

Analogía, un modelo alternativo Crítica al modelo estándar de solución de problemas por analogía y propuesta de un modelo alternativo

Ricardo A. Minervino y Juan Fernando Adrover*

RESUMEN

Los autores realizaron una extensión de la crítica de Hofstadter al enfoque estándar sobre el pensamiento analógico, representado por la teoría de la proyección de la estructura de Gentner y la teoría de las múltiples restricciones de Holyoak y Thagard. Basados en esta extensión, propusieron un modelo no serial de solución de problemas por analogía. Contra el enfoque estándar, el modelo postula que: (a) las personas detectan y evalúan diferencias entre elementos puestos en correspondencia *antes* del subproceso de generación de inferencias y las consideran para controlar este subproceso, y (b) las propiedades de un elemento para un rol (PERs) juegan un rol crucial en estas operaciones de detección y evaluación, y también en los subprocesos post-inferenciales. Un experimento mostró que: (a) las personas detectan y evalúan la relevancia de diferencias entre elementos emparejados *antes* de la generación de inferencias, (b) inhiben las inferencias literales ante diferencias *relevantes*, y (c) detienen la transferencia ante diferencias insuperables. Los resultados mostraron también que las PERs base son reactivadas en diferentes momentos del proceso transferencial. Los datos obtenidos son incompatibles con el modelo estándar, que trata la generación de inferencias como un mecanismo sintáctico y excluye los análisis semánticos contextuales del estudio del proceso analógico.

ABSTRACT

ANALOGY, AN ALTERNATIVE MODEL.

Critics to the standard model of analogical problems solving and proposals for an alternative one

The authors made an extension of Hofstadter's criticisms against the standard approach in analogical thinking represented by the structure-mapping theory of Gentner and the multiconstraint theory of Holyoak and Thagard. Based on this extension, they proposed a non-serial model of analogical problem solving. Against the standard approach, the model postulates that: (a) people detect and evaluate differences between mapped elements *before* the subprocess of inference generation and consider them in order to control it, and (b) properties of an element that explain why the element could fill a certain role in the base problem resolution (PERs) play a crucial role in these detection and evaluation operations, and also in post-inferences subprocesses. An experiment showed that: (a) people detect and evaluate the relevance of differences between mapped elements *before* inference generation, (b) that they inhibit the generation of literal inferences when they face *relevant* differences, and (c) that they stop the subprocess when they recognize *insuperable* ones. The results also showed that base PERs are reactivated at different moments of analogical transfer. The data obtained are incompatible with the standard theories of analogical thinking, which treat inference generation as a syntactic mechanism and exclude contextual semantic analysis from the study of analogy.

* Programa de Estudios Cognitivos, Instituto de Investigaciones, Facultad de Psicología, Universidad de Buenos Aires. La preparación de este artículo fue financiada a través de una beca postdoctoral de CONICET concedida al primer autor, y a través de una beca doctoral de la Universidad de Buenos Aires (Proyecto FOMEC, N° 665) concedida al segundo autor.

Un informe preliminar del experimento incluido en este artículo fue presentado en el Fifth International Colloquium on Cognitive Science en Donostia-San Sebastian, España, mayo de 1997.

Independencia 3065, tercer piso, oficina 8, (1225) Buenos Aires., Argentina. E-mail: rminervi@psi.uba.ar

INTRODUCCIÓN

En el proceso de pensamiento por analogía suelen discriminarse un conjunto de subprocesos: construcción de las representaciones de los análogos base y objetivo (CR), recuperación del análogo base desde la memoria de largo plazo a partir del análogo objetivo en la memoria de trabajo, establecimiento de correspondencias entre elementos base y objetivo (EC), formulación de inferencias candidatas (FIC), evaluación estructural, evaluación y adaptación semántico-pragmáticas de inferencias generadas, e inducción de un esquema general a partir de los análogos (Gentner, 1983, 1989; Gick y Holyoak, 1980; Holyoak, Novick y Melz, 1994; Keane, 1988; Keane, Ledgeway y Duff, 1994).

En las dos últimas décadas, dos modelos teóricos han dominado la discusión en relación a los subprocesos de EC, FIC y evaluación estructural, pasos considerados por estas teorías como el núcleo del proceso analógico (véase Figura 1a): la teoría de proyección de la estructura de Gentner y cols. (Gentner, 1983, 1989; Gentner y Markman, 1997), implementada en SME (*structure mapping engine*; Falkenhainer, Forbus y Gentner, 1989) y en I-SME (*incremental-SME*; Forbus, Ferguson y Gentner, 1994), y la teoría de las múltiples restricciones de Holyoak, Thagard y cols. (Holyoak, 1984a, 1984b; Holyoak y Thagard, 1995, 1997), implementada en ACME-CWSG (*analogical constraint mapping engine and copying with substitution and generation*; Holyoak et al., 1994; Holyoak y Thagard, 1989), y más recientemente en LISA (*learning and inference with schemas and analogies*; Hummel y Holyoak, 1996, 1997). En el presente artículo nos centraremos en SME y ACME-CWSG, por tratarse de los modelos computacionales más ampliamente desarrollados por estas teorías.

Se ha considerado que mientras la teoría de proyección de la estructura representa un enfoque sintáctico del pensamiento por analogía, la teoría de las múltiples restricciones representa un enfoque semántico-pragmático del mismo (véase, por ejemplo, Boden, 1994, 1999; González Labra, 1997, 1998; Reeves y Weisberg, 1994), contraposición que hemos cuestionado en otros trabajos (Minervino, 1998; Minervino y Adrover, 1998b; véase también Hofstadter y el Fluid Analogies Research Group [FARG], 1995). En virtud de la visión del proceso analógico que postulamos que comparten ambas teorías, las agruparemos aquí bajo la denominación de *modelo estándar*, para contraponerlo al que llamaremos el *modelo interactivo*. Este modelo realiza una fuerte crítica al modelo estándar y supone una concepción alternativa del proceso analógico. La formulación más acabada del modelo interactivo pertenece a la teoría de percepción de alto nivel de Hofstadter y cols. (Chalmers, French y Hofstadter, 1992; French, 1995; Hofstadter y el grupo FARG, 1995; Mitchell, 1993), pudiéndose encontrar un antecedente del mismo en la teoría *contextual* de proyección de la estructura de Falkenhainer (1990).

El propósito central de este trabajo consiste en proponer un modelo no serial de subprocesos (Minervino, 1998) alternativo al modelo serial formulado por las teorías estándar, y en contrastar la adecuación relativa de estos dos modelos en un experimento de solución de problemas por analogía. La formulación de nuestro modelo parte de una extensión que hemos realizado de la crítica que efectúa el modelo interactivo al modelo estándar (Minervino y Adrover, 1997). Mientras que esta crítica apunta a la concepción serial de los subprocesos de CR y EC que implica el modelo estándar, nuestra extensión se centra en la relación serial que supone entre los subprocesos analógicos centrales (EC, FIC y evaluación estructural) y los de evaluación y adaptación semántico-pragmáticas. Ambas críticas comparten la idea de que el tratamiento secuencial de subprocesos que hace el modelo estándar encubre un relegamiento sistemático del estudio de análisis semánticos y pragmáticos sensibles al contexto comparativo que son constitutivos de una tarea analógica. Mientras que el modelo interactivo analiza de qué forma estos análisis son ahorrados a los modelos computacionales estándar a través del trabajo de construcción de presentaciones que realiza el programador, nosotros ampliamos la crítica considerando la manera en que son más tarde desplazados hacia los subprocesos de evaluación y adaptación semántico-pragmáticas, pasos no estudiados por este modelo. En ambos casos se sugiere la necesidad de avanzar hacia la formulación de modelos en los que se contemple tanto el carácter intercalado e interactivo de los subprocesos intervinientes en el proceso analógico como la naturaleza fundamentalmente contextual de los análisis semánticos y pragmáticos involucrados en el mismo. El modelo que proponemos en este artículo pretende constituir un avance en esta dirección.

En el experimento referido nos propusimos demostrar que nuestro modelo no serial es capaz de describir mejor que el modelo serial estándar qué relaciones se dan durante la resolución humana de problemas por analogía entre los subprocesos centrales y los posteriores, así como ilustrar cuáles son algunos de los de análisis semánticos y pragmáticos contextualmente basados que constituyen el proceso analógico. Nuestro principal y primer objetivo consistió en este sentido en probar que, en contra de lo que supone el modelo serial estándar, *antes* de la FIC tienen lugar operaciones de detección y evaluación de diferencias entre elementos puestos en correspondencia y que estas operaciones son las que les permiten a las personas ejercer un control semántico y pragmático sobre la FIC, algo que no está al alcance de los programas estándar. Un segundo

propósito de este experimento fue el de averiguar en qué medida la detección y evaluación de diferencias y similitudes entre entidades base y objetivo implican la consideración de aquellos atributos que explican que estas entidades hayan podido desempeñar determinados roles en el desarrollo de la solución base. La consideración de estos atributos sería crucial, de acuerdo a nuestro enfoque, para controlar en diversos momentos del proceso analógico la transferencia de dicha solución al problema objetivo. Su identificación requeriría análisis semánticos y pragmáticos sensibles al contexto comparativo para los que no se hallan preparados los programas estándar.

Revisaremos en primer lugar el modelado estándar de los subprocesos de EC y evaluación estructural y la crítica que realiza el modelo interactivo a cómo concibe este enfoque las relaciones entre la CR y el EC. Presentaremos a continuación nuestra propuesta para superar algunos límites de las teorías estándar respecto del EC, inspirada parcialmente en la teoría contextual de proyección de la estructura; en particular, en su tesis relativa a la función de los atributos vinculados a un rol en el razonamiento analógico. Analizaremos entonces la visión estándar sobre las relaciones existentes entre los subprocesos centrales y los de evaluación y adaptación semántico-pragmáticas y formularemos nuestra crítica a esta concepción. Propondremos a continuación nuestro modelo de subprocesos alternativo al formulado por el modelo estándar. Expondremos finalmente el experimento desarrollado para poner a prueba algunos aspectos centrales del modelo propuesto.

EL MODELO ESTÁNDAR SOBRE EL ESTABLECIMIENTO DE CORRESPONDENCIAS Y LA EVALUACIÓN ESTRUCTURAL. LA CRÍTICA DEL MODELO INTERACTIVO AL MODELO ESTÁNDAR

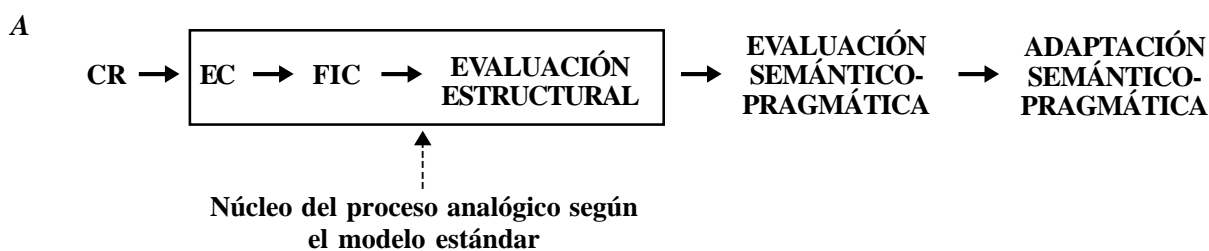
El Modelo Estándar

El subproceso de EC consiste en determinar qué emparejamientos se deben hacer entre elementos de los análogos base y objetivo. Para este subproceso, la teoría de proyección de la estructura y la teoría de las múltiples restricciones establecen un conjunto de *condiciones iniciales*, a través de las cuales definen qué apareamientos son admitidos y cuáles no. Sobre el conjunto de hipótesis de correspondencia generadas aplican una serie de *restricciones*, por medio de las cuales limitan las posibilidades de combinación de las mismas, de tal manera de generar interpretaciones coherentes de la analogía en juego.

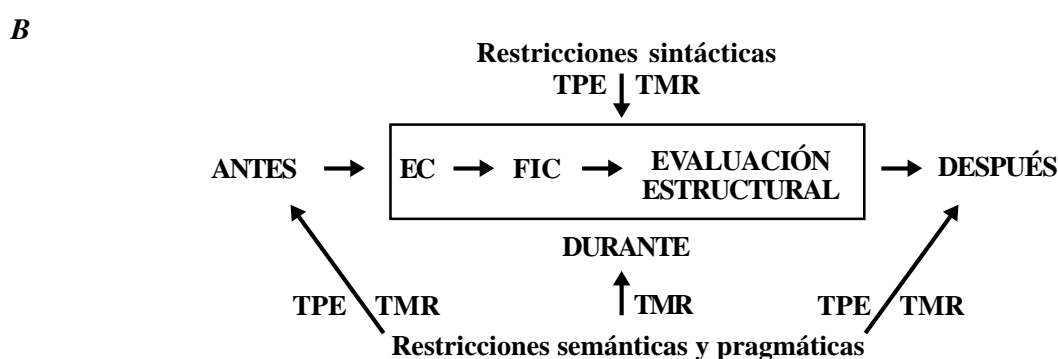
La teoría de proyección de la estructura postula que interpretar una analogía consiste en proyectar hacia el dominio objetivo el sistema base de relaciones de mayor tamaño que esté gobernado a su vez por relaciones de orden comparativamente superior. El proceso supone ignorar al mismo tiempo los atributos de las entidades que componen las unidades comparadas, así como descartar las relaciones aisladas que no forman parte del sistema elegido (Gentner, 1983, 1989; Gentner y Markman, 1997). SME, el programa en que es implementada esta teoría, es de carácter simbólico y recibe como *inputs* descripciones proposicionales de los análogos. Por medio de la condición inicial *por tipos*, restringe las correspondencias a establecer entre elementos base y objetivo a aquellos que son de la misma clase formal: objetos con objetos, funciones con funciones, relaciones de n-lugares con relaciones de n-lugares, etc. El sistema desconsidera los predicados de un solo argumento, ya que este tipo de predicados describen atributos de objetos. Por otra parte, a través de la condición de *identidad de relaciones*, limita la generación de hipótesis de correspondencia entre relaciones a aquellas de significado idéntico. Establecidas las correspondencias relacionales, el programa aparea los argumentos de éstas según sus roles, siempre que sean funciones u objetos (condición de *entidades según relaciones y roles*). Por medio de sucesivos agrupamientos de hipótesis de correspondencia, construye luego todas las colecciones *estructuralmente consistentes* de estas hipótesis. Para que una colección sea estructuralmente consistente debe satisfacer dos restricciones: (a) *correspondencias uno a uno*: a cada elemento base le corresponde un y sólo un elemento objetivo y viceversa, y (b) *conectividad paralela*: si una hipótesis de correspondencia está en la colección, ésta debe incluir también las hipótesis de correspondencia que aparean sus argumentos. En la fase de evaluación estructural, el programa aplica el *principio de sistematicidad* (Forbus y Gentner, 1989), el que determina la selección de aquella interpretación de la analogía que supone la proyección del sistema base de relaciones más grande y profundo posible. Las relaciones que no pertenecen al sistema elegido son dejadas de lado en la proyección.

Para esta teoría, las operaciones esenciales que gobiernan el proceso analógico son puramente sintácticas, esto es, atienden únicamente a rasgos formales de las representaciones de las unidades que se comparan (tipos formales de los elementos: objetos, funciones, predicados de n-lugares, etc.) y de las interpretaciones que se van generando de la analogía (aplicación del principio de consistencia estructural en la fase constructiva y del principio de sistematicidad en la fase evaluativa). El proceso prescinde así de toda consideración de tipo semántico (conocimientos sobre los dominios comparados) o pragmático (planes y objetivos que subyacen al proceso), las que intervienen sólo *antes* y *después* de la actuación de los subprocesos centrales, pero no *durante* su operación (véase Figura 1b).

Figura 1



Subprocesos componentes del proceso analógico según el modelo estándar. Se han omitido los subprocesos de recuperación e inducción de esquemas. CR = construcción de representaciones; EC = establecimiento de correspondencias; FIC = formulación de inferencias candidatas.



Intervención de restricciones según la teoría de proyección de la estructura (TPE) y la teoría de las múltiples restricciones (TMR).

ACME, el programa en que es implementada la teoría de las múltiples restricciones, es un programa de carácter híbrido que trabaja a partir de descripciones proposicionales de los análogos pero implementa un mecanismo de estilo conexionista para la satisfacción en paralelo de restricciones débiles. Los nodos de la red que ACME genera representan las hipótesis de correspondencia posibles entre elementos del análogo base y elementos del análogo objetivo, mientras que los pesos de los enlaces entre los nodos representan las restricciones sintácticas, semánticas y pragmáticas que la teoría de las múltiples restricciones postula. A través de un proceso de relajación, la activación se extiende entre los nodos de la red, asentándose ésta en un estado estable tras un cierto número de ciclos de actividad. El patrón de activación resultante representa el conjunto globalmente óptimo de hipótesis de correspondencia que el sistema es capaz de generar dadas las restricciones corporeizadas en los enlaces que conectan las unidades. Si una unidad se asienta con un alto nivel de activación el sistema tiende a aceptar la hipótesis que representa, mientras que si se asienta con un nivel bajo el sistema tiende a rechazar la hipótesis representada.

La teoría de las múltiples restricciones, en contra de lo que postula la teoría de la proyección de la estructura, considera que los atributos de objeto pueden jugar un papel en la transferencia analógica en determinadas condiciones, por lo que ACME incluye entre sus hipótesis de correspondencia emparejamientos entre atributos de objeto.

A diferencia de SME, ACME no introduce más condición inicial que la de tipos. Al igual que el primer programa, aplica sobre el conjunto de hipótesis de correspondencia generadas las restricciones sintácticas de correspondencias *uno a uno* y conectividad paralela (en este caso *por roles*).

Una diferencia fundamental entre ACME y SME es la inclusión que hace el primero de restricciones de carácter semántico y pragmático operando *durante* el EC (véase Figura 1b). Las restricciones semánticas favorecen emparejamientos entre elementos similares (por ejemplo, miembros de una misma categoría); las restricciones pragmáticas apoyan correspondencias que pueden presuponerse o juzgarse como relevantes antes de iniciado el proceso comparativo. Estas restricciones son implementadas a través de unidades especiales que afectan a la red de hipótesis de correspondencia generada por el sistema. La teoría de las múltiples restricciones considera que la actuación de información semántica y pragmática durante el EC es necesaria para interpretar ciertas analogías que presentan ambigüedad.

El *output* de ACME ofrece las correspondencias óptimas obtenidas para los diversos elementos de los análogos, el conjunto de las cuales constituye por lo general la mejor interpretación de la analogía. La forma en que ACME aplica sus restricciones sintácticas supone la implementación de un principio equivalente al principio de sistematicidad de SME.

Otra diferencia importante entre ACME y SME consiste en que mientras que en SME tanto las condiciones iniciales como las restricciones son inviolables, en ACME sólo lo son las condiciones iniciales, siendo tratadas las restricciones como *presiones* -en el sentido de Hofstadter (1984)- que intentan ser satisfechas y armonizadas en conjunto del mejor modo posible para lograr interpretaciones coherentes de las comparaciones, algo que permite el estilo conexionista de procesamiento del programa.

El hecho de que ACME trate la intervención de restricciones semánticas y pragmáticas como contingente hace que el sistema sea capaz de encontrar analogías basándose puramente en un patrón formal compartido por los análogos comparados (Holyoak y Thagard, 1989), algo que, paradójicamente, no puede hacer SME, el programa que representa supuestamente un enfoque sintáctico. Como hemos visto, este programa pone en correspondencia relaciones sólo si tienen significados idénticos, lo que constituye un requisito semántico que no encaja con la tesis de la teoría de proyección de la estructura relativa a la naturaleza puramente sintáctica del proceso analógico (Johnson-Laird, 1989; Keane, 1988). Esta condición de identidad de relaciones, potenciada por los principios sintácticos del sistema, determina que sólo pueden construirse comparaciones analógicas entre unidades de información cuando éstas incluyen en sus representaciones iniciales un sistema idéntico de relaciones (Minervino y Adrover, 1998b).

La Crítica del Modelo Interactivo a la Concepción Serial de los Subprocesos de Construcción de Representaciones y Establecimiento de Correspondencias del Modelo Estándar

La crítica del modelo interactivo se refiere a los siguientes aspectos del modelo estándar:

1. Para este modelo, la interpretación del significado de las situaciones a comparar y la identificación de cuáles son los roles que cumplen en éstas sus elementos componentes corresponde al paso de CR. La tarea de EC consiste entonces en aparear los elementos de los análogos de acuerdo a los roles predefinidos en las representaciones iniciales de los mismos. La CR es concebida así como un paso previo e independiente respecto del desarrollo del EC y considerada además como un componente no constitutivo del proceso analógico.

2. De acuerdo al modelo estándar, tanto los cómputos de similitud semántica entre elementos apareables como los cómputos de centralidad pragmática (estos últimos sólo tienen lugar en ACME) se realizan de forma independiente respecto del desarrollo del EC. En cuanto al factor semántico, el modelo estándar sólo es capaz de considerar similitudes extra-contextuales (Minervino y Molinari Marotto, 2000), mientras que en lo que respecta al factor pragmático no puede realizar nuevos cómputos considerando demandas que puedan surgir durante el EC, quedando limitado a los realizados inicialmente.

Desde el punto de vista del modelo interactivo, el tratamiento secuencial de los subprocesos de CR y EC puede implicar algunas limitaciones para el modelado del proceso analógico (Falkenhainer, 1990) o suponer incluso una completa distorsión respecto a cuál es el trabajo esencial implicado en dicho proceso (Chalmers et al., 1992; Hofstadter y el grupo FARG, 1995). Para este modelo, el proceso analógico supone normalmente una reinterpretación o re-representación de una situación a partir de su comparación con otra y no se reduce a emparejar elementos de dos situaciones ya interpretadas. La tarea de EC interactúa con este trabajo de re-representación, conllevando el desarrollo de estos subprocesos la concepción de nuevos roles y la identificación de sus llenadores, así como análisis semánticos y pragmáticos inherentes al proceso comparativo en curso. Aun cuando se aceptase que el EC es el subproceso central del proceso analógico, la CR debería ser considerada también como un componente esencial de este proceso en la medida en que el EC conlleva transformaciones semánticas y formales de las representaciones iniciales de las que parte el sistema en respuesta a demandas surgidas durante su desarrollo. Las representaciones e informaciones de las que parte un analogador, considera el modelo interactivo, no son suficientes normalmente para ejecutar el proceso analógico.

De acuerdo a Hofstadter y cols., la capacidad de los programas estándar para interpretar analogías se debe al estado avanzado de la información recibida de parte del programador y no, como debería ser, a la actuación de procesos de elaboración conceptual en alguna medida independientes. Los programadores de SME y ACME, consideran estos autores, preconfiguran las representaciones iniciales con las que estos programas comienzan su trabajo de EC haciendo un uso “abusivo” del conocimiento de que disponen respecto a las correspondencias esperables en cada analogía particular (Minervino y Adrover, 2000); incurren, afirman Hofstadter y el grupo FARG (1995), en una *codificación a mano* de tipo *ex post facto*. Convierten así el EC, una labor abierta y compleja que incluye análisis semánticos y pragmáticos sensibles al contexto de la comparación e inseparables de su desarrollo, en un juego formal cerrado y relativamente trivial. La interpretación de analogías queda reducida a la aplicación de un conjunto de reglas que siguen principios de carácter fundamentalmente sintáctico a unas representaciones organizadas de forma *ad hoc* según las distinciones formales a las que son precisamente sensibles esas reglas. Uno de los aspectos que requiere explicación respecto al EC se refiere a cómo hace un sistema cognitivo para extraer las similitudes estructurales entre dos situaciones. Según considera la teoría de percepción de alto nivel, estas similitudes estructurales son anticipadas a ACME a través de

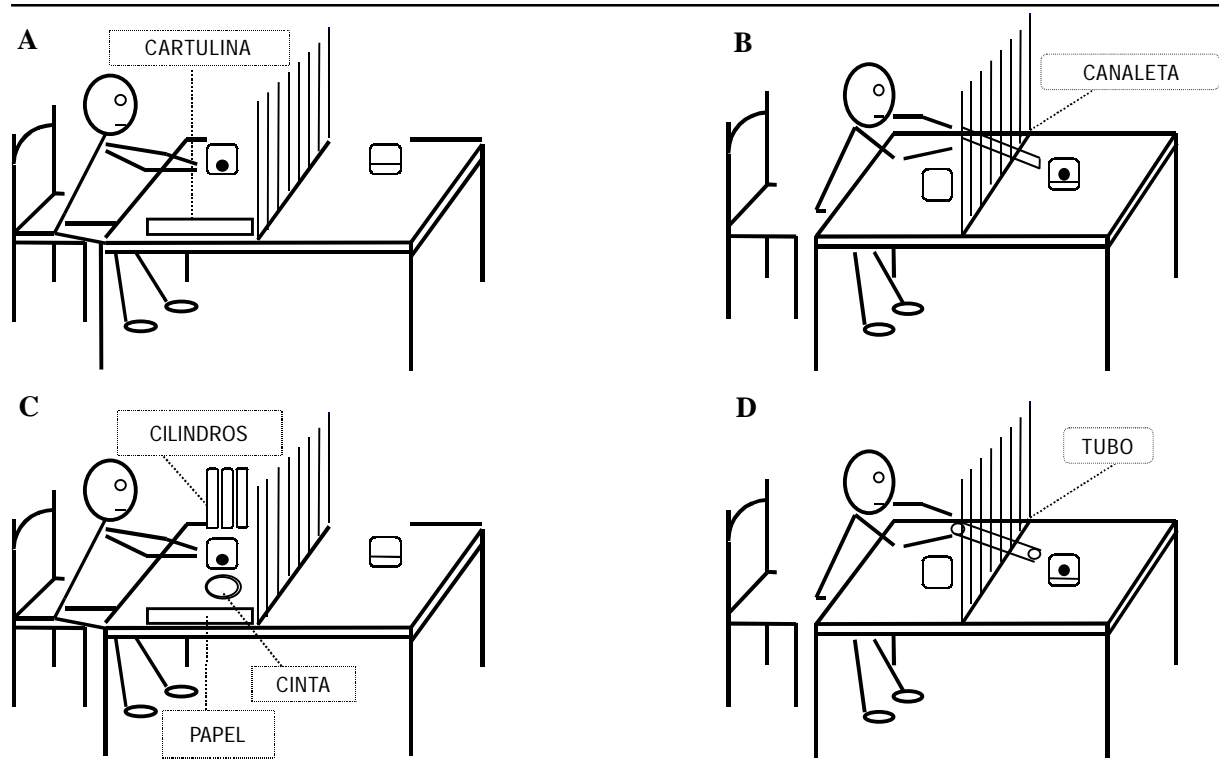
la plasmación de un mismo patrón formal en las representaciones de los análogos y a SME a través de la inclusión en éstos de un sistema idéntico de relaciones. Son los programadores quienes han avanzado dichas comunidades a través de definiciones más o menos explícitas de qué elementos en uno y otro análogo desempeñan roles equivalentes y, en consecuencia, quienes dejan indicado qué debe ser puesto en correspondencia con qué. El punto de partida de los programas estándar es así muy ventajoso y artificial si se lo compara con el propio de un analogador natural, ya que al primero se le ha ahorrado una parte central de la tarea. Los programas construidos no representan en definitiva buenas teorías sobre los procesos que pretenden simular (para una ampliación de la polémica entre el modelo estándar y la teoría de percepción de alto nivel, véase Minervino y Adrover, 2000).

El Papel de las Propiedades de un Elemento para un Rol en la Identificación de Llenadores de Roles Durante el Establecimiento de Correspondencias

La resolución de un problema por analogía demanda con frecuencia la recuperación espontánea del análogo base desde la memoria a largo plazo a partir del problema objetivo en la memoria de trabajo. No obstante, este trabajo de recuperación espontánea puede serle ahorrado a la persona de diversas formas en ciertos contextos naturales o experimentales (véase, por ejemplo, Gick y Holyoak, 1980, 1983; Holyoak y Koh, 1987). Es posible incluso que el analogador sepa ya durante el procesamiento del problema objetivo que habrá de hacer uso del análogo base a efectos de resolver este problema. Por ejemplo, en una situación de enseñanza-aprendizaje, un estudiante puede ser instruido respecto a cómo se resuelve un problema y ser enfrentado luego a un problema objetivo para cuya resolución se le ha indicado de forma explícita que podía inspirarse en la experiencia base (véase, por ejemplo, Minervino y Adrover, 1994; Novick y Holyoak, 1991; Reed, 1989; Reed y Bolstad, 1991). En este artículo nos interesaremos sólo por situaciones transferenciales de estas últimas características, esto es, por situaciones en las que, luego de procesar un problema base y su solución, una persona enfrenta un problema objetivo sabiendo que podrá resolverlo por analogía con el problema base. Como analizan Keane y cols. (Keane et al., 1994; Keane, 1997), las características específicas de una tarea pueden tener una enorme influencia sobre el modo en que se desarrollan diversos subprocesos analógicos, por lo que es importante definir las tareas naturales que se toman como referente en el diseño de estudios experimentales.

Consideremos la siguiente situación de solución de problemas por analogía (éste y otros problemas similares que veremos a lo largo de este trabajo fueron ideados a partir de los empleados por Holyoak, Junn y Billman, 1984).

Figura 2: Un caso de solución de problemas por analogía



A: Problema base del transporte de la canica (con cartulina). **B.** Solución de la canaleta al problema base del transporte de la canica. **C.** Problema objetivo del transporte de la canica (con cilindros y papel *tissue*). **D.** Solución del tubo al problema objetivo del transporte de la canica.

Un niño desea transportar una canica desde un vaso a otro que se halla del otro lado de una reja en una mesa (véanse Figuras 2a y 2b). La reja impide que el niño coloque directamente la canica con la mano en el otro vaso. El niño no debe levantarse de su silla. Tiene a su disposición un trozo de cartulina. Resuelve el problema de la siguiente manera: dobla en “ve” el trozo de cartulina y construye así una “canaleta”, la pasa a través de la reja y hace rodar luego la canica por la canaleta hasta que llega al vaso del otro lado de la reja. Supongamos ahora que luego de esta experiencia, el niño enfrenta un nuevo problema (véanse Figuras 2c y 2d) que mantiene una sola diferencia con el problema base: en vez de un trozo de cartulina, dispone ahora de tres cilindros, un rollo de cinta adhesiva y un trozo de papel *tissue*. La solución esperable consistiría en formar un tubo con los cilindros uniéndolos con cinta adhesiva y pasar la canica a través del tubo.

Analizaremos a continuación ciertas limitaciones del modelado estándar del EC y consideraremos cuáles serían las habilidades de las que debería ser provisto un programa para ser capaz de imitar el desempeño humano en solución de problemas por analogía. Nos basaremos para ello en algunas ideas de la teoría contextual de proyección de la estructura. Esta teoría considera que la información necesaria para realizar el EC se refiere a los roles que los elementos base y objetivo cumplen en sus respectivos dominios. Si al niño se le indicara de forma directa que los cilindros cumplirán el rol de la cartulina base (algo que hacen de forma más o menos explícita los programas estándar), la correspondencia *cartulina* ↔ *cilindros* podría ser determinada directamente. Falkenhainer (1990) considera no obstante que las correspondencias adecuadas no siempre pueden ser halladas a partir de las representaciones iniciales de los análogos, ya que es probable que éstas no incluyan toda la información necesaria para ello. Supongamos que al niño no se le indicara la equivalencia de roles considerada. Para decidir qué elemento/s objetivo entre los disponibles se corresponde con *cartulina*, debería analizar por sus propios medios cuál/es de estos elementos podría servir -debidamente transformado- para cumplir una función equivalente a la desempeñada por la canaleta. A pesar de que un criterio de similitud general pudiera favorecer la correspondencia *cartulina* ↔ *papel tissue* (dos instancias de papel), un analogador sabría resistir esta influencia y, a través de los análisis conceptuales pertinentes, dar con la correspondencia conveniente en el contexto de la comparación: *cartulina* ↔ *cilindros*. El análisis supondría en primer lugar recuperar o reconstruir la información disponible relativa a las propiedades de la cartulina que le permitieron ser transformada en una canaleta, como, por ejemplo, la de ser doblable en “ve”, la de mantenerse firme una vez doblada, etc. Considerando entonces estos rasgos de la cartulina base, el niño sería capaz de inhibir la acción de hacer una canaleta con el papel *tissue*, debido a que este material no tendría la firmeza necesaria para formar una canaleta. El trabajo transferencial implicaría en segunda instancia recuperar o reconstruir los atributos de la canaleta que le permitieron satisfacer las exigencias del rol que cumplió en la solución base, como, por ejemplo, la de cubrir la distancia entre los vasos, la de pasar a través de la reja, la de soportar el peso de la canica, etc. Es importante advertir que la clase de atributos que venimos considerando son de tipo estrictamente contextual, en el sentido de que la posibilidad de que un elemento los posea depende en parte de las características de otros elementos participantes de la situación; por ejemplo, si la canica de este problema fuera de plomo, una canaleta construida con cartulina no sería capaz de soportar su peso. Nos referiremos a este tipo de atributos de entidades como *propiedades de un elemento para un rol* (PERs; *descripciones de dependencias* en el lenguaje de la teoría contextual de proyección de la estructura). Una vez identificadas las PERs de la canaleta, el niño debería redefinir su rol de un modo más abstracto, como, por ejemplo, “instrumento puente” (por llamar a este rol de algún modo). El niño pasaría a pensar luego si se puede construir con el papel *tissue* algo que pueda cumplir de otra forma este rol más general. Evaluada negativamente esa opción y descartada también la posibilidad de hacer una canaleta con los cilindros, el analogador debería intentar construir algún tipo de instrumento puente con éstos, lo que lo llevaría a la construcción del tubo. Es importante aclarar que estas y otras descripciones que hacemos en este trabajo en relación a las operaciones y conocimientos que consideramos necesarios en diversos momentos de la transferencia analógica no deben ser entendidos más que como derivados de un mero análisis racional de tareas y no suponen un compromiso con un modelo en el que estas operaciones particulares, distinguibles en principio conceptualmente, fueran ejecutadas en el orden en el que las describimos, ni a través de procesos explícitos individualizables.

El proceso supone entonces: (a) considerar -y eventualmente redefinir en un nivel de abstracción mayor- los roles que cumplen los elementos base, (b) identificar las PERs de sus llenadores, y (c) atender a similitudes contextualmente relevantes y despreñar diferencias contextualmente irrelevantes entre elementos; roles y PERs base son precisamente los que orientan respecto a cuáles son las semejanzas y diferencias relevantes en un contexto comparativo. Los programas estándar son incapaces de realizar cualquiera de estas operaciones, por lo que no podrían dar con la correspondencia adecuada en una situación como la que plantea el problema presentado.

Cabe recordar que la teoría de proyección de la estructura, a diferencia de la teoría de las múltiples restricciones, entiende que la transferencia analógica excluye por definición toda consideración de atributos de objeto, por lo que en la situación planteada por este problema SME no podría considerar propiedades de

objetos base y objetivo a fin de resolver la correspondencia ambigua analizada. Por su parte, la teoría de las múltiples restricciones considera que el factor semántico puede favorecer el apareamiento de objetos cuyas propiedades sean extra-contextualmente similares, según la información que brindan redes semánticas de carácter general. En este contexto ACME favorecería, en contra de lo que sería conveniente, la correspondencia *PAPEL (cartulina) ↔ PAPEL (tissue)*, por ser la *cartulina* y el *tissue* dos miembros de la categoría *papel*. El emparejamiento deseable tampoco podría ser hallado a partir de la consideración de atributos de carácter funcional como los estudiados por Holyoak et al. (1984), ya que estos atributos caracterizan las funciones *habituales* de los objetos en juego, y un trozo de cartulina no comparte con un cilindro ninguna propiedad de este tipo. Se trata en definitiva de atributos de carácter extra-contextual de otra clase.

El concepto de PER es parcialmente semejante al concepto de “atributo funcionalmente relevante” (FRA, por *functionally-relevant attribute*) propuesto por Keane (1985, 1988), con el que este autor identifica aquellos atributos de objeto que parecen ser críticos en el contexto de un objetivo que se tiene en mente durante la resolución de un problema determinado. No obstante, una PER, a diferencia de un FRA, es normalmente una propiedad sólo identificable y definible en relación a unos operadores concretos de resolución ya postulados y al conjunto de elementos de la situación problemática en juego que aparecen como relevantes a partir de esta postulación. Por ejemplo, mientras que el FRA *FUERZA (rayos)* en el problema de las radiaciones de Duncker (1945) resulta saliente, según Keane, antes de que este problema sea resuelto y de que se hayan predicado sobre él los operadores de resolución del problema base del general de Gick y Holyoak (1980), su PER *DIVISIBLE (rayos)* se torna aparente únicamente a partir de la acción *dividir* que se le intenta aplicar por transferencia analógica, y su evaluación debe ser realizada en relación a otros elementos presentes con los que interactúa en la situación objetivo (por ejemplo, la presencia o no de varias máquinas emisoras de rayos). En este sentido, el trabajo de identificación de una PER objetivo puede requerir, a diferencia de la identificación de un FRA, de un contexto específico de comparación analógica. Como hemos dicho, la detección y evaluación de diferencias entre elementos apareados suele referirse a estas PERs; en esta analogía, por ejemplo, el analogador puede preguntarse si el objeto rayo comparte o no con el ejército la propiedad de ser divisible.

En la implementación computacional que hace la teoría contextual de proyección de la estructura (SME_{csm}, por SME más *contextual structure mapping*), un campo de reserva (*CACHE field*) conserva compilados todos los pasos de razonamiento realizados durante la experiencia base, pudiendo la información tácita sobre PERs ser consultada en la medida en que los mecanismos más simples de EC, los propios de SME con algunas reglas adicionales, se enfrenten a *impasses* en la detección de roles y llenadores de roles. Para la teoría contextual de proyección de la estructura, el analogador no puede saber qué información sobre roles y llenadores de roles será necesaria para el cómputo del EC antes de que se presenten durante éste *impasses* específicos. El enfoque supone así que la CR tiene un desarrollo conjunto con el EC y que ambos subprocesos, de influencia recíproca, se orientan de acuerdo a las exigencias semánticas y pragmáticas que va presentando el proceso comparativo. Es por esta razón que consideramos a la teoría contextual de proyección de la estructura como un antecedente del modelo interactivo.

EL MODELO ESTÁNDAR SOBRE LA FORMULACIÓN DE INFERENCIAS CANDIDATAS, LA EVALUACIÓN Y LA ADAPTACIÓN SEMÁNTICO-PRAGMÁTICAS. NUESTRA CRÍTICA AL MODELO ESTÁNDAR

Formulación de Inferencias Candidatas, Evaluación Semántico-Pragmática y Adaptación en el Modelo Estándar

Cada colección de hipótesis de correspondencia generada por SME puede servir como una interpretación de la analogía. Para la FIC, el programa aplica de una nueva forma el principio de sistematicidad: si los elementos base de una colección forman parte del sistema base de relaciones más grande y profundo proyectable, el programa exporta al dominio objetivo, a través de la formulación de nuevas proposiciones, aquellas relaciones y entidades de ese sistema que no estaban presentes originalmente en el análogo objetivo. Genera así en este dominio un sistema similar a aquel base que ha elegido para transferir. Las relaciones exportadas son repetidas de forma literal en el dominio objetivo (aunque predicadas ahora sobre elementos de este dominio según las sustituciones que dicta el EC), mientras que las entidades son transferidas en calidad de entidades hipotéticas (funciones de *skolem*) a ser reinstanciadas posteriormente.

En el caso de ACME, si las representaciones activas de los análogos incluyen huecos que quiebran el isomorfismo entre las unidades de información comparadas, CWSG se encargará de cubrir estos huecos a través de un mecanismo conexionista de *consumación automática de patrones*. Los predicados y entidades son transferidos como elementos hipotéticos (elementos *imagen*). Mientras que los primeros son repetidos de forma idéntica (principio de identidad por defecto) -aunque aplicados ahora a las entidades objetivo según indica el EC-, los segundos son proyectados con nombres arbitrarios. CWSG no determina el contenido de

los elementos hipotéticos que genera (predicados u objetos), por lo que éstos –al igual que las entidades hipotéticas de SME– deberán ser reinstanciados posteriormente.

En síntesis, ambos programas, en base a la estructura de la interpretación analógica en desarrollo, ejecutan la FIC de la siguiente forma: reemplazan elementos de acuerdo a las correspondencias establecidas y transfieren relaciones y entidades base ausentes inicialmente en el dominio objetivo, de forma literal las primeras y como entidades conjeturadas las segundas. Se considera que la reinstanciación en el dominio objetivo de las relaciones y entidades hipotéticas generadas forma parte del paso de adaptación, subproceso no estudiado por el modelo estándar.

Supongamos que al niño de nuestro ejemplo se le hubiese indicado la correspondencia *cartulina* ↔ *cilindros*. Según el modelo estándar, éste formularía la siguiente inferencia candidata: “*doblar en ‘ve’* [operador base repetido] los cilindros [reemplazo dictado por el EC] para *construir* [operador base repetido] *una canaleta* [entidad hipotética]”. En el modelo estándar estas inferencias candidatas son formuladas de forma explícita a través de proposiciones. Por otro lado, recibirían por parte del analogador un crédito inicial de plausibilidad (Minervino, 1998) para pasar luego a ser ejecutadas o convertirse en *inputs* de posteriores transformaciones creativas. Parece razonable asumir en consecuencia que el modelo estándar las considera también accesibles a la conciencia, al menos bajo ciertas condiciones (véase Minervino, 1998).

Como la mayoría de los modelos sobre pensamiento por analogía, el modelo estándar ha prestado poca atención a los subprocesos de evaluación y adaptación semántico-pragmáticas de inferencias candidatas (Keane, 1994), aunque se han encargado de situar toda actuación de ellos *después* de la formulación de éstas. Estos subprocesos operarían además sobre acciones candidatas *literales*, formuladas básicamente, como hemos visto, por un mecanismo de copia y sustitución. De esta forma, una acción candidata como “*doblar en ‘ve’* los cilindros para *construir una canaleta-hipotética*”, una vez formulada de forma explícita y habiendo recibido por parte del analogador un crédito inicial de plausibilidad, sería evaluada como inapropiada para ser aplicada a los cilindros y adaptada entonces a estos nuevos objetos, dando como resultado, por ejemplo, la acción “unir con cinta adhesiva los cilindros para construir un tubo”, procesos de evaluación y adaptación que no son implementados en estos programas.

Es oportuno destacar dos hechos en relación a la concepción estándar de la FIC y la evaluación semántico-pragmática: (a) los elementos hipotéticos que generan los programas estándar no implican una reformulación generalizadora de los mismos (por ejemplo, “*canaleta-imagen*” indica sólo que el objeto canaleta no se halla en este dominio), algo que no está al alcance de estos programas (Hummel y Holyoak, 1997), y (2) en el modelo estándar, la evaluación semántico-pragmática no actúa en ningún momento para valorar la adecuación de correspondencias, sino únicamente para juzgar inferencias candidatas literales.

CRÍTICA A LA CONCEPCIÓN SERIAL DE LAS RELACIONES ENTRE LOS SUBPROCESOS CENTRALES Y LOS DE EVALUACIÓN Y ADAPTACIÓN SEMÁNTICO-PRAGMÁTICAS DEL MODELO ESTÁNDAR

Inhibición de repetición y adaptación.

Supongamos que se le indica a un programa estándar la correspondencia *cartulina* ↔ *cilindros*. Estos programas no podrían evitar repetir literalmente la acción base “*doblar en ‘ve’* los cilindros para *construir una canaleta-hipotética*”, ni tampoco proponer una acción más apropiada para el problema objetivo, debido a que esto requeriría la aplicación de los mismos mecanismos que, según hemos analizado, serían necesarios para resolver correspondencias ambiguas: (a) la identificación y eventual redefinición generalizadora de roles base, (b) la identificación de las PERs de sus llenadores, y (c) la detección y evaluación de similitudes y diferencias entre elementos base y objetivo *dentro del contexto* de la comparación que se lleva a cabo, considerando las PERs de estos elementos. Los programas estándar, tal como hemos visto, no están capacitados para las operaciones “a” y “b”, por lo que tampoco lo están para “c”. Un análisis del tratamiento que hace el modelo estándar de la influencia de similitudes y diferencias entre elementos base y objetivo sobre el EC nos permitirá apreciar que sería necesario un cambio fundamental para que el modelo pudiera avanzar hacia la construcción de programas que sean capaces de llevar a cabo “c”.

SME pone en correspondencia elementos (argumentos de relaciones idénticas) en virtud de que cumplen roles idénticos y trabaja bajo el supuesto de que estos elementos son diferentes en algunos aspectos, pero carece de información respecto a cuáles son esas diferencias, así como en relación a si mantienen parecidos en lo que respecta a otras características. Por ejemplo, en virtud de poner en correspondencia dos relaciones AMAR, empareja sus argumentos en virtud de ser, en un caso, dos casos de “amadores” y, en el otro, dos casos de “amados”, suponiendo que sus llenadores son diferentes pero desconociendo sus diferencias específicas y sus eventuales semejanzas. ACME dispone de información relativa a la medida en que dos relaciones o atributos de entidades son similares (esta información se la indica el programador a través de índices

numéricos), pero es incapaz de averiguar el significado de los parecidos acerca de los que es informado. Tampoco puede averiguar si la ausencia de información de similitud significa o no la presencia de diferencias. Por ejemplo, el programa recibe la información de que las relaciones AMAR y GUSTAR tienen un parecido de .07, pero desconoce en qué consiste esa semejanza (por ejemplo, ser dos casos de DESEAR, etc.). Dado que el programa es capaz de emparejar relaciones que no son idénticas (algo que no puede hacer SME) o que no mantienen incluso similitud inicial alguna, ACME no siempre está informado respecto a en qué se parecen los roles desempeñados por las entidades emparejadas, ni tampoco puede averiguarlo. En este caso, no sabría en qué consiste el parecido entre “gustador” y “amador”.

En síntesis, los programas estándar son incapaces de identificar cualquier tipo de diferencias entre elementos puestos en correspondencia. En relación a las similitudes, ambos programas son afectados durante el desarrollo del EC por similitudes de tipo general (identidad de relaciones y roles en SME y similitudes de relaciones, roles y llenadores de roles en ACME), las que son indicadas por los programadores. Por otra parte, SME no es capaz de identificar posibles similitudes entre llenadores de roles y ACME no puede conceptualizar las similitudes que se le han indicado ni tampoco identificar nuevas similitudes de roles o llenadores de roles más allá de las que recibe inicialmente.

El problema esencial para lograr que los programas estándar sean capaces de evitar la formulación de acciones candidatas claramente inapropiadas y de proponer otras con alguna plausibilidad semántica y pragmática en el dominio objetivo no radica empero en estas insuficiencias. En efecto, estas capacidades no parecen depender tanto de la posibilidad de un sistema para acceder a información de carácter general sobre similitudes y diferencias, como del hecho de disponer de habilidades para reconocer similitudes y diferencias relevantes en el contexto de la comparación y para evaluar sus implicaciones a efectos de formular inferencias candidatas. Esto supone a su vez, como hemos dicho, la posibilidad de identificar y generar redefiniciones generalizadoras de roles, así como la de conceptualizar PERs de llenadores de roles. Retomando nuestro ejemplo, una red de conocimientos generales sólo podría informar al niño respecto a las similitudes y diferencias extra-contextuales existentes entre la cartulina y los cilindros, pero lo que el niño necesita considerar y evaluar son aquellas similitudes y diferencias de los cilindros en relación a la cartulina que son importantes para determinar si los cilindros pueden o no cumplir una función idéntica (ser convertidos en una canaleta) o equivalente (ser convertidos en otro instrumento puente) en un problema de estructura similar al problema base. Como hemos analizado, necesita identificar en primer lugar las PERs que le permitieron a la cartulina ser transformada en canaleta. Sólo con estas PERs en mente podrá descartar la posibilidad de construir una canaleta con los cilindros. En segundo lugar, considerar las PERs de la canaleta que le permitieron satisfacer las exigencias del rol que cumplió en la solución base, redefinir de un modo más abstracto ese rol (a instrumento puente), para construir luego, en el dominio objetivo, con los elementos disponibles (cilindros), un instrumento puente que pueda cumplir una función equivalente a la canaleta base (por ejemplo, un tubo). Roles y PERs base son los que orientan respecto a cuáles son las semejanzas y diferencias relevantes en un contexto específico de comparación. El tratamiento que el modelo estándar hace de la incidencia del factor semántico supone únicamente la consideración de similitudes extra-contextuales, algo que, por lo dicho hasta aquí, no es suficiente para ejercer un control semántico y pragmático sobre la FIC. En este sentido, aunque la formulación de LISA -el modelo computacional más reciente propuesto por la teoría de las múltiples restricciones (Hummel y Holyoak, 1997)- supone un avance respecto de ACME en tanto este programa ha sido dotado de ciertas capacidades semánticas, éstas están basadas en un análisis componencial predefinido del significado de predicados y objetos, y no suponen ninguna habilidad de análisis semántico contextual. En concreto, las unidades semánticas que LISA posee son el resultado de la descomposición -realizada por los programadores- de predicados y objetos en sus constituyentes semánticos. Por ejemplo, el significado del predicado AMAR queda establecido mediante las unidades semánticas *emoción, positiva y fuerte*, las que son compartidas, por ejemplo, con el predicado GUSTAR, lo que hace que estos predicados puedan ser interpretados por el programa como teniendo un significado similar. Este programa trabaja así sólo con rasgos semánticos relativamente centrales y previamente establecidos de los conceptos, siendo incapaz de realizar cualquier tipo de análisis que implique la consideración de rasgos que devienen salientes (o incluso son concebidos) en el contexto de la comparación. Un trabajo de este tipo es el que está implicado en la identificación de PERs, trabajo para el cual es necesario a su vez la conceptualización de roles, algo para lo que tampoco está preparado LISA. Al no poder realizar estas tareas, es incapaz también de detectar y evaluar similitudes y diferencias en el contexto de la comparación. Por ejemplo, al intentar transferir la solución de la canaleta a un problema en el que el elemento para construir el instrumento puente es un trozo de papel *tissue*, el analogador necesita considerar su propiedad de *firmeza* en relación al rol de transportar la canica, rasgo que parece implausible que esté incluido en una caracterización general del concepto, que es relativo a los elementos con los que interactúa en el dominio objetivo (por ejemplo, el material de la canica -en especial, su peso-) y cuya consideración se lleva a cabo en el contexto de comparación analógica.

El análisis de los límites del modelo estándar en relación a la FIC que hemos realizado constituye una extensión de la crítica que realiza el modelo interactivo al modelado estándar de la CR y el EC. En efecto, estamos aquí señalando que aquellos análisis intrínsecos al proceso comparativo (detección y evaluación de similitudes y diferencias contextuales en relación a roles y PERs) que los programadores se han encargado de ahorrar a los programas para evitarles *impasses* durante el EC se mostrarán necesarios a efectos de formular inferencias candidatas una vez realizado el mismo. Serían requeridos tanto para: (a) inhibir repeticiones literales de acciones base que no son adecuadas para los elementos objetivo, (b) para determinar si puede hacerse algo distinto pero igualmente útil con estos elementos, y (c) para juzgar eventualmente que no puede hacerse nada interesante en absoluto (detener del proceso). Pero dado que los programas están incapacitados para esta clase de análisis (y ésta es precisamente la razón por la que el programador se los ahorra), el modelo estándar se ve obligado a posponer la intervención de toda evaluación y adaptación semántico-pragmáticas para después de la propuesta de acciones candidatas literales. La falacia que supone el ahorro inicial que caracteriza al modelo estándar queda evidenciada en la derivación de inferencias candidatas: debido al desconocimiento original de que parten los programas para hacer el EC, una tarea fundamentalmente formal, no pueden más tarde hacer otra cosa que repetir sin control semántico y pragmático relaciones y entidades base, siguiendo nuevamente criterios puramente sintácticos. Los programas se muestran así incapaces de garantizar la producción de inferencias candidatas con *alguna* plausibilidad para el dominio objetivo, algo a lo que debería aspirar, como considera la teoría de las múltiples restricciones (Holyoak, 1985; Spellman y Holyoak, 1996; Thagard, 1988), cualquier programa que, manteniendo cierta apertura hacia la novedad, tuviera a su vez algún control racional sobre lo que hace.

Estrategias de evaluación y adaptación de inferencias candidatas.

De modo semejante al primer modelo de Carbonell (1983), el modelo estándar parece asumir que las personas ejecutan los procesos de evaluación y adaptación semántico-pragmáticas de inferencias candidatas siguiendo una estrategia medios-fines que intenta ajustar las acciones candidatas literales producidas a las especificidades del dominio objetivo. Para este trabajo de ajuste, el analogador se centraría casi con exclusividad en información y conocimientos relativos a este dominio, antes que en aquellos generados durante la experiencia base y cuya reconsideración podría ser necesaria durante la resolución del problema objetivo (Falkenhainer et al., 1989; Gentner y Markman, 1997; Holyoak et al., 1994). Desde una perspectiva alternativa y apoyado en el enfoque de repetición derivacional (*derivational replay*) formulado posteriormente por Carbonell (1986), Falkenhainer (1990) considera que el problema clave en la reutilización del proceso base de resolución radica en la comprensión de los distintos roles que los elementos base supieron satisfacer -en virtud de sus PERs- y en saber buscar luego elementos que puedan cumplir roles equivalentes en el dominio objetivo atendiendo a estas PERs. Desde este punto de vista y en contra de la visión estándar, roles y PERs base podrían jugar un importante papel en el desarrollo (evaluación y adaptación semántico-pragmáticas) de una acción candidata ya formulada. Nos referiremos a este tipo de estrategia de evaluación y adaptación, para contraponerla a la estrategia medios-fines supuesta por el modelo estándar, como *estrategia analógica*, por estar basada en una comparación recurrente entre elementos base y objetivo y en el análisis de roles y PERs base.

Ejemplifiquemos estas ideas con una variante a los problemas antes expuestos. Supongamos que luego del problema base considerado, el niño recibe un problema objetivo en el que la cartulina es menos firme (más blanda) que la cartulina base. Luego de formular la acción candidata “*doblar en ‘ve’ la cartulina [objetivo] para construir una canaleta-hipotética*”, el niño podría pasar al desarrollo práctico real de esta acción. Una vez hecha la canaleta, podría advertir, considerando las PERs de la canaleta base, la diferencia entre las cartulinas base y objetivo, diferencia relevante en este contexto. Como consecuencia, podría desistir de repetir la acción base o bien, considerando las semejanzas entre las cartulinas, introducir algunos cambios adaptativos guiado por la redefinición del rol de la canaleta base y el análisis de las PERs de su llenador base (por ejemplo, reforzar la canaleta con cinta adhesiva hasta que alcance la firmeza de la canaleta base). En tal caso, la evaluación de la acción candidata literal y su adaptación serían guiadas en alguna medida por el análisis de roles y PERs base.

Consideramos que la participación de roles y PERs base durante la evaluación y adaptación post-acciones candidatas es factible en algunos casos de resolución analógica de problemas intradominio como en este último presentado, y no tanto para la resolución de problemas interdominio como, por ejemplo, los utilizados en los trabajos clásicos de Gick y Holyoak (1980, 1983). En tareas de este tipo, la experiencia base podría limitarse a inspirar una acción candidata (por ejemplo, la acción de “*dividir los rayos de alta intensidad*” en la analogía entre el problema militar y el problema de las radiaciones de Duncker) a ser desarrollada y evaluada de forma independiente, esto es, sin que esa experiencia base participe ya en su desarrollo posterior.

Más allá de esta discriminación entre tipos de transferencias analógicas, el modelo estándar no especifica ni sugiere cómo puede participar la experiencia base, en conjunción con la información del dominio objetivo, durante la evaluación y la adaptación post-acciones candidatas. Entendemos que no está al alcance del modelo estándar considerar esta posibilidad, ya que el modelado de las operaciones en juego exigiría, como lo hemos ilustrado a través del ejemplo anterior, capacitar a los programas para la detección y evaluación de semejanzas y diferencias contextuales, y esto a su vez la identificación -y eventual generalización- de roles y PERs base. Se trata en definitiva de un nuevo momento del proceso transferencial en el que ciertas incapacidades básicas de los programas estándar vuelven a quedar expuestas.

Podemos afirmar en síntesis que los programas estándar, al no ser capaces de comprender el EC que realizan, no pueden luego efectuar la FIC más que de forma mecánica y sintáctica, ni tampoco pueden volver a la experiencia base para ahondar en el análisis de un EC cuyas bases semánticas y pragmáticas no han captado. Es particularmente llamativo que en la concepción estándar en ningún momento del proceso analógico tenga lugar la identificación de las diferencias existentes entre elementos a ser emparejados o ya puestos en correspondencia, a pesar de que en las teorizaciones informales que hacen las teorías estándar (véase, por ejemplo, Holyoak y Thagard, 1995) se reconoce el carácter fundamental de este componente durante la transferencia analógica.

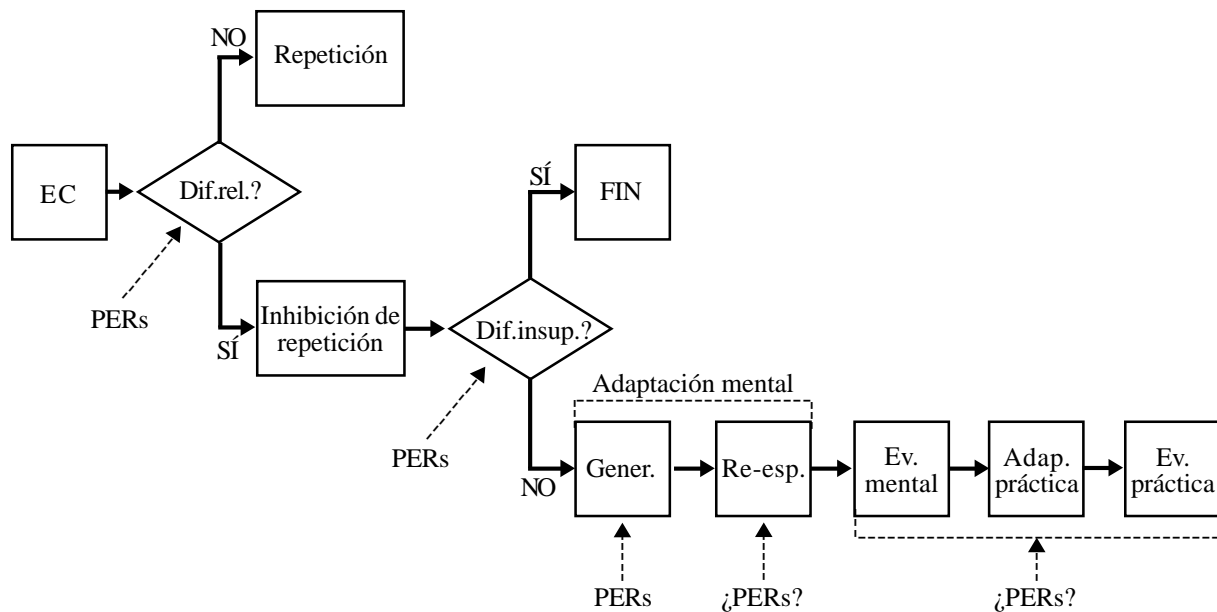
PROPUESTA DE UN MODELO NO SERIAL EN SOLUCIÓN DE PROBLEMAS POR ANALOGÍA Y PAPEL DE LAS PERs EN LOS SUBPROCESOS DE EVALUACIÓN Y ADAPTACIÓN

Detección y Evaluación de Diferencias antes de la Formulación de Inferencias Candidatas y Efectos sobre este Subproceso

En base al conjunto de consideraciones realizadas, hemos propuesto un modelo no serial de subprocesos analógicos alternativo al estándar (Minervino, 1998). Nuestro modelo incluye dos etapas de transferencia analógica: (a) *formulación mental de acciones candidatas*: se trata de una planificación mental de acciones destinadas a resolver el problema objetivo, y (b) *desarrollo práctico de las acciones candidatas propuestas*: se trata del desarrollo real de las acciones candidatas formuladas en la etapa anterior.

De acuerdo a nuestro modelo, *antes* de la formulación de acciones candidatas tiene lugar un proceso de detección y evaluación de diferencias y similitudes contextuales entre elementos puestos en correspondencia (recordemos que en el modelo estándar no tiene lugar en ningún momento la evaluación de correspondencias establecidas). Llamaremos a esta primera evaluación *evaluación preventiva*, por ser la responsable de asegurar alguna plausibilidad inicial a las inferencias candidatas. Suponemos que implica una primera consideración de roles y PERs base. Adoptando un criterio pragmático semejante al de la teoría de las múltiples restricciones (Holyoak, 1984a, 1985), discriminamos entre diferencias relevantes e irrelevantes: mientras que las primeras exigen la introducción de cambios en la solución base a efectos de que satisfaga especificidades del dominio objetivo, las segundas no exigen la introducción de estos cambios. Entre las diferencias relevantes distinguimos a su vez entre diferencias superables e insuperables (para un análisis detallado de las relaciones existentes entre nuestra clasificación de diferencias y las de la teoría de proyección de la estructura y la teoría de las múltiples restricciones -diferencias *superficiales* y *estructurales*-, véase Minervino, 1998). Esta evaluación preventiva conduciría entonces a la repetición de una acción candidata literal cuando no se registraran diferencias relevantes o a su inhibición cuando sí fueran registradas (véase Figura 3). A esta inhibición podría seguir una detención del proceso transferencial si es que las diferencias detectadas fueran evaluadas como insuperables, o bien a un proceso de generalización y formulación de una versión re-especializada de la acción base; en este caso, el analogador habría juzgado que, a pesar de las diferencias registradas, ciertas semejanzas estimulan proponer una acción funcionalmente equivalente a la acción base en juego. Llamaremos *adaptación* al subproceso que incluye una operación de *generalización* y una posterior *re-especialización*, a pesar de que sabemos que se trata de una estrategia específica de adaptación entre otras posibles (Hammond, 1989; Kolodner, 1993). Cabe aclarar que concebimos a estas operaciones de generalización y re-especialización como influyéndose mutuamente, en el sentido de que el tipo de generalización que tiene lugar (por ejemplo, hacia "instrumento puente" en el problema del transporte de la canica) vendrá determinado en parte por las posibilidades de re-especialización que ya se han entrevisto (construcción de un tubo a partir de los cilindros). La adaptación es de este modo concebida por nosotros como un acto de *deslizamiento genuino*, en el sentido de French (1995). De acuerdo a nuestro modelo (véase Figura 3), a propósito del subproceso de adaptación tendría lugar una nueva consideración de las PERs de los llenadores de roles base (en el caso de la re-especialización, es posible que las PERs base actúen en la propuesta inicial de reinstanciación pero ya no en su desarrollo). Llamaremos a esta primera operación de generalización y re-especialización *adaptación mental*.

Figura 3



Modelo no serial de subprocesos alternativo al modelo serial estándar. EC = establecimiento de correspondencias; Dif. = diferencia; rel. = relevante; insup. = insuperable; gener. = generalización; re-esp. = re-especialización; ev. = evaluación; adap. = adaptación; PER: propiedad de un elemento para un rol.

Evaluación y Adaptación Post-Acciones Candidatas

El producto de la adaptación sería evaluado a nivel mental (*evaluación mental*) a efectos de determinar la realizabilidad de esa acción candidata. En este punto culminaría en nuestro modelo la etapa mental del proceso transferencial. En un contexto de tareas en el que se le demandara a la persona que pasara a ejecutar efectivamente la acción propuesta, tendría lugar posteriormente la etapa de desarrollo práctico. Durante esta etapa, se producirían nuevos ajustes y evaluaciones relativas a si las diversas acciones propuestas son o no adecuadas. Hemos agrupado estos ajustes como *adaptación práctica* y a las evaluaciones como *evaluación práctica*. El hecho de si las PERs base actúan o no en la evaluación mental y en la adaptación y evaluación prácticas de una acción candidata adaptada estaría en función en parte, según hemos considerado, del tipo de tareas en juego. Sería más probable en situaciones de transferencias intradominio, aunque no consideramos que tengan participación en todos los casos.

Desarrollo Progresivo de Soluciones Candidatas

Un segundo sentido en el que nuestra crítica extiende la del modelo interactivo es el siguiente. El modelo estándar supone un orden serial de ejecución de los subprocesos de CR y EC. El modelo interactivo entiende en cambio que durante el proceso analógico se daría un intercalamiento o superposición de operaciones de CR y EC en un trabajo concertado de estos dos subprocesos. El modelo estándar también asume un orden serial de ejecución de los subprocesos centrales (EC, FIC y evaluación estructural) en relación a los de evaluación y adaptación semántico-pragmáticas. Esta suposición del modelo estándar implica necesariamente que estos últimos pasos se aplican no sólo a acciones candidatas literales, sino además a soluciones candidatas literales *completas*, esto es, que incluyen -previa sustitución de entidades- el conjunto total de acciones formuladas en la solución base. Contrariamente, en nuestro modelo proponemos que las acciones candidatas son generadas progresivamente, intercalándose entre ellas operaciones de re-especialización mental, evaluación mental y adaptación y evaluación prácticas. Estas operaciones podrían determinar la detención del proceso si el analogador, al no poder generar una acción considerada imprescindible para resolver el problema objetivo, juzgase inviable toda transferencia. Nuestra idea de un desarrollo progresivo de una solución transferida por analogía es similar en alguna medida a la formulada por Keane (1988).

EXPERIMENTO

Un Modelo No Serial de Subprocesos

Detección y evaluación de diferencias entre elementos puestos en correspondencia. Efectos sobre la formulación de inferencias candidatas de acuerdo al tipo de diferencias.

En este primer experimento nos propusimos demostrar que el orden serial de ejecución de subprocesos que postula el modelo estándar (EC, FIC, evaluación estructural, evaluación y adaptación semántico-pragmáticas de inferencias) no describe adecuadamente el comportamiento humano en solución de problemas por analogía. Nuestro objetivo en este sentido fue primeramente probar que, tal como lo postulamos en nuestro modelo, *antes* de la FIC tienen lugar operaciones de detección y evaluación (evaluación preventiva) de diferencias entre elementos puestos en correspondencia y que estas operaciones tienen efectos sobre la FIC.

Los efectos de la detección y evaluación de diferencias sobre la FIC variarían, según hipotetizábamos, en función del tipo de diferencias en juego. Nuestra primera hipótesis consistía entonces en que las personas detectan diferencias entre elementos puestos en correspondencia y las evalúan como relevantes o irrelevantes antes de la FIC. Cabe recordar que los programas estándar son incapaces de detectar diferencias entre elementos puestos en correspondencia. A través de una segunda hipótesis, conjeturábamos que mientras que la detección de diferencias relevantes (superables o insuperables) determinaría la inhibición de repeticiones, esto es, que las personas no formularían las acciones candidatas literales correspondientes en cada caso, la detección de diferencias irrelevantes no lo haría, es decir, las personas formularían dichas acciones literales. De acuerdo a nuestra definición, una “formulación de inferencia candidata” tiene lugar si y sólo si el analogador otorga a la acción formulada un crédito inicial de plausibilidad por mínimo que sea. En una tercera hipótesis planteábamos que ante diferencias insuperables las personas detendrían el proceso transferencial, no proponiendo entonces ninguna solución o sólo soluciones incompletas. De ser todas las diferencias superables, las soluciones serían en cambio completas.

Nuestro propósito consistió en síntesis en demostrar que, a diferencia de lo que hacen los programas estándar, las personas no formulan mecánicamente, esto es, de forma sintáctica y sin control semántico y pragmático, acciones candidatas literales ni soluciones candidatas completas, sino que son capaces de ejercer un control sobre la FIC a partir de diferencias registradas y evaluadas como relevantes -y discriminadas como superables o insuperables- antes de la FIC.

Generación progresiva de soluciones objetivo.

Un segundo objetivo vinculado a demostrar la inadecuación del modelo serial de subprocesos que supone el modelo estándar consistió en probar que las personas no generan soluciones candidatas *completas* para recién entonces pasar a evaluar y adaptar dichas soluciones. Nuestra cuarta hipótesis se refería a que, tal como lo proponemos en nuestro modelo, las personas intercalan operaciones de re-especialización y evaluación mentales entre una acción candidata y la siguiente.

Participación de PERs Base Durante el Proceso Transferencial

Un segundo propósito de este experimento fue el de hacer una primera exploración en relación al problema de la consideración de PERs base que hacen las personas durante el proceso transferencial. En relación a este aspecto, nos propusimos demostrar que las PERs base se activan fundamentalmente, de forma conciente al menos, como consecuencia de enfrentar *impasses* transferenciales, los que son originados por la presencia de diferencias relevantes y no en cambio por la de diferencias irrelevantes. Nuestra idea es que son estos *impasses* los que exigen una reconsideración más atenta del proceso base de resolución y por lo tanto la de roles y PERs base. Esta idea no excluye la posibilidad de una presencia tácita de PERs en aquellos casos en que no se producen *impasses*. Pensamos de hecho que esta presencia es propia de cualquier resolución por analogía de problemas que suponga comprensión del proceso transferencial. Entendemos no obstante que la manifestación conciente de estas PERs es más probable cuando la transferencia encuentra alguna dificultad. En nuestra quinta hipótesis, planteábamos que la reactivación conciente de PERs tendría lugar mayormente como consecuencia del enfrentamiento de diferencias relevantes (superables e insuperables) y no de diferencias irrelevantes.

Esquema Básico del Experimento

Los sujetos recibieron por escrito un relato en el que se describía cómo un niño había resuelto un problema. Se les pidió entonces que hicieran uso de ese relato para resolver por analogía un segundo problema que

también se les presentaba por escrito (la tarea se reducía así a resolver el problema de forma mental, pero no prácticamente). El problema base utilizado fue el problema del transporte de la canica ya visto en el que se hacía uso de un trozo de cartulina para construir una canaleta y se pasaba a través de ésta una canica (véase Figura 2). Dadas la cuasi identidad de los problemas objetivo recibidos por los sujetos respecto de este problema base -tanto en contenido como en redacción-, y la sencillez de los mismos, se consideró que las correspondencias entre elementos base y objetivo eran completamente transparentes (Minervino y Adrover, 1998a; Reed, 1987; Reed, Dempster y Ettinger, 1985); de esta forma, la demanda de trabajo para el analogador quedaba situada en los subprocesos posteriores al EC, objeto de interés en este estudio.

Para poner a prueba la hipótesis de que una diferencia insuperable entre dos problemas puede determinar la detención de la FIC, dos grupos recibieron este mismo análogo base, pero mientras que uno de éstos (grupo con análogo) recibió un problema objetivo análogo al base, el otro grupo (grupo con pseudoanálogo) recibió un problema objetivo que no podía resolverse por analogía. El problema objetivo de ambos grupos difería del problema base en la misma diferencia superable (*trozo de cartulina* en el base vs. *tres cilindros* en el objetivo -y un rollo de cinta adhesiva-) y en las mismas diferencias irrelevantes (*agua* en el vaso base vs. *arena* en el vaso objetivo, y *canica de plástico* en el base vs. *canica de cristal* en el objetivo). Dado que la suma de las longitudes de los tres cilindros cubría la distancia entre los vasos, era fácil para cualquiera de los grupos generar la idea de construir un tubo uniendo los tres cilindros con cinta adhesiva, lo que supondría una generalización del rol desempeñado por la canaleta (a “instrumento puente”) y su re-especialización en el dominio objetivo. No obstante esta comunidad de diferencias irrelevantes y de diferencias superables, el grupo con pseudoanálogo enfrentaba una diferencia insuperable entre los problemas, no presente en el grupo con análogo: un cristal irrompible separaba completamente ambas partes de la mesa. En el grupo con análogo, en el centro del cristal había un agujero circular lo suficientemente grande como para permitir el paso del tubo; la introducción de esta variación constituía en este grupo una diferencia irrelevante. Predecíamos entonces, de acuerdo a nuestra tercera hipótesis, que mientras que la mayoría de los sujetos del grupo con análogo generarían soluciones completas, los sujetos del grupo con pseudoanálogo no propondrían acción candidata alguna o propondrían soluciones incompletas, deteniendo el proceso transferencial al detectar la diferencia insuperable descrita, esto es, en el momento de advertir la imposibilidad de pasar el tubo construido al otro lado de la mesa. De acuerdo a nuestra primera hipótesis, predecíamos que las diferencias relevantes e irrelevantes serían detectadas y evaluadas como tales por los sujetos antes de la FIC. Se predecía a su vez, a partir de nuestra segunda hipótesis, que las personas inhibirían la formulación de acciones candidatas literales frente a la detección de diferencias relevantes (tanto superables -*trozo de cartulina* en el base vs. *tres cilindros* en el objetivo- como insuperables -*reja* vs. *cristal sin agujero*-), algo que no ocurriría ante la detección de diferencias irrelevantes (*agua* en el vaso base vs. *arena* en el vaso objetivo, *canica de plástico* en el base vs. *canica de cristal* en el objetivo, y *reja* en el base vs. *cristal con agujero* en el objetivo -esta última sólo presente en el grupo con análogo-). Según nuestra cuarta hipótesis, se predecía que luego de la formulación de una acción candidata (por ejemplo, “unir los cilindros para construir un tubo”) habría re-especializaciones (por ejemplo, “unir con cinta adhesiva”) y evaluaciones mentales (por ejemplo, “si se pone suficiente cinta adhesiva, el tubo resistirá”). De acuerdo a nuestra quinta hipótesis, predecíamos por último que las PERs base serían reactivadas mayormente luego de la detección de diferencias relevantes (tanto superables -*trozo de cartulina* en el base vs. *tres cilindros* en el objetivo- como insuperables -*reja* vs. *cristal sin agujero*-) y no luego de la detección de diferencias irrelevantes (*agua* vs. *arena*, *canica de plástico* vs. *canica de cristal*, *reja* vs. *cristal con agujero* -esta última sólo presente en el grupo con análogo-).

Método

Sujetos y diseño

Sesenta alumnos de Ingeniería del Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad Politécnica de Valencia participaron voluntariamente en el experimento. Fueron distribuidos al azar en las dos condiciones del experimento (grupo con análogo: 30 sujetos y grupo con pseudoanálogo: 30 sujetos). El diseño experimental utilizado fue de tipo mixto, recibiendo la variable independiente *tipo de problema objetivo* (análogo en el grupo con análogo y *pseudoanálogo* en el grupo con pseudoanálogo) una manipulación intersujeto y la variable *tipo de diferencias* (relevantes e irrelevantes) una manipulación intrasujeto. Las variables dependientes fueron el *grado de completitud de las soluciones objetivo* propuestas (tres niveles: completas, incompletas y ninguna), la *formulación de acciones candidatas literales* (dos niveles: sí o no) y el *número de PERs base reactivadas*.

Materiales

Los materiales consistieron en un relato, presentado en un folio, que describía el problema base del transporte de la canica con la cartulina y su solución de la canaleta, y dos versiones diferentes del problema

objetivo del transporte de la canica con los cilindros, también presentados por escrito y en folios separados (la versión del cristal *sin agujero* como separador en la mesa para el grupo con pseudoanálogo, y la versión del cristal *con agujero* para el grupo con análogo; todos los problemas base y objetivo empleados en este experimento aparecen en el Apéndice A). Los sujetos disponían de lápiz y papel para representar el problema objetivo si así lo deseaban.

Procedimiento.

A los sujetos se les indicó oralmente y les fue reiterado por escrito que el experimento consistía de dos partes: en la primera de ellas recibirían un problema con su solución y en la segunda deberían resolver un segundo problema similar al primero, considerando la solución que había recibido éste. Se les dijo que no había límites de tiempo en ninguna parte de la experiencia. Cuando los sujetos manifestaban haber concluido con la lectura del relato base, se les presentaba el segundo problema y se les indicaba que podían seguir consultando el problema anterior durante su resolución.

Antes de dar comienzo a la experiencia, se les explicó a los sujetos en qué consistía la técnica de pensamiento en voz alta y se ejercitaron en ella con una tarea sin vínculo alguno con la del experimento. Con el propósito de determinar si las personas detectaban y evaluaban diferencias entre elementos puestos en correspondencia durante el desarrollo del EC y antes de la FIC, se les pidió a los sujetos que leyeran el problema objetivo en voz alta y que interrumpieran su lectura para comentar cualquier idea que viniera a sus mentes durante el procesamiento del mismo. Se les pidió además que resolvieran en voz alta el problema. Se esperaba que estos protocolos de lectura y resolución fueran de utilidad también para determinar en qué casos se formulaban acciones candidatas literales y en qué casos no, así como en qué casos se les daba un crédito inicial de plausibilidad y en qué casos no. A través de un cuestionario final se intentaba determinar, de forma más directa y en relación a cada par de elementos que suponía una diferencia, qué diferencias habían sido detectadas y evaluadas entre los elementos, si la acción candidata literal correspondiente había sido o no formulada, y si ésta había sido formulada de un modo puramente automático o si se le había otorgado un crédito inicial de plausibilidad (para un ejemplo de estas preguntas, véase Apéndice B). Se evitaba el pedido de aquella información ya provista por los sujetos en sus informes verbales. Esperábamos que tanto los protocolos como las preguntas del cuestionario nos permitieran apreciar en qué circunstancias los sujetos manifestaban verbalmente la reactivación de PERs base. El conjunto de datos nos iba a permitir determinar a su vez si los sujetos formulaban soluciones candidatas completas o incompletas, o ninguna solución; finalmente, si la gente formulaba soluciones candidatas completas para luego evaluarlas y adaptarlas o si intercalaba en cambio operaciones de re-especialización y evaluación mentales entre acción candidata y acción candidata. Los sujetos fueron entrevistados individualmente, siendo grabados tanto los informes verbales como las respuestas a las preguntas del cuestionario. Las entrevistas duraron aproximadamente 20 minutos.

Resultados y Discusión

Detección y evaluación de diferencias entre elementos puestos en correspondencia. Efectos sobre la FIC de acuerdo a tipos de diferencias.

Se consideró que una persona no había formulado una acción candidata literal cuando ni en los protocolos de lectura y resolución ni en las respuestas al cuestionario final manifestaba haber pensado en la acción correspondiente, o bien cuando habiéndola considerado, expresaba a su vez que en ningún momento le había parecido que era adecuada, esto es, cuando no le había otorgado un crédito inicial de plausibilidad. Informes verbales como “pensé en doblar en uve los cilindros, pero sabía ya que no era apropiado”, serían tomados como manifestaciones de este último tipo de casos. Se juzgó que una persona había formulado la acción candidata literal dándole un crédito inicial de plausibilidad cuando describía dicha acción como parte de su plan de solución, a través de expresiones como “lo primero que haría sería unir los cilindros con cinta”, o bien cuando manifestaba que en principio le había parecido que la acción podía ser adecuada, pero había advertido luego que no lo era, a través de expresiones como “pensé en encajar los cilindros unos en otros, pero luego advertí que sería imposible, ya que todos tenían el mismo diámetro”. Los dos autores de este trabajo determinaron de forma independiente en qué casos no se había formulado la acción candidata literal, en qué casos se la había formulado pero no se había dado crédito alguno y en qué casos se la había formulado y se le había otorgado crédito. Se coincidió en el 100 % de los casos. En el grupo con análogo, las acciones candidatas literales vinculadas a diferencias irrelevantes (“hacer rodar la canica *de cristal* a través del instrumento puente”; “dejar la caer canica en el vaso *con arena*”; “pasar el instrumento puente por el *crystal con agujero*”) fueron formuladas en todos los casos, mientras que la acción candidata literal asociada a la diferencia relevante

(“doblar en ‘ve’ *los cilindros* para hacer un instrumento puente”) no fue formulada en ninguna oportunidad. En el grupo con pseudoanálogo, las acciones candidatas literales asociadas a diferencias irrelevantes (“hacer rodar la canica *de cristal* a través del instrumento puente”; “dejar caer la canica en el vaso *con arena*”) fueron formuladas en un 67 % de los casos, mientras que las acciones candidatas literales vinculadas a diferencias relevantes (“doblar en ‘ve’ *los cilindros* para hacer un instrumento puente”; “pasar el instrumento puente por el *crystal sin agujero*”) no fueron formuladas en ningún caso.

Hasta aquí hemos analizado la formulación de inferencias candidatas literales en relación a los diversos tipos de diferencias, consideradas estas últimas desde el punto de vista del psicólogo que conoce el proceso ideal de transferencia. El siguiente análisis se refiere a las relaciones entre la formulación o no de acciones candidatas literales y la previa detección y evaluación de diferencias realizadas por el analogador. Se consideró que los sujetos habían registrado una diferencia entre los elementos de los problemas cuando habían hecho alusión a ella de modo espontáneo durante los protocolos de lectura o resolución (por ejemplo, “ahora hay tres cilindros y antes había una cartulina” o “esta canica es de cristal y la anterior era de plástico”), o bien cuando expresaban haberla detectado en respuesta a las preguntas directas del experimentador. Los dos autores de este trabajo analizaron de forma independiente en qué casos se había dado o no la detección de diferencias. Coincidieron aproximadamente en un 95 % de los casos, siendo resueltos los restantes por discusión. Comentarios como “aquí hay un cristal y antes había una reja, pero da igual” o “antes había una cartulina, pero ahora con estos cilindros tengo que hacer algo diferente”, o las respuestas equivalentes a preguntas del cuestionario, fueron tomados, respectivamente, como valoraciones de irrelevancia o relevancia de una diferencia. Los dos autores de este trabajo analizaron de forma independiente en qué casos la diferencia había sido juzgada como relevante o irrelevante. Coincidieron aproximadamente en un 91 % de los casos, siendo resueltos los restantes por discusión. La Tabla 1 informa respecto de los porcentajes de sujetos que identificaron las diferencias antes de la FIC, de los porcentajes de sujetos que habiendo identificado dichas diferencias las evaluaron antes de la FIC, y de los porcentajes de diferencias que fueron evaluadas como relevantes y de diferencias que fueron evaluadas como irrelevantes. En el grupo con análogo, mientras que un 79 % de las diferencias irrelevantes fueron detectadas, la diferencia relevante fue registrada en el 100 % de los casos [$\chi^2(1) = 6.02, p < .05$]. Cuando el porcentaje de detección de la diferencia relevante es comparado con cada uno de los porcentajes de detección de las diferencias irrelevantes, se constata que la única diferencia significativa se refiere a la diferencia del material de la canica [material de la canica vs. material para instrumento puente: 53 % vs. 100 %; $\chi^2(1) = 15.75, p < .001$; elemento en vaso meta vs. material para instrumento puente: 83 % vs. 100 %; $\chi^2(1) = 3.49, p > .05$; separador en la mesa vs. material para instrumento puente: 100 % vs. 100%]. En suma, en este grupo los sujetos identificaron un 84 % de las diferencias existentes entre los elementos base y objetivo antes de la FIC. En el grupo con pseudoanálogo, fueron detectadas un 44 % de las diferencias irrelevantes y el 100 % de las relevantes [$\chi^2(1) = 44.69, p < .001$]. Si se comparan los porcentajes de detección de las diferencias relevantes con los propios de las diferencias irrelevantes, se obtienen diferencias significativas en todos los casos [material de canica vs. material para instrumento puente: 47 % vs. 100 %; $\chi^2(1) = 19.18, p < .001$; elemento en vaso meta vs. material para instrumento puente: 40 % vs. 100 %; $\chi^2(1) = 22.94, p < .001$; material de canica vs. separador en mesa: 47 % vs. 100 %; $\chi^2(1) = 19.18, p < .001$; elemento en vaso meta vs. separador en mesa: 40 % vs. 100 %; $\chi^2(1) = 22.94, p < .001$]. En este grupo fueron detectadas en total un 72 % de las diferencias antes de la FIC. El menor registro de diferencias irrelevantes en el grupo con pseudoanálogo en relación al grupo con análogo (79 % vs. 44 %) puede explicarse por el hecho de que en el primero la diferencia insuperable conducía a un bloqueo transferencial general, lo que determinaba que se prestara menos atención al resto de los elementos que mantienen diferencias irrelevantes.

En el grupo con análogo, de las diferencias irrelevantes detectadas un 87 % fueron evaluadas antes de la FIC, en tanto que de las diferencias relevantes detectadas el 100 % fueron evaluadas antes de la FIC, no siendo esta diferencia significativa [$\chi^2(1) = 1.87, p > .05$]. Si se compara el porcentaje de evaluación de la diferencia relevante con cada uno de los porcentajes de las diferencias irrelevantes, sólo en el caso de elemento en vaso meta vs. material para instrumento puente se obtiene una diferencia significativa [80 % vs. 100 %; $\chi^2(1) = 4.40, p < .05$; material de la canica vs. material para instrumento puente: 81 % vs. 100 %; $\chi^2(1) = 3.33, p > .05$; separador en la mesa vs. material para instrumento puente: 100 % vs. 100%]. En suma, en este grupo, un 90 % de las diferencias detectadas fueron evaluadas antes de la FIC. En el grupo con pseudoanálogo un 86 % de las diferencias irrelevantes detectadas fueron evaluadas antes de la FIC, mientras que el 100 % de las diferencias relevantes detectadas fueron evaluadas antes de la FIC siendo esta diferencia significativa [$\chi^2(1) = 6.52, p < .05$]. Si se comparan los porcentajes de evaluación de las diferencias irrelevantes con los propios de las diferencias relevantes, se constata que el porcentaje relativo a la diferencia en el material de la canica es el único inferior a los porcentajes relativos a las diferencias relevantes (71 % vs. 100 %; $\chi^2(1) = 6.29, p < .05$). En suma, en este grupo, un 93 % de las diferencias detectadas fueron evaluadas antes de la FIC. En síntesis, considerando conjuntamente los datos provenientes de ambos grupos, cerca de un 80 % de las diferencias

entre elementos puestos en correspondencia fueron detectadas antes de la FIC, siendo evaluadas estas diferencias también antes de la FIC en más de un 90 % de las oportunidades. Tal como fuera predicho a partir de nuestra primera hipótesis, las personas detectan y evalúan diferencias entre elementos puestos en correspondencia antes de la FIC, algo que son incapaces de hacer los programas estándar. Tomando en cuenta los datos de ambos grupos, las diferencias irrelevantes -desde el punto de vista del psicólogo- fueron detectadas y evaluadas antes de la FIC en un 57 % de los casos. El hecho de que un número tan alto de diferencias irrelevantes sean registradas y evaluadas por los sujetos en un proceso analógico parece razonable: a menos que las características que diferencian los elementos apareados sean causalmente ineficaces por definición (por ejemplo, el color de las canicas en este tipo de problemas), los analogadores no pueden decidir de antemano respecto a la relevancia o no de una diferencia, por lo que parece adaptativo registrar en primer lugar todas las diferencias de posible relevancia y evaluar luego sus implicaciones.

Considerando ambos grupos de manera conjunta, alrededor de un 85 % de las diferencias irrelevantes detectadas y evaluadas antes de la FIC fueron evaluadas como irrelevantes por los sujetos, mientras que casi un 98 % de las diferencias relevantes fueron evaluadas como tales. Probablemente, en el 15 % de los casos en que las diferencias irrelevantes fueron evaluadas como relevantes, los sujetos consideraron inicialmente la posible importancia de estas diferencias, decidiendo sólo más tarde que se trataba de diferencias irrelevantes, algo que quedaría reflejado en el hecho de que en ningún caso estas diferencias determinaron la introducción de adaptaciones en las acciones base correspondientes.

Tabla 1

Diferencia	Detección		Evaluación		Resultado			
	GA	GS	GA	GS	GA	Resultado		GS
Irrelevantes					R	I	R	I
Material de canica	53	47	81	71	23	77	20	80
Elemento en vaso meta	83	40	80	100	10	90	8	92
Separador en mesa	100		100		13	87		
Promedios	79	44	87	86	15	85	14	86
Relevantes								
Material instrumento puente	100	100	100	100	100	0	93	7
Separador en mesa		100		100			100	0
Promedios	100	100	100	100	100	0	97	4

Nota. GA = grupo con análogo; GS = grupo con pseudoanálogo; R = relevante; I = irrelevante.

Agrupando los datos de ambos grupos, en el 89 % de los casos en que una diferencia fue evaluada como relevante se produjo una inhibición de la acción candidata literal asociada a esa diferencia, y en el 93 % de las veces en que una diferencia fue evaluada como irrelevante se formuló la acción candidata literal asociada al elemento base [$\chi^2(1) = 113.56, p < .001$]. Tal como lo predijéramos en nuestra segunda hipótesis, los datos indican que ante diferencias juzgadas por los sujetos como relevantes las personas inhiben la formulación de inferencias candidatas literales y que ante diferencias juzgadas como irrelevantes no inhiben dichas inferencias.

Nuestra evaluación empírica de la hipótesis de la formulación de inferencias candidatas literales supone que dichas acciones, cuando han sido formuladas, son accesibles a la conciencia. Hemos argumentado más arriba a favor de esta interpretación de la tesis estándar de la formulación de inferencias candidatas literales. La posible interpretación alternativa de que esas acciones son formuladas pero no resultan accesibles a la conciencia carecería, en nuestra opinión, de fundamento. De acuerdo a los análisis desarrollados en la parte teórica de este trabajo, la formulación de inferencias literales que supone el modelo estándar parece ser una consecuencia directa de algunas serias limitaciones de los programas estándar antes que un postulado fuerte de las teorías que implementan. Cabe aclarar no obstante que la teoría de proyección de la estructura considera que la formulación de inferencias candidatas literales es psicológicamente real, y útil en la medida que permite explotar adecuadamente las potencialidades creativas del pensamiento por analogía (Gentner, 1983, 1989; Gentner y Markman, 1997). La teoría de las múltiples restricciones asume en cambio el mecanismo de modo provisional, no formando parte éste de los postulados centrales de la teoría (Holyoak et al., 1994).

Se consideró que un sujeto no había producido ninguna solución candidata en aquellos casos en que ninguna acción era propuesta o en aquellos otros en que, en relación a las postuladas, manifestaba haber pensado en ellas considerando, desde un comienzo, que eran en sí mismas completamente inviables. Se juzgó que una persona había formulado una solución candidata incompleta en aquellos casos en que el sujeto proponía acciones candidatas pero en los que, ante la advertencia de diferencias consideradas insuperables en otros aspectos del problema, detenía el proceso de resolución. Se determinó que un sujeto había formulado una solución candidata completa cuando había propuesto una secuencia de acciones que, según estimaba la persona, podía conducir a la solución del problema. Los dos autores de este trabajo analizaron en forma independiente en qué casos se habían formulado soluciones completas, incompletas o ninguna solución. Se coincidió en un 95 % de las veces, siendo resueltos las restantes por discusión. Tal como lo predijéramos a partir de nuestra tercera hipótesis, el registro por parte de los sujetos de diferencias insuperables entre el problema base y el problema objetivo tuvo un efecto determinante sobre el proceso de generación de soluciones candidatas. En efecto, mientras que todos los sujetos del grupo con análogo formularon soluciones candidatas completas, ningún sujeto del grupo con seudoanálogo propuso una solución de este tipo. Cinco de ellos no formularon ninguna solución, mientras que los 25 restantes concibieron una o más acciones candidatas, en ningún caso vinculadas a la diferencia insuperable.

Los datos permiten concluir en síntesis que las personas son capaces de inhibir la formulación de acciones candidatas literales a partir de la previa detección y evaluación de diferencias relevantes entre los elementos base y objetivo emparejados. Mientras que en los casos de diferencias consideradas superables las personas continuaron hacia la formulación de soluciones candidatas completas (grupo con análogo), el proceso de resolución fue bloqueado (no se inició) o detenido en aquellos casos en que las diferencias registradas fueron consideradas insuperables (grupo con seudoanálogo). Puede concluirse en suma que las acciones candidatas literales y las soluciones candidatas completas que hubiesen sido generadas de forma automática por programas como SME o ACME-CWSG en condiciones como las enfrentadas por los sujetos del experimento, no fueron producidas por éstos. Considerando las diferencias entre los problemas, los sujetos fueron capaces de inhibir la formulación de dichas acciones y soluciones cuando las juzgaban implausibles a partir del registro y evaluación de diferencias relevantes entre elementos apareados.

Los protocolos de lectura y resolución permitieron determinar que la construcción de soluciones objetivo se desarrolló de forma progresiva en la totalidad de los casos. En el caso de grupo con análogo, los sujetos re-especializaban y evaluaban mentalmente una acción candidata para pasar luego a otra. En el caso de la construcción del tubo, por ejemplo, luego de pensar en la acción de unir los cilindros, pasaban a a especificar cómo lo harían en concreto, cuánta cinta adhesiva pondrían, etc. Sólo después especificaban el resto de las acciones. En el caso del grupo con seudoanálogo, este desarrollo progresivo se manifestó claramente en el hecho de que la mayoría de los sujetos interrumpió el proceso transferencial luego de pensar en la construcción del tubo y algunas acciones asociadas.

En contra de lo que suponen modelos como SME o ACME, los datos indicaron a su vez que el establecimiento de correspondencias tiende a ser llevado a cabo, al igual que el desarrollo de soluciones, de forma progresiva, tal como propone la teoría progresiva de Keane y cols., implementada en IAM (*incremental analogical mapping*; Keane, 1997; Keane et al., 1994). En efecto, los protocolos de lectura y resolución indicaron que los sujetos establecían una correspondencia, la evaluaban, proponían una acción candidata, la desarrollaban y luego pasaban a la siguiente correspondencia. Estos datos sugieren entonces que el orden secuencial de subprocesos propuesto por el modelo estándar no describe adecuadamente el procesamiento humano en solución de problemas por analogía no sólo por el hecho de que la gente intercala re-especializaciones y evaluaciones durante el desarrollo de acciones objetivo, sino, además, porque las intercala entre operaciones de establecimiento de correspondencias. Esto parece ocurrir al menos en tareas en las que se accede al análogo objetivo a través de un texto escrito luego de haber enfrentado el análogo base. Debe considerarse no obstante que esta modalidad de trabajo es frecuente en las investigaciones en el área. La implementación de la teoría de las múltiples restricciones en LISA (Hummel y Holyoak, 1997) asume también la idea de un desarrollo progresivo del EC, como lo supone a su vez la implementación de la teoría de proyección de la estructura en I-SME (Forbus et al., 1994).

Participación de PERs base durante el proceso transferencial.

Se consideró que un sujeto había activado una PER base si la persona describía la PER de forma explícita (por ejemplo, “el largo de la canaleta era suficiente para pasar la canica al otro lado”; PER: longitud de la canaleta para cubrir la distancia entre los vasos), o bien si hacía comentarios que permitían inferir que estaba considerando la PER base (por ejemplo, “tengo que unir los tres cilindros para que alcance; antes no había ese problema”). Los dos autores de este trabajo determinaron de forma independiente en qué casos una PER había sido activada y cuándo no. Se coincidió en el 90 % de los casos, siendo resueltos los restantes por discusión.

La Tabla 2 muestra los porcentajes de sujetos que consideraron las PERs base asociadas a cada diferencia relevante e irrelevante en los grupos con análogo y con pseudoanálogo. Como puede apreciarse, los porcentajes de PERs base reactivadas son en general muy bajos. En el grupo con análogo, la PER reactivada el mayor número de veces fue reactivada sólo por 8 sujetos sobre 30 (“el largo de la canaleta permitía llegar al vaso meta”). Todos los casos de reactivación de PERs base en el grupo con análogo estuvieron vinculados a operaciones de re-especialización o evaluación mentales. La PER base que teóricamente habría determinado la inhibición de la acción candidata literal “doblar en ‘ve’ los cilindros” no fue reactivada en ningún caso. Esta PER tampoco fue reactivada en el grupo con pseudoanálogo. Se activaron, por ejemplo, PERs de la canaleta en la medida en que se construía y evaluaba el tubo objetivo (por ejemplo, “debo hacer un tubo del largo de la canaleta y con los cilindros puedo”, o “como los tubos son duros, son mejores que la canaleta de cartulina”). En relación al grupo con pseudoanálogo, el porcentaje de sujetos que reactivaron la PER base relacionada con la diferencia insuperable (“los espacios entre las rejillas permitían el paso de la canaleta”) fue muy superior al número de sujetos que reactivaron cualquiera de las PERs restantes. Esta PER fue reactivada, a diferencia de lo que ocurrió en el grupo con análogo, durante intentos fallidos de generalización y re-especialización. Parece que la imposibilidad de resolver el problema objetivo estimulaba una reconsideración de cómo había sido resuelto el problema base. En el grupo con análogo, los sujetos reactivaron un 12 % de PERs base luego de enfrentar diferencias relevantes y un 10 % después de diferencias irrelevantes [$\chi^2(1) = .07, p > .05$]. En el grupo con pseudoanálogo, los sujetos reactivaron un 17 % de las PERs base como consecuencia de advertir diferencias relevantes y ninguna PER base luego de diferencias irrelevantes [$\chi^2(1) = 9.82, p < .01$]. De acuerdo a nuestra quinta hipótesis, los sujetos reactivarían en mayor medida PERs base luego de haber enfrentado diferencias relevantes que después de haber enfrentado diferencias irrelevantes. Mientras que en el grupo con pseudoanálogo los datos apoyan nuestra hipótesis, en el grupo con análogo, debido a un efecto suelo, los datos no permiten determinar la validez o invalidez de nuestra hipótesis.

Tabla 2: Porcentajes de consideraciones de PERs base asociadas a los diversos tipos de diferencias

PERs	GA	Grupos GS
Relacionadas con diferencias relevantes		
Relacionadas con la diferencia superable: cartulina vs. cilindros		
• Largo de la canaleta permite llegar al vaso meta	27	13
• Carácter continuo de la canaleta permite que la canica no se caiga	0	0
• Firmeza de la canaleta permite que la canica no se caiga	17	3
• Ancho de la canaleta permite que la canica pase	0	0
• Ancho de la canaleta le permite pasar a través de la reja	17	
Relacionada con la diferencia insuperable: ausencia de paso en cristal vs. espacios entre rejillas		
• Espacios entre rejillas permiten el paso de la canaleta		67
Promedios	12	17
Relacionadas con diferencias irrelevantes: agua vs. arena, plástico vs. canica de cristal y reja vs. cristal con agujero		
• El agua suaviza la caída de la canica	20	0
• El ser la canica de plástico le permitía rodar	0	0
• Espacios entre rejillas permiten el paso de la canaleta	10	
Promedios	10	0

Nota. PER = propiedad de un elemento para un rol; GA = grupo con análogo; GS = grupo con pseudoanálogo.

Mientras que los datos mostraron en general que la reactivación de PERs base fue relativamente escasa, pudo comprobarse que las PERs objetivo correspondientes fueron altamente consideradas. Por ejemplo, si bien en el grupo con análogo sólo 8 sujetos consideraron la longitud de la canaleta base, los 30 consideraron

que el tubo a construir debía tener un largo suficiente como para transportar la canica hasta el vaso meta. Es posible que las PERs estuvieran presentes en la mente de las personas durante la resolución del problema objetivo en mayor medida de lo que permiten apreciar sus verbalizaciones. Recuérdese que nuestro criterio para dar como activada una PER base exigía una mención relativamente directa del elemento base y su atributo. Dada la simplicidad del problema objetivo, debe considerarse también la posibilidad de que los sujetos se inspiraran de un modo muy general en la experiencia base, pero no hicieran ya consultas de ésta durante el desarrollo de la solución objetivo. Cabe finalmente recordar que la detección y evaluación de la diferencia *cartulina* vs. *cilindros*, la que determinó en ambos grupos la inhibición de la acción candidata literal “doblar en ‘ve’ los cilindros”, supone, al menos teóricamente, la consideración de PERs base. Debido a la fluidez con que tiene lugar el *deslizamiento* adaptativo necesario en este problema (de canaleta a tubo), es probable que el registro y la comparación de PERs sólo tenga lugar de un modo imperceptible para los sujetos y que no sea entonces verbalizada por éstos (véase Hofstadter, 1985).

DISCUSIÓN GENERAL

Hofstadter y cols. (Chalmers et al., 1992; Hofstadter y el Grupo FARG, 1995) han criticado a la teoría de la proyección de la estructura y a la teoría de las múltiples restricciones en relación a su suposición de que los subprocesos de CR y EC son ejecutados secuencialmente. Como hemos visto, estas teorías se centran en el problema del establecimiento de correspondencias y dejan de lado el problema de la construcción de representaciones, considerándolo marginal dentro del estudio del pensamiento analógico. Tratan a la CR como una función independiente y previa que se limita a aportar las representaciones iniciales de los análogos y que no participa en el establecimiento de correspondencias. Para Hofstadter y cols., a diferencia de lo que postulan estas teorías, los subprocesos de CR y EC tienen un desarrollo conjunto e interactivo, conllevando normalmente el EC una reestructuración de las representaciones iniciales de las que parte el analogador. Los programas estándar darían con las correspondencias esperables en una analogía en virtud de que las representaciones de los análogos que ingresa el programador han sido preconfiguradas de tal manera que la tarea pueda ser resuelta por los programas de un modo sencillo y esencialmente formal.

Como hemos analizado, las limitaciones de estos programas de establecimiento de correspondencias se pondrían de manifiesto en situaciones en las que no todos los roles de los elementos de los análogos comparados estuvieran definidos desde un comienzo de la tarea. En este tipo de situaciones, los programas estándar sólo podrían apelar a criterios de similitud general como los implementados en SME, ACME o LISA, los que pueden resultar insuficientes para resolver correspondencias ambiguas. Basados en teorizaciones como la de Falkenhainer (1990), hemos propuesto que lo que se requiere en estos casos es de una capacidad de análisis contextual de similitudes y diferencias entre elementos a emparejar. Para estos análisis, tendrían un papel crucial la identificación de aquellos atributos que les permiten a los elementos desempeñar un determinado rol dentro de la estructura causal a la que pertenecen (PERs), así como mecanismos de conceptualización y generalización de roles. Los programas estándar no están capacitados para realizar ninguna de estas operaciones.

Hemos argumentado que el ahorro falaz de análisis semánticos y pragmáticos que llevan a cabo los programadores de los sistemas estándar no sólo queda evidenciado en las limitaciones de estos programas para realizar el EC, sino también en sus incapacidades para ejercer cualquier control racional sobre la producción de inferencias candidatas. En efecto, los procesos de inhibición de acciones candidatas literales completamente absurdas en términos semánticos y pragmáticos para el dominio objetivo, la detención de un proceso transferencial inviable, o la adaptación de acciones base a las especificidades del dominio objetivo, exigen normalmente, al igual que el EC, un trabajo de identificación de PERs y de comparación de elementos en función de éstas, así como conceptualizar y generalizar roles. Al carecer de estas habilidades, los programas estándar no pueden tener en cuenta las particularidades del dominio objetivo a fin garantizar que las inferencias generadas tengan sentido semántico y cierta adecuación práctica para este dominio.

A partir de estas consideraciones, hemos propuesto un modelo de solución de problemas por analogía en el que incluimos este conjunto de operaciones. Nuestro modelo supone además que los subprocesos analógicos tienen un desarrollo conjunto e interactivo. A diferencia del modelo estándar, postulamos que antes de la FIC tienen lugar operaciones de detección y evaluación de diferencias. En el experimento de solución de problemas desarrollado, hemos podido comprobar que las personas detectan y evalúan diferencias entre elementos apareados durante un desarrollo progresivo del EC, y que, tal como lo postulamos en nuestro modelo, inhiben la generación de acciones candidatas literales cuando detectan diferencias relevantes y detienen el proceso transferencial cuando registran diferencias insuperables. Los datos mostraron también que las diferencias irrelevantes desde el punto de vista del psicólogo que conoce el proceso ideal de transferencia fueron registradas y evaluadas. Consideramos que este trabajo de detección y evaluación de diferencias irrelevantes es funcional en un proceso de resolución de problemas en la medida en que -al menos en problemas mal definidos como los utilizados- el analogador no puede valorar de antemano qué elementos y qué diferencias entre elementos son relevantes para la resolución del problema objetivo. En este sentido, las clasificaciones de diferencias que hace el

psicólogo teniendo como referente el proceso ideal de transferencia no deben ser confundidas con las posibles valoraciones que hacen unos u otros analogadores en diversos momentos del proceso real. Las distinciones de las teorías estándar entre lo *superficial* y lo *estructural* incurren en este tipo de confusiones (Minervino, 1998).

De acuerdo a nuestra propuesta, la conceptualización y generalización de roles y la identificación de PERs base jugarían durante la fase de evaluación preventiva de nuestro modelo un papel fundamental. En el experimento desarrollado pudimos demostrar que las personas reactivan PERs base al intentar idear una solución objetivo que logre superar diferencias entre los problemas que luego se reconocen como insuperables. En contra de nuestras expectativas, los datos no indicaron la reactivación de las PERs base que estarían teóricamente detrás de la inhibición de acciones candidatas literales asociadas a diferencias superables. Es posible que las técnicas empleadas (informes verbales y cuestionarios directos) no sean del todo adecuadas para registrar la reactivación de PERs en determinadas circunstancias y que sean necesarias técnicas más sensibles -aun que indirectas- de medición.

De acuerdo a nuestro modelo -al menos en ciertos casos de transferencia intradominio- la consideración de PERs base podría ser necesaria también para el desarrollo mental y práctico de las acciones propuestas para resolver el problema objetivo. Esta posibilidad no es considerada por el modelo estándar, para el cual la adaptación sigue una estrategia medios-fines que atiende sólo al dominio objetivo. En este sentido, los datos obtenidos en nuestro experimento parecen indicar que las PERs base juegan algún papel durante el desarrollo (re-especialización y evaluaciones mentales) de acciones objetivo, aunque la activación de PERs base en este momento de la transferencia fue muy escasa. Los datos sugieren que los sujetos desarrollaban las acciones objetivo sin reconsiderar las acciones base correspondientes. Es posible que en tareas más exigentes que la empleada en este experimento el análogo base siga jugando un papel durante el planeamiento y la ejecución de acciones transferidas por analogía. Finalmente, los datos parecen indicar que el desarrollo conjunto y progresivo del pensamiento analógico no se limita al EC y la evaluación y detección de semejanzas y diferencias, sino que involucra a la totalidad de los subprocesos analógicos, incluido el de CR.

A diferencia del modelo estándar, nuestro modelo otorga un papel crucial al contexto comparativo en la detección y evaluación de semejanzas y diferencias entre elementos puestos en correspondencia. De hecho, postulamos que las semejanzas y diferencias que es crucial identificar en una comparación analógica se refieren fundamentalmente a un tipo de atributos que devienen salientes (y acaso son concebidos) en situaciones y contextos comparativos particulares. Mientras que la teoría de la proyección de la estructura ha negado todo rol a las propiedades de objeto en el proceso analógico, la teoría de las múltiples restricciones sólo ha contemplado la posible intervención de propiedades ya establecidas en caracterizaciones generales de los conceptos. Entendemos que cualquier modelo que intente incorporar los factores semánticos y pragmáticos intervinientes en el proceso analógico deberá tener presente el carácter fundamentalmente contextual de este proceso comparativo.

El modelo que hemos formulado no ha sido implementado computacionalmente. En este sentido, no constituye en realidad una alternativa computacional a los modelos estándar. Entendemos además que la formulación algorítmica del tipo de procesos que proponemos en nuestro modelo es sumamente compleja; creemos no obstante que su consideración es clave para toda simulación del pensamiento analógico que aspire a la explicación de este proceso cognitivo. Dos líneas de trabajo en la construcción de modelos computacionales se destacan en el campo del pensamiento por analogía. La primera, seguida por el modelo estándar, se caracteriza por intentar trabajar con analogías interdominio complejas, lo que, como hemos analizado, ha conducido a este programa a una selección sesgada y a una visión distorsionada de los subprocesos estudiados. El segundo, seguido por la teoría de percepción de alto nivel de Hofstadter y cols, ha optado por trabajar en microdominios simples y conceptualmente acotados. A diferencia de los programas estándar, programas como Copycat (Mitchell, 1993) y Tabletop (French, 1995) intentan implementar algunos de los procesos que hemos considerado en nuestro modelo (por ejemplo, deslizamientos conceptuales, descripciones representacionales como producto del EC, etc.) y otros que el grupo FARG considera esenciales en las tareas analógicas. De forma general, estos investigadores intentan asegurar que los programas de analogías logren sus productos de forma independiente, objetivo que exige un esfuerzo por intentar incluir dentro de las simulaciones todos los procesos que se consideran involucrados en la generación de esos productos. No es claro sin embargo de qué forma la teoría de percepción de alto nivel logrará extender sus modelos desde los microdominios con que trabaja a dominios reales más complejos. A pesar de ser extremadamente sencillos, los problemas que hemos incluido en este estudio están completamente fuera de las posibilidades del tipo de programas que genera esta teoría. Más allá de esta consideración, pensamos que los análisis "fenomenológico-cognitivos" que guían los trabajos computacionales de Hofstadter y cols. resultan ciertamente reveladores y productivos para avanzar en la explicación del proceso analógico. El tipo de análisis que guió la construcción del modelo presentado en este trabajo ha estado inspirado en parte por este estilo de teorización en ciencia cognitiva. Creemos que la combinación de esta clase de análisis con trabajos experimentales que incluyan tareas sencillas puede ser fructífero para progresar en el área del pensamiento por analogía.

REFERENCIAS

- Boden, M. (1990). *The creative mind: Myths and mechanisms*. New York: Basic Books.
- Boden, M. (1999). Computer models of creativity. En R. J. Sternberg (Eds.), *Handbook of creativity* (pp.351-372). Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Carbonell, J. G. (1983). Learning by analogy: Formulating and generalizing plans from past experience. En R. S. Michalsky, J. G. Carbonell, y T. M Mitchell (Eds.), *Machine learning: An artificial intelligence approach* (pp. 137-161). Palo Alto, CA: Tioga Publishing Co.
- Carbonell, J. G. (1986). Derivational analogy: A theory of reconstructive problem solving and expertise acquisition. En R. S. Michalsky, J. G. Carbonell, y T. M Mitchell (Eds.), *Machine learning: An artificial intelligence approach* (Vol. 2, pp. 371-392). Los Altos, CA: Morgan Kaufmann.
- Chalmers, D., French, R., y Hofstadter, D. (1992). High-level perception, representation and analogy: A critique of artificial-intelligence methodology. *The journal of experimental and theoretical artificial intelligence*, 4, pp. 185-211.
- Duncker, K. (1945). On problem solving. *Psychological Monographs*, 58, 270.
- Falkenhainer, B. (1990). Analogical interpretation in context. En *Proceedings of the Twelfth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 69-76). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Falkenhainer, B., Forbus, K. D. y Gentner, D. (1989). The structure-mapping engine: Algorithm and examples. *Artificial Intelligence*, 41, 1-63.
- Forbus, K. D., y Gentner, D. (1989). Structural evaluation of analogies: What counts? En *Proceedings of the Eleventh Annual conference of the Cognitive Science Society* (pp. 341-348). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Forbus, K. D., Ferguson, R. W., y Gentner, D. (1994). Incremental structure-mapping. En *Proceedings of the Sixteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 313-318). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- French, R. (1995). *The subtlety of sameness*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. En S. Vosniadou, y A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp.199-241). Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Gentner, D., y Markman, A. B. (1997). Structure mapping in analogy and similarity. *American Psychologist*, 52, 45-56.
- Gick, M. L., y Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.
- Gick, M. L., y Holyoak, K. J. (1983). Schema induction in analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38.
- González Labra, M. J. (1997). *Aprendizaje por analogía: Análisis del proceso de inferencia analógica para la adquisición de nuevos conocimientos*. Madrid: Trotta.
- González Labra, M. J. (1998). *Introducción a la psicología del pensamiento*. Madrid: Trotta.
- Hammond (1989). *Case-based planning: Viewing planning as a memory task*. New York: Academic Press.
- Hofstadter, D. R. (1984). *The Copycat project: An experiment in nondeterministic and creative analogies*. Cambridge, MA: MIT A.I. Lab. Memo 75.
- Hofstadter, D. R. (1985). Analogies and roles in human and machine thinking. En D. R. Hofstadter, *Metamagical themas: Questing for the essence of mind and pattern* (pp. 547-603). New York: Basic Books.
- Hofstadter, D. R. y el Grupo FARG (1995). *Fluid concepts and creative analogies: Computer models of the fundamental mechanisms of thought*. New York: Basic Books.
- Holyoak, K. J. (1984a). Analogical thinking and human intelligence. En R.J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 2, pp. 199-230). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Holyoak, K. J. (1984b). Mental models in problem solving. En J. R. Anderson y S. M. Kosslyn (Eds.), *Tutorials in learning and memory: Essays in honor of Gordon Bower* (pp. 193-218). San Francisco: Freeman.
- Holyoak, K. J. (1985). The pragmatics of analogical transfer. En G.H. Bower (Ed.), *The psychology of Learning and Motivation* (Vol. 19, pp. 59-87). New York: Academic Press.

- Holyoak, K. J., y Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory and Cognition*, 15, 332-340.
- Holyoak, K. J., Junn, E. N., y Billman, D. O. (1984). Development of analogical problem solving skill. *Developmental Psychology*, 55, 2042-2055.
- Holyoak, K. J., Novick, L. R., y Melz, E. R. (1994). Component processes in analogical transfer: Mapping, pattern completion, and adaptation. En K. J. Holyoak y J. A. Barden (Eds.), *Advances in connectionist and neural computation theory, Vol.2: Analogical connections* (pp 113-180). Norwood, NJ: Ablex.
- Holyoak, K. J., y Thagard, P. R. (1989). Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive Science*, 13, 295-355.
- Holyoak, K. J., y Thagard, P. R. (1995). *Mental Leaps: Analogy in creative thought*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Holyoak, K. J., y Thagard, P. R. (1997). The analogical mind. *American Psychologist*, 52, 35-44.
- Hummel, J. E., y Holyoak, K. J. (1996). LISA: A computational model of analogical inference and schema induction. En *Proceedings of the Eighteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 352-357). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hummel, J. E., y Holyoak, K. J. (1997). Distributed representations of structure: a theory of analogical access and mapping. *Psychological Review*, 3, 427-466.
- Johnson-Laird, P. N. (1989). Analogy and the exercise of creativity. En S. Vosniadou, y A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp.313-331). Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Keane, M. (1985). On drawing analogies when solving problems: A theory and test of solution generation in an analogical problem solving task. *British Journal of Psychology*, 76, 449-458.
- Keane, M. T. (1988). *Analogical problem solving*. Chichester: Ellis Horwood.
- Keane, M. T. (1994). Analogical asides on case-based reasoning. En S. Wess, K-D Althoff, y M. M. Richter (Eds.). *Topics in case-based reasoning* (pp. 21-32). Amsterdam: Springer-Verlag.
- Keane, M. T. (1997). What makes an analogy difficult?: The effects of order and causal structure in analogical mapping. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory & Cognition*, 23, 946-967.
- Keane, M. T., Ledgeway, T., y Duff, S. (1994). Constraints on analogical mapping: A comparison of three models. *Cognitive Science*, 18, 387-438.
- Kolodner, J. (1993). *Case-based reasoning*. San Mateo, Calif.: Morgan Kaufmann.
- Minervino, R. A. (1998). *Solución de problemas por analogía: Modelos computacionales versus procesos humanos*. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Salamanca, Salamanca, España.
- Minervino, R. A., y Adrover J. F. (1994). Solución de problemas por analogía: Aprendizaje de esquemas y transferencias a diferentes tipos de problemas similares. *Anuario de Investigaciones de la Facultad de Psicología de la Universidad de Buenos Aires*, 3, 115-127.
- Minervino, R. A., y Adrover, J. F. (1997, mayo). *The role of problem difference detection and of dependency descriptions in analogical problem solving: Computational models and human performance*. Artículo presentado en el Fifth International Colloquium on Cognitive Science, Donostia-San Sebastian, España.
- Minervino, R. A. y Adrover, J. F. (1998a, julio). *Dificultad relativa de los subprocesos analógicos en solución de problemas por analogía*. Póster presentado en el Segundo Congreso Iberoamericano de Psicología, Madrid, España.
- Minervino, R. A. y Adrover, J. F. (1998b). ¿Existen realmente una teoría sintáctica y una teoría semántico-pragmática en el campo del pensamiento analógico?. En M. D. Valiña y M. J. Blanco (Eds.), *Actas de las Primeras Jornadas de Psicología del Pensamiento* (pp. 121-132), Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- Minervino, R. A., y Adrover, J. F. (2000, julio). *The standard and the perception approaches to analogical thinking: A real confrontation*. Artículo a ser presentado en el Twentyseventh International Congress of Psychology, Estocolmo, Suecia.
- Minervino, R. A., y Molinari Marotto, C. (2000, julio). *The role of extra-contextual and contextual similarities in analogical mapping*. Artículo a ser presentado en el Twentyseventh International Congress of Psychology, Estocolmo, Suecia.

- Mitchell, M. (1993). *Analogy-making as perception*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Novick, L. R., y Holyoak, K. J. (1991). Mathematical problem solving by analogy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 3, 398-415.
- 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. (1989). Constraints on the abstraction of solutions. *Journal of Educational Psychology*, 81, 532-540.
- Reed, S. K., y Bolstad, C. A. (1991). Use of examples and procedures in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 753-766.
- Reed, S. K., Dempster, A., y Ettinger, M. (1985). Usefulness of analogous solutions for solving algebra word problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 11, 106-125.
- Reeves, M. L., y Weisberg, R. W. (1994). The role of content and abstract information in analogical transfer. *Psychological Bulletin*, 3, 381-400.
- Spellman, B. A., y Holyoak, K. J. (1996). Pragmatics in analogical mapping. *Cognitive Psychology*, 31, 307-346.
- Thagard, P. R. (1988). *Computational philosophy of science*. Cambridge, MA: MIT Press/Bradford Books.

Apéndice A

PROBLEMAS Y SOLUCIONES EMPLEADOS EN EL EXPERIMENTO

Grupo con análogo

Problema base: Un niño de 10 años debía trasladar una canica de plástico, de 1 cm de diámetro, desde un vaso cercano a otro más alejado, ambos localizados en la mesa en que se hallaba sentado. El vaso más alejado tenía agua hasta la mitad. La distancia que separaba los recipientes era de 50 cm. No podía levantarse de su silla para trasladarla. Además, no podía poner la canica directamente, esto es, cogiéndola con la mano y estirando el brazo, ya que una reja situada a mitad de distancia entre ambos vasos, lo impedía. La distancia entre los barrotes de la reja era de 4 cm. Debía asegurarse de que no se le cayera la canica al transportarla. Sobre la mesa había una lámina de cartulina de 35 cm por 4 cm.

Solución base: La solución que el niño dio a este problema fue la siguiente: dobló la lámina y formó con ella una canaleta en forma de uve, de 35 cm de largo. Sostuvo con su mano izquierda la canaleta, la pasó por entre dos de los barrotes de la reja, y, estirando el brazo, hizo que su extremo más alejado llegara al vaso que estaba del otro lado de la reja. Apoyó entonces ese extremo en el vaso alejado. Cogió con su mano derecha la canica y la puso en el extremo de la canaleta más cercano a él. Inclino levemente la canaleta. La canica rodó entonces por ésta, hasta caer en el vaso situado del otro lado de la reja, sin que se corrieran riesgos de que se cayera en el trayecto.

Problema objetivo: Suponga Usted que debe transportar una canica de cristal, de 1 cm de diámetro, desde un vaso cercano a otro más alejado, ambos situados en una mesa en que se halla sentado. El vaso más alejado tiene arena hasta la mitad. Los recipientes están separados por 50 cm de distancia. Para transportarla, no puede levantarse de su silla. Además, no puede hacer llegar la canica directamente, es decir, cogerla con la mano y llevarla hasta el otro vaso estirando el brazo, porque un cristal situado a mitad de distancia entre ambos vasos, lo impide. El cristal tiene, en el centro, un agujero de 5 cm de diámetro. Debe asegurarse de que no se le caiga la canica al transportarla. Sobre la mesa hay 3 cilindros huecos, de plástico duro, de 10 cm de largo cada uno, todos ellos con un diámetro de 3 cm. También hay un rollo de celo.

GRUPO CON SEUDOANÁLOGO

Problema base: Un niño de 10 años debía trasladar una canica de plástico, de 1 cm de diámetro, desde un vaso cercano a otro más alejado, situados cada uno de ellos en dos pequeñas mesas de una misma altura. El niño se hallaba sentado en una de estas mesas. El vaso de la otra mesa tenía agua hasta la mitad. La distancia que separaba los recipientes era de 50 cm. El niño no podía levantarse de su silla para trasladarla. Además, no

podía poner la canica directamente, esto es, cogiéndola con la mano y estirando el brazo, ya que una reja situada a mitad de distancia entre ambos vasos, lo impedía. La reja se hallaba entre ambas mesas y dividía la habitación completamente, esto es, de izquierda a derecha y de arriba a abajo. La distancia entre los barrotes de la reja era de 4 cm. El niño debía asegurarse de que no se le cayera la canica al transportarla. Sobre la mesa en que se hallaba sentado había una lámina de cartulina de 35 cm por 4 cm.

Solución base: La solución que el niño dio a este problema fue la siguiente: dobló la lámina y formó con ella una canaleta en forma de uve, de 35 cm de largo. Sostuvo con su mano izquierda la canaleta, la pasó por entre dos de los barrotes de la reja, y, estirando el brazo, hizo que su extremo más alejado llegara al vaso que estaba del otro lado de la reja. Apoyó entonces ese extremo en el vaso alejado. Cogió con su mano derecha la canica y la puso en el extremo de la canaleta más cercano a él. Incluyó levemente la canaleta. La canica rodó entonces por ésta, hasta caer en el vaso situado del otro lado de la reja, sin que se corrieran riesgos de que se cayera en el trayecto.

Problema objetivo: Suponga Usted que debe transportar una canica de cristal, de 1 cm de diámetro, desde un vaso cercano a otro más alejado, situados cada uno de ellos en dos pequeñas mesas de un altura idéntica. Usted se halla sentado en una de estas mesas. El vaso más alejado tiene arena hasta la mitad. Los recipientes están separados por 50 cm de distancia. Para transportarla, no puede levantarse de su silla. Además, no puede hacer llegar la canica directamente, es decir, cogerla con la mano y llevarla hasta el otro vaso estirando el brazo, porque un cristal, situado a mitad de distancia entre ambos vasos, lo impide. El cristal se halla entre ambas mesas y divide a la habitación completamente, es decir, de arriba a abajo y de izquierda a derecha; es, además, irrompible. Debe Usted asegurarse de que no se le caiga la canica al transportarla. Sobre la mesa hay 3 cilindros huecos, de plástico duro, de 10 cm de largo cada uno, todos ellos con un diámetro de 3 centímetros. También hay un rollo de celo.

Apéndice B

EJEMPLO DEL CUESTIONARIO APLICADO A LOS SUJETOS EN EL EXPERIMENTO (CORRESPONDENCIA CARTULINA ↔ CILINDROS)

Intente por favor responder a las siguientes preguntas solamente a partir de lo que recuerda que pensó en su momento y evite comunicar elaboraciones que se le ocurran ahora:

1) ¿Recordó, cuando leyó que en la mesa había tres cilindros, que en el primer problema había materiales diferentes para trabajar y qué materiales había?

2) ¿Le pareció en su momento importante esta diferencia, esto es, le pareció que había que tenerla en cuenta para resolver el problema objetivo?

3) ¿Al ver usted que disponía en este problema de cilindros, vino a su mente en algún momento la idea de doblar en uve los cilindros para construir una canaleta? (NO: pasar a 5; SÍ: pasar a 4).

4) ¿Cuándo se le ocurrió esta idea de doblar en uve los cilindros, sabía ya que no era posible ni adecuado o pensó primero efectivamente en hacerlo y sólo luego advirtió que no era apropiado?

5) ¿Qué fue lo que vino a su mente?

6) ¿Qué pensó cuando leyó que los cilindros eran huecos; recordó en ese momento de qué material era el instrumento para trabajar que tenía en el problema anterior?

7) ¿Qué pensó cuando en el segundo problema leyó que los cilindros eran de plástico duro; recordó en ese momento de qué material era el instrumento para trabajar que tenía en el problema anterior?

8) ¿Qué pensó cuando en el segundo problema leyó que cada uno de los cilindros medía 10 cm de largo; pensó en ese momento en el largo de la cartulina o de la canaleta?

9) ¿Qué pensó cuando en el segundo problema leyó que cada uno de los cilindros tenía un diámetro de 3 cm; pensó en ese momento en la cartulina o la canaleta?. 10) ¿Qué pensó cuando leyó en el segundo problema que disponía de celo para trabajar; pensó en ese momento en la cartulina o la canaleta? Tabla 1

Porcentajes de identificación de diferencias antes de la formulación de inferencias candidatas, de evaluación de diferencias detectadas y de resultados de la evaluación.