

TESIS DE MAESTRÍA

Título:

Técnicas de abstracción tardía para promover la transferencia

Autor: Verónica D'Angelo

Director: Dr. Máximo Trench

Año: 2020

Contenido

1.	Resumen	3
2.	Introducción	5
3.	Capítulo 1. Estudios experimentales sobre solución de problemas por analogía	9
3.1.	El tumor y la fortaleza	9
4.	Modelos computacionales de la recuperación analógica.....	16
4.1.	MAC/FAC (Forbus, Gentner & Law, 1995)	16
4.2.	LISA	18
4.3.	Las simulaciones computacionales de Finlayson y Winston (2005).....	20
5.	Capítulo 2: Intervenciones dirigidas a propiciar una codificación estructural de los análogos base	23
5.1.	Fomentar la construcción de esquemas comparando dos situaciones análogas	24
5.2.	Abstraer un esquema a partir de un único ejemplo	27
5.3.	Generar situaciones análogas	29
5.4.	Cambiar el lenguaje específico del dominio por un lenguaje de dominio general.....	30
5.5.	Simulaciones computacionales de la ventaja de abstraer los análogos base	31
6.	Capítulo 3: Intervenciones dirigidas a promover la recuperación durante el procesamiento del análogo meta	36
6.1.	Recuperación espontánea vs. búsqueda voluntaria de análogos base	36
6.2.	El principio de abstracción analógica tardía.....	42
6.3.	Comparar dos problemas meta irresueltos	43
6.4.	Comparar el análogo meta con un problema no análogo	44
6.5.	Inventar un análogo meta isomórfico.....	44
6.6.	Promoción de la recuperación analógica mediante el empleo de pronombres indefinidos 48	
7.	Experimentos.....	50
7.1.	Experimento 1	51
7.2.	Método	51
7.3.	Participantes.	51
7.4.	Materiales y procedimiento.	51
7.5.	Resultados y discusión	56
7.6.	Experimento 2: Definiciones relacionales.....	59
7.7.	Método	61
7.8.	Resultados y discusión	64
8.	Discusión general	66
9.	Conclusiones	67
10.	Aspectos éticos.....	68
11.	Relevancia y viabilidad	68
12.	Bibliografía	70
13.	Apéndice A: Historias leídas durante la fase de Aprendizaje	79
14.	Apéndice B: Ejemplos de resultados del Experimento 1.	80
15.	Apéndice C: Experimento 1. Fase de entrenamiento Grupo experimental	82
16.	Apéndice D: Experimento 2. Entrenamiento de grupo experimental.....	88
17.	Apéndice E: Historias.....	93
	Fig. 1: Arquitectura LISA. Fuente: Gick y Holyoak, 1997	18
	Fig. 2: Experimento 1. Resultados por grupo.....	56
	Fig. 3: Experimento 2. Recuperación por grupos.....	64

Agradecimientos

A *Máximo Trench* por abrirme las puertas de la investigación experimental y de una ciencia que no distingue fronteras geográficas ni disciplinares ni ideológicas.

A *Fernando Adrover* y *Ricardo Minervino*, por presentarme el mundo de las analogías desde un punto de vista crítico.

A la *Universidad Autónoma de Madrid* por el otorgamiento de una beca completa sin la cual no habría podido cursar la maestría.

A todos los *investigadores docentes de FLACSO/UAM*, por la riqueza de puntos de vista que logran modelar una psicología cognitiva integradora antes que “fragmentada”.

A *Soledad Sanseau* por su calidez humana mediando en tantos favores y soluciones.

A *Rodrigo Braicovich* por tanto talento y energía que le permiten, estando en la copa de un árbol, tejer lianas para saltar a otras copas y para invitar a otros a subir.

A todas las personas que participaron orientando o brindando los espacios, el tiempo y la buena voluntad que hicieron posible la administración de los tests: *Mariela Castro*, *Roberto Frenquelli*, *Nadia Peralta*, *Mariela Hilbe*, *Laura Coletto*, *Alejandro Hernández*, *Francisco Muraca*, *Ignacio Sáenz*, *Darío Marinozzi*, *Daniel Tedini*, *Daniel Airasca*, *Rodrigo Russo*, *Silvia Poncio*, *Alejandro Rodríguez*, *Carlos Caturegli*, *Mariano Castellaro*.

A *todos los alumnos* que contribuyeron con esmero resolviendo ejercicios.

A *Sergio*, por su amistad, sus consejos, y por hacerse tiempo para leer mis trabajos (aún hoy).

A *Cami*, *Pablo*, *Carlos*, y a *mi familia* por el cariño y el apoyo incondicional de siempre.

1. Resumen

La transferencia de conocimiento es un objetivo fundamental para la psicología del aprendizaje. El paradigma analógico de resolución de problemas cuenta con una extensa historia de investigaciones que, a pesar de su relevancia, no han logrado superar una tasa media de transferencia espontánea. Si bien es claro que la información relacional y abstracta es crítica, aún queda abierta la cuestión de si es posible facilitar el proceso abstractivo del enunciado de un problema mediante un heurístico más accesible a los participantes que la reformulación del enunciado en términos más generales utilizada en investigaciones previas. En este trabajo se proponen el uso de pronombres indefinidos en construcciones semánticas que facilitan la recuperación según dos tipos de formulaciones: formulaciones generales que refieren a la totalidad de relaciones en un problema, y formulaciones de orden intermedio, que hemos denominado “definiciones relacionales” construidas en torno a los objetos críticos del problema. En el experimento 1 probamos el uso de pronombres indefinidos como sustituto de sustantivos concretos. En el experimento 2, probamos el uso del pronombre indefinido “algo” en las “definiciones relacionales” de objetos. Los resultados indican que la indefinición de los sustantivos alcanza para eliminar el contenido superficial pero los esquemas que se obtienen para describir el problema son extensos y demasiado complejos como para desencadenar la recuperación espontánea. Sin embargo, se obtuvo una diferencia significativa en la recuperación mediante definiciones relacionales de los objetos críticos del problema.

2. Introducción

Establecer una analogía consiste en percibir que dos situaciones, similares o no en apariencia, resultan equiparables en un nivel más abstracto de descripción. En ocasiones, esta intelección permite la transferencia inductiva de conocimientos desde una situación relativamente conocida (*análogo base*: AB) hacia otra situación (*análogo meta*: AM) cuya comprensión nos interesa incrementar (Holyoak & Thagard, 1995).

El razonamiento analógico participa en un amplio espectro de actividades cognitivas, que abarca desde las manifestaciones más elocuentes del genio creativo, hasta un sinnúmero de operaciones cotidianas que, dada su ubicuidad, raramente resultan percibidas (Hofstadter, 2001). Dentro del primer grupo, cabe destacar el papel fundamental que las analogías han desempeñado en el descubrimiento y la explicación científicas. A modo de ejemplo, Johannes Kepler advirtió que el tiempo de traslación de un planeta aumentaba con su distancia del Sol. Pero las nociones de movimiento de Kepler seguían siendo aristotélicas: como el vacío perfecto es imposible, cada objeto en movimiento necesita una fuerza que lo impulse. Por lo tanto, suponiendo que todos los planetas tuvieran capacidades de propulsión similares, períodos más largos simplemente podrían reflejar que los planetas exteriores necesitan cubrir una distancia más larga. Pero resultó que los planetas más lejanos no solo mostraban velocidades angulares más bajas, sino también velocidades tangenciales más bajas: simplemente se movían más lentamente. ¿Cómo podrían coordinarse sus inteligencias de tal manera que los planetas más lejanos ajustaran su autopropulsión según su distancia del Sol? Ansioso por reemplazar este tipo de explicaciones teleológicas por el tipo de causalidad que caracterizaba a la Física moderna, Kepler descartó la propulsión autorregulada en favor de una explicación más parsimoniosa, en la que el movimiento de los planetas se originara en una única fuerza de rotación (*vis motrix*) emanada del sol. Pero, ¿cómo encajaban sus observaciones planetarias dentro de este nuevo esquema? Para dar sentido a las regularidades observadas, recurrió a su (por aquellos días) teoría avanzada de cómo se propagaba la luz en el espacio: al igual que la densidad de la luz, que se vuelve más y más delgada cuanto más se separa el objeto de la fuente de luz, entonces la fuerza motriz emanada del Sol

disminuye a medida que los planetas se vuelven cada vez más distantes, lo que los impulsa en menor grado. Si bien la explicación causal de Kepler es incorrecta según los estándares newtonianos, su analogía con la luz motrix ayudó a precipitar un cambio sin precedentes en la historia de la astronomía: desde atribuir libre albedrío a entidades celestiales hasta abrazar una cuenta puramente física basada en fuerzas inanimadas sin alma. El uso de analogías también juega un rol importante en la invención tecnológica. Durante el desarrollo del teléfono, Alexander Graham Bell se basó en gran medida en una analogía con la anatomía del oído humano. Al desarrollar prótesis para sordos, el padre de Alexander ya había profundizado en la relación entre el timbre de vocales y consonantes y la forma de sus ondas sonoras correspondientes. Basado en un dispositivo propio que usaba tímpanos y huesecillos reales para grabar sonidos verbales en una placa de vidrio ahumado (es decir, el fonógrafo del oído), Alexander hizo una analogía de la estructura del oído humano para sugerir que si el sonido pudiera convertirse a una corriente eléctrica, entonces dicha corriente podría reconvertirse a una señal acústica en el otro extremo del circuito eléctrico, dando lugar a un telégrafo parlante. En cuanto a la teorización histórica y política, el uso de analogías resulta también un recurso habitual: a mediados del siglo XX, por ejemplo, el “efecto dominó” sirvió a las potencias occidentales para modelar el peligro que entrañaba la irrupción de gobiernos comunistas en diversas partes del mundo. El derecho sajón, por su parte, se basa casi enteramente en la comparación de casos actuales con casos anteriores de similares características, sobre los cuales los jueces ya han sentado jurisprudencia.

El razonamiento analógico subyace también a un sinnúmero de actividades escolares. En el ámbito de la enseñanza, los docentes suelen explicar conceptos abstractos como la corriente eléctrica o la interrelación entre organismos intracelulares apoyándose en analogías con sistemas más fáciles de representar, tales como el flujo de agua en una cañería, o los distintos componentes de una fábrica, respectivamente.

La transferencia de conocimientos por analogía involucra una serie de procesos cognitivos. En primer lugar, la persona debe formar una representación mental de de los análogos base y meta en memoria de trabajo. Una vez que ambas representaciones se encuentran

simultáneamente activas en memoria de trabajo, el sistema cognitivo buscará establecer correspondencias entre los elementos y acciones que desempeñan roles paralelos en ambas situaciones (establecimiento de correspondencias, o *mapping*). Por último, los elementos del análogo base que no encontraron correspondencia en el dominio meta pueden proyectarse inductivamente hacia el análogo meta. Dado que las inferencias analógicas poseen un carácter inductivo, el razonador evaluará su aplicabilidad al dominio meta, debiendo proceder a adaptar los elementos transferidos en caso de no resultar aplicables de manera literal.

Pese a la importancia de las analogías para facilitar la comprensión de conceptos abstractos o complejos, el uso de las analogías en ámbitos escolares trasciende ampliamente su utilización por parte de los docentes: El razonamiento analógico le permite al aprendiente transferir sus conocimientos hacia nuevas situaciones. Por tales razones, el razonamiento analógico resulta un potencial antídoto para el *problema del conocimiento inerte*, esto es, la dificultad que los docentes le atribuyen a los alumnos a la hora de aplicar sus aprendizajes a contenidos (y/o en contextos) diferentes a los del aprendizaje originario.

Numerosas investigaciones sugieren que, pese a la complejidad computacional implicada en detectar el conjunto de correspondencias entre dos situaciones, la actividad de comprender una analogía no presenta demasiadas dificultades para las personas (Gentner, Rattermann, & Forbus, 1993). Las dificultades aparecen, no obstante, a la hora recuperar desde memoria de largo plazo (MLP) una situación estructuralmente similar a aquella que está siendo procesada por el razonador, especialmente cuando esta similitud estructural entre la situación actual (análogo meta) y las situaciones almacenadas en MLP no vienen acompañadas, además, de elementos semánticamente similares (Gick & Holyoak, 1980, Keane, 1987). Con base tanto en recientes estudios empíricos como en modelos computacionales de la recuperación analógica, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar y poner a prueba estrategias cognitivas dirigidas a contrarrestar los límites de competencia de nuestro sistema cognitivo para el recuerdo de situaciones análogas desde memoria. Aparte de resultar ejecutables por los aprendientes sin ayuda externa, las presentes estrategias resultan más sencillas y por ende más ampliamente

aplicables que las propuestas con anterioridad. Por tales razones, constituyen un potencial insumo para prácticas educativas interesadas en combatir el problema del conocimiento inerte.

El segmento teórico de la presente tesis comprenderá tres capítulos. El primero comenzará por revisar estudios empíricos sobre la recuperación de problemas análogos desde MLP, y concluirá con una exposición y discusión de los principales modelos computacionales desarrollados para simular los resultados de dichos estudios. El segundo capítulo comenzará por revisar una serie de intervenciones dirigidas a aumentar la recuperación de análogos distantes por vía de promover una codificación mas abstracta de los análogos base. Tras exponer el modo en que los resultados de tales intervenciones han sido computacionalmente simulados, se discutirán las limitaciones de dichas estrategias en términos de aplicabilidad instruccional. El último capítulo del segmento teórico analizará el recientemente postulado "principio de abstracción tardía" (Gentner et al. 2009), de importantes implicaciones para resolver las limitaciones de aplicabilidad inherentes a la abstracción de los análogos base durante su aprendizaje. Siguiendo una estructura similar a la del capítulo anterior, se revisarán las intervenciones psicológicas que han sido derivadas de dicho principio psicológico, así como sus simulaciones computacionales. Las dos intervenciones cuyos resultados serán expuestos en el segmento experimental buscarán superar las limitaciones de aplicabilidad de las estrategias cognitivas desarrolladas hasta la fecha.

3. Capítulo 1. Estudios experimentales sobre solución de problemas por analogía

El paradigma experimental utilizado en la mayoría de las investigaciones sobre recuperación de problemas análogos consta de dos fases: una fase de codificación, y una fase de recuerdo. En la primera, los participantes reciben un problema o situación entremezclado entre otros textos de relleno. Tras una separación contextual, en la segunda fase los participantes reciben un problema irresuelto, debiendo proponer posibles soluciones. Este procedimiento permite manipular tanto las condiciones de adquisición de los análogos base como las condiciones de procesamiento de los análogos meta, echando luz sobre los factores que favorecen (o o comprometen) la recuperación de los primeros.

3.1.El tumor y la fortaleza

Gick y Holyoak (1980) evaluaron la capacidad de sus participantes para transferir una solución dada a un problema base hacia otro problema meta estructuralmente similar, pero con escasa similitud superficial (similitud entre los objetos involucrados). En la primera de las fases, los participantes recibieron tres historias en el contexto de una tarea de memorización de historias. Tras estudiar cada uno durante 15 minutos, debían reproducirlas con el máximo nivel posible de detalle. Mientras que la primera y la tercera historia constituían textos de relleno, la segunda historia (i.e. problema base) resultaba análoga al problema que sería presentado en la fase siguiente. Dicha historia contaba que

“Un pequeño país era gobernado por un rey desde una fortaleza, rodeada de villas. Múltiples caminos radiaban desde ella. Un general rebelde, que ansiaba tomar la fortaleza, sabía que un ataque súbito efectuado por la totalidad de su tropa podía lograrlo. Tras colocar sus tropas en uno de los caminos, se enteró que estaban minados, de tal modo que solo pequeños grupos de personas, como mercaderes o trabajadores, podían atravesarlos de forma segura. El paso de un batallón los detonaría, dañando a su vez las villas aledañas. Por ello, un ataque a gran escala

parecía imposible. Sin embargo, el general supo de qué forma proceder. Dividió su ejército en pequeños grupos, y tras ubicarlos sobre caminos diferentes, los hizo converger sobre la fortaleza de tal modo que arribaran de forma simultánea. La fortaleza fue capturada, y el rey obligado a mantenerse en el exilio”.

En la siguiente fase, introducida como un estudio sobre solución de problemas, los participantes debieron proponer una o más soluciones para el famoso problema del tumor (Duncker, 1945):

“Suponga usted que se enfrenta con un paciente que tiene un tumor maligno en el estómago. Resulta imposible operar al paciente, pero si no se destruye el tumor el paciente morirá. Existe un tipo de rayo que podría utilizarse para destruir el tumor. Si estos rayos alcanzan al tumor a una intensidad suficientemente alta, lo destruirán. Por desgracia, a esta intensidad también destruirían al tejido sano a través del cual deben pasar para alcanzar al tumor. A bajas intensidades estos rayos serían inofensivos para los tejidos sanos, pero también resultarían ineficaces para el tumor. Qué tipo de procedimiento podría usarse para destruir el tumor con los rayos, pero evitando destruir los tejidos sanos?”

La historia militar y el problema del tumor comparten, en cierto nivel de abstracción, un sistema similar de relaciones y roles. En ambos casos existe una fuerza que, aplicada a una intensidad elevada, resulta capaz de destruir un objetivo central. Sin embargo, a esta intensidad destruiría también otros elementos que resulta importante preservar. Por tales razones, la recuperación de la historia militar desde MLP permitiría exportar la solución convergente hacia el problema meta: de modo análogo a como el General dividió su gran ejército en pequeños grupos de soldados, haciéndolos convergen hacia la fortaleza sin detonar las minas, podrían enfocarse

haces de baja intensidad desde distintas direcciones, haciendo que la fuerza de los distintos haces se sumen al converger sobre el tumor sin afectar los tejidos circundantes.

Gick y Holyoak (1980) compararon la frecuencia con la que los participantes producían soluciones convergentes bajo dos condiciones experimentales: con indicación de tener en cuenta las historias de la fase anterior a la hora de resolver el problema del tumor vs. sin indicación de considerar dichas historias. El contraste entre estas dos condiciones fue muy acentuado: mientras que los participantes a quienes se les sugirió considerar las historias de la primera fase transfirieron la solución convergente en el 75% de los casos, dicha proporción se redujo a un 30% en ausencia de dicha indicación. Dado que un 10% de las personas no expuestas al problema militar de todos modos generarían naturalmente una solución convergente para el problema del tumor, podría considerarse que el porcentaje neto de personas que logran resolver espontáneamente el problema del tumor por medio de recuperar del problema militar desde MLP ronda tan solo el 20%.

Los autores interpretaron esta caída en la recuperación analógica en términos de las distintas restricciones psicológicas que imponen procesos de recuperación de situaciones análogas, en comparación con las restricciones involucradas en el establecimiento de correspondencias. En presencia de la indicación de tener en cuenta las situaciones de la primera fase, los participantes tienen la posibilidad de comparar de manera secuencial el problema meta con dada uno de las situaciones base, con lo que la tarea se reduciría a encontrar las eventuales correspondencias analógicas entre el problema meta y alguna de las tres historias base. Aunque cada una de estas comparaciones estructurales podría conllevar centenares de cálculos unitarios (ver siguiente capítulo), la posibilidad de establecer estas operaciones en tiempo real resulta psicológicamente plausible. En contraste, la posibilidad de recuperar la historia militar en ausencia de una indicación de considerar las historias de la primera fase implicaría establecer comparaciones estructurales entre el problema del tumor y millones de situaciones almacenadas en la MLP. Dado el enorme caudal de computo implicado en esta posibilidad, varios autores han considerado psicológicamente implausible que este tipo de búsqueda pueda realizarse con éxito

en tiempo real (ver, e.g., Forbus, Gentner & Law, 1995, Thagard, Holyoak, Nelson, & Gochfeld, 1990).

La baja recuperación de análogos interdominio obtenida por Gick & Holyoak (1980) en la condición "sin indicación" podría incluso representar una sobreestimación de la probabilidad real, ya que aquellos pocos participantes que advirtieron por propia cuenta la conexión entre el problema médico y el problema militar podrían haber sacado ventaja de una separación contextual mucho más débil que la que tiene lugar en contextos reales. A efectos de aumentar la separación contextual entre la fase de aprendizaje y la fase de recuperación, Spencer y Weisberg (1986) solicitaron autorización por parte de un instructor de un curso de Psicología para que los alumnos participaran en un experimento sobre comprensión de texto. Tras leer la historia militar antes utilizada por Gick & Holyoak, los alumnos debieron contestar una serie de preguntas sobre ella. Una vez que los experimentadores se habían retirado, los participantes recibieron el problema de las radiaciones enmarcado en una demostración clásica sobre solución de problemas de *insight*. Frente a esta separación contextual, solo el 12% de los alumnos propusieron soluciones convergentes, proporción relativamente similar a la de una condición de control en la que la presentación del problema del tumor no fue precedida por la presentación del problema militar (4%).

Los resultados de Gick y Holyoak (1980) y Spencer y Weisberg (1986) coinciden en subrayar las dificultades involucradas en recuperar análogos base que no mantienen similitudes superficiales con el análogo meta. A efectos de determinar en qué medida la presencia de estas similitudes facilita la recuperación, Keane (1987) manipuló la distancia semántica entre los análogos base y meta. Al igual que en Spencer y Weisberg (1986), los participantes de la condición interdominio recibían la historia del militar por parte del tutor de un curso sobre psicología cognitiva, y a modo de demostración práctica sobre fenómenos clásicos de la memoria. En cambio, los participantes de la condición intradominio leyeron una historia literalmente similar al problema de la radiación de Dunker (1945), pero con una organización textual paralela a la de la historia militar:

"Un cirujano intentaba usar cierto tipo de rayo para destruir un cáncer ubicado en el centro del cerebro de un paciente. A efectos de destruir el tejido canceroso, necesitaba aplicar dichos rayos a gran intensidad. Sin embargo, a la requerida intensidad los tejidos sanos circundantes también serían dañados. Tras mucho razonar, supo exactamente cómo proceder. Dividió los rayos en varios haces de baja intensidad, y los enfocó hacia el cáncer desde distintas direcciones. Estos rayos convergieron simultáneamente sobre el tejido canceroso, adquiriendo suficiente intensidad como para destruirlo".

Sobre el final de la clase, los experimentadores ingresaron al aula a efectos de reclutar participantes para un estudio sobre solución de problemas a realizarse en los días subsiguientes. Antes de recibir los problemas meta, los participantes leyeron un material instructivo que enfatizaba el rol de las analogías en la solución de problemas, ilustrado con ejemplos de analogías distantes. Luego los participantes recibieron el problema de la radiación enmarcado entre dos problemas de relleno, debiendo pensar en problemas análogos antes comenzar a resolverlos. Al igual que en Spencer y Weisberg (1986), el análogo base interdominio resultó recuperado en el 12% de los ensayos. En contraste, el análogo base literalmente similar (o intradominio) fue recuperado en el 88% de los casos, demostrando un fuerte efecto de las similitudes superficiales en la recuperación.

En un experimento subsiguiente, Keane (1987, Experimento 2) procuró determinar en qué medida resultaba necesario que el análogo base y el análogo meta compartan elementos *idénticos*. Se emplearon dos nuevos análogos base en los cuales un elemento central resultaba o bien idéntico (rayos) o bien similar (láser) al elemento central del problema del tumor. En estos problemas, "un General intentaba destruir un misil intercontinental utilizando cierto tipo de (rayos/láser), capaces de atravesar la atmósfera a una gran velocidad. Si bien los (rayos de gran intensidad/láser de gran poder) lograrían destruir el misil, (rayos de tal intensidad/laser de tal poder) calentarían el aire a través del que habrían de viajar, distorsionando los propios haces". Las historias concluían afirmando que "tras mucho razonar, el General dividió los (rayos de gran intensidad/lasers de gran poder) en varios haces de menor (intensidad/poder) y los apuntó hacia el misil desde distintas

direcciones. Al converger simultáneamente sobre él, generaron un haz suficientemente fuerte como para destruirlo".

En promedio, la recuperación de estos dos problemas (55%) resultó muy superior a la del problema militar original, sugiriendo que no resulta imprescindible que el análogo base provenga del mismo dominio temático que el análogo meta. Por su parte, el hecho de que la recuperación del problema con elementos idénticos (58%) no haya resultado superior a la del análogo base que poseía elementos meramente similares (53%), sugiere es la similitud semántica y no la identidad léxica el factor que facilita la recuperación de situaciones análogas desde MLP.

En un estudio de tipo naturalista, Chen, Mo y Honomichl (2004) encontraron evidencia de que soluciones aprendidas muchos años atrás en cuentos populares resultan recordadas con muy alta frecuencia ante problemas isomórficos con cambios superficiales. El problema base culturalmente aprendido narraba la historia de un emperador que recibió como regalo un enorme elefante, pidiendo al obsequiante que lo pesara. Cuenta la historia que si bien el obsequiante no pudo pesar el animal por no poseer balanzas de tal capacidad, el hijo pequeño del emperador sugirió una solución consistente en embarcar el elefante en un bote, marcar hasta dónde se hunde, reemplazar al elefante por piedras menores hasta alcanzar dicho nivel, y finalmente sumar el peso de dichas piedras. Chen et al., (2004, Experimento 2) pidieron a sus participantes (estudiantes chinos) que resuelvan cuatro variantes de este cuento popular en las cuales, aparte de modificarse ligeramente el escenario del problema (en el problema meta los integrantes de una expedición científica debían pesar un objeto que superaba la capacidad de sus balanzas), se reemplazaban (o no) los objetos a ser pesados (*elefante por asteroide*), los elementos disponibles para pesar los objetos críticos (*bote por plataforma montada sobre resortes*), o ambos. Tras intentar resolver el problema meta escogiendo entre una serie de elementos dibujados en una hoja de papel, los participantes debían contestar si durante la fase de solución habían o no recordado una historia similar.

Chen et al. (2004) encontraron probabilidades de recuperación de entre 70% y 93% de acuerdo al tipo de problema presentado, lo que fue interpretado como evidencia de que análogos

base aprendidos en contextos naturales, pueden recuperarse durante la solución de un problema meta con diferencias superficiales incluso años después de haber sido aprendidos. Sin embargo el hecho de algunos rasgos centrales del nuevo problema resultaran idénticos a los del cuento popular (e.g., en ambos casos el problema consiste en pesar un objeto que excede la capacidad de las balanzas disponibles) impide tomar estos resultados como evidencia de recuperación puramente interdominio. Recuérdese que en Keane (1987) la mera presencia de uno o dos elementos similares alcanzaba para facilitar la recuperación de situaciones estructuralmente similares.

En un estudio más reciente, Dehghani et al., (2009) utilizaron un diseño similar al de Chen et al., (2004) a efectos de evaluar si se recuperan historias populares al intentar decidir sobre dilemas morales. La historia en cuestión narraba que Pourya Vali, el luchador más famoso de su tiempo, iba a enfrentar a un joven atleta, y que en la víspera de la pelea, Pourya Vali oye a la madre del joven atleta suplicar a Dios que ayudara a su hijo, ya que ganar esa pelea le permitiría comprarse una casa para vivir. La historia refiere que Pourya Vali, razonando que el joven necesitaba la plata más que él, decide dejarse ganar aquella pelea. Los participantes (estudiantes iraníes) recibían una de cuatro variaciones de la historia, pero con final abierto, debiendo decidir por ellos mismos entre la opción sacrificada y la opción utilitaria. Tres de las versiones implicaban cambios estructurales, por lo que su relación con el AB tampoco resultaba, en sentido estricto, análoga. La versión restante resultaba análoga al dilema de Pourya Vali pero incluía cambios superficiales: contaba que Ali, el mejor jugador de ping-pong de su ciudad, iba a jugar una partida con un joven atleta de otra ciudad, y que al salir a dar una vuelta fuera del estadio oye a la madre del joven atleta pedir a Dios que ayude a su hijo, ya que el dinero de la partida le permitiría casarse. Tras elegir entre la opción sacrificada (dejarse ganar) y la opción utilitaria (ganar la partida) se preguntaba a los participantes a qué narrativa popular esta historia les hacía acordar. Dehghani et al., (2009) informan que el 66% de los participantes que recibieron esta última variante mencionaron la historia de Pourya Vali cuando se les preguntó si la historia leída les hacía recordar alguna narración cultural. Si bien estos resultados presentan evidencia de que ABs

naturales pueden recuperarse muchos años después de su codificación originaria, la débil manipulación de la distancia semántica no permite afirmar que esta la recuperación resulte interdominio, ya que, al igual que en Chen et al, (2004) los AMs presentados por Dehghani et al. (2009) siguen presentando elementos idénticos a los del AB (e.g., madre ↔ madre; Dios ↔ Dios; ganar ↔ ganar, joven ↔ joven, atleta ↔ atleta mejor ↔ mejor, etc.).

Tomados en conjunto, los estudios existentes sobre solución de problemas por analogía convergen en demostrar que la probabilidad de recuperar espontáneamente un análogo desde MLP resulta intermedia o alta presencia de similitudes superficiales, pero extremadamente baja en aquellos casos en los que el análogo base y el análogo meta no comparten elementos semánticamente similares.

4. Modelos computacionales de la recuperación analógica

4.1.MAC/FAC (Forbus, Gentner & Law, 1995)

Forbus, Gentner, y Law (1995) presentaron un modelo de recuperación basado en similitud que intenta captar los siguientes fenómenos psicológicos:

- a. En la recuperación de la memoria de largo plazo (MLP) las coincidencias superficiales son más importantes (facilitan más la recuperación actuando como clave de búsqueda) que las coincidencias estructurales.
- b. Sin embargo, en algunas ocasiones se producen recuerdos puramente estructurales. (Estos recuerdos son denominados “análogicos” por los autores).

Tal como se enunció mas arriba, la posibilidad de realizar una comparación estructural entre el problema meta y todas las situaciones almacenadas en MLP resulta psicológicamente implausible. Por tal razón, Forbus et al. (1995) modelaron el proceso de recuperación analógica como gobernado por dos etapas sucesivas: la fase MAC (Many Arre Called), que constituye un filtro computacionalmente barato centrado en similitudes puramente superficiales, y la fase FAC

(Few Are Chosen), que constituye un algoritmo de comparación estructural computacionalmente caro, pero cuya aplicación se restringe a comparar el análogo meta con un conjunto muy acotado de candidatos, seleccionados durante la etapa anterior.

A efectos de obtener una estimación rápida del solapamiento de contenido entre el análogo meta y cada uno de los items almacenados en MLP, la etapa MAC extrae un vector de contenido de la representación objetivo y lo compara con los vectores de contenido de todas las representaciones almacenadas. Los vectores de contenido, que son resúmenes planos del conocimiento codificado en estructuras relacionales complejas, se generan asignando una posición en una serie ordenada a todos los conceptos en LTM y contando cuántas veces aparece cada concepto predicado en cada una de las situaciones almacenadas. Por ejemplo, si MLP comprende 100 situaciones colectivas con 1000 predicados, los vectores de cada fuente y análogo de destino tendrán 1000 términos, la mayoría de los cuales tendrán un valor cero. Al calcular los productos escalares entre el vector de contenido del objetivo y los vectores de todas las situaciones en LTM, la etapa de MAC envía a la etapa de FAC el elemento fuente que produce el producto escalar más alto, así como cualquier otra situación de fuente dentro del 10% del mismo. . Como las estructuras más grandes podrían aumentar los productos escalares de manera distorsionante, los vectores de contenido se normalizan de modo que se distribuya una cantidad fija de peso entre los campos distintos del cero del vector, en proporción a la numerosidad de cada predicado en la secuencia.

La etapa FAC es responsable de la alineación estructural, la interpretación y la evaluación de los partidos presentados por la etapa MAC. Por lo tanto, opera en representaciones proposicionales de los análogos, en lugar de en los vectores de contenido utilizados por MAC. La etapa FAC comienza creando todas las correspondencias posibles entre relaciones idénticas, y luego entre los argumentos de esas relaciones. Luego, el programa fusiona incrementalmente las coincidencias locales en asignaciones más grandes que cumplen con las restricciones de la conectividad paralela (si se asignan dos predicados, sus argumentos también deben asignarse) y la asignación uno a uno (los elementos en un análogo deben asignarse a un solo elemento en El

otro análogo). Finalmente, FAC estima la calidad de los mapeos globales en función de su tamaño, su profundidad y la similitud semántica de sus objetos correspondientes. Al igual que con el componente de selección de la etapa MAC, FAC elige los elementos básicos cuya comparación con el objetivo produce la puntuación más alta, además de todos los demás elementos dentro del 10% de dicha puntuación.

4.2.LISA

La arquitectura de LISA se propone simular la recuperación, el establecimiento de correspondencias, la generación de inferencias y la abstracción de esquemas mediante un único conjunto de procesos que posean plausibilidad psicológica y neuronal. LISA representa asociaciones entre roles y argumentos en memoria de trabajo, y los almacena en MLP para su posterior recuperación. Cuando una unidad de proposición (P) como *Juan ama a María* resulta activada (Fig. 1), transmite activación descendente a unidades de subproposición (SPs) que representan asociaciones entre cada rol de la proposición y su correspondiente argumento.

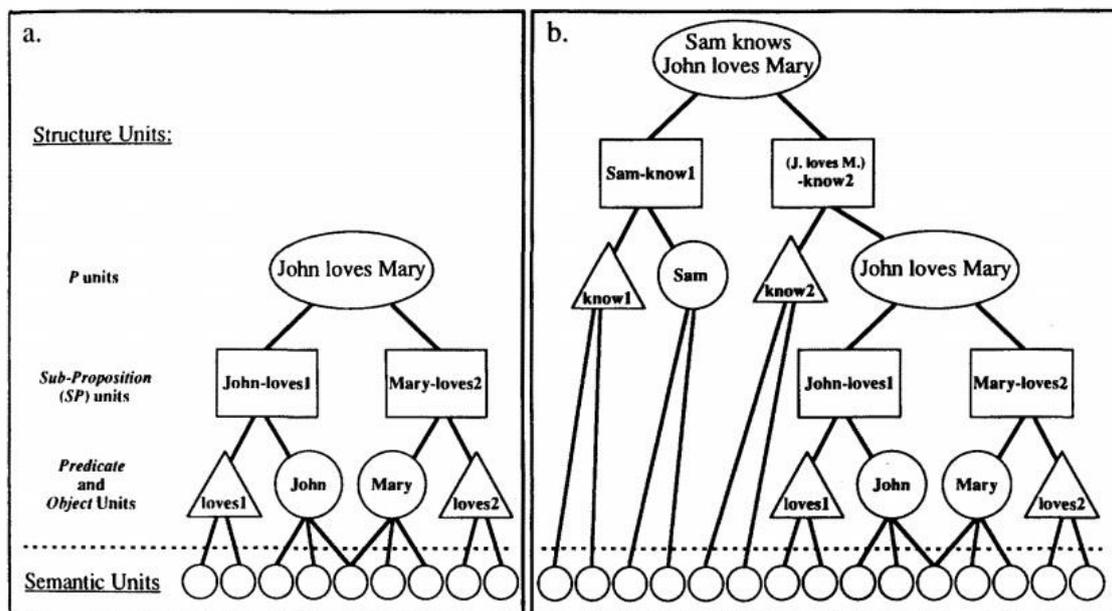


Fig. 1: Arquitectura LISA. Fuente: Gick y Holyoak, 1997

Durante el breve período de tiempo (en el orden de los milisegundos) en el que cada unidad SP se mantiene activa, transfiere activación "de arriba hacia abajo" a dos unidades estructurales independientes: una que representa un rol de la proposición, y la otra su argumento (e.g., *Juan* y

amador). Estas dos unidades se activan de manera simultánea, pero de forma alternada respecto a las unidades de la SP complementaria (i.e. *María* y *amada*), a una tasa de varias alternancias por segundo. A su vez, los roles y sus argumentos activan una colección de primitivos semánticos que constituyen su significado. A modo de ejemplo, cuando una proposición como *Juan ama a María* resulta activada en memoria de trabajo, los primitivos semánticos del rol *amador* (e.g., *emoción1*, *positiva1*, y *fuerte1*) se activan al mismo tiempo que los primitivos semánticos de *Juan* (e.g., *humano*, *masculino* y *adulto*), y fuera de sincronía con las unidades que representan el rol *amado* (e.g., *emoción2*, *positiva2* y *fuerte2*), las que se activan en simultaneo con las unidades correspondientes a *María* (e.g., *humano*, *fememino* y *adulto*). Cuando cada conjunto simultaneo de primitivos semánticos se activa en memoria de trabajo, transmite activación "de abajo hacia arriba" a unidades pertenecientes a situaciones almacenadas en MLP, en función del solapamiento que presentan sus correspondientes primitivos semánticos. Las restricciones sintácticas son impuestas por conjuntos de enlaces excitatorios e inhibitorios. Dentro de un análogo base, las unidades de diferente jerarquía están unidas por conexiones excitatorias simétricas, mientras que las unidades del mismo nivel comparten enlaces inhibitorios simétricos. De esta manera, cuando las unidades de predicado y objeto en un análogo base responden a patrones de activación en WM, activan las unidades SP y P por encima de ellas, lo que inhibe otras unidades del mismo tipo, imponiendo la restricción de mapeo uno a uno. Una vez que una unidad P en el objetivo ha activado una unidad P correspondiente al análogo base, la restricción de conectividad paralela se impone mediante la activación de arriba hacia abajo de las unidades de estructura debajo de ellas.

Al igual que en MAC/FAC, el hecho de que la conexión inicial entre un análogo meta y potenciales análogos base dependa exclusivamente del grado de solapamiento de sus primitivos semánticos hace que el filtro inicial no tenga en cuenta estructura compartida, sino rasgos superficiales, conllevando por ende la recuperación mayoritaria de situaciones superficialmente similares al análogo meta, tal como la que muestran los resultados de estudios psicológicos sobre recuperación analógica. Pero a diferencia de MAC/FAC, cuya segunda fase resulta en última instancia capaz de computar conjuntos de correspondencias analógicas relativamente complejos

entre el análogo meta y las situaciones seleccionadas por la fase MAC, las restricciones de capacidad de la memoria de trabajo autoimpuestas por LISA le permiten comparar estructuras más simples, es decir, con menos niveles de subordinación. Tal como se verá en apartado siguiente, en donde el tamaño de las representaciones de los análogos fue computacionalmente manipulado, la opción de tomar como claves de recuperación estructuras de menor tamaño que la representación proposicional "completa" del tipo de historias utilizadas no limita de forma adicional la probabilidad, ya de por sí escasa, de recuperar un análogo temáticamente distante.

4.3.Las simulaciones computacionales de Finlayson y Winston (2005)

Finlayson y Winston (2005) desarrollaron un modelo computacional que utiliza *características intermedias* como desencadenante en la recuperación. La distinción entre “tamaños” de características se inspiró en una analogía con modelos computacionales de reconocimiento visual. Ullman y colaboradores (2002), habían señalado que el sistema visual humano analiza los objetos en etapas, comenzando por detectar características locales simples hasta su representación final según características más grandes y complejas. Si bien la naturaleza y el uso de las características de complejidad superior aún no ha sido aclarado, las características de complejidad intermedia mostraron ser óptimas para tareas de clasificación. Por ejemplo, para lograr identificar un rostro diferenciándolo de otros elementos de una imagen, se deben analizar las relaciones entre sus partes. Este análisis procede de manera eficiente iniciando con un análisis de los fragmentos de tamaño intermedio, por ejemplo, dos ojos, en vez de analizar un ojo, o la totalidad de la cara. Aprovechando este conocimiento, diseñaron un sistema que ponderaba más las coincidencias de características intermedias que las de características grandes o pequeñas, obteniendo óptimos resultados. Las características pequeñas, como un ojo borroso, producían un gran número de faltos positivos por su similitud con un gran

número de partes, y las características grandes y complejas, por su alta especificidad, producían un gran número de falsos negativos.

Finlayson y Winston (2005) proponen que la recuperación simbólica óptima, por analogía con la recuperación visual, se produce mediante la comparación de características de tamaño intermedio, es decir, con un número intermedio de nodos relacionados. Esta distinción se relaciona con la noción de predicados de orden cero, primer orden y orden superior (Gentner, 1983). Las características que Finlayson y Winston denominan “pequeñas” se corresponderían con los predicados de orden cero en Gentner, es decir, con atributos de entidades. Las características “intermedias” se corresponderían con los predicados de primero y segundo orden, es decir, relaciones entre más de un objeto. Estas características, en tanto relaciones de orden inferior entre objetos, son los “fragmentos” que utilizan los expertos para buscar información en MLP, en contraste con los novatos, que buscarían porciones más elementales, constituidas por los contenidos superficiales de elementos individuales.

A diferencia de MAC/FAC, que en su fase MAC genera una búsqueda “tonta” basada en caracteres superficiales y también estructurales, Finlayson y Winston proponen que, si bien la búsqueda de los novatos utiliza como criterio estas características simples, la búsqueda de los expertos añade un nivel más de “relacionalidad” que abarcaría, como mínimo, la relación entre dos objetos. De modo tal que los expertos lograrían recuperaciones más sólidas, puesto que este tamaño intermedio de los criterios de búsqueda, es más eficiente que la utilización de un tamaño pequeño o máximo.

Nos propusimos poner a prueba si el mismo problema del experimento anterior (el problema del tumor), puede ser codificado por los participantes como dos fragmentos, cada uno de los cuales no es tan pequeño como una característica aislada (e.g. “tumor”) ni tan grande como el problema completo, sino intermedio, es decir, cada fragmento

comprende un objeto crítico y su relación abstracta con el entorno, descartando sus caracteres de superficie.

5. Capítulo 2: Intervenciones dirigidas a propiciar una codificación estructural de los análogos base

Una verdadera demostración de conocimiento adquirido es si se puede acceder a la información aprendida cuando es necesaria para situaciones nuevas e imprevisibles que surgen en la vida académica, profesional o cotidiana. Sin embargo, como lo demuestran los estudios revisados en el capítulo anterior, esto parece especialmente desafiante cuando los problemas meta no mantienen similitudes superficiales con las experiencias de base anteriores. En vista de esto, la investigación psicológica orientada a la educación se ha concentrado en promover y aumentar la probabilidad de recuperar contenidos de aprendizaje durante el procesamiento posterior de situaciones análogas tomadas de dominios distantes.

En el ámbito de la memoria en general, varios autores (e.g., Schank, 1982; Schank & Abelson, 1977) han sugerido que si una situación es inicialmente indexada en memoria como un caso particular de una categoría más abarcativa, o esquema, dicho esquema quedará potencialmente disponible en MLP. En caso que una nueva situación activase dicho esquema, tal activación servirá de "puente" entre la situación actual y aquellas que elicitaban dicho esquema con anterioridad. Dado que cualquier par de situaciones análogas deberían resultar subsumibles bajo una formulación más abstracta, o general, de esto se sigue que la generación de un esquema abstracto a partir del análogo base debería aumentar sus probabilidades de resultar recuperado durante el procesamiento de otra situación análoga (*learning to encode principle*, Medin & Ross, 1989). Por ejemplo, un esquema apropiado para las situaciones militares y tumorales incluiría la necesidad de usar una fuerza intensa para vencer a un objetivo central, además del hecho de que emplear dicho recurso pondría en peligro elementos que necesitan ser preservados. Si el procesamiento del problema militar provocara un esquema como este, entonces habría al

menos alguna posibilidad de que surja un esquema similar durante el procesamiento posterior del problema del tumor.

Pero hay otra forma en que la codificación de los análogos base en términos de formulaciones más generales podría allanar el camino para una recuperación posterior. En aquellos casos en los que el análogo base y el análogo meta difieren en las características de la superficie pero mantienen un sistema de relaciones idéntico, cualquier intervención dirigida a eliminar las características de la superficie del análogo base o disminuir su importancia podría facilitar su recuperación cuando se enfrenta a un objetivo distante, ya que las diferencias superficiales ya no ocultarán una buena coincidencia estructural (Kurtz y Loewenstein, 2007).

5.1.Fomentar la construcción de esquemas comparando dos situaciones análogas

Gick y Holyoak (1980, 1983) sentaron las bases para una larga tradición de estudios destinados a evaluar la efectividad de las estrategias destinadas a promover una codificación más abstracta de los análogos base. Tres componentes de los estudios originales de Gick y Holyoak se convirtieron en el hito de esta tradición: (1) la estructura básica del paradigma de dos fases, cuya fase de codificación permite la introducción de diversas intervenciones para aumentar la recuperación posterior, (2) el empleo de problemas militares y tumorales, ahora convertidos en la "mosca de la fruta" del enfoque experimental para la resolución analógica de problemas, y (3) la tesis de que, al indexar la fuente analógica bajo el paraguas de un esquema más abstracto que conserve sus aspectos esenciales, se codifica el análogo base de tal modo que puede ser recuperado más fácilmente durante el procesamiento de objetivos distantes.

Como se revisó en el Capítulo 2, Gick y Holyoak (1980) habían demostrado que la recuperación espontánea del problema militar mientras se enfrenta al problema del tumor es muy poco probable que ocurra. En Gick y Holyoak (1983), el cuarto experimento se propuso investigar la inducción de un esquema de problema derivado de la comparación de dos análogos, así como sus efectos sobre la transferencia. La primera parte del procedimiento se presentó como un experimento de comprensión lectora; los sujetos tenían que producir resúmenes de cada historia, así como escribir descripciones de los aspectos que compartían. Posteriormente, los participantes tuvieron que proponer soluciones al problema del tumor. La manipulación central del Experimento 4 consistió en si los participantes recibían un único problema o dos: un único problema base o si recibieron o si recibieron dos situaciones estructuralmente equivalentes con la instrucción de compararlas. La segunda base análoga fue la historia de Red Adair, en la que una gran cantidad de espuma ignífuga debe alcanzar la base de un pozo de petróleo que se incendió. No había una manguera lo suficientemente grande como para transportar la cantidad de espuma necesaria para extinguir el fuego. Usando muchas mangueras pequeñas al mismo tiempo, Red Adair pudo bombear una gran cantidad de espuma en la base del pozo. Mientras que el 45% de los participantes en las condiciones de dos análogos generaron espontáneamente la solución de convergencia, solo el 21% de los participantes en la condición de un solo análogo lo hicieron.

Al analizar los esquemas producidos por los participantes, Gick y Holyoak (1983) observaron que solo alrededor del 40% de los participantes describieron las similitudes entre los dos análogos en términos del esquema de convergencia "ideal". Sin embargo, como el efecto de la comparación en la transferencia demostró estar mediado por la calidad de los esquemas producidos, Gick y Holyoak hipotetizaron que cualquier manipulación que facilite la formación del esquema aumentaría la transferencia

analógica. En los experimentos de seguimiento, descubrieron que el acoplamiento de la actividad de comparación con una declaración verbal o un diagrama que destacaba los aspectos compartidos de las fuentes tenía un claro efecto positivo en la transferencia. La declaración verbal y el diagrama mejoraron la calidad de los esquemas, que una vez más resultaron fundamentales para la transferencia posterior.

Catrambone y Holyoak (1989) replicaron los resultados del Experimento 4 de Gick y Holyoak (1983), pero incluyeron una condición de control relevante que el estudio anterior pasó por alto: la presentación de dos análogos básicos, pero sin la instrucción de compararlos. Por lo tanto, confirmaron que la ventaja de transferencia obtenida por Gick y Holyoak se había originado en la tarea de comparación, y no en la mera exposición a un ejemplo adicional. Otra mejora introducida por Catrambone y Holyoak (1989) se refería a la fuerza de la separación conceptual entre ambas fases. Brown, Kane y Echols (1986) habían demostrado que dirigir la atención de los niños pequeños hacia los componentes estructurales canónicos, como las metas, los obstáculos y las soluciones, promovía la transferencia espontánea. En una línea similar, Catrambone y Holyoak probaron si las instrucciones de comparación más orientadas podrían inducir a los participantes a centrarse en la estructura de solución de problemas de los análogos, facilitando así la transferencia analógica a un problema objetivo a través de separaciones contextuales más estrictas. Se emplearon dos conjuntos de instrucciones de comparación. El más directivo comenzó al enmarcar la comparación en términos de los componentes de un esquema de solución de problemas, luego dio retroalimentación sobre el esquema construido a partir de los dos primeros análogos, y finalmente introdujo un tercer ejemplo al que los participantes tenían que aplicar el esquema aprendido. Tales condiciones produjeron tasas impresionantes de transferencia espontánea, incluso después de demoras de hasta una semana.

En tiempos más recientes, estudios centrados en la transferencia analógica en dominios tan diversos como la ciencia (Kurtz, Miao y Gentner, 2001), ingeniería (Gentner et al., 2016), negociación (Gentner, Loewenstein y Thompson, 2003), y Anatomy (Kurtz y Gentner, 2013) apoyan la posición de que llevar a cabo comparaciones entre fuentes análogas facilita el aprendizaje y la transferencia de contenido relacional. Por lo tanto, la ventaja de transferencia de la comparación de fuentes representa una de las intervenciones más robustas dirigidas a aliviar nuestras limitaciones estructurales para la transferencia de dominios cruzados.

Las intervenciones revisadas hasta el momento fueron diseñadas para promover una codificación abstracta de la situación de origen mediante la comparación con un caso estructuralmente similar. Otros autores han tratado de explorar formas más austeras de inducir a los participantes a generar representaciones esquemáticas, en el sentido de evitar la provisión de otro ejemplo específicamente diseñado para la ocasión.

5.2. Abstraer un esquema a partir de un único ejemplo

Mandler y Orlich (1993) consideraron la posibilidad de que diferentes instrucciones pudieran promover reformulaciones de una situación fuente en diferentes niveles de abstracción, lo que podría afectar la transferencia posterior a diferentes extensiones. Especulaban que el tipo de representación más conveniente debería ser relativamente abstracto, para evitar información superficial irrelevante sobre los análogos, pero no demasiado abstracta, para retener los aspectos esenciales de la situación. En un primer experimento, manipularon las instrucciones dadas a los participantes para describir la historia militar. La condición de detalle tenía el propósito de promover una codificación relativamente concreta de la historia militar: se instruyó a los participantes para que proporcionaran una descripción detallada de la historia, incluidos personajes, lugares y acciones específicos. La condición esencial fue diseñada para proporcionar el esquema

"óptimo" de la historia, pero aún en una forma concreta: se pidió a los participantes en esta condición que resumieran brevemente los puntos principales de la historia al establecer el objetivo, el dilema y la solución del general. A su vez, la condición abstracta se centró en las relaciones entre el objetivo, el dilema y la solución, en lugar de los objetos o acciones específicos: se pidió a los participantes en esta condición que abstraieran el principio subyacente de la historia de una manera que reflejara una solución más general. Como los esquemas producidos por los participantes no se correspondían perfectamente con las instrucciones recibidas, se reagruparon en términos de los esquemas que generaron. Un análisis de las soluciones de los participantes al problema del tumor apoyó la idea de que la transferencia analógica se ve afectada por la forma en que se codifica el dominio base. Todos los participantes que describieron la historia base en el nivel abstracto transfirieron la solución base al objetivo. Los participantes que dieron descripciones generales se transfirieron con mayor frecuencia que los sujetos que dieron descripciones detalladas, lo que sugiere que la inclusión de detalles concretos de la base puede no ser totalmente perjudicial mientras el esquema haya sido abstraído.

Dado que el número de participantes que produjeron descripciones abstractas fue muy pequeño, se realizó un segundo experimento en el que los participantes recibieron capacitación para asegurarse de que describirían la historia base en los niveles deseados. Los participantes fueron asignados a una de cuatro condiciones: *sin entrenamiento* (control), *entrenamiento esencial*, *entrenamiento abstracto* y *entrenamiento en meta-nivel*, una condición en la que las instrucciones estimularon descripciones vacuas poco informativas que omitieron aspectos esenciales del problema base y / o su solución (p. Ej. , "una persona se enfrenta a un problema difícil pero termina encontrando una solución creativa"). En todas las condiciones, los participantes practicaron con dos situaciones no relacionadas y recibieron retroalimentación continua de los experimentadores. Una vez

que dominaron el tipo de reformulación que correspondía a su condición experimental, se les pidió que aplicaran la estrategia aprendida a la historia militar. Después de llevar a cabo dos tareas distractoras, tuvieron que resolver el problema del tumor. Los participantes en la condición de control recibieron el mismo tratamiento, pero ninguna capacitación.

El grupo de control mostró un nivel de transferencia más bajo que todos los grupos experimentales combinados. Un análisis de tendencias de las tres condiciones de entrenamiento mostró una tendencia curvilínea con niveles crecientes de abstracción, que alcanzó su punto máximo en la condición abstracta. El estudio mostró que el rendimiento de la transferencia depende de la generación de esquemas abstractos capaces de subsumir el caso base. Más crucialmente, revelaron que el nivel más ventajoso para fines de recuperación posterior es uno en el que el contenido de la superficie se reduce al mínimo, pero sin revelar ningún componente esencial de la esencia de la situación de origen. Estos resultados proporcionaron la primera evidencia de que el rendimiento de transferencia podría mejorarse sin la provisión de información adicional sobre las fuentes, desafiando así la suposición compartida de que la comparación de fuentes era inevitable para una esquematización exitosa.

5.3. Generar situaciones análogas

Bernardo (2001) llevó a cabo una serie de experimentos destinados a determinar si la actividad de crear un problema análogo mejora la transferencia posterior a objetivos distantes. Él planteó la hipótesis de que dicha actividad podría llevar a los estudiantes a explorar la estructura subyacente de los problemas y basarlos en su propio conocimiento del mundo. De esta manera, la estructura podría ser mejor comprendida y también volverse más significativa. En el Experimento 2, que estaba específicamente relacionado con la recuperación, se les pidió a los participantes que estudiaran un conjunto de

problemas matemáticos de diferentes tipos. Los problemas del estudio se presentaron junto con soluciones resueltas y una descripción de los principios relevantes para resolver el problema. Se pidió a los participantes del grupo experimental que construyeran sus propios problemas análogos después de estudiar cada uno de los diferentes tipos de problemas. Simplemente se pidió al grupo de control que estudiara los principios y las soluciones resueltas para los diferentes tipos de problemas. Después de estudiar el conjunto dado de tipos de problemas, los participantes recibieron un conjunto de nuevos problemas análogos. Para cada uno de los nuevos problemas, se les pidió que enumeraran cualquier problema del primer conjunto que consideraran similar al nuevo. Los participantes en la condición experimental tenían más probabilidades de recordar el problema relevante que los participantes en la condición de control. Los resultados también mostraron que no había diferencia si el solucionador de problemas tenía éxito en la construcción de problemas análogos o no. En general, el estudio mostró que la invención de problemas análogos es una tarea exigente y difícil.

5.4. Cambiar el lenguaje específico del dominio por un lenguaje de dominio general

Clement, Mayby y Giles (1994) razonaron que la presencia de relaciones de dominio general en la fuente y el objetivo sería más ventajosa que sus contrapartes específicas de dominio para recuperar la fuente analógica durante el procesamiento del objetivo. En el último experimento de su estudio, las versiones de los análogos base y objetivo diferían en si los verbos utilizados para transmitir relaciones análogas de orden inferior eran más o menos generales (es decir, verbos específicos de dominio versus unos más integradores). El análogo base se refería al comportamiento de las criaturas llamadas Plokes. Después de la pelea de Plokes, el ganador reemplaza las partes de su cuerpo

dañadas en la batalla con las que no están dañadas del perdedor. La situación objetivo se refería al comportamiento de los políticos: después de que los políticos compiten en un debate, el ganador reemplaza sus ideas que habían sido desacreditadas en el debate con ideas más exitosas del candidato perdedor. Mientras que en la versión general de dominio, los Plokes compiten entre sí en la batalla, y los candidatos políticos compiten por el alcalde, en la versión específica del dominio, los Plokes muerden y los candidatos políticos se postulan para alcalde.

Después de completar las tareas de comprensión aplicadas a la fuente, así como a cuatro distractores, los participantes recibieron el análogo objetivo y se les pidió que decidieran si era análogo a alguno de los primeros cinco pasajes. De acuerdo con las predicciones, la proporción de sujetos que accedieron al análogo base fue mayor entre los participantes que leyeron verbos verbales específicos del dominio que entre los sujetos que leyeron verbos específicos del dominio. La intervención de Clement et al. (1994) rompió con la idea de que los esquemas abstractos debían derivarse de las fuentes para promover la transferencia, abriendo así una vía para las intervenciones que operan en la forma en que se presenta inicialmente la información base. Este tipo de intervención sería más apropiado para aquellas situaciones en las que no podemos esperar que los alumnos elaboren los análogos de la fuente, pero que, sin embargo, puedan optimizar la forma en que se representarán dichas situaciones.

5.5.Simulaciones computacionales de la ventaja de abstraer los análogos base

Algunos modelos (incluidos MAC/FAC, Forbus et al., 1995; y LISA, Hummel y Holyoak, 1997) requieren que el peso total asignado a una representación de memoria sea constante. En tal caso, las relaciones en un esquema relacional ganan más peso que si esas mismas relaciones estuvieran integradas en un ejemplo de nivel concreto, porque este último también debe asignar peso a sus

características superficiales. Si el peso total, constante, es repartido entre características relacionales y características superficiales es menor el peso asignado a cada característica. Por lo tanto, las coincidencias relacionales más fuertes pueden explicar el hallazgo bien atestiguado de que los esquemas relacionales facilitan la transferencia relacional hacia adelante. Las simulaciones anteriores en el área mostraron que las situaciones meta se recuperan de la memoria, en orden decreciente de probabilidad: (a) casos literalmente similares, (b) coincidencias de mera apariencia y (c) casos análogos. La pregunta clave es dónde encajarán los esquemas relacionales en este orden. Como carecen de la similitud adicional de las características de superficie coincidentes, los esquemas deben recuperarse con menos frecuencia que los casos literalmente similares. Sin embargo, como las relaciones reciben mayor peso en los esquemas que en los casos, los esquemas deben recuperarse con mayor frecuencia que los ejemplos análogos de la memoria. Por lo tanto, al igual que las coincidencias de mera apariencia, los esquemas relacionales deben clasificarse en algún lugar entre coincidencias de similitud literal y coincidencias análogas.

Gentner y col. (2009) hicieron correr MAC / FAC con un subconjunto de siete de los conjuntos de historias de Karla the Hawk (ver Capítulo 2). En las simulaciones, los análogos tenían la misma estructura relacional (relaciones de primer orden y de orden superior) pero diferentes entidades y características contextuales. Las coincidencias de apariencia simple tenían las mismas características de superficie y relaciones de primer orden (acciones y eventos específicos) pero diferente estructura relacional de orden superior. Finalmente, los pares relacionales de primer orden coincidieron en eventos pero no en la estructura relacional de orden superior ni en los atributos de los objetos. Para obtener esquemas abstractos de manera automatizada, construyeron dos historias análogas que tienen la misma estructura relacional pero diferentes entidades y características contextuales, y utilizaron SME para llevar a cabo una alineación estructural entre ellas. Los esquemas resultantes consistieron en la estructura común, incluidos los predicados consistentes que forman la estructura, las entidades genéricas que juegan roles en la estructura y cualquier atributo consistente compartido por las entidades que juegan el mismo rol.

En una primera simulación, la memoria contenía esquemas relacionales generados SME,

analogías, meras coincidencias de apariencia, coincidencias de primer orden y ejemplos no relacionados. La etapa MAC, con frecuencia avanzó los esquemas (57% recuperado) junto con las coincidencias de mera apariencia (100%). A su vez, FAC regresó con esquemas relacionales de igual probabilidad (57%) y coincidencias de mera apariencia (57%), con fuentes analógicas raramente recuperadas (14% a través de MAC y FAC). Por lo tanto, los esquemas relacionales se recuperaron significativamente mejor que las coincidencias análogas originales no abstraídas (ver Tabla 1). El hallazgo más importante en la primera simulación es que el recordatorio analógico es bajo, como se obtuvo tradicionalmente en estudios empíricos (14%), pero se vuelve cuatro veces más frecuente cuando se ha derivado un esquema del análogo base.

Tabla 1.

Simulaciones MAC / FAC de la ventaja de recuperación de las fuentes abstraídas (de Gentner et al. 2009, simulaciones 3 y 4).

	Mera apariencia	Análogo	Símil Literal	Esquema
Primera simulación				
Fase MAC	1	.14		.57
Fase FAC	.57	.14		.57
Segunda simulación				
Fase MAC	1	0	1	.43
Fase FAC	.14	0	1	.29

Como se argumenta con mayor profundidad en la sección 4.1, nuestros sistemas de memoria probablemente han evolucionado para favorecer la recuperación de fuentes literalmente similares, de suma importancia tanto para la obtención de recursos valiosos como para evitar condiciones amenazantes. Por lo tanto, una simulación posterior agregó elementos literalmente similares al conjunto de memoria para evaluar si el patrón obtenido cambiaría. Los símiles literales siempre se recuperaron (100%), reproduciendo así el hallazgo empírico conocido de que, literalmente, los ejemplos similares son, con gran diferencia, los más propensos a ser recuperados. Las

coincidencias superficiales (100%) y algunos de los esquemas relacionales (43%) fueron recuperados por MAC, pero no por FAC (14% y 29%, respectivamente), principalmente porque fueron superados por los ejemplos literalmente similares, que coinciden con ambos en estructura relacional y en atributos de objeto. Las coincidencias analógicas no se recuperaron en absoluto, debido a que fueron superadas por los otros tipos de coincidencias.

Tomados colectivamente, los resultados de estas simulaciones muestran que cuando se usa un ejemplo específico como sonda, los ejemplos literalmente similares son, por gran diferencia, los más probables de recuperar, en línea con el principio de “primacía de lo mundano” de Forbus et al. (1995). Pero en esas situaciones más apremiantes donde no hay fuentes literalmente similares en LTM, los esquemas relacionales se recuperan con tanta frecuencia como las coincidencias de mera apariencia, aunque por diferentes razones.

En las simulaciones MAC / FAC anteriores, la ventaja de recuperación de fuentes más abstractas surge como una consecuencia natural de la forma en que se normalizan los vectores de contenido. Dado que se distribuye una cantidad fija de peso entre todas las ranuras distintas de cero de los vectores de contenido, la eliminación de los atributos del objeto implica asignar más peso a los predicados relacionales, aumentando así el producto escalar entre la fuente ahora abstraída y un objetivo análogo.

A pesar del éxito relativo de las intervenciones destinadas a promover una codificación más abstracta de las fuentes, una pregunta sensata se refiere a si mejorar la codificación inicial de las personas es la única forma de favorecer la recuperación de análogos. Como lo plantea Loewenstein (2010), si cambiar la codificación inicial representa el único medio para mejorar el recordatorio analógico, entonces podemos ofrecer muy magras perspectivas de aumentar la recuperación de contenidos de aprendizaje que hayan sido adquiridos en condiciones que no enfatizaron sus propiedades generales, o abstractas, los que en mi opinión constituyen la gran mayoría de los contenidos adquiridos durante la escolarización. A efectos de propiciar un acceso más flexible a conocimientos adquiridos en condiciones estándar—i.e., en las que no se promovió una codificación inicial centrada en los aspectos estructurales—, hace falta identificar

intervenciones que tengan lugar durante el procesamiento del análogo meta. El Capítulo 3 discutirá las fortalezas y debilidades de las intervenciones dirigidas a aumentar la recuperación de análogos base subóptimamente codificados por medio de optimizar las condiciones de codificación del análogo meta.

6. Capítulo 3: Intervenciones dirigidas a promover la recuperación durante el procesamiento del análogo meta

6.1. Recuperación espontánea vs. búsqueda voluntaria de análogos base

En línea con el supuesto de automaticidad de los modelos dominantes del razonamiento analógico, la mayoría de los estudios empíricos (e.g., Gick & Holyoak, 1980; Holyoak & Koh, 1987; Kurtz & Loewenstein, 2007) han investigado la activación espontánea de un análogo base en respuesta al procesamiento del análogo meta. Muy pocos estudios habían empleado consignas de búsqueda voluntaria de análogos base, y ninguno había contrastado de manera directa los patrones de recuperación elicitados por ambas condiciones. Aunque los estudios sobre el uso de analogías persuasivas sugerían que los participantes pueden generar analogías distantes ante una indicación explícita (e.g., Blanchette & Dunbar, 2000; Trench, Oberholzer, Adrover, & Minervino, 2009), no resultaba claro hasta qué punto la búsqueda voluntaria conlleva mayor recuperación que una condición en la que no se diera esta indicación. En un estudio reciente, Trench, Olgún, & Minervino, 2016, Experimento 1), confrontaron a varios grupos con una situación dilemática, pidiendo a los participantes que convencieran al protagonista de dichas historias de seguir una de las dos líneas de acción. Mientras que a uno de los grupos se le pidió apoyar sus argumentos en analogías, el otro grupo no recibió esta indicación. La cantidad de analogías generadas bajo indicación explícita fue mucho mayor que en ausencia de esta indicación, donde la recuperación fue cercana a cero. Pese a que la consigna de utilizar analogías redundó en un aumento en la cantidad de analogías reportadas (tanto con como sin similitud superficial), los resultados no permitían determinar hasta qué punto tal consigna logró aumentar la recuperación de análogos base, ya que las analogías generadas podrían haberse basado en la invención de una situación estructuralmente similar, y no en la genuina recuperación de análogos base desde MLP (para una exposición mas detallada de este argumento, ver Trench & Minervino,

2015).

A efectos de confirmar las ventajas de la búsqueda voluntaria para la recuperación, Martínez Frontera (2015) ha investigado si la diferencia a favor de las condiciones de búsqueda voluntaria se mantienen bajo un paradigma tradicional de dos fases (Martínez Frontera, 2015; Martínez Frontera & Trench, 2015). Durante la primera fase de este estudio los participantes recibieron un análogo base de manera incidental durante una clase regular de Psicología. Dicha historia narraba que EEUU y la entonces Unión Soviética habían acordado discontinuar la fabricación de ojivas nucleares, guardando las existentes en arsenales supervisados por ambos países. La historia concluía que tras la misteriosa desaparición de dos ojivas en uno de dichos arsenales, se registraron niveles peligrosos de radiación nuclear en una zona de los Balcanes. Tras una fuerte separación contextual, los participantes fueron invitados a participar en un estudio sobre argumentación, en el que se les presentó una situación hipotética en la que una peligrosa enfermedad infecciosa (la fiebre H) había sido recientemente erradicada, suscitándose la discusión acerca de la conveniencia de preservar las últimas muestras del virus con propósitos de investigación. Mientras que en una de las condiciones se les pidió a los participantes que escribieran argumentos que apoyaran la conveniencia de destruir las muestras, otro grupo recibió la indicación adicional de basar los argumentos en analogías con situaciones similares. En línea con los resultados de Trench et al. (2016), el análisis de las respuestas de los participantes determinó que muy pocos participantes (12%) recordaron espontáneamente el análogo base de las ojivas mientras argumentaban a favor de destruir las muestras del virus, duplicándose esta proporción ante la consigna explícita de pensar en situaciones análogas.

Alentados por estos resultados, Trench, Oberholzer, Adrover y Minervino (2009) utilizaron una metodología similar para investigar si la búsqueda voluntaria permite aumentar la recuperación durante otras actividades educativamente relevantes.

En uno de estos experimentos, los participantes de dos grupos leyeron 3 historias breves en el marco de una actividad de comprensión de textos administrada por los instructores de un curso regular, debiendo responder preguntas sobre ellas. Mientras que la primer y la tercera representaban estímulos distractores, la segunda constituía una situación problemática cuya estructura resultaba abstractamente análoga a la situación poco conocida a la que los participantes serían expuestos en una segunda fase, contextualmente separada de la anterior. En esta situación base, se buscaba rellenar una pileta de 600 m³ con 350m³ de piedras grandes y 250m³ de unas piedras de tamaño menor. La historia concluía que al rellenar la pileta con ambos tipos de piedras, las piedras mas pequeñas tendieron a acomodarse en los espacios vacíos que dejaban las piedras de mayor tamaño, con la consecuencia de las piedras adquiridas no completaron el volumen de la piscina. Tras un intervalo de 15 min., los experimentadores ingresaron al curso y solicitaron autorización para administrar un estudio sobre generación de hipótesis. Los materiales recibidos por el grupo de "búsqueda voluntaria" comenzaban presentando un texto instructivo sobre la utilidad de recordar situaciones análogas al momento de formular hipótesis explicativas, ilustrado por dos ejemplos. A renglón seguido, los participantes recibían una situación target en la que se combinaban 1L de agua con 1L de alcohol, con la consecuencia de que la mezcla resultante no ocupó un volumen de 2L, sino de tan solo 1,84L. Los participantes de este grupo debían intentar recordar situaciones análogas conocidas por ellos, e intentar generar hipótesis explicativas en base a su conocimiento acerca de las situaciones recordadas. Los resultados mostraron un aumento leve pero estadísticamente significativo en la probabilidad de recuperación del análogo base distante por parte del grupo de búsqueda voluntaria, en comparación con la condición de control que no fue invitada a recuperar situaciones análogas.

En otro experimento del mismo estudio, Trench et al. (2009) se propusieron determinar si la consigna de búsqueda voluntaria permite aumentar la tasa de recuperación de análogos distantes durante la actividad de resolver un problema. La historia leída durante la fase de aprendizaje narraba que se había producido un incendio en un jardín botánico, de tal magnitud que se necesitaba bombear 1000L/min de agua para controlarlo. El jefe de bomberos propuso utilizar la bomba de gran potencia con la que contaba para bombear 1000 L/min de agua desde el estanque aledaño, pero las autoridades del botánico objetaron que un chorro de agua de tal intensidad dañaría irreparablemente las especies exóticas de la zona afectada. La historia concluía que el jefe de bomberos trajo bombas de bajo caudal desde unidades vecinas, colectivamente capaces de arrojar 1000 L/min, y las apuntó hacia la zona afectada desde distintas direcciones, de manera de sofocar el fuego sin dañar las plantas. Tras un intervalo de 15 min., los experimentadores ingresaron al curso y solicitaron autorización para administrar un estudio sobre solución de problemas. Los materiales recibidos por el grupo de "búsqueda voluntaria" comenzaban presentando un texto instructivo sobre la utilidad de recordar situaciones análogas al momento de resolver problemas, ilustrado por dos ejemplos. A renglón seguido, los participantes recibían el problema del tumor, en el que un paciente padecía un tumor inoperable que solo podría ser eliminado mediante un rayo de muy alta intensidad, pero con el problema de que un rayo de tal intensidad también dañaría tejidos circundantes que resultaba vital preservar. Los participantes de este grupo debían intentar recordar situaciones análogas conocidas por ellos, e intentar generar soluciones en base a su conocimiento acerca de las situaciones recordadas. A diferencia de los dos experimentos anteriores, la consigna de búsqueda voluntaria no indujo una tasa de recuperación del análogo base diferente a la de una condición control que debió intentar resolver el problema sin ser inducido a pensar en situaciones análogas.

A efectos de explicar porqué la consigna de búsqueda voluntaria resultó muy efectiva en tareas de argumentación, medianamente efectiva en tareas de generación de hipótesis, y completamente inútil en tareas de solución de problemas, Trench et al. (2009) especularon que una condición previa para que una manipulación voluntaria de búsqueda tenga éxito sería que las representaciones mentales que típicamente constituyen los objetivos de dicha tarea cognitiva apoyen la extracción de señales de memoria poderosas.

En el caso de la argumentación, se podría argumentar que el argumentador posee una comprensión acabada de la situación que origina la actividad argumentativa; más análogos de su propia comprensión acerca de esta situación, los análogos base propiciarán que otras personas menos familiarizadas con el análogo meta alcancen dicha comprensión. En contraste, tanto en tareas de solución de problemas como de generación de hipótesis explicativas el analogador cuenta, por definición, con una representación incompleta de la situación meta, la que solo resultará cabalmente comprensiva a posteriori de que un problema o un fenómeno base haya sido recuperado. Según el modelo computacional de O'Keefe y Costello (2008), las representaciones "conectadas" como las que son objetivos típicos de la argumentación pueden ser más ventajosas que las representaciones relativamente menos completas con el fin de recuperar fuentes superficialmente diferentes. Y además de su integridad, los objetivos de la argumentación persuasiva tienden a constituir estructuras conceptuales relativamente bien aprendidas, en ocasiones incluso merecen categorías relacionales lexicalizadas, que pueden servir como pistas poderosas para recuperar ejemplos adicionales de dicha categoría (Jamrozik, 2014; Olgún, Tavernini, Pacella y Minervino, 2017; Raynal, Clement y Sander, 2018). Como ejemplo, la lógica subyacente del escenario de "déficit cero" de Blanchette y Dunbar (2000), así como el escenario de "deuda creciente" de Trench et al. (2016) podría posiblemente subsumirse por el concepto bola de nieve, cuyo significado metafórico implica una entidad negativa que crece de una manera aparentemente geométrica, de tal manera que en cierto punto se hace imposible neutralizar. En base a estas consideraciones, tiene sentido que una predisposición metacognitiva para buscar

casos análogos pueda ser más efectiva durante la argumentación que durante la generación de hipótesis o la resolución de problemas.

Aunque los objetivos típicos de la generación de hipótesis tienden a ser menos completos que los de la argumentación, podrían considerarse similares a ellos en el sentido de admitir términos lexicalizados que podrían simplificar la búsqueda. Por ejemplo, las características estructurales de los fenómenos inexplicables parecen ser más propensas que las de los problemas no resueltos a ser capturadas por expresiones lingüísticas concisas como las categorías relacionales. Según lo planteado por varios autores (Gentner y Kurtz, 2005, Jamrozik, 2014, Jamrozik & Gentner, 2020; Oberholzer, Trench, Kurtz y Minervino, 2018), las categorías regidas por el esquema como "premio", "asalto" o "inoculación" etiquetas relacionales que capturan los elementos organizacionales comunes de los ejemplos que pertenecen a la misma categoría de eventos. Al confrontar una instancia de "sincronización" cuyas causas subyacentes están más allá de nuestro conocimiento (por ejemplo, por qué los relojes vecinos tienden a oscilar en fase entre sí), uno puede identificar situaciones que tienen potencial inferencial simplemente evocando otros casos de sincronización como las aves en un bandada, ciclos menstruales o peatones en un puente colgante, y evaluar si la estructura explicativa de estas situaciones puede exportarse productivamente al fenómeno objetivo en juego. Como se analizará más a fondo en el siguiente capítulo, complementar una situación objetivo con este tipo de etiquetas estructurales puede impulsar la recuperación de instancias particulares de tales conceptos (Jamrozik y Gentner, 2020).

En comparación con los problemas típicos no resueltos, otra característica ventajosa de las situaciones que generalmente sirven como objetivos de generación de hipótesis podría relacionarse con su organización en campos de conocimiento para los cuales uno puede prever dominios vecinos que probablemente estén sujetos a leyes similares. Por ejemplo, el flujo de calor entre elementos de temperatura desigual podría estar relacionado intuitivamente con otros fenómenos físicos y / o químicos como la transferencia de carga eléctrica, radiación o humedad. En comparación, los objetivos típicos de la resolución de problemas (por ejemplo, cómo eliminar

un tumor) parecen menos informativos sobre otros campos de conocimiento que probablemente alberguen fenómenos relacionados analógicamente.

Tomadas en conjunto, las consideraciones arriba expresadas permitirían explicar porqué la simple estrategia de búsqueda voluntaria resultó muy exitosa durante tareas de argumentación, moderadamente exitosa en tareas de generación de hipótesis, y nada exitosa en tareas de solución de problemas. Dado que las características informacionales de las representaciones mentales que caracterizan a un problema irresuelto no tienden a promover de manera natural la extracción de claves de búsqueda suficientemente potentes como para ser explotadas por una consigna tan austera como buscar situaciones análogas en MLP, la posibilidad de aumentar la recuperación analógica durante tareas de solución de problemas requerirá la ejecución de estrategias más intensas de re-representación conceptual que las elicitadas por una consigna de búsqueda voluntaria.

6.2. El principio de abstracción analógica tardía

Loewenstein y colaboradores (Gentner et al., 2009; Kurtz & Loewenstein, 2007) razonaron que dado que la probabilidad de recuperar información desde memoria resulta una función del grado de solapamiento entre las claves de búsqueda y las representaciones almacenadas en memoria, un efecto transferencial similar al obtenido mediante la abstracción del análogo base (ver apartado 2) podría también obtenerse a partir de la abstracción del análogo meta. Asumiendo que la arquitectura de MAC/FAC (ver Capítulo 2) constituye un modelo realista de la recuperación analógica, Gentner y colaboradores hipotetizaron que una representación más abstracta del análogo meta podría aumentar la recuperación de análogos distantes de dos maneras. Dado que una representación más abstracta del análogo meta tendrá menor cantidad de atributos de objeto y otros rasgos de bajo nivel, los vectores de contenido generados a partir de estas representaciones activarán una menor cantidad de situaciones con similitud puramente superficial (*mere appearance matches*), que de otro modo competirían con análogos estructuralmente similares, pero que carecieran de similitud superficial. En segundo lugar, dado que el puntaje de un análogo

está repartido entre las unidades de su correspondiente vector (i.e., *unit-vector normalization*, ver Capítulo 2), la remoción de rasgos superficiales del análogo meta llevará a conceder más peso relativo a su estructura relacional, por lo que el producto escalar entre un análogo base estructuralmente similar y un esquema abstracto destilado a partir del análogo meta será mayor que aquel que surja de multiplicar dicho análogo base con el análogo meta originario. En un experimento de simulación, Gentner, Loewenstein, Forbus y Thompson (2009) alimentaron a MAC/FAC con análogos meta que podían ser, o bien las fábulas originales utilizadas por Gentner et al. (1993), o sus respectivos esquemas abstractos, y lo hicieron correr sobre una memoria de largo plazo que contenía una situación análoga, una situación con mera similitud superficial, y varias otras historias de relleno. En línea con la intuición computacional de los autores, MAC/FAC recuperó más analogías distantes a partir de los análogos meta abstractos.

6.3. Comparar dos problemas meta irresueltos

A efectos de poner a prueba la realidad psicológica de esta intuición computacional derivada de la arquitectura de MAC/FAC, Kurtz y Loewenstein (2007) y Gentner et al. (2009) demostraron que puede aumentarse la recuperación de un problema base semánticamente distante por medio de proveer a los participantes con un segundo problema meta estructuralmente similar al primero, y solicitarles que comparen ambos problemas entre sí antes de intentar resolverlos.

La actividad de generar una representación más abstracta del análogo meta representa una perspectiva alentadora para la recuperación de análogos base cuya codificación inicial no resaltó sus aspectos estructurales, y que constituyen la gran mayoría de nuestros aprendizajes tanto en contextos formales como no formales. A su vez, el hecho de que dichos resultados se obtuvieron a partir de comparar dos problemas irresueltos permitiría subsanar las insuficiencias de la intervención basada en la búsqueda deliberada de análogos base, que había logrado aumentar la recuperación durante tareas de argumentación y generación de hipótesis, pero no frente a tareas de solución de problemas. Pese a las implicaciones del principio de abstracción analógica tardía para las posibilidades de flexibilizar el acceso a representaciones subóptimamente codificadas, la

intervención de comparar dos problemas irresueltos ofrece pocas perspectivas de aplicabilidad, ya que el aprendiente requiere la provisión *ad hoc* de un segundo análogo meta para cada nuevo problema que se proponga resolver.

6.4. Comparar el análogo meta con un problema no análogo

Concebido como una variación mínima al paradigma de Kurtz and Loewenstein (2007), el primer intento de derivar una intervención portable basada en el principio de abstracción tardía lo llevaron adelante Minervino, Olguin y Trench (2017), presentando a los participantes dos problemas no isomorfos y pidiéndoles que los comparen, hipotetizando que la comparación de ambos problemas podría favorecer la generación de señales abstractas que promovieran la recuperación de análogos distantes. Esta estrategia estuvo basada en la suposición de que la división tradicional de un problema en términos de sus componentes (objetivo, restricciones y operadores) podría coincidir con la representación abstracta que los sujetos generan de dicho problema, y permitiría generar puntos en común o diferencias entre dichos elementos en ambos problemas, resultando en una abstracción del esquema del problema que actuaría como una clave de búsqueda apropiada de análogos distantes. Los participantes que lograron generar esquemas abstractos lograron recuperar soluciones análogas. Sin embargo, pocos participantes generaron un esquema abstracto apropiado.

6.5. Inventar un análogo meta isomórfico

Minervino, Olguin, y Trench (2017, Experimento 2) realizaron esta intervención basada en la suposición de que la construcción de una situación análoga podría dirigir la atención de los participantes hacia la estructura relacional del problema target.

En línea con las expectativas de los investigadores, los participantes en la condición de construcción superaron a los participantes en la condición de transferencia estándar en la generación de soluciones de convergencia al problema de la radiación. Al compararse los

resultados con una repetición previa de Kurtz y Loewenstein (2007), pudo observarse que, si bien la intervención es potencialmente más portable, es ‘menos efectiva’ que la comparación del meta (25,71% frente a 34,29%, respectivamente). A los participantes les resultó difícil construir un problema análogo. Gran parte de los fracasos en generar un problema análogo se debían a un error en el nivel de abstracción requerido. Las soluciones eran demasiado generales o bien casi iguales a la original, (por ej. reemplazar un tumor en el estómago por una infección, o inclusive por un tumor en otra ubicación).

En su discusión general, Minervino, Olguín y Trench (2017) hipotetizan otras posibles causas de dicha dificultad. Los antecedentes de esta práctica fueron intervenciones en subdominios matemáticos (Bernardo, 2001a, Lampert, 1986; Nathan et al., 1992, Rudnitsky, Etheredge, Freeman, y Gilbert, 1995), que por su carácter formal se caracterizan por una gran libertad para variar los contenidos de las variables. En cambio, los problemas abiertos típicos del razonamiento analógico fueron caracterizados como problemas de “satisfacción de múltiples restricciones”, ya que la variación de uno de sus elementos, condiciona las alternativas de variación de los restantes. Por ejemplo, si se reemplazara el elemento “rayos” en el problema de radiación (Duncker, 1945), por “agua”, las posibles variaciones del elemento “médico” se restringen a entidades capaces de aplicar agua sobre un foco, por ejemplo, “bomberos”. Tal como lo ejemplifican los autores, “Aunque la sustitución de rayos por chorros de agua *es sencilla*, es menos sencillo pensar en qué elemento podría desempeñar el papel de los tejidos circundantes” (cursiva agregada). Minervino et al. (2017) advierten que la invención de un problema análogo en dominios no formales exige una exploración profunda y sistemática de la estructura relacional del problema que sirve de base para dicha construcción.

Tomados en conjunto, los estudios empíricos reseñados en este último apartado demuestran la realidad psicológica de una intuición computacional derivada de la arquitectura de MAC/FAC: el "principio de abstracción tardía" postulado por Gentner y colaboradores. A diferencia de las intervenciones dirigidas a optimizar la codificación inicial de los análogos base para maximizar su recuperación posterior, el principio de abstracción tardía resulta en principio aplicable a

análogos base aprendidos en contextos escolares y extraescolares, relativamente mas frecuentes, en los que las propiedades estructurales de los análogos no resultaron enfatizadas. Dado que la intervención basada en inventar un problema análogo (Minervino et al. 2017) no requiere la provisión *ad hoc* de un segundo problema irresuelto, resulta en principio mas ampliamente aplicable que la tarea de comparar dos análogos meta isomórficos (Gentner et al. 2009, Kurtz & Loewenstein, 2007). Pese a esta mayor aplicabilidad potencial, las restricciones psicológicas que impone la tarea de generar un problema isomórfico en dominios que trasciendan las disciplinas puramente formales torna esta tarea accesible a un conjunto muy acotado de estudiantes. Los estudios empíricos que conforman el segmento experimental del presente trabajo de investigación tuvieron como objetivo desarrollar y poner a prueba dos intervenciones dirigidas a aumentar la recuperación de problemas análogos mediante estrategias cognitivas menos demandantes. La primera de ellas, cuyos resultados se exponen en el Capítulo 4, constituye una implicación contrastadora de los supuestos computacionales que guiaron el desarrollo de MAC/FAC (Forbus et al., 1995, ver Capítulo 2). Dicha intervención consistió en alentar a los participantes a reformular el problema por medio de reemplazar los sustantivos del texto del problema meta por pronombres indefinidos. La segunda estrategia, cuyos resultados se reportarán en el Capítulo 5, estuvo inspirada tanto en la performance de los participantes durante la actividad de reemplazar sustantivos por pronombres indefinidos como en los resultados de las simulaciones computacionales de Finlayson y Winston (2005), en donde el algoritmo de búsqueda utilizado por los autores alcanzó su mejor performance de recuperación interdominio al tomar como claves de búsqueda estructuras de tamaño intermedio, en vez del conjunto total de proposiciones que constituyen la base de texto del problema meta. Tomando como punto de partida la idea de explotar claves de búsqueda de un tamaño intermedio, dicha estrategia cognitiva consistió en generar definiciones relacionales de los objetos principales del problema. Tanto en el Capítulo 4 como en el Capítulo 5, la descripción del método utilizado estará precedida de un breve segmento teórico en el que se expondrán en mayor detalle las consideraciones que guiaron el diseño de los materiales y procedimientos utilizados.

6.6.Promoción de la recuperación analógica mediante el empleo de pronombres indefinidos

Si bien la arquitectura de algoritmos computacionales como MAC/FAC o LISA se inspiró en resultados de estudios comportamentales, de estos algoritmos se han desprendido implicaciones empíricas contraintuitivas, tales como el *principio de abstracción tardía* (ver capítulo anterior). En aparente contradicción con el tradicional principio de la especificidad de la codificación (Tulving, 1982), según el cual la probabilidad de recuperación será mayor cuando las condiciones imperantes durante la recuperación resulten similares a las que tuvieron lugar al momento de la codificación, el principio abstracción tardía predice que la acción de abstraer la representación mental de una situación que está siendo procesada aumentará las probabilidades de recordar análogos base que mantengan similitud puramente estructural con dicha situación, incluso cuando su codificación no resaltó aspectos estructurales. Tal como se expuso en el capítulo anterior, dicha predicción tiene su origen en un aspecto compartido entre algoritmos tales como MAC/FAC o LISA: la normalización vectorial. En el caso de la fase MAC, los vectores de contenido utilizados para comparar el análogo meta contra todas las situaciones almacenadas en MLP poseen un mismo caudal total de activación, el que se distribuye entre los componentes unitarios de dicho vector (i.e. los predicados presentes en una situación determinada) en función de las veces que aparece tal predicado en la situación. Al remover atributos de objeto de la representación mental del análogo target, el peso asignado a los predicados representados por relaciones aumentará. Dado que esta concentración en las relaciones aumentará a su vez los productos escalares que surjan de multiplicar el vector target con los vectores de situaciones almacenadas que compartan tales predicados relacionales, la probabilidad de recuperar análogos base puramente estructurales tendría que aumentar.

Tal como he afirmado con anterioridad, las intervenciones que han tenido éxito para propiciar una representación conceptual mas abstracta de los análogos meta resultan poco aplicables, ya que o bien requieren la provisión ad hoc de un segundo problema análogo para cada nuevo problema que se intente resolver (Kurtz & Loewenstein, 2007; Gentner, Loewenstein, Thompson & Forbus, 2009) o bien resultan exitosamente implementables por tan solo una minoría de los participantes

(Minervino, Olguín & Trench, 2017). En vista de estas consideraciones, el primer objetivo de la presente tesis tuvo como objetivo determinar si puede aumentarse la recuperación de análogos distantes mediante el reemplazo de objetos por *pronombres indefinidos*, el que constituye un recurso lingüístico de uso corriente asociado a muchos y diversos objetivos pragmáticos de la vida cotidiana.

En este trabajo será de especial interés el uso de pronombres indefinidos en reemplazo del agente o del objeto de una proposición. El pronombre indefinido (e.g., *algo, alguien*), puede producir un “vaciamiento” casi total del contenido superficial del sustantivo alcanzando un grado máximo de abstracción, pero, como mostraremos a continuación, sólo puede integrar proposiciones válidas para promover la transferencia cuando se lo utiliza en su función de *especificidad*, es decir, evitando la ambigüedad funcional entre especificidad / no especificidad (Haspelmath, 1997).

Puede decirse que una expresión *es específica* si el hablante presupone la existencia y la identificabilidad *única* de su referente.

(a) María quiere tomar *algo*. Tiene mucha sed.

(b) María quiere tomar *algo*. Lo preparó y lo ocultó en la alacena cuando escuchó voces.

El pronombre *algo* en (a) tiene un carácter de *no especificidad*. Indica libre elección. No se especifica qué es lo que desea tomar María, al parecer podría ser cualquier cosa. La ambigüedad es tan elevada que difícilmente podría contribuir a la recuperación de un predicado relacionalmente equivalente. Ese “algo” en (a) podría ser reemplazado por cualquier cosa o, lo que es lo mismo, el resultado de la búsqueda de un análogo podría ser infinito. En (b), el “algo” que desea tomar María guarda relaciones con otros elementos de la situación que restringen la búsqueda a un conjunto de recuperaciones posibles. Es algo que está oculto, algo que no se desea mostrar, algo que pertenece a María y que María se ocupó de guardar.

Como la ambigüedad entre especificidad o no especificidad no depende de la sintaxis sino de la semántica de la frase, a medida que se completa la información, cuando es posible predicar algo del término indefinido éste se vuelve más específico.

7. Experimentos

Las personas no siempre responden con buena disposición a las consignas de “expresar un problema de modo abstracto”, y los entrenamientos para dicha tarea pueden ser muy demandantes. Por otra parte, si se pide a los alumnos de ciclos básicos clasificar problemas en una categoría, lo hacen teniendo en cuenta los rasgos de superficie (Chi, Feltovich, & Glasser, 1981). Por ejemplo, si se les pidiera clasificar el problema del tumor, sería más probables las clasificaciones como “problema médico” o “problema oncológico” en vez de clasificaciones que destacan las relaciones internas como “destrucción de un foco protegiendo la periferia”. Las primeras dos clasificaciones, no darían como resultado la recuperación del base.

El objetivo general de los experimentos fue diseñar una estrategia cognitiva dirigida a aumentar la recuperación de situaciones análogas utilizando pronombres indefinidos para aumentar el nivel de abstracción, en frases simples, con un nivel de ambigüedad controlado, sin el esfuerzo cognitivo de la abstracción generalizadora, que implicaría hallar elementos supraordenados para reemplazar los elementos concretos superficiales.

sólo cuando el indefinido se utiliza con un referente conocido y produce especificidad semántica (“algo debe ser eliminado urgentemente”), estimamos que podría jugar un papel en la promoción de la transferencia. Además, precisamente el uso de indefinidos en este tipo de frases se asocia con incertidumbre, pregunta y, por lo tanto, búsqueda. y que

no sería viable enseñar a los participantes el concepto de especificidad en los pronombres indefinidos para que lo apliquen en un caso concreto.

7.1.Experimento 1

Las personas suelen apelar a usos pragmáticos de los indefinidos en ciertas frases breves como los enigmas o adivinanzas. El entrenamiento se inició mostrando a los participantes ejemplos de ese tipo de expresiones, para que las tomaran como modelo para redactar sus descripciones abstractas.

7.2.Método

7.3. Participantes.

Ciento noventa estudiantes de carreras de grado de un Instituto Secundario Técnico y de una Universidad Tecnológica de la ciudad de Rosario fueron invitados a participar en el experimento de manera anónima y voluntaria. La muestra estuvo constituida por 80 mujeres y 110 varones cuyas edades oscilaron entre 17 y 38 años.

7.4.Materiales y procedimiento.

Los participantes se organizaron en dos grupos, 95 participantes en la condición experimental y 95 participantes en la condición de control. El grupo en la condición experimental recibió la tarea que incluía una actividad de generación de esquema abstracto del problema del tumor para promover la transferencia (Ver Tabla 2) mientras el grupo control o de transferencia tradicional, recibió la tarea sin incluir dicha intervención.

Durante la generación de esquemas abstractos, se propuso a los participantes la utilización del pronombre indefinido *algo* en reemplazo del sujeto de la oración, y sustantivos genéricos en los objetos directos e indirectos, en frases cuya construcción está orientada al ocultamiento de rasgos superficiales (e.g., algo se traslada a un lugar lejano), pero evitando la ambigüedad de expresiones no específicas (según se detalló en 7.6). Para ello se presentó una historia ficticia en la que se describe un “lenguaje” especial para hablar de manera indefinida, y se menciona el problema de la ambigüedad y otros riesgos de utilizar la palabra “algo” en exceso, dando a entender que la forma de poner límites a la abstracción vacua es ambiguar los objetos pero mantener las relaciones.

Tabla 2
Experimento 1. Entrenamiento para utilizar indefinidos

Te proponemos aprender el idioma de los *Algos*.

Los *Algos* eran un grupo de filósofos cuya palabra preferida era “algo”; la utilizaban con frecuencia en sus conversaciones para hablar en forma genérica de verdades universales (“*Algo existe*”, “*Algo se mueve*”, “*Hay algo en vez de nada*”). El propósito inicial de este lenguaje artificial era crear enigmas imposibles de resolver, ya que tenían múltiples respuestas, y todas eran igualmente válidas. Pero aparentemente quienes aprendían el idioma de los *Algos* tendían a utilizarlo con frecuencia, lo que condujo a malos usos, como generar ambigüedad, ocultar información o evitar el compromiso (“*Algo se me va a ocurrir*”, “*Alguien tiene que hacer algo*”, “*Algún día te llamo*”).

En el siglo XX, científicos computacionales refinaron el lenguaje introduciendo dos pautas –eliminar lo concreto, conservar las relaciones. Te presentamos un ejemplo.

Texto en lenguaje natural:

a) “*Durante la Guerra Fría, cada mensaje digital que viajaba de una computadora a otra muy lejana, corría el riesgo de ser eliminado y no llegar nunca a destino cuando los lugares transitados eran bombardeados. Como solución, se diseñó un sistema que enviaba múltiples copias de un mismo mensaje por rutas alternativas para aumentar la probabilidad de que por lo menos uno llegara al receptor*”.

Traducción al idioma *Algos*:

b) *Algo se traslada hacia un lugar lejano y en su camino puede ser atacado por otros elementos. La estrategia ha sido enviar muchos ejemplares de eso que se traslada para aumentar la probabilidad de que por lo menos uno llegue a destino.*

En la traducción (b) no es posible distinguir que el tema trata sobre mensajes y computadoras. Podría tratarse de aves que migran hacia otra región, por ejemplo.

La clave para que puedas traducir cualquier texto al idioma Algos es que **elimines los elementos que revelan información específica** o bien que los **reemplaces por expresiones indefinidas** como “algo”, “alguien”, “elemento”, “un lugar”, “un objeto”, “un día”, etc. Los **verbos** y las **relaciones espaciales** (*bajar, subir, trasladarse lejos, estar dentro o fuera de otro objeto*) se mantienen iguales o similares. El texto traducido suele tener el aspecto de un acertijo o enigma.

El instructivo que se entregó a los participantes impreso constaba de una serie de actividades consecutivas que se organizaron en dos fases.

Durante la fase de aprendizaje, que fue presentada como un estudio sobre comprensión de textos, los participantes en la condición experimental leyeron tres historias, cada una de las cuales incluyó una situación problemática y su solución. Mientras que la primera y la tercera servirían como distractores, la segunda historia (la historia *El incendio rodeado*) fue análoga al problema meta a ser presentado en la fase siguiente (Ver Apéndice A). A continuación de la lectura de las historias los participantes respondieron preguntas de comprensión (Ver Apéndice A) que permitieran efectuar un control posterior sobre la comprensión que cada participante tuvo de la historia base. Después de un breve intervalo, los participantes de este grupo fueron invitados a participar en la segunda parte de la actividad que consistió en un estudio sobre solución de problemas. La primera parte de esta segunda fase consistió en un breve entrenamiento en la habilidad de expresar un problema utilizando términos indefinidos para generar formulaciones de referente conocido. Esta actividad se denominó en el instructivo: “traducir el problema al idioma de los Algos”. Dicho entrenamiento comenzó con la presentación de una historia ficticia acerca de un lenguaje utilizado en la antigüedad para ocultar información (Ver tabla 3. Para leer el instructivo completo, Ver Apéndice C):

A continuación se presentaron otros dos ejemplos sobre como expresar un problema en términos indefinidos. Luego se presentó el problema de la radiación, se pidió a los participantes que expresaran el problema utilizando el lenguaje aprendido, y que luego sintetizaran la frase en un renglón.

Tabla 3:
Experimento 1. Generación de esquema abstracto

<p>Leé atentamente el siguiente problema:</p> <p>“Un tumor maligno en el estómago, resulta imposible de operar. Se dispone de un tipo de rayos que, de aplicarse con una intensidad máxima, podrían destruir el tumor. El problema es que si se aplica un haz de rayos tan intenso, en su camino hacia el tumor también destruirá el tejido sano circundante. Si, en cambio, el haz se aplica a intensidad baja, no afectaría el tejido, pero tampoco lograría destruir el tumor”.</p> <p>En el espacio que sigue te pedimos que traduzcas este problema al idioma Algos, de modo que tu descripción genérica pudiera ser válida para este problema y también para otros problemas que no estén dentro del dominio de la medicina.</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>-----</p> <p>Resumí la frase que escribiste en un renglón</p> <p>-----</p>
--

Finalmente, se les solicitó leer nuevamente el problema de la radiación, y proponer distintas formas de utilizar los rayos sin destruir los tejidos circundantes.

Tabla 4
Experimento 1. Solución del problema

<p>Responde (en lenguaje natural)</p> <p>¿De qué manera podría usarse este tipo de rayos a efectos de destruir el tumor, pero sin dañar los tejidos sanos? Escribe todas las soluciones que se te ocurran.</p> <p>1)</p>
--

<p>-----</p> <p>-----</p>

La fase de aprendizaje del grupo de transferencia tradicional fue idéntica a la del grupo experimental. Tras la fase de aprendizaje, recibieron una tarea de lectura que no se relacionaba con ninguno de los análogos (base o meta). A continuación recibieron el problema meta para su resolución sin haber recibido el entrenamiento para describir en problema que sí recibió el grupo experimental.

La última sección de las actividades fue idéntica para el grupo experimental y para el grupo de control. Se solicitó a los participantes que mencionaran si durante las actividades previas de abstracción y de intento de solución del problema de la radiación, habían recordado alguna de las historias de la primera fase. La respuesta positiva a esta pregunta (variable dependiente) se consideró como prueba de éxito en la recuperación del análogo base.

Tabla 5

Experimento 1. Sección 3 del protocolo. Pregunta por el recuerdo de las historias previas

<p>Parte 3.</p> <p>Nos interesa averiguar qué cosas vinieron a tu mente mientras intentabas resolver el problema del tumor. Si algo se te ocurre por primera vez ahora, pero no se te había ocurrido durante la tarea anterior, no lo menciones.</p> <p>a) ¿Mientras intentabas resolver el problema del tumor, vino a tu mente, aunque sea por un instante, alguna de las tres historias que leíste durante la actividad sobre comprensión de textos?</p> <p style="text-align: center;">SI NO (hacé un círculo en la opción correcta)</p> <p>b) En caso de haber contestado “SI”, contanos qué historia (o qué historias) vinieron a tu mente. Indicá solo aquella historia (o aquellas historias) que estás 100% seguro de que vinieron a tu mente, aunque sea por un instante, mientras estabas intentando resolverlo. Si durante estas actividades no vino a tu mente ninguna de esas historias, dejá los tres espacios en blanco y pasá a la hoja siguiente.</p> <p>Vino a mi mente la historia de</p> <p>.....</p>
--

¿De qué manera podría usarse este tipo de rayos a efectos de destruir el tumor, pero sin dañar los tejidos sanos? Escribí todas las soluciones que se te ocurran.

1)

7.5. Resultados y discusión

Si bien se alcanzó el objetivo de que los participantes logren expresar un problema en términos relacionales sin soporte externo de problemas análogos, y en general se logró evitar en las reformulaciones del problema el uso de términos pertenecientes al dominio (por ejemplo, “operar”), en contra de los resultados previstos, sólo 26 de los 95 participantes (27%) en la condición experimental recuperaron el análogo base vs. 26% de los participantes en la condición de control (25 de 95), una diferencia no significativa: $\chi^2(1, N=190) = 0,27, p > 0,05$.

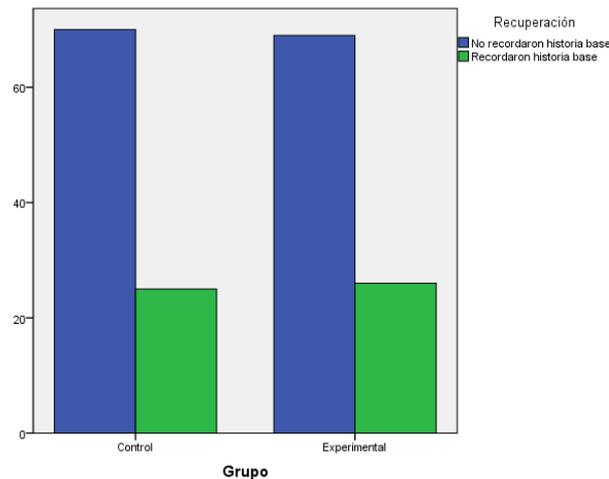


Fig. 2: Experimento 1. Resultados por grupo

No obstante, la efectividad en la producción de esquemas nos alienta a evaluar pormenorizadamente las actuaciones reales de los participantes y su relación con la recuperación espontánea fallida.

A continuación, analizamos algunas características de las respuestas obtenidas.

Tabla 6
Ejemplos de respuesta efectiva y no efectiva en el Experimento 1.

<p>Traducción del problema al idioma Algos: “Hay algo que debe ser eliminado del lugar donde está, pero resulta imposible sacarlo. Se dispone de algo que aplicado con la intensidad necesaria podría eliminar aquello. El problema es que si se aplica con alta intensidad dañaría el área circundante pero eliminaría aquello. Si en cambio se utiliza a baja intensidad, no afectará el área circundante pero no afectará el objeto maligno”</p> <p>Síntesis en un renglón “El quiere eliminar algo sin dañar el área circundante” Recuperación: exitosa</p> <p>Traducción del problema al idioma Algos: “Algo en un lugar resulta imposible de operar. Se dispone de algo que al aplicarse mucho, podría destruir eso. El problema es que si se aplica eso, en su camino hacia el lugar también destruirá otra cosa. Si en cambio, eso se aplica menos, no afectará la otra cosa pero tampoco destruirá eso”</p> <p>Síntesis en un renglón: Si algo no se aplica con intensidad, no destruirá una cosa. Recuperación: fallida</p>

En el renglón de síntesis, las respuestas incluyeron algunos de los aspectos del problema que podrían organizarse en tres categorías: (a) *eliminar algo*: la necesidad de eliminar algo con urgencia, (b) *área circundante*: el peligro de dañar el área circundante o la necesidad de protegerla, y (c) *regular la intensidad*: la disposición de una objeto que utilizado en exceso / a su máxima potencia, podría dañar más de lo necesario / dañar el área circundante. Mientras en los casos de recuperación exitosa los participantes lograron sintetizar al menos dos aspectos de la situación completa, por ejemplo, “(a) Él quiere eliminar algo (b) sin dañar el área circundante”, en algunos casos de recuperación fallida, se menciona sólo uno de los tres aspectos, por ejemplo “(c) Si algo no se aplica con intensidad no destruirá una cosa”. No obstante, la mayoría logró mencionar dos de ellos, por ejemplo “Para (a) eliminar lo maligno se debe usar una cosa (c) ni muy intensa ni poco intensa”. Por lo tanto, no puede vincularse la completud de los esquemas directamente con el éxito en la recuperación, ya que hubo casos de esquemas casi completos con recuperaciones tanto exitosas como fallidas.

Analizando la totalidad de las respuestas y contrastando las “traducciones al idioma Algos” con las síntesis de un renglón, por la notable similitud entre cada traducción y el texto original (del cual, en algunos casos sólo cambia el sustantivo) e incluso las similitud entre las respuestas de los participantes, deducimos que los participantes tradujeron literalmente, término a término, cada oración,

Tabla 7
Ejemplos de traducciones a un lenguaje indefinido (idioma Algos)

	Traducción del problema al idioma Algos:	Síntesis en un renglón (esquema)	Recuperación	Obs.
1	“Hay algo que debe ser eliminado del lugar donde está, pero resulta imposible sacarlo. Se dispone de algo que aplicado con la intensidad necesaria podría eliminar aquello. El problema es que si se aplica con alta intensidad dañaría el área circundante pero eliminaría aquello. Si en cambio se utiliza a baja intensidad, no afectará el área circundante pero no afectará el objeto maligno”	“El quiere eliminar algo sin dañar el área circundante”	exitosa	No utilizó elementos específicos del dominio
2	“Algo en un lugar resulta imposible de operar. Se dispone de algo que al aplicarse mucho, podría destruir eso. El problema es que si se aplica eso, en su camino hacia el lugar también destruirá otra cosa. Si en cambio, eso se aplica menos, no afectará la otra cosa pero tampoco destruirá eso”	Si algo no se aplica con intensidad, no destruirá una cosa.	fallida	
3	“Algo maligno en alguna parte resulta imposible de eliminar. Se dispone de una cosa que de usarse adecuadamente podría eliminar ese algo maligno. El problema es que si esa cosa actúa tan intenso antes de llegar a lo maligno, destruiría algo no maligno, pero si su intensidad es baja no afectaría a lo maligno.	Para eliminar lo maligno se debe usar una cosa ni muy intensa ni poco intensa	fallida	
4	Algo en un sitio es imposible de rescatar de forma convencional. Hay un elemento que, de aplicarse con la potencia adecuada, podría destruir ese algo. El problema es que al aplicarlo con esa potencia también destruiría otros elementos circundantes. Si se aplica el elemento con potencia baja no se logra nada.	Para poder resolver algo se debe utilizar un elemento con potencia, pero se destruye la periferia indeseablemente.		

Por lo cual, no puede asegurarse que la construcción/identificación de una estructura abstracta del problema se produjo durante la traducción del texto mientras prestaban atención a los detalles de cada palabra por separado.

7.6.Experimento 2: Definiciones relacionales

Hemos constatado la dificultad para generar una abstracción del problema completo utilizando pronombres indefinidos. Supusimos que una tarea más simple para los participantes podría ser abstraer por separado los objetos críticos del problema. En vez de expresar de manera abstracta el problema (ubicándolo en una categoría de problemas), expresar de manera abstracta cada objeto, categorizándolo por su relación con el contexto. Categorizar es reconocer un elemento como miembro de un conjunto. Los participantes en los estudios de laboratorio crean categorías casi exclusivamente a través de la clasificación (Markman y Ross, 2003). Sin embargo, aunque es cierto que la clasificación de objetos es un aspecto crítico de la categorización, las personas también construyen categorías realizando actividades variadas, por ejemplo, cuando intentan resolver problemas. Si alguien necesita usar un objeto para solucionar algo, pero no sabe qué objeto utilizar, aún no ha construido su representación mental del objeto físico pero conoce muy bien cuáles son las relaciones entre el objeto y el entorno.

Las personas suelen improvisar expresiones encabezadas por el pronombre indefinido "algo" cuando necesitan crear instancias de objetos para resolver problemas teniendo en cuenta el rol del objeto en ese contexto (por ejemplo, "Necesito algo para subirme y cambiar la lamparita"). Al explicar lo que necesitan o buscan, las personas dan una definición del objeto buscado en función de las acciones que permite realizar, o de las relaciones entre el objeto y su contexto. En el ejemplo anterior, el problema trata especialmente sobre relaciones físicas ("la altura de la lamparita respecto de la mano").

En otros problemas, la solución puede estar dada por el rol del objeto buscado, que podría ser un poco más abstracto, o bien ambos tipos de información (superficial o abstracta) están presentes y compiten. Generalmente, la función en un contexto distinto del habitual suele ser más abstracta que la descripción del objeto según su función estándar o como algo intrínseco. Por ejemplo, definir una silla en un contexto donde la silla es “algo para elevarse”, es un poco más abstracto que definirla como “algo para sentarse”, esto podría contribuir a descartar su forma y su función estándar. Supusimos entonces que podría ser útil explicarle a los participantes que hay dos formas de definir los objetos del mundo: describirlos individualmente y atendiendo a su aspecto físico o bien, definirlos por su relación con los demás objetos del contexto sin atender a su aspecto y prestando más atención a las acciones que realiza. Diseñamos actividades que promovieran una mayor apertura a la “relacionalidad”: dimos ejemplos de cuatro expresiones encabezadas por el pronombre indefinido “algo” referidas al mismo objeto al que se le variaba el contexto. Por ejemplo, las llaves en el bolsillo son “algo que molesta por su peso”, pero las llaves en el tambor del auto son “algo para encender el motor”, y las llaves dentro del auto cerrado son “algo que quedó inaccesible y debe recuperarse rápidamente”. Esto permitió a los participantes comparar las situaciones y comprender la variabilidad de las definiciones relacionales en contraste con la definición tradicional. Luego se variaron las situaciones posibles para una misma definición relacional y, por último, se pidió a los participantes que pensarán ellos mismos un ejemplo de situación.

Si bien el Experimento 1 se justificó mediante el modelo computacional MAC/FAC (Forbus, Gentner, & Law, 1995), estas formulaciones más pequeñas de objetos, como promotoras de la recuperación de una estructura mayor, son compatibles con la arquitectura LISA (Hummel y Holyoak, 1997) descrita en 4.2. y con las simulaciones de Finlayson y Winston (2005) descritas en 4.3.

7.7.Método

Participantes. 108 estudiantes de carreras de grado de facultades de psicología en Rosario fueron invitados a participar en el experimento de manera anónima y voluntaria. La muestra estuvo constituida por 70 mujeres y 38 varones cuyas edades oscilaron entre 18 y 45 años.

Materiales y procedimiento. Los participantes se dividieron en dos grupos, 55 participantes en la condición experimental y 53 en la condición de control. Al igual que en los experimentos 1 y 2, el grupo en la condición experimental, recibió la tarea que incluía una intervención para promover la transferencia. A diferencia de los anteriores experimentos, la fase de entrenamiento en el grupo experimental consistió en actividades sobre identificación de objetos y sus roles en contexto.

Tabla 8
Experimento 3. Entrenamiento. Objetos relacionales

Leé con atención las explicaciones 1 y 2 para que luego puedas aplicar esos conceptos en la resolución de un problema.

1. Definición relacional

Los objetos del mundo pueden ser observados desde dos puntos de vista: como objetos individuales o como objetos en relación. Si te piden que describas físicamente un objeto, podrías dar una *definición individual*, basada en sus características. Por ejemplo, las “llaves del auto”, a simple vista, son “*cuerpos metálicos con bordes irregulares de color plateado*”. La *definición individual* dice cómo es el objeto.

Una ***definición relacional***, en cambio, señala las *relaciones* entre el objeto y los elementos que lo rodean, en una situación determinada. Esas relaciones pueden cambiar según la situación. Por ejemplo, imaginá las siguientes situaciones:

A. Vas caminando y extraés de tu bolsillo las llaves del auto porque te pesan demasiado. En ese momento, las llaves del auto son “*algo que molesta por su peso para caminar*”. Esa es una posible *definición relacional*.

B. Cuando las insertás en la cerradura, las llaves son “*algo para abrir la puerta*”.

C. Acabás de ingresar a tu auto con las llaves en la mano, las insertás en el tambor y las hacés girar. Las llaves cierran un contacto que permite el paso de energía, destraban el volante, se activa el motor. En ésa situación, las llaves son “*algo que activa la marcha de un motor*”.

D. Acabás de salir del auto, te das cuenta de que olvidaste las llaves dentro y no tenés una copia. La puerta está trabada con el seguro. Podés verlas

sobre el asiento del conductor, pero no hay manera de acceder a las llaves. Se han transformado en “algo importante que quedó inaccesible” y la puerta del auto es “algo que bloquea el acceso a un objeto importante”.

2. Pensá en situaciones distintas pueden incluir la misma definición

relacional

E. Imaginá que en vez de llaves llevabas en el bolsillo una pelota. *La pelota*, en ese lugar, cumple la misma función que las llaves en A: “algo que molesta por su peso para caminar”.

F. Imaginá que tu auto es antiguo y con tus propias manos juntás los cables del contacto para producir el arranque. *Tus manos* cumplen la misma función que las llaves en la situación B: “algo que activa marcha del vehículo”.

Ejercicio

Tu gato de tres meses de edad llegó hasta un hueco en la terraza y no sabe cómo bajar. Tiene una pata vendada y temés que caiga al piso desde esa altura y se lastime. El gato en la terraza es “algo que debe bajar de inmediato pero evitando una caída abrupta”.

Proponé otro objeto en situación que tenga la misma definición relacional.

.....
.....
.....
.....
.....

A continuación se presentó el problema de la radiación, se señalaron como objetos relevantes el tumor y los rayos, y se pidió a los participantes que definan los objetos como objetos relacionales, es decir, según el rol que cumplen en el problema.

Leé atentamente el siguiente problema:

Un tumor maligno en el estómago de un paciente debe ser eliminado cuanto antes pero no es posible operarlo. Se dispone de un tipo de rayos que, de aplicarse con la intensidad necesaria, podrían eliminar el tumor. El problema es que un haz de rayos de la intensidad necesaria, en su camino hacia el tumor destruiría también los tejidos sanos que lo rodean. Si, en cambio, se aplicaran los rayos con intensidad más baja, no afectarían los tejidos circundantes, pero tampoco lograrían destruir el tumor. El médico indaga la manera de aplicar este tipo de rayos de modo de destruir el tumor sin dañar los tejidos sanos.

En este problema hay dos objetos relevantes, el “tumor” (1) y los “rayos” (2). Escribí una definición relacional para cada uno, sin mencionar el nombre de ningún objeto concreto. Si una persona leyera las definiciones no debería sospechar que se trata de un caso médico.

Objeto 1: “Algo que

.....
.....
.....”

Objeto 2: “Algo que

.....
.....
.....”

Una vez que los participantes hubieron completado los roles abstractos de cada objeto sin mención de rasgos superficiales, se les pidió que intentaran recordar una situación que contenga roles análogos.

Tabla 1
Experimento 3. Búsqueda de situaciones con roles análogos

Repetí mentalmente (o en voz baja) las definiciones relacionales que escribiste, tratando de recordar alguna situación que las incluya a ambas.

(La situación podría tratar sobre cualquier tema, incluso puede ser totalmente diferente al tema anterior, pero debe tener un objeto cuya definición relacional sea similar a la del objeto 1 y debe tener otro objeto cuya definición relacional sea similar a la del objeto 2).

Escribí la situación (o situaciones) que recuerdes:

.....
.....
.....
.....
.....

Posteriormente, se les solicitó volver a pensar en el problema de la radiación, y proponer distintas formas de utilizar los rayos sin destruir los tejidos circundantes.

7.8.Resultados y discusión

De los 55 participantes en la condición experimental, 24 recuperaron la historia base (44%) vs. 11 participantes entre 53 (20%) en la condición de control.

$\chi^2 (1, N = 108) = 6,45, p < 0,05$.

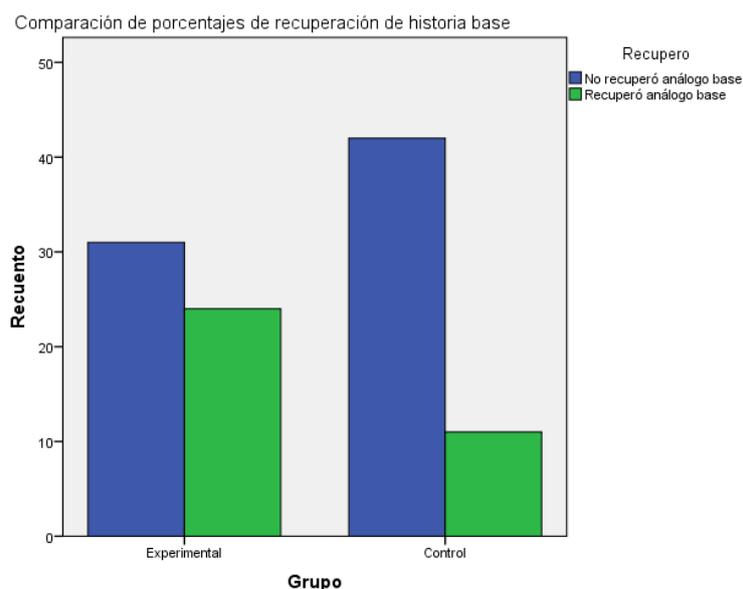


Fig. 3: Experimento 2. Recuperación por grupos

Estos resultados superan a los obtenidos en el experimento 1 donde se intentó la generación de un esquema abstracto global del problema en vez de esquemas parciales de roles de objeto y son levemente superiores a la tasa típica de recuperación analógica (entre el 20% y 30%).

Los protocolos de los participantes que no recuperaron la historia base, muestran que la calidad de los esquemas (definiciones relacionales de objeto) no era adecuada. Por ejemplo, el siguiente es el esquema formulado por un participante que recuperó exitosamente la historia base:

Objeto 1: “Algo que debe ser eliminado de inmediato”.

Objeto 2: “Algo que elimina el problema pero puede ocasionar un daño mucho mayor” (Fotos 13...pdf, pág. 18).

El siguiente, es el protocolo de un estudiante que no logró la recuperación de la historia base:

Objeto 1: “Algo que puede ser benigno o maligno, puede crecer abruptamente o de manera silenciosa, puede extirparse o no detectarse”.

Objeto 2: “Algo que es emitido desde alguna fuente de energía potente” (Fotos 13...pdf, pág. 24).

La relación entre la calidad del esquema y la recuperación nos hace suponer que un entrenamiento más riguroso en la explicitación de qué significa una definición relacional, tal vez utilizando diagramas donde todas las relaciones queden expuestas, ayudaría a definir más nítidamente los esquemas.

La búsqueda voluntaria de situaciones que respondieran a las mismas definiciones relacionales pudo haber sido otro factor en el aumento de la transferencia exitosa. Sin bien algunas investigaciones probaron la búsqueda voluntaria de análogos en actividades de resolución de problemas dando un resultado negativo (Keane M. T., 1985), no lo hicieron con posterioridad a la obtención de un esquema abstracto. Para deslindar si el aumento se debió al cambio en la estrategia de generación de esquemas o al cambio entre una estrategia de recuperación espontánea y o una de recuperación mediante búsqueda

voluntaria, se necesitaría una prueba de dos niveles con ambos factores combinados (cuatro condiciones).

8. Discusión general

Nuestro objetivo fue investigar técnicas que permitan a los estudiantes abstraer esquemas de problemas mediante formulaciones discursivas más naturales que la consigna de abstraer. En lugar de ello, se sugirió a los participantes (a) que usaran un ‘lenguaje’ indefinido para traducir el enunciado del problema, vaciando las frases de contenido concreto y manteniendo las relaciones y (b) que se focalizaran en los objetos críticos del problema definiéndolos como objetos relacionales sin mencionar sus rasgos superficiales. Propusimos el uso del pronombre indefinido en reemplazo de sustantivos concretos para obtener especificaciones más abstractas de problemas pero fáciles de comprender y realizar. En el primer caso (a) la mayoría de los participantes lograron generar una especificación de problema abstracta, sin contenido superficial evitando utilizar términos específicos del dominio (por ejemplo, “tumor”, “enfermedad”). Observamos gran dificultad para expresar el problema en términos abstractos sin recurrir al apoyo de la traducción literal (término a término) del enunciado original que parece indicar que los participantes podrían no estar efectuando realmente un proceso abstractivo durante la escritura de este texto.

Siendo la transferencia espontánea el objetivo de la mayoría de las investigaciones del paradigma de resolución analógica, en el experimento 1 se esperó que, espontáneamente, luego de haber escrito los esquemas, los estudiantes estuvieran en condiciones de aplicar la solución al problema del tumor, es decir, que recordaran la historia base rápidamente. Pero esta estrategia no fue suficiente para promover la transferencia espontánea.

Los esquemas formulados por los participantes en el primer experimento incluyeron algunos de los aspectos del problema pero no todos (Ver Resultados y discusión en Experimento 1). Resumiendo, suponemos que las fallas en la recuperación podrían deberse a la falta de completitud de los esquemas, esto es, que obtener la estructura abstracta del problema completo sea demasiado exigente y por ello los participantes no logran mencionar todos los aspectos.

Propusimos en el segundo experimento señalar los objetos críticos (tumor y rayo) y solicitar a los participantes que construyan una categorización de cada uno de ellos (e.g., “el tumor es algo que debe ser eliminado urgentemente, el rayo es algo que debe regularse para no destruir en exceso”). Luego se solicitó una búsqueda de situaciones problemáticas que contuvieran dos objetos con la misma definición relacional (“algo que deba ser eliminado urgentemente y algo que deba ser regulado para no destruir en exceso) lográndose una diferencia significativa en el grupo experimental respecto del grupo de transferencia tradicional.

9. Conclusiones

La *definición relacional* como un modo de abstracción posterior a la identificación de un objeto como elemento crítico en un problema, puede considerarse un heurístico válido para la abstracción tardía.

Si los estudiantes aprenden a expresar qué son los objetos relacionalmente descartando lo que son superficialmente (como suelen hacer más espontáneamente los profesionales), podrían promover el recuerdo de situaciones análogas a la situación en la que un objeto se encuentra, como consecuencia de recordar el objeto. Ese ejercicio puede no resultar del todo sencillo, pero es más accesible para las personas no habituadas a expresar relaciones, que la expresión abstracta de un problema complejo descartando todos los

caracteres de superficie involucrados. El sesgo superficial se atenúa con la *indefinición* del objeto y el resaltado de su rol.

La abstracción tardía es una oportunidad que se presenta “tarde”, cuando centenares de conceptos ya han pasado por la memoria de trabajo sin ser elaborados con detenimiento, en situaciones de aprendizaje informal o en las cuales no ha sido efectiva la acción educativa. Esos conceptos, destinados a engrosar el cúmulo de “conocimiento inerte” de cada individuo, podrían ser activados con una señal lo suficientemente poderosa que sólo puede construir un estudiante comprometido. Posiblemente valga la pena apelar a una participación más activa del estudiante en la construcción de estructuras relacionales y en la búsqueda voluntaria y exhaustiva de estas relaciones en su propia memoria.

10. Aspectos éticos

Los experimentos se llevarán a cabo con el consentimiento voluntario de los participantes que serán invitados a hacerlo, pudiendo elegir libremente formar parte del mismo o no.

11. Relevancia y viabilidad

Plano educativo: La transferencia de conocimiento es un tema crucial en educación pero ocupa un segundo plano con respecto a la “comprensión”, referida en un sin número de propuestas. Si bien la Psicología del Discurso se enfoca en la comprensión en tanto construcción de estructuras abstractas (*macroestructuras*), perspectivas “situacionistas”, asocian la comprensión con el acceso a contenidos concretos. Apoyadas por el desarrollo tecnológico, contando en la actualidad con gran disponibilidad de medios para ilustrar y ejemplificar los *contenidos* que se dictan, estas posturas promueven un entusiasmo por investigar cómo dichos medios contribuyen a mejorar la comprensión de temas

abstractos, De hecho, el autor de esta tesis, en un proyecto previo, se propuso idear “ayudas semánticas” para las abstracciones del cálculo proposicional. Al oponer *contenidos vs abstracciones* en búsqueda de un equilibrio, debe admitirse que indudablemente, el proceso de abstracción se nutre de contenidos (sin contenidos no hay nada que abstraer) pero la variación indiscriminada de los mismos (típica de la navegación online), con ausencia de procesos de comparación, clasificación y resumen, no conduce a la transferencia. La relevancia educativa indirecta de las investigaciones en recuperación y transferencia es contribuir a volver la mirada sobre el aspecto estructural de los aprendizajes, para hallar técnicas que apoyen los procesos autónomos, que no dependan del suministro de contenidos por medios externos. La relevancia directa es promover la aplicación de lo aprendido a situaciones nuevas evitando el problema del conocimiento inerte.

Plano psicológico: Varios estudios han mostrado la dificultad de las personas para reactivar sus conocimientos previos aplicándolos a nuevas situaciones cuando no existen coincidencias superficiales. Si bien en actividades como la argumentación persuasiva pudo aumentarse la recuperación de análogos distantes mediante procesos de búsqueda voluntaria, esta estrategia no ha sido exitosa en el marco de la resolución de problemas, tema del presente trabajo. Las estrategias cognitivas dirigidas a facilitar la extracción de este tipo de claves durante la solución de problemas resultarán implementables de manera autónoma por los estudiantes sin requerir la provisión de información adicional externa para cada situación. En caso que varias de estas estrategias se prueben exitosas, el aprendiente estaría en condiciones de elegir aquella que resulte mas adecuada a su situación.

12. Bibliografía

- Asmuth, J. A., & Gentner, D. (2005). Context Sensitivity of Relational Nouns. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 27.
- Bachman, C., & Daya, M. (1977). The Role Concept in Data Models. *VLDB '77: Proceedings of the third international conference on Very large data bases*. 3, págs. 464–476. ACM.
- Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (Julio de 2002). When and Where Do We Apply What We Learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612-637.
doi:10.1037//0033-2909.128.4.612
- Barsalau, L. W. (1985). Contrasting the Representation of Scripts and Categories. *Journal of Memory And Language*, 24, 646-665.
- Barsalou, L. W. (1983). Ad hoc categories. *Memory & cognition*, 11(3), 211-227.
- Barsalou, L. W. (1991). Deriving categories to achieve goals. *Psychology of learning and motivation*, 1-64.
- Bernardo, A. B. (2001). Analogical problem construction and transfer in mathematical problem solving. *Educational Psychology*, 21, 137–150.
- Black, J. B., & Bower, G. H. (1980). Story understanding as problem solving. *Poetics*, 223-250.
- Booch, G. (1994). *Object-Oriented Analysis and Design with Applications* (Segunda ed.). Addison-Wesley.
- Bower, G. H., & Morrow, D. G. (Febrero de 1990). Mental Models in Narrative Comprehension. *Science*, 247(4938), 44-48. doi:10.1126/science.2403694
- Burgoon, E. M., Henderson, M. D., & Markman, A. B. (2013). There Are Many Ways to See the Forest for the Trees: A Tour Guide for Abstraction. *Perspectives on Psychological Science*, 8(5), 501–520.

- Catrambone, R., & Holyoak, K. J. (1989). Overcoming Contextual Limitations on Problem-Solving Transfer. *Journal of Experimental Psychology*, 1147-1156.
- Chen, P. (2002). Entity-relationship modeling: historical events, future trends, and lessons learned. En M. H. Broy, & E. Denert (Edits.), *Software pioneers: contributions to software engineering* (págs. 296–310). ACM Digital Library.
- Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glasser, R. (1981). Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Chi, M., Bassok, M., Lewis, M., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self Explanations: How Students Study and Use Examples in Learning to Solve Problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Clement, C. A., Mawby, R., & Giles, D. E. (1994). The Effects of Manifest Relational Similarity on Analog Retrieval. *Journal of Memory and Language*, 33, 396-420.
- Courtois, P. (1985). On Time and Space Decomposicion of Complex Structures. *Communications of the ACM*, 28(6).
- Croft, W. (1983). Quantifier scope ambiguity and definiteness. *Berkeley Linguistic Society*, 9, 25-36.
- Duncker. (1945).
- Enç, M. (1991). The semantics of specificity. *Linguistic Inquiry*, 22(1), 1-25.
- Fauconnier, G. (1985). *Mental Spaces: Aspects of Meaning Construction in Natural Language*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Fodor, J. D. (1970). *The lingüistic description of opaque contexts*. Massachusetts: MIT Press.
- Forbus, K. D., Gentner, D., & Law, K. (1994). MAC/FAC: A Model of Similarity-based Retrieval. *Cognitive Science*, 19, 141-205.

- Forbus, K. D., Gentner, D., & Law, K. (1995). MAC/FAC: A Model of Similarity-based Retrieval. *Cognitive Science*, *19*, 141-205.
- Gentner. (1983). Structure- Mapping: A Theoretical Framework for Analogy. *Cognitive Science*, *7*(2), 155–170. doi:10.1016/s0364-0213(83)80009-3
- Gentner, D. (1981). Some interesting differences between verbs and nouns. *Cognition and Brain Theory*, *4*(2).
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical transfer. En S. Vosniadou, & A. Ortony (Edits.), *Similarity and Analogical Reasoning* (págs. 199-242). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Gentner, D. (2010). Bootstrapping the mind: Analogical processes and symbol systems. *Cognitive Science*, *34* (5), 752-775.
- Gentner, D. (2016). Language as Cognitive Tool Kit: How Language Supports Relational Thought. *American Psychologist*, *71*(8), 650-657.
- Gentner, D., & France, I. M. (1988). The Verb Mutability Effect: Studies of the Combinatorial Semantics of Nouns and Verbs. En S. Small, G. Cottrell, & M. Tanenhaus (Edits.), *Lexical Ambiguity Resolution Perspective from Psycholinguistics, Neuropsychology and Artificial Intelligence*. Elsevier. doi:10.1016/B978-0-08-051013-2.50018-5
- Gentner, D., & Kurtz, K. J. (2005). Learning and using relational categories. En W. K. Ahn, R. L. Goldstone, B. C. Love, A. B. Markman, & P. W. Wolff (Edits.), *Categorization inside and outside the laboratory*. Washington , DC: APA.
- Gentner, D., & Markman, A. B. (1997). Structure Mapping in Analogy and Similarity. *American Psychologist*, *52*, 45-56.
- Gentner, D., & Rattermann, M. J. (1991). Language and the career of similarity. En *Perspectives on Language and Thought* (págs. 225-277). doi:10.1017/cbo9780511983689.008

- Gentner, D., Loewenstein, J., Thompson, L., & Forbus, K. (2009). Reviving inert knowledge: Analogical abstraction supports relational retrieval of past events. *Cognitive Science*, 33, 1343-1382.
- Gentner, D., Ratterman, M. J., & Forbus, K. D. (1993). The Roles of Similarity in Transfer : Separating Retrievability from Inferential Soundness. *Cognitive Psychology*, 25, 524-575. doi:10.1006/cogp.1993.1013
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema Induction and Analogical Transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38.
- Goldstone, R. L., & Medin, D. L. (1994). Time Course of Comparison. *Journal of Experimental Psychology*, 20(1), 29-50.
- Goldstone, R. L., & Wilensky, U. (2008). Promoting transfer by grounding complex systems principles. *Journal of the Learning Sciences*, 17, 465-516.
- Goldwater, M. B., & Schalk, L. (2016). Relational Categories as a Bridge Between Cognitive and Educational Research. *Psychological Bulletin*, 142(7), 729–757.
doi:10.1037/bul0000043
- Goldwater, M. B., Bainbridge, R., & Murphy, G. L. (2016). Learning of role-governed and thematic categories. *Acta Psychologica*, 164, 112–126.
- Goldwater, M. B., Don, H. J., Krusche, M. J., & Livesey, E. J. (Enero de 2018). Relational discovery in category learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147(1), 1-35.
- Graesser, A. C., Singer, M., & Trabasso, T. (1994). Constructing Inferences During Narrative Text Comprehension. *Psychological Review*, 101(3), 371-395.

- Greenberg, J. H., Ferguson, C. A., & Moravcsik, E. A. (Eds.). (1978). *Universals of human language. Volume 4, Syntax*. (Vol. 4). Stanford: Stanford University Press.
- Greeno, J. G. (1978). Understanding and Procedural Knowledge in Mathematics Instruction. *Educational Psychologist*, 12(3), 262-283.
- Haspelmath, M. (1997). *Indefinite Pronouns*. Oxford: Clarendon Press.
- Heller, J., Riley, M. S., & Greeno, J. G. (1983). Development of Children's Problem-Solving Ability in Arithmetic. En H. Ginsburg (Ed.), *The Development of Mathematical Thinking*. Academic Press.
- Hofstadter, D. R. (1979). *Gödel, Escher, Bach: an eternal golden braid*. New York: Basic books.
- Hofstadter, D. R., & Sander, E. (2013). *Surfaces and Essences: Analogy as the Fuel and Fire of Thinking*. New York, : Basic Books.
- Holland, J. ..., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., & Thagard, P. R. (1986). Induction.
- Holyoak, K. J., & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, 15, 332-340.
- Hummel, J. E., & Holyoak, K. J. (1997). Distributed representations of structure: A theory of analogical access and mapping. *Psychological Review*, 104(3), 427–466.
doi:10.1037/0033-295x.104.3.427
- Jackendoff, R. S. (1972). Capítulo 7. En R. S. Jackendoff, *Semantic interpretation in generative grammar*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Jamrozik, A. (2014). The Effect of Labels on Relational Retrieval (Thesis).
- Jamrozik, A., Sagi, E., Goldwater, M., & Gentner, D. (2013). Relational words have high metaphoric potential. En E. Shutova, B. B. Klebanov, J. Tetreault, & Z. Kozareva (Ed.), *Proceedings of the 2013 Meeting of the North American Association for Computational*

Linguistics: Human Language Technologies, First Workshop on Metaphor in NLP

(págs. 21- 26). Atlanta, Georgia: Association for Computational Linguistics.

Johnson, N. S., & Mandler, J. M. (1980). A tale of two structures: Underlying and surface forms in stories. *Poetics*, 9, 51-86.

Karpicke, J. D. (2012). Retrieval-Based Learning: Active Retrieval Promotes Meaningful Learning. *Current Directions in Psychological Science*, 21(3), 157–163. doi: 10.1177/0963721412443552

Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2008). The Critical Importance of Retrieval for Learning. *Science*, 319, 966–968.

Keane, M. T. (1985). On drawing analogies when solving problems: A theory and test of solution. *British Journal of Psychology*, 76, 449-458.

Keane, M. T., & Costello, F. J. (2001). Setting Limits on Analogy: Why Conceptual Combination is Not Structural Alignment. En ' D. Gentner, K. J. Holyoak, & B. NKokinov (Edits.), *The Analogical Mind: Perspectives from Cognitive Science*, (págs. 172-198). Cambridge, MA: MIT Press.

Kurtz, K. J., & Honke, G. (18 de Septiembre de 2017). Sorting out the problem of inert knowledge: Category construction to promote spontaneous transfer. doi:<https://doi.org/10.31234/osf.io/uq42r>

Kurtz, K., & Loewenstein, J. (2007). Converging on a new role for analogy in problem solving and retrieval: When two problems are better than one. *Memory & Cognition*, 35, 334-341.

Loewenstein, J., Thompson, L., & Gentner, D. (1999). Analogical encoding facilitates knowledge transfer in negotiation. *Psychonomic Bulletin and Review*, 6(4), 580-597.

Mandler, J. M. (1984). *Stories, Scripts, and Scenes: Aspects of Schema Theory*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. .

- Mandler, J. M., & Johnson, N. S. (1977). Remembrance of things parsed: Story structure and recall. *Cognitive Psychology*, 9, 111-151.
- Mandler, J. M., & Orlich, F. (1993). Analogical transfer: The roles of schema abstraction and awareness. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 5, 485-487.
- Markman, A. B., & Ross, B. H. (2003). Category Use and Category Learning. *Psychological Bulletin*, Vol. 129(4), 592–613.
- Markman, A. B., & Stilwell, C. H. (2001). Role-governed categories. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 13, 329-358. doi:10.1080/09528130110100252
- Martínez Frontera, L. (2015). Retrieval of base analogs from long-term memory: Differences between automatic and voluntary search (tesis de maestría no publicada).
- Minervino, R., Olguín, V., & Trench, M. (2017). Promoting interdomain analogical transfer: When creating a problem helps to solve a problem. *Memory and Cognition*, 45, 221-232. doi:10.3758/s13421-016-0655-2
- Newell, A., & Simon, H. (Febrero de 1972). *Human Problem Solving* (Vol.). Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall.
- Pradel, M. (2008). Ontology Composition using a Role Modeling Approach. *Conference: Informatiktage 2008. Fachwissenschaftlicher Informatik-Kongress*. Bonn: Bonn-Aachen International Center for Information Technology.
- Rosch, E., Mervis, C. B., Gray, W. D., & M., D. (1976). Basic Objects in Natural Categories. *Cognitive Psychology*, 8, 382-439.
- Ross, B. H., & Kennedy, P. T. (1990). Generalizing from the use of earlier examples in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 42-55.

- Ross, B. H., & Kilbane, M. C. (1997). Effects of principle explanation and superficial similarity on analogical mapping in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 427-440.
- Rumelhart, D. E. (1975). Notes on a schema for stories. En D. G. Bobrow, & A. Collins (Edits.), *Representation and understanding: Studies in cognitive science*. New York: Academic Press.
- Simon, H. (1996). The Architecture of Complexity: Hierarchic Systems. En H. Simon, *The Sciences of Artificial* (Tercera ed.). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Simon, H. (1996). *The Sciences of Artificial*.
- Spencer, R. M., & Weisberg, R. (1986). Context-dependent effects on analogical transfer. *Memory & Cognition*, 14, 442-449.
- Steimann, F. (2000). On the representation of roles in object-oriented and conceptual modelling. *Data & Knowledge Engineering*, 35, 83-106.
- Steimann, F. (2007). The Role Data Model Revisited. *Applied ontology*, 2, 89-103.
- Thagard, P. (1997). Coherent and Creative Conceptual Combinations. En T. Ward, S. Smith, & J. Viad (Edits.), *Creative thought: an investigation of conceptual structures and processes*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Trench, M., & Minervino, R. (2014). The role of surface similarity in analogical retrieval: Bridging the gap between the naturalistic and the experimental traditions. *Cognitive Science*. doi:10.1111/cogs.12201
- Trench, M., & Minervino, R. A. (2017). Cracking the problem of inert knowledge: Portable strategies to access distant analogs from memory. En T. p. motivation, & B. H. Ross (Ed.). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- Trench, M., Tavernini, L. M., & Goldstone, R. L. (s.f.). Promoting Spontaneous Analogical Transfer by Idealizing Target. *Proceedings of the 39th Annual Conference of the*

- Cognitive Science Society* (págs. 1206-1211). London, England: Cognitive Science Society.
- Ullman, R. (1978). Some general characteristics of interrogative systems. En J. Greenberg (Ed.), Stanford University Press.
- Van Dijk, T. A. (1980). Macrostructures.
- Van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of Discourse Comprehension*. New York: Academic Press.
- Ward, T. B., Smith, S. M., & Finke, R. A. (1999). Creative cognition. En R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of Creativity* (págs. 189-212). Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Wisniewski, E. J. (1996). Construal and Similarity in Conceptual Combination. *JOURNAL OF MEMORY AND LANGUAGE*, 35, 434–453.
- Wisniewski, E. J. (1998). Relations versus Properties in Conceptual Combination. *Journal of Memory and Language*, 38, 177–202.
- Wisniewski, E. J., & Gentner, D. (1991). On the Combinatorial Semantics of Noun Pairs: Minor and Major Adjustments to Meaning. En G. B. Simpson (Ed.), *Understanding Word and Sentence*. Elsevier Science.

13.Apéndice A: Historias leídas durante la fase de Aprendizaje

Historia 1 (distractor)

El falso cartero

“Norma era una linda anciana que vivía sola en su departamento. Un día le llamó la atención la insistencia con que alguien tocaba a la puerta de su vecino, de quien ella era muy amiga. Al asomarse observó en la escalera de su departamento un muchacho con uniforme de correo. El muchacho le preguntó si no sabía si su vecino volvería pronto. Norma le dijo que llegaba después de las 20 hs. El muchacho se lamentó mucho porque había subido en vano con un pesado paquete por las escaleras. Dijo que se trataba de una compra urgente que había hecho el vecino y que si no la recibía nadie, debería ser devuelta. Norma, preocupada, se ofreció a recibir el paquete. El muchacho le aclaró que la entrega era “pago contra reembolso”. Evaluando la situación, ella decidió hacerse cargo. Pagó por el paquete, bajo la confianza en que su vecino le devolvería el dinero. Le angustiaba que su vecino no recibiera a tiempo algo que realmente fuera necesario para él. Antes de pagar, Norma levantó el paquete y lo movió. Por el sonido se dio cuenta que estaba lleno de arena. Entonces supo que aquella entrega era una estafa”.

Historia 2 (análogo base)

El incendio rodeado

“La ciudad de Boston cuenta con un jardín botánico famoso por la variedad de sus especies exóticas. Durante un verano, se desató un violento incendio en uno de los sectores más importantes del predio. El departamento de bomberos informó que el volumen de agua almacenada en el estanque alcanzaría para apagar el fuego, pero siempre y cuando se utilizara un sistema especial de bombeo capaz de lanzar un chorro de agua de 1000 litros por minuto. Pero las autoridades del botánico comunicaron que no lo autorizarían, ya que destruiría las especies vegetales que estaban alrededor del incendio y que les interesaba preservar. Tras razonar unos minutos, el jefe de bomberos ideó una solución: dividir el chorro de agua en muchos chorritos pequeños, aplicándolos desde distintos lugares y haciéndolos converger en el centro, donde estaba el fuego. Llamó a los cuarteles de bomberos de los barrios aledaños, y les solicitó que le envíen urgentemente todas las bombas de bajo caudal que tuvieran disponibles. Apenas llegaron las conectó al estanque de agua, las apuntó desde distintas direcciones hacia la superficie afectada, y luego las encendió a todas juntas. Dado que colectivamente bombeaban mas de 1000 litros por minuto, el incendio pudo ser controlado. Y

como cada chorro individual transportaba poco caudal, no causó deterioros irreversibles a las especies exóticas”.

Historia 3 (distractor)

Las Plantas de Bambú

Marcela construyó un jardín en su casa. Hacia el fondo, plantó semillas de varias especies, incluyendo semillas de bambú. Crecieron margaritas, jazmines y rosas, pero las plantas de bambú no surgieron. Marcela continuó abonando la tierra y regándola constantemente, hasta que, convencida de que habría comprado semillas infértiles, dejó de regarlas. Y sólo se ocupó a las otras plantas. Alrededor se fueron agregando piedras, un banco, un tobogán, y un arenero donde los niños con frecuencia dejaban los baldes, las palitas y otros juguetes que, a veces, caían sobre la tierra aparentemente vacía de las semillas de bambú. Durante el séptimo año de haber sido plantadas, en un período de sólo seis semanas, las plantas de bambú crecieron treinta metros. Les tomó siete años crecer y seis semanas desarrollarse. Durante los primeros siete años de aparente inactividad, el bambú genera un complejo sistema de raíces que le permiten sostener el enorme crecimiento que vendrá después.

14. Apéndice B: Ejemplos de resultados del Experimento 1.

Traducción del problema al idioma Algos:

“Hay algo que debe ser eliminado del lugar donde está, pero resulta imposible sacarlo. Se dispone de algo que aplicado con la intensidad necesaria podría eliminar aquello. El problema es que si se aplica con alta intensidad dañaría el área circundante pero eliminaría aquello. Si en cambio se utiliza a baja intensidad, no afectará el área circundante pero no afectará el objeto maligno”

Síntesis en un renglón

“El quiere eliminar algo sin dañar el área circundante”

Recuperación: exitosa

Obs: No utilizó elementos específicos del dominio

Traducción del problema al idioma Algos:

“Algo en un lugar resulta imposible de operar. Se dispone de algo que al aplicarse mucho, podría destruir eso. El problema es que si se aplica eso, en su camino hacia el lugar también destruirá otra cosa. Si en cambio, eso se aplica menos, no afectará la otra cosa pero tampoco destruirá eso”

Síntesis en un renglón:

Si algo no se aplica con intensidad, no destruirá una cosa.

Recuperación: fallida

Traducción del problema al idioma Algos:

“Algo maligno en alguna parte resulta imposible de eliminar. Se dispone de una cosa que de usarse adecuadamente podría eliminar ese algo maligno. El problema es que si esa cosa actúa tan intenso antes de llegar a lo maligno, destruiría algo no maligno, pero si su intensidad es baja no afectaría a lo maligno.

Síntesis en un renglón:

Para eliminar lo maligno se debe usar una cosa ni muy intensa ni poco intensa

Recuperación: fallida

Obs: esquema poco claro. Maligno asociado con tumor.

Traducción del problema al idioma Algos:

“Algo malo en el estómago no puede operarse. Se dispone de algo que al aplicarlo con intensidad lo destruiría. El problema es que este {...} al tener tanta intensidad destruiría el lugar y si a este objeto lo aplicamos con intensidad baja, no afectaría a un lugar, pero tampoco destruiría algo.

Síntesis en un renglón:

Se dispone de un objeto el cual al aplicarlo con mucha intensidad no sirve y al aplicarlo con baja intensidad tampoco.

Recuperación: fallida

Obs: incluye aspectos del dominio (estómago, operar)

Traducción del problema al idioma Algos:

“Algo maligno se encuentra dentro de alguna cosa y es imposible sacarlo. Se dispone de algún objeto de máximo poder para destruirlo. El problema es que este objeto podría destruir otra cosa antes de destruirlo. En cambio, si reducimos el poder, no destruiría nada más.”

Síntesis en un renglón:

Algo maligno se encuentra dentro de alguna cosa y se destruiría mediante un objeto de bajo poder.

Recuperación: fallida

Traducción del problema al idioma Algos:

Algo en un sitio es imposible de rescatar de forma convencional. Hay un elemento que, de aplicarse con la potencia adecuada, podría destruir ese algo. El problema es que al aplicarlo con esa potencia también destruiría otros elementos circundantes. Si se aplica el elemento con potencia baja no se logra nada.

Síntesis en un renglón:

Para poder resolver algo se debe utilizar un elemento con potencia, pero se destruye la periferia indeseablemente.

Recuperación: fallida

Obs.: esquema correcto

Traducción del problema al idioma Algos:

“Algo en un lugar o parte resulta imposible de arreglar. Se dispone de algo que, de aplicarse con la intensidad necesaria, podría arreglar ese algo. El problema es que hay que aplicarlo cuidadosamente ese algo, ni muy fuerte, ni muy despacio, porque no funcionaría.”

Síntesis en un renglón:

Algo es malo pero con un elemento se puede solucionar aplicándolo bien.

Recuperación: fallida

Traducción del problema al idioma Algos:

“Algo en un lugar, resulta imposible de tratar. Se dispone de un elemento que, si se usa con la intensidad necesaria, podrían destruir a este algo. El problema es que si la fuerza de este elemento es muy fuerte, en su camino hacia ese algo puede destruir otras cosas. Si, en cambio, la fuerza del elemento es muy leve, este no llegaría a destruir a ese algo.”

Síntesis en un renglón:

“Hay que destruir algo sin destruir otras cosas”

Recuperación:fallida

Traducción del problema al idioma Algos:

“Algo maligno en un lugar, es imposible de quitar. Sólo si hay algo lo suficientemente fuerte que lo destruye. Esto suficientemente fuerte en su paso destruirá las cosas en buenas condiciones. Pero si

esto “suficientemente fuerte” reduce su intensidad, dejará las cosas en buenas condiciones pero no destruirá lo maligno”.

Síntesis en un renglón:

“Podemos destruir algo malo con algo muy fuerte, si no, no se podrá destruir”.

Recuperación:fallida

Traducción del problema al idioma Algos:

Síntesis en un renglón:

Recuperación:

Traducción del problema al idioma Algos:

Algo en un lugar resulta imposible realizarle una acción. Se dispone de un tipo de elemento que de aplicarse con la intensidad necesaria, podría destruir ese algo. El problema es que si se aplica demasiado destruirá otra cosa. Si se aplica a baja intensidad no haría efecto.

Síntesis en un renglón:

Al aplicar algo sobre algo realiza una acción sobre el segundo

Recuperación: fallida

15. Apéndice C: Experimento 1. Fase de entrenamiento Grupo experimental

Segunda parte (Fase de entrenamiento y Recuperación)

- Leé atentamente las explicaciones siguientes para que luego puedas aplicarlas a una actividad.

Te proponemos aprender el idioma de los *Algos*.

Los *Algos* eran un grupo de filósofos cuya palabra preferida era “algo”; la utilizaban con frecuencia en sus conversaciones para hablar en forma genérica de verdades universales (“*Algo existe*”, “*Algo se mueve*”, “*Hay algo en vez de nada*”). El propósito inicial de este lenguaje artificial era crear enigmas imposibles de resolver, ya que tenían múltiples respuestas, y todas eran igualmente válidas. Pero aparentemente quienes aprendían el idioma de los *Algos* tendían a utilizarlo con frecuencia, lo que condujo a malos usos, como generar ambigüedad, ocultar información o evitar el compromiso (“*Algo se me va a ocurrir*”, “*Alguien tiene que hacer algo*”, “*Algún día te llamo*”).

En el siglo XX, científicos computacionales refinaron el lenguaje introduciendo dos pautas -ambiguar los objetos pero mantener las relaciones- que permitieron explicar situaciones problemáticas de manera abstracta sin distorsionarlas ni perder totalmente la precisión. Te presentamos un ejemplo.

Texto en lenguaje natural:

- a) Cada espermatozoide inicia un recorrido en dirección de las trompas de Falopio, durante el cual puede ser atacado por glóbulos blancos o interceptado por algún obstáculo. La estrategia biológica ha sido liberar un gran número de ellos (entre 50 y 150 millones) para aumentar la probabilidad de que por lo menos uno llegue a destino.

Traducción al idioma Algos:

- b) *Algo se traslada hacia un lugar lejano y en su camino puede ser atacado por otros elementos. La estrategia ha sido enviar muchos ejemplares de eso que se traslada para aumentar la probabilidad de que por lo menos uno llegue a destino.*

Si hubieras leído éste párrafo (b) en primer lugar, no estarías seguro de cuál es el tema o a qué se refiere, porque varias situaciones podrían ser igualmente válidas. Por ejemplo, la siguiente:

- c) “Durante la Guerra Fría, cada mensaje digital que viajaba a un receptor lejano, corría el riesgo de ser eliminado y no llegar nunca a destino si los lugares transitados eran bombardeados. Como solución, se diseñó un sistema que enviaba múltiples copias de un mismo mensaje por rutas alternativas para asegurar que al menos uno llegara al receptor”.

La expresión b), en idioma Algo, está escrita de tal modo, que podría referir a espermatozoides o a mensajes digitales indistintamente.

La clave para que puedas traducir cualquier texto al idioma Algos es que **elimines los elementos que revelan información específica** –sobre todo, sustantivos comunes- o bien que los **reemplaces por expresiones indefinidas** como “algo”, “alguien”, “elemento”, “un lugar”, “un objeto”, “un día”, etc. Los **verbos** y las **relaciones espaciales** (*bajar, subir, trasladarse lejos, estar dentro o fuera de otro objeto*) se mantienen iguales o similares. El texto traducido suele tener el aspecto de un acertijo o enigma.

Ejemplos:

Lenguaje natural	Traducción al idioma Algos
“Un niño intenta hacer bajar a su gato del tejado de la casa a 6 metros de altura. Si el gato cae abruptamente desde esa altura podría lastimarse contra unas piedras con puntas afiladas en el piso del parque”.	<i>Alguien intenta hacer bajar algo de un lugar alto. Si eso cae abruptamente desde esa altura podría dañarse contra objetos punzantes abajo.</i>

Lenguaje natural	Traducción al idioma Algos
“Juan va a patear una pelota en el patio de su casa. Si la fuerza es suficiente, la pelota rebotará contra la pared del vecino y cambiará de dirección”.	<i>Alguien va a impulsar un objeto en un lugar. Si la fuerza es suficiente, el objeto rebotará contra un plano y cambiará de dirección.</i>

- Leé atentamente el siguiente problema:

“Un tumor maligno en el estómago, resulta imposible de operar. Se dispone de un tipo de rayos que, de aplicarse con la intensidad necesaria, podrían destruir el tumor. El problema es que si se aplica un haz de rayos tan intenso, en su camino hacia el tumor también destruirá el tejido sano circundante. Si, en cambio, el haz se aplica a intensidad baja, no afectaría el tejido, pero tampoco lograría destruir el tumor”.

- En el espacio que sigue te pedimos que traduzcas este problema al idioma Algos, de modo que tu descripción genérica pudiera ser válida para este problema y también para otros problemas que no estén dentro del dominio de la medicina.

- Sintetiza la descripción que has hecho en un renglón.

Responde (en lenguaje natural)

¿De qué manera podría usarse este tipo de rayos a efectos de destruir el tumor, pero sin dañar los tejidos sanos? **Escribí todas las soluciones que se te ocurran.**

1)

2)

3)

3. Nos interesa averiguar qué cosas vinieron a tu mente mientras trabajabas con el problema del tumor, ya sea mientras lo traducías al idioma Algos o mientras intentabas resolverlo. Si algo se te ocurre por primera vez ahora, pero **no** se te había ocurrido durante las dos tareas anteriores, no lo menciones.

a) ¿Mientras traducías y/o intentabas resolver el problema del tumor, vino a tu mente, aunque sea por un instante, alguna de las tres historias que leíste durante la actividad sobre comprensión de textos?

SI NO (hacé un círculo en la opción correcta)

b) En caso de haber contestado “SI”, contanos qué historia (o qué historias) vinieron a tu mente. Indicá solo aquella historia (o aquellas historias) que estás 100% seguro de que vinieron a tu mente, aunque sea por un instante, ya sea mientras lo traducías o mientras intentabas resolverlo. Si durante estas actividades **no** vino a tu mente ninguna de esas historias, dejá los tres espacios en blanco y pasá a la hoja siguiente.

Vino a mi mente la historia de

.....
.....
.....
.....
.....

Vino a mi mente la historia de

.....
.....
.....
.....
.....

Vino a mi mente la historia de

.....
.....
.....
.....
.....

4. Por favor, escribí con el mayor nivel posible de detalle la historia del Jefe de Bomberos (sin volver en las páginas.

Había una vez

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

16. Apéndice D: Experimento 2. Entrenamiento de grupo experimental

(Fase de aprendizaje: igual al experimento 1)

Segunda parte. Resolución de problemas

Leé con atención las explicaciones 1 y 2 para que luego puedas aplicar esos conceptos en la resolución de un problema.

3. Definición relacional

Los objetos del mundo pueden ser observados desde dos puntos de vista: como objetos individuales o como objetos en relación. Si te piden que describas físicamente un objeto, podrías dar una *definición individual*, basada en sus características. Por ejemplo, las “llaves del auto”, a simple vista, son “*cuerpos metálicos con bordes irregulares de color plateado*”. La *definición individual* dice cómo es el objeto.

Una *definición relacional*, en cambio, señala las *relaciones* entre el objeto y los elementos que lo rodean, en una situación determinada. Esas relaciones pueden cambiar según la situación. Por ejemplo, imaginá las siguientes situaciones:

- G. Vas caminando y extraés de tu bolsillo las llaves del auto porque te pesan demasiado. En ese momento, las llaves del auto son “algo que molesta por su peso para caminar”. Esa es una posible *definición relacional*.
- H. Cuando las insertás en la cerradura, las llaves son “algo para abrir la puerta”.
- I. Acabás de ingresar a tu auto con las llaves en la mano, las insertás en el tambor y las hacés girar. Las llaves cierran un contacto que permite el paso de energía, destraban el volante, se activa el motor. En esa situación, las llaves son “algo que activa la marcha de un motor”.
- J. Acabás de salir del auto, te das cuenta de que olvidaste las llaves dentro y no tenés una copia. La puerta está trabada con el seguro. Podés verlas sobre el asiento del conductor, pero no hay manera de acceder a las llaves. Se han transformado en “algo importante que quedó inaccesible” y la puerta del auto es “algo que bloquea el acceso a un objeto importante”.

4. Pensá en situaciones distintas pueden incluir la misma definición relacional

- K. Imaginá que en vez de llaves llevabas en el bolsillo una pelota. La *pelota*, en ese lugar, cumple la misma función que las llaves en A: “algo que molesta por su peso para caminar”.
- L. Imaginá que tu auto es antiguo y con tus propias manos juntás los cables del contacto para producir el arranque. Tus *manos* cumplen la misma función que las llaves en la situación B: “algo que activa marcha del vehículo”.

Ejercicio

Tu gato de tres meses de edad llegó hasta un hueco en la terraza y no sabe cómo bajar. Tiene una pata vendada y temés que caiga al piso desde esa altura y se lastime. El gato en la terraza es “algo que debe bajar de inmediato pero evitando una caída abrupta”.

Proponé otro objeto en situación que tenga la misma definición relacional.

.....
.....

.....
.....
.....

(página siguiente)

Leé atentamente el siguiente problema:

Un tumor maligno en el estómago de un paciente debe ser eliminado cuanto antes pero no es posible operarlo. Se dispone de un tipo de rayos que, de aplicarse con la intensidad necesaria, podrían eliminar el tumor. El problema es que un haz de rayos de la intensidad necesaria, en su camino hacia el tumor destruiría también los tejidos sanos que lo rodean. Si, en cambio, se aplicaran los rayos con intensidad más baja, no afectarían los tejidos circundantes, pero tampoco lograrían destruir el tumor. El médico indaga la manera de aplicar este tipo de rayos de modo de destruir el tumor sin dañar los tejidos sanos.

En este problema hay dos objetos relevantes, el “tumor” (1) y los “rayos” (2). Escribí una definición relacional para cada uno, sin mencionar el nombre de ningún objeto concreto. Si una persona leyera las definiciones no debería sospechar que se trata de un caso médico.

Objeto 1: “Algo que
.....
.....”

Objeto 2: “Algo que
.....
.....”

Repetí mentalmente (o en voz baja) las definiciones relacionales que escribiste, tratando de recordar alguna situación que las incluya a ambas.

(La situación podría tratar sobre cualquier tema, incluso puede ser totalmente diferente al tema anterior, pero debe tener un objeto cuya definición relacional sea similar a la del objeto 1 y debe tener otro objeto cuya definición relacional sea similar a la del objeto 2).

Escribí la situación (o situaciones) que recuerdes:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Dos situaciones relacionalmente equivalentes suelen tener la misma solución o similar.

Volviendo al problema médico, ¿de qué manera podría usarse este tipo de rayos a efectos de destruir el tumor, pero sin dañar los tejidos sanos?

1)

.....

.....

2)

.....

.....

3)

.....

Nos interesa averiguar qué cosas vinieron a tu mente mientras trabajabas con el problema del tumor, ya sea mientras pensabas en una definición relacional, mientras intentabas recordar una situación o mientras intentabas resolver el problema del tumor. Si algo se te ocurre por primera vez ahora, pero **no** se te había ocurrido durante las dos tareas anteriores, no lo menciones.

a) ¿Mientras pensabas en la definición relacional y/o intentabas recordar una situación o resolver el problema del tumor, vino a tu mente, aunque sea por un instante, alguna de las tres historias que leíste durante la actividad sobre comprensión de textos?

SI NO (hacé un círculo en la opción correcta)

b) En caso de haber contestado “SI”, contanos qué historia (o qué historias) vinieron a tu mente. Indicá solo aquella historia (o aquellas historias) que estás 100% seguro de que vinieron a tu mente, aunque sea por un instante, ya sea mientras describías, intentabas recordar o resolvías el problema del tumor. Si durante estas actividades **no** vino a tu mente ninguna de esas historias, dejá los tres espacios en blanco y pasá a la hoja siguiente.

Vino a mi mente la historia de
.....
.....
.....

Vino a mi mente la historia de
.....
.....
.....

Vino a mi mente la historia de
.....
.....
.....

17.Apéndice E: Historias

El General (Gick & Holyoak, Analogical problem solving, 1980)

La radiación (Duncker, 1945)