secuencia ascendente.

Otros estudios sobre sesgo de confirmación son los de Mynatt, Doherty, y Tweney (1977, cit. Medin y Ross, 1997). Mostraban a los sujetos una pantalla con múltiples dibujos y una partícula que se podía mover. Esta partícula únicamente se paraba al chocar con una figura de color gris. A los sujetos se les enseñaba una vez el juego. Posteriormente debían seleccionar una de dos opciones para probar su hipótesis y a continuación se ponía de nuevo la partícula en movimiento. Tendían a seleccionar la opción que era consistente con su hipótesis, en vez de seleccionar aquella que podría darla por nula.

Por su parte, Dixon y Bangert (2002) dan cuenta de un experimento hecho con alumnos de tercero y sexto grado donde debían trabajar con problemas de ruedas dentadas. Identificaron dos tipos de procesos que producen cambio en la representación para solucionar problemas: revisión de teoría y redesccripción. Para los alumnos de los dos niveles el descubrimiento de los principios físicos del sistema de ruedas era consistente con la revisión de teoría, pero el descubrimiento de una estrategia más sofisticada, basada en la secuencia alternante de las ruedas, era consistente con la redesccripción.

Merece la pena hacer notar dos de los descubrimientos en relación al proceso de revisión de teoría, pues están relacionados con la prueba de hipótesis. El primero es que cuando la precisión era baja, un mayor tiempo de respuesta en intentos anteriores predecía el descubrimiento de una nueva representación de cómo funcionaban las ruedas en ese problema. El segundo es que el hecho de haber propuesto recientemente una hipótesis incorrecta predecía el descubrimiento de una nueva representación. Proponer una hipótesis incorrecta es necesario para entablar el proceso de revisión de teoría, pero esto también crea una tendencia a confirmar dicha hipótesis. Estos aspectos conflictivos de proponer una

hipótesis incorrecta pueden explicar porqué los niños tienen a menudo tal dificultad para descubrir nuevas representaciones.

Cuando un niño tiene una representación inadecuada de un problema, cometerá repetidos errores y, por tanto, buscará una representación más efectiva. Una vez que tiene una representación moderadamente efectiva, los patrones y regularidades de la solución repetida de problemas se funden para formar una representación alternativa. El sistema metacognitivo puede seleccionar una representación potencial más efectiva entre dichas alternativas. Sin embargo, estrategias previas que habían sido efectivas permanecen disponibles y pueden ser aplicadas si la estrategia actual empieza a fallar o llega a ser muy exigente. De esta forma, el proceso de revisión de teoría permite a los niños y adultos construir algunas representaciones adecuadas del problema (Dixon y Bangert, 2002).

En resumen, hay puntos en común en los estilos de razonamiento entre los científicos y los no científicos, y las diferencias son a menudo de grado, no de tipo. Sin embargo, la combinación de estas diferencias (mayor explicitación del conocimiento y mayor interés en buscar evidencias que desconfirmen los planteamientos) puede llevar a una diferencia sustancial en la práctica.

Las implicaciones que tienen los modelos mentales para la enseñanza son importantes. Lo interesante es ir descubriendo aquellos modelos que son erróneos y frecuentes, y descubrir porqué se producen, con el fin de que se puedan diseñar métodos instructivos y materiales para evitar los errores.

Los modelos mentales desarrollados a partir de la experiencia pueden ser resistentes a la instrucción. Por ejemplo, incluso los alumnos que habían asistido a clases y habían visto las teorías de Newton, fallaban a la hora de predecir la dirección de una bola que salía por un tubo curvilíneo. Muchos de los alumnos predecían que la dirección sería igualmente curvilínea en vez de recta (Gentner, 2002).

Algunos métodos se han diseñado para enseñar partiendo de los modelos mentales de los alumnos. Uno de estos métodos es el *Intelligent Tutoring System* de White y Frederiksen (Gentner, 2002). Este sistema se ha aplicado a la enseñanza del razonamiento en Física y empieza con un simple modelo mental y gradualmente construye un modelo causal más complejo. Sugieren que en los primeros momentos del aprendizaje, los alumnos tienen un conocimiento rudimentario, y que añadiendo poco a poco conocimiento, los alumnos pueden adquirir un modelo más fuerte y ajustado con respecto al conocimiento científico. Por ejemplo, si están trabajando con cantidades y se añade conocimiento de cómo los cambios en una cantidad afectan otras, entonces se puede progresar a unas relaciones más complejas entre cantidades, más cercanas al conocimiento científico.

En resumen, los modelos mentales (o como los llama Pozo, Puy, Domínguez, Gómez y Postigo, 1999, conocimientos previos) comparten una serie de características:

- Son construcciones personales de los alumnos elaborados de forma espontánea en su interacción cotidiana con el mundo que les rodea.
- Son incoherentes desde el punto de vista científico, aunque no tienen por qué serlo desde el punto de vista del alumno; de hecho, suelen ser bastante predictivos con respecto a los fenómenos cotidianos.
- Resultan en general, estables y resistentes al cambio, persisten a pesar de la instrucción científica.
- Tienen un carácter implícito frente al carácter explícito de las ideas científicas. Muchos estudiantes tienen grandes dificultades para expresar y describir cuáles son sus ideas, no son conscientes de ellas.
- Buscan la utilidad más que la verdad, como supuestamente harían las teorías científicas. Son conocimientos específicos que se refieren a realidades próximas y concretas a las que el alumno no sabe aplicar las leyes generales que se le explican en clase (Pozo, del Puy, Domínguez, Gómez y Postigo, 1999).

Categorización

En el primer apartado sobre los procesos que se siguen en el razonamiento inductivo, nos centramos en explicarlos desde los enfoques de procesos generales aplicables a todos los ámbitos (dominio general), en el apartado de los modelos mentales, nos centramos en explicarlo basándonos en las teorías de dominio específico.

En este apartado sobre la categorización, las teorías que la explican, aceptan ambos enfoques. Por un lado, se basan en las aportaciones de teorías generalistas de procesos generales, pero también recogen los fundamentos de teorías que se centran en contextos específicos, como la teoría del pensamiento situado (Schuman, 1987, cit. Markman y Gentner, 2001) que asume que todo pensamiento está regido fundamentalmente por el contexto; la teoría de la modularidad (Hirschfield y Gelman, 1994, cit. Markman y Gentner, 2001) que mantiene que el aprendizaje y desarrollo humano requieren módulos innatos para ciertos dominios, tales como la causalidad física o la psicología; y finalmente la teoría evolutiva (Tooby y Cosmides, 1989, cit. Markman y Gentner, 2001) que establece que existen módulos de dominio específico que se usan, según las edades, para resolver tareas complejas de razonamiento.

Similitud y categorización

Aparentemente la similitud y la categorización parecen estar muy unidas. Por tanto, no es de sorprender que muchos de los estudios sobre categorización se hayan centrado en las relaciones de similitud entre un nuevo elemento y la categoría almacenada que permite que un nuevo elemento sea clasificado como un miembro de dicha categoría.

Los enfoques, como el de Holyoak y Nisbett, que se basan en los prototipos, asumen que la representación de una categoría almacenada es un resumen de las características más representativas de los miembros de la categoría, y que los nuevos elementos son clasificados en función de su similitud con ese prototipo. Por tanto, consideran que se realiza una inferencia al observar numerosos ejemplos y abstraer un prototipo, es decir, una categoría que engloba reglas o conglomerados de reglas, o una especie de red de categorías con características asociadas que covarían.

Sin embargo, los nuevos enfoques como el de “mapping” (proyección) de la estructura imponen condicionantes sobre el tipo de aspectos comunes que son relevantes para poder ser clasificados. La alineación estructural, explicada por este enfoque, puede influir también en la forma en que se aprenden las representaciones de las categorías (Gentner, Bowdle, Wolff y Boronat, 2001).

Markman y Winiewski (1997, cit. Markman y Gentner, 2001) pedían a los sujetos que indicaran semejanzas y diferencias de parejas de categorías de objetos a distintos niveles de abstracción. Las personas podían indicar más fácilmente las semejanzas y diferencias alineables en parejas de categorías de un mismo nivel (ejemplo: parejas de vehículos o parejas de armas) que en parejas de diferentes niveles. Este resultado sugiere que las categorías de objetos se organizan alrededor de grupos o conglomerados taxonómicos cuyos miembros se pueden comparar con otros miembros del conglomerado, pero no con miembros de diferentes conglomerados.

Estos conglomerados pueden evolucionar mediante el aprendizaje de categorías basadas en el recuerdo. Cuando se presenta un ítem nuevo, se da una representación inicial que sirve como pista para recordar ítems de la memoria. Los conceptos recuperados sirven como una plantilla para construir la representación del nuevo ítem. Este proceso ayuda a crear conglomerados de categorías cuyos miembros son todos comparables.

Zhang y Markman (1998, cit. Markman y Gentner, 2001) han demostrado este proceso basado en el recuerdo. En sus experimentos, hacían que la gente aprendiera acerca de una serie de marcas de palomitas de maíz. Primero veían una descripción de la primera marca; en una segunda sesión, veían una descripción de la primera marca seguido de las descripciones de dos marcas más, cuyas propie-

dades se solapaban con las de la primera. La gente era capaz de aprender mejor las propiedades de las últimas marcas si las diferencias eran alineables con las de la primera marca que si no lo eran, sugiriendo que aprendían las últimas marcas al alinearlas con la marca inicial. A partir de estos hallazgos inducen que la alineación estructural influye en las representaciones de nuevas categorías.

Inferencias basadas en categorías

Una vez que se han establecido las categorías, la gente puede usarlas para inferir características de una nueva situación. Por ejemplo, Osherson et al. (1990, cit. Markman y Gentner, 2001) estudiaban la probabilidad de que las personas hicieran determinadas inferencias a partir de una serie de premisas. Había dos factores que podían incrementar la probabilidad de que las personas indujeran una aseveración acerca de una categoría: a) el alto grado de semejanza entre las categorías de las premisas y b) alto grado de semejanza entre las categorías de las premisas y los miembros de la categoría inclusiva de nivel más bajo.

Para ilustrar el primer factor nos podemos fijar en el siguiente ejemplo. “Los gorriones comen gusanos”, “los gansos comen gusanos” y la conclusión sería “los halcones comen gusanos”.

Como el ejemplo del segundo factor tenemos que, a partir de las premisas “los gorriones comen gusanos” y “los gansos comen gusanos” es más probable inferir “las aves comen gusanos” (categoría inclusiva del nivel más bajo), que “los animales comen gusanos” (categoría de nivel superior a la anterior). Al fin y al cabo, la categoría “aves” es más similar a los miembros de las premisas, que la categoría “animales”.

Algo parecido pasa con las siguientes aseveraciones: “los gorriones tienen X, por tanto, los abejarucos tienen X” se juzga como un argumento más fuerte y válido que “las avestruces tienen X, por tanto, los abejarucos tienen X”. Parece que los gorriones y los abejarucos comparten más características entre sí que con las avestruces (Sternberg, 1996).

Estos estudios también predecían un efecto divergente en el razonamiento, por el cual, las premisas de categorías diversas llevan a argumentos más fuertes que premisas que son muy similares entre ellas. Por ejemplo, los universitarios encontraban el argumento “los gorriones tienen X, las avestruces tienen X, por tanto, todas las aves tienen X”, más fuerte que el argumento “los gorriones tienen X, los abejarucos tienen X, por tanto, todas las aves tienen X”. Al nombrar la palabra ave en la conclusión (que es la categoría inclusiva de nivel superior) da más fuerza a la premisa que incluye a las avestruces (que parecen compartir menos características con los gorriones, que los abejarucos) (Sternberg, 1996).

En resumen, las personas alinean sistemas causales específicos entre las premisas y las conclusiones para guiar sus inducciones. Con mayor experiencia y conocimiento, las personas son capaces de formar explicaciones causales más elaboradas.

Centralidad de las características o grado de importancia de las mismas

Un aspecto importante en el que se han centrado las investigaciones de dominio general, ha sido el de determinar la importancia o centralidad de las características de una categoría. La noción de centralidad es que algunas propiedades de una categoría son más importantes que otras. En el caso de un pájaro como el petirrojo, la propiedad de tener alas parece más central que la propiedad de tener pecho rojo. Un aspecto relacionado es que algunas categorías parecen más cohesivas que otras. Las investigaciones se han centrado en las propiedades estructurales que pueden determinar la cohesión y la centralidad de las características.

Gentner (1988) exploró las diferencias entre sustantivos y verbos y sugirió que los sustantivos difieren de los verbos en la densidad relacional de sus representaciones. Es decir, los componentes semánticos de los significados de los sustantivos están más fuertemente interconectados que los de los verbos. Una consecuencia de esta diferencia es que los significados de los nombres parecen menos mutables que los significados de los verbos. Por ejemplo, cuando a unas personas se les pedía que parafrasearan una oración como “el lagarto rezaba” solían cambiar el significado del verbo (“un pequeño reptil estaba tumbado al sol”), antes que cambiar el significado del sustantivo (“un señor con piel escurridiza oraba”). En este caso, el grado en el que la propiedad de un concepto está interconectada influye en la facilidad para alterar dicha propiedad.

Se ha demostrado que un factor determinante de la centralidad de la característica es si una propiedad participa de una estructura de orden superior como la causalidad. Estudios sobre la centralidad como los de Ahn (1999 y 2000, cit. Markman y Gentner, 2001) han investigado cómo los sujetos preferían establecer categorías atendiendo a ítems que compartieran la misma causa o efecto, ya que se centran en la información alineable que tiene que ver con las causas.

Enfoques de dominio específico para la categorización

Tradicionalmente se ha estudiado la categorización desde el punto de vista de los procesos de dominio general que la regulan. Sin embargo, las investigaciones recientes han conectado, el enfoque psicológico y el antropológico para estudiar los procesos de dominio específico.

Malt (1995, cit. Markman y Gentner, 2001) hizo una revisión de las categorías biológicas que establecían las personas de diferente nivel cultural para averiguar qué influye más en la estructura de la categoría, si es la información objetiva disponible en el mundo, o por el contrario, si influye más la estructura del sistema cognitivo. Una forma de estudiar esto es comparando los sistemas comunes de las personas con las taxonomías científicas, que están diseñadas para captar los hechos objetivos acerca del mundo. En general, las categorías biológicas populares tienen un gran parecido con las categorías científicas, principalmente en los niveles más elementales de la clasificación. Esto sugiere que hay conglomerados de categorías en el mundo, y que la gente es sensible a estos conglomerados.

Sin embargo, hay influencias claras de los factores culturales en estas categorías. Por ejemplo, la categoría popular “árbol” no distingue una clase distinta de plantas como son los arbustos, y muchas plantas etiquetadas como árboles están en esta categoría de arbustos dentro de las taxonomías científicas. En cambio, la categoría de árbol tiene asociadas ciertas propiedades funcionales como dar sombra.

Razonamiento probabilístico y toma de decisiones

Vamos a centrarnos ahora en un tipo particular de razonamiento inductivo: el uso de la información probabilística acerca de acontecimientos improbables. La mayor parte de la información que manejamos en nuestra vida es probabilística, por ejemplo, la presencia de nubes significa que es probable, pero no cierto que llueva.

En muchas ocasiones el uso correcto de la información probabilística es importante dominarlo para realizar buenas predicciones o tomar decisiones correctas. Por ejemplo, los médicos a menudo se encuentran con situaciones en las que se lanza al mercado un nuevo producto para realizar diagnósticos. Este nuevo tests tiene las siguientes propiedades:

Si la enfermedad está presente, el 98% de las veces el test resulta positivo.

Si la enfermedad está ausente, sólo el 1% de las veces el test resulta positivo.

En esta situación, lo más claro sería construir una tabla en la que se incluyeran las probabilidades de tests positivo y negativo con enfermedad ausente y presente.

Tabla 1

Ejemplo de problema de probabilidades

RESULTADOS DEL TEST	ENFERMEDAD PRESENTE	ENFERMEDAD AUSENTE
Test positivo	98	1
Test negativo	2	99
TOTAL	100%	100%

Cuanto mayor sea el número de pacientes con un resultado positivo y que presenten la enfermedad, y a la vez de pacientes con resultado negativo que no la padezcan, mejor será el test.

Para poder interpretar estos datos mediante fórmulas, vamos a indicar el cuadro anterior con letras.

Tabla 2

Ejemplo de problema de razonamiento probabilístico

RESULTADOS DEL TEST	ENFERMEDAD PRESENTE	ENFERMEDAD AUSENTE
Test positivo	a	B
Test negativo	c	D

La proporción de tests positivos entre aquellos que padecen la enfermedad es $a/(a+c)$. La proporción de pacientes que son diagnosticados erróneamente, es decir, que no padecen la enfermedad, pero que el test es positivo es $b/(b+d)$. La proporción (el término inglés es “base rate”) de la existencia de la enfermedad entre la población examinada es $(a+c)/(a+b+c+d)$. Pero esta fórmula sería válida si hubiésemos evaluado a gran parte de la población. Sin embargo, al principio, hemos dicho que se trata de una enfermedad muy rara, y que sólo se ha aplicado el test a aquellas personas que podían padecerla. Por tanto, los datos anteriores corresponden a unos pocos pacientes.

Imaginemos que sólo una de cada diez mil personas puede padecer dicha enfermedad. En ese caso, los datos anteriores deberíamos variarlos como sigue:

Tabla 3

Ejemplo de problema de razonamiento probabilística

RESULTADOS DEL TEST	ENFERMEDAD PRESENTE	ENFERMEDAD AUSENTE
Test positive	98	10000-9901=99
Test negative	2	10000-99=9.901
TOTAL		9.900

En este caso, la probabilidad de que la enfermedad esté presente, dando un resultado positivo, es $98/(98+99)$. Cuando las enfermedades son muy raras, van aumentando las posibilidades de que los resultados de los tests sean positivos y sin embargo, no se padezca la enfermedad.

De ahí la importancia de entender bien las probabilidades de aparición de la enfermedad. Pues en situaciones como las que estamos acostumbrados a encontrarnos en los medios de comunicación, en los que se juzga por consumo de sustancias a deportistas o personas que manejan máquinas, se les puede estar acusando erróneamente y tomar decisiones muy lesivas para ellos, precisamente por no dominar los conceptos de probabilidades y no comprender las posibilidades que tienen los tests de dar resultados que no son ciertos.

Inferencias causales

Otra forma de estudiar el razonamiento inductivo es ver cómo las personas realizan inferencias causales y atribuyen la causa de un acontecimiento a algo.

Ya en 1870, John Stuart Mill propuso una serie de principios para realizar juicios causales. El primero de los cuales era el “método de acuerdo” que implica la construcción de listas separadas de las posibles causas que están presentes cuando ocurre un acontecimiento, y otra lista con las que no están presentes. Si sólo una causa está presente se le puede atribuir la causa de lo acontecido. Por ejemplo, si un grupo de personas han sido hospitalizadas por problemas gástricos, y resulta que viven en barrios distintos, compran en supermercados diferentes y coincidieron en cenar langostinos en un restaurante, se puede deducir que la causa de sus problemas, fuera aquella cena.

El segundo de los principios es el “método de la diferencia”. Es decir, si dos grupos de personas comparten todo igual, excepto una, se puede deducir que la causa de la diferencia es precisamente la característica que no comparten. Por ejemplo, dos grupos de alumnos atienden las clases con los mismos profesores, comen en el mismo comedor, realizan las mismas actividades extraescolares y sólo

varían en que un grupo asiste a un seminario y consiguen siempre sobresalientes y el otro no asiste a dicho seminario y no consigue tan buenos resultados. En este caso, cabe deducir que el causante de tan brillantes calificaciones sea la asistencia al seminario.

Este proceso es similar al que se sigue en el método científico, por el que se van manipulando las variables independientes para aislar las causas que provocan los efectos. La única diferencia es que en estos ejemplos no se pueden manipular variables, sino simplemente observarlas.

Sternberg (1996) da cuenta de una investigación en la que se estudiaba el razonamiento inductivo para establecer las causas de una situación. A los sujetos de la investigación se les proporcionaba los siguientes datos sobre tres compañías y tenían que deducir las causas de la caída de sus acciones en la bolsa.

Tabla 4

Ejemplo de problema de razonamiento inductivo para establecer causas

Compañía A	El personal de la oficina de la compañía organizó un comité de empresa. El producto principal de la compañía se pensaba que podía ser cancerígeno.	Hubo una caída drástica en el valor de las acciones de la compañía.
Compañía B	El personal de oficina de la compañía no organizó un comité de empresa. El producto principal de la compañía se pensaba que podía ser cancerígeno.	Hubo una caída drástica en el valor de las acciones de la compañía.
Compañía C	Se estaba investigando a los directivos de la empresa por haber dado fondos ilegales en la campaña. El producto principal de la compañía no se pensaba que pudiera ser cancerígeno.	No hubo caída del valor de las acciones de la compañía.

Encontraron que la gente utilizaba cuatro tipos de información para realizar juicios causales.

Tabla 5
Tipos de información para realizar juicios causales

INFERENCIA CAUSAL	BASES PARA LA INFERENCIA	EXPLICACIÓN
Confirmación	La presencia conjunta de la posible causa y el resultado	Si un acontecimiento y un resultado tendían a co-ocurrir, la gente tendía a pensar que el acontecimiento causa el efecto
Confirmación	La ausencia de la posible causa y el resultado al mismo tiempo	Si el resultado no ocurre, ni tampoco se da la posible causa, entonces la gente tiende a pensar que el acontecimiento causa el efecto
Desconfirmación	La presencia de la posible causa, pero la ausencia del resultado	Si la posible causa está presente, pero no el resultado, entonces el acontecimiento es visto como menos probable de producir el resultado
Desconfirmación	La ausencia de la posible causa, pero la presencia del resultado	Si el resultado ocurre en la ausencia de la posible causa, entonces el acontecimiento es visto como menos probable de producir el resultado

En este caso, la gente era capaz de hacer juicios sobre las causas bastante acertados, sin dejarse llevar por el error del “sesgo de confirmación” (del que ya hemos dado cuenta en el apartado de modelos mentales, cuando se habló de la prueba de hipótesis).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso Tapia, J. (1987). *¿Enseñar a pensar? Perspectivas para la educación compensatoria*. Madrid: Centro Nacional de Investigación y Documentación Educativa. MEC.
- Centro de Investigaciones Psicoeducativas (1986). Programa de Enriquecimiento Instrumental. *Siglo Cero*, 106, 12-26.
- Dixon, J.A. y Bangert, A.S. (2002). The Prehistory of Discovery: Precursors of Representational Change in Solving Gear System Problems. *Developmental Psychology*, 38, 6, 918-933.

- Feuerstein, R. (1980). *Programa de Enriquecimiento Instrumental*. Madrid: S. Pío X.
- Feuerstein, R. (1986). *Mediated learning experience*. Jerusalem: Hadasan-Wizo-Canada Research Institute.
- Gentner, D. (1988). Metaphor as structure mapping: The relational shift. *Child development*, 58, 47-59.
- Gentner, D. (2001). Spatial Metaphors in Temporal Reasoning. En M.Gattis (Ed.), *Spatial schemas in abstract thought*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gentner, D. (2002). Psychology of Mental Models. En N.J. Smelser P.B. Bates (Eds.), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Gentner, D. Bowdle, B.F. Wolff, P. y Boronat, C. (2001). Metaphor is like analogy. En Gentner, D., Holyoak, K.J., y Kokinov, B.N. (Eds.), *The analogical mind: Perspectives from cognitive science*. Cambridge MA: MIT Press.
- Holyoak, K.J. y Kyunghee, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory and cognition*, 15, 4, 332-340.
- [Http://www.tcd.ie/Psychology/Ruth_Byrne/mental_models/theory.html](http://www.tcd.ie/Psychology/Ruth_Byrne/mental_models/theory.html)
- Johnson-Laird, P. y Byrne, R. (2000). Mental Models Website. The mental model theory of thinking and reasoning.
- Kurtz, K.J., Gentner, D. y Gunn, V. (1999). Reasoning. En D.E. Rummelhart y B.M. Bly (Eds.), *Cognitive Science: Handbook of perception and cognition*. San Diego: Academic Press.
- Law, K., Forbus, K.D., y Gentner, D. (1994). Simulating similarity-based retrieval: A comparison of ARCS and MAC/FAC. *Proceedings of the Sixteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society*, p. 543-548.
- Markman, A.B. y Gentner, D. (2001). Thinking. *Annual Review of Psychology*, 52, 223-247.
- Martín, M. y Valiña, M^a D. (2002). Razonamiento deductivo: una aproximación al estudio de la disyunción. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 55, 2, 225-248.
- Medin, D.L. y Ross, B.H. (1997). *Cognitive Psychology*. Forth Worth: Harcourt Brace College Publishers.
- Pozo, J.I., del Puy, M^a, Domínguez, J., Gómez, M.A. y Postigo, Y. (1999). *La solución de problemas*. Madrid: Santillana.
- Prieto, M^a D. (1989). *Modificabilidad cognitiva y P.E.I.* Madrid: Editorial Bruño.

- Sastre i Riba, S. (2001). Desarrollo cognitivo diferencial e intervención psicoeducativa. *Contextos educativos*, 4, 95-117.
- Sternberg, R. (1996). *Cognitive Psychology*. Orlando: Harcourt Brace College Publishers.
- Sternberg, R. (1986). *Las capacidades humanas. Un enfoque desde el procesamiento de la información*. Barcelona: Labor Universitaria.
- Vosniadou, S. (1987). Children and Metaphors. *Child Development*, 3, 58, 870-885.
- Vosniadou, S. y Ortony, A. (Ed.) (1989). *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press.