

(C-94)

**INFLUENCIA DE LA FAMILIARIDAD, CONTEXTO Y
ESTRUCTURA DE LOS PROBLEMAS EN LA
RESOLUCIÓN POR TRANSFERENCIA**

Carlos B. Gómez

Vicente Sanjosé

Joan Josep Solaz-Portolés



(C-94) INFLUENCIA DE LA FAMILIARIDAD, CONTEXTO Y ESTRUCTURA DE LOS PROBLEMAS EN LA RESOLUCIÓN POR TRANSFERENCIA

Carlos B. Gómez, Vicente Sanjosé y Joan Josep Solaz-Portolés

Afiliación Institucional: Departament Didàctica de les Ciències Experimentals i Socials. Universitat de València. España.

Indique uno o varios de los siete Temas de Interés Didáctico: (Poner x entre los [])

- Metodologías didácticas, elaboraciones de guías, planificaciones y materiales adaptados al EEES.
- Actividades para el desarrollo de trabajo en grupos, seguimiento del aprendizaje colaborativo y experiencias en tutorías.
- Desarrollo de contenidos multimedia, espacios virtuales de enseñanza- aprendizaje y redes sociales.
- Planificación e implantación de docencia en otros idiomas.
- Sistemas de coordinación y estrategias de enseñanza-aprendizaje.
- Desarrollo de las competencias profesionales mediante la experiencia en el aula y la investigación científica.
- Evaluación de competencias.

Resumen.

En este trabajo se analiza el papel de la familiaridad, el contexto y la estructura de los problemas en la habilidad para aplicar lo aprendido en una situación a otras situaciones (resolución de problemas por transferencia). Hemos estudiado la transferencia en estudiantes que, a partir de un ejemplo (problema fuente), intentan resolver otros cuatro problemas (problemas diana). Los resultados indican que la familiaridad afecta a la resolución por transferencia. Además, la transferencia depende tanto del contexto como de la estructura del problema cuando éste no resulta familiar (problema científico).

Keywords: Problem solving, transfer, problem's structure, problem's context, problem's familiarity

Abstract.

In this paper it is analysed the role of familiarity, context, and structure of problems in the ability to apply what is learned in one situation to a different situation (problem solving by transfer). We have studied transfer in students when comparing one example or "source problem" with four "target problems". Results show that familiarity affects problem solving by transfer. Moreover, transfer depends on context and structure of problem if this problem is not familiar (scientific problem).

Texto.

1. Introducción

La resolución de problemas es una de las tareas más creativas, exigentes e interesantes para la mente humana y es un área que ha atraído el interés de los científicos cognitivos desde siempre, en especial en ciencias y matemáticas (Polya, 1957; Newell y Simon, 1972, Larkin y Reif, 1979). Por ser uno de los objetivos de la educación y una de las pruebas características del aprendizaje de alto nivel, la didáctica de las ciencias y la didáctica de las matemáticas también han centrado su interés en ello (Solaz-Portolés y Sanjosé, 2006; Solaz-Portolés y Sanjosé, 2007). Un problema típico en ciencias posee un enunciado escrito en lenguaje natural en el que ciertas entidades del mundo se encuentran en una situación que las relaciona según alguna regla, principio o ley subyacente. Existen aspectos, atributos o características de esa situación que son conocidos y una demanda concreta sobre otro aspecto no conocido. Para atender a esta demanda hay que reconocer y usar esas reglas, principios y leyes pertinentes, pero también, típicamente, hay que saber utilizar algunas habilidades heurísticas y lógico-matemáticas. La comprensión de un problema parte de la comprensión de su enunciado, que no es sino un texto habitualmente corto, con unas pocas frases. Este texto corto demanda una gran cantidad de inferencias y la activación de conocimiento previo específico conceptual, situacional, procedimental, estratégico y esquemático (Solaz-Portolés y Sanjosé, 2007a) para atender la demanda del problema.

Un importante objetivo de la educación es incrementar la capacidad de los estudiantes para resolver problemas de diferentes características y disciplinas. Para alcanzar este objetivo el estudiante tiene que, entre otras cosas, aprender a transferir aprendizajes. La transferencia (o *transfer*) es frecuentemente definida como la habilidad para aplicar lo que ha sido aprendido en un determinado contexto a un nuevo contexto (Byrnes, 1996). La transferencia es una estrategia cognitiva muy importante y ha recibido mucha atención en investigación especializada (Hammer et al., 2005; Mestre, 2003; Barnett y Ceci, 2002; Bernardo, 2001; Bassok and Holyoak, 1989; Reed, Dempster and Ettinger, 1985; Gick and Holyoak, 1983 and 1980). En concreto, se ha dedicado una atención especial a los problemas algebraicos con enunciado (Gick y Holyoak, 1980 y 1983; Reed, Dempster y Ettinger, 1985; Bassok y Holyoak, 1989; Reed, 1987).

Tradicionalmente la transferencia ha sido medida examinando si los estudiantes podían aplicar aquello que habían aprendido en un problema a nuevos problemas isomórficos (Reed, Ernst, y Banerjii, 1974). No obstante, las nuevas perspectivas de la transferencia han expandido esta visión. Así, por ejemplo para Lobato (2003), la transferencia es vista como una construcción de similitudes entre dos contextos, y su interés se centra en cómo los estudiantes consiguen ver las semejanzas entre dos contextos. La construcción de analogías entre situaciones es, precisamente, la base de la teoría de la transferencia propuesta por Gentner, (1983).

¿En función de qué rasgos se pueden establecer analogías entre dos situaciones problemáticas? De acuerdo con algunos autores, (Chi, Feltovich y Glaser, 1981; Holyoak y Koh, 1987), los problemas con enunciado en ciencias y matemáticas pueden caracterizarse por dos factores: 1) su contexto, historia o superficie; y 2) su estructura. El contexto o superficie alude a la temática concreta o ámbito del Mundo ordinario a la que pertenecen los objetos y eventos que se describen en el enunciado, pertenecientes al conocimiento general de las personas y, por ello, deben ser fácilmente reconocibles. La estructura se refiere a las relaciones entre variables en el "espacio del problema" (Newell y Simon, 1972) dadas por reglas, normas, principios o leyes, y alude a representaciones abstractas. Desde el punto de vista un matemático experto, si dos problemas tienen la misma estructura, las relaciones entre sus variables son idénticas y por tanto, ambos problemas se resuelven a través del mismo conjunto de algoritmos, operaciones etc. Por tanto dos problemas pueden ser

comparados a través de estos dos factores. La construcción de analogías entre dos problemas puede verse facilitada u obstaculizada por la igualdad o diferencia de sus superficies o sus estructuras (Reed, 1987).

Los profesores de ciencias con frecuencia asumen que las relaciones analógicas entre los problemas resueltos y los problemas propuestos son sencillas de comprender y establecer (Oliva, 2004). Normalmente se atribuye el fracaso en la resolución a dos grandes causas: falta de comprensión del problema o falta de dominio de los procedimientos matemáticos de resolución. Sanjosé, Valenzuela, Fortes y Solaz-Portolés (2007), han verificado con estudiantes de secundaria que las dificultades algebraicas y de cálculo no son el obstáculo principal en la transferencia de aprendizajes. Estos autores formulan la hipótesis que la causa principal de los impedimentos para realizar la transferencia debe de tener su origen en la fase de comprensión, es decir, en la construcción de un adecuado modelo mental del problema: si la situación descrita no plantea dificultades, entonces los obstáculos están en el proceso de “traducción algebraica”, anterior a “la navegación por el espacio algebraico del problema”.

Sanjosé, Solaz y Valenzuela (2009) han obtenido una mejora en el éxito del *transfer* proporcionando un *andamiaje* a los estudiantes (Cui, Rebello, Fletcher y Bennett, 2006) basado en una metodología que facilita el tránsito desde una representación mental en términos concretos hacia la representación mental abstracta, matemática, es decir, una metodología basada en el proceso de traducción algebraica. Sin embargo, la instrucción para facilitar el proceso de traducción algebraica soslaya los mecanismos cognitivos del *transfer*, en particular, aquellos que intervienen en la construcción y uso de las analogías entre situaciones conocidas y nuevas. En el *transfer* se han distinguido al menos dos fases: a) activación de un esquema mental preexistente en la memoria a largo plazo (MLP) del sujeto y b) aplicación del mismo. La primera fase implica que, ante una nueva situación problemática, el sujeto es afectado por ciertos rasgos-input que recuperan de la memoria a largo plazo una situación ya conocida, o un esquema mental más general, y se construye la analogía entre ambas situaciones o se “indexa” la nueva como un caso particular más del esquema general.

Con este trabajo se pretende investigar:

1. La influencia de los factores superficie (o contexto) y estructura en el *transfer*, en una replicación del trabajo de Reed (1987) con problemas algebraicos.
2. Los efectos de la familiaridad que el contexto del problema tiene para el resolutor. Ha sido probado que el *transfer* se dificulta mucho cuando el “problema fuente” -el ejemplo resuelto y explicado con el que se aprende- y el “problema diana” -con el que se mide la transferencia- pertenecen a diferentes disciplinas y son superficialmente desemejantes: los objetos y hechos narrados en el enunciado son distintos, o los ámbitos de la ciencia a los que aluden son diferentes (Ross, 1987).

Nuestra primera hipótesis, fundamentada en el trabajo de Reeves y Weisberg (1994) es:

H1: Cuando se resuelven problemas no familiares, la estructura y el contexto del problema influirán decisivamente sobre la transferencia.

La segunda hipótesis es:

H2: Una alta familiaridad de los problemas conducirá a mayor éxito en la transferencia que una baja familiaridad, con independencia de los factores superficie y estructura (Bassok y Holyoak, 1989).

2. Experimento 1

El objetivo de este experimento es estudiar la influencia de la igualdad / diferencia en los factores superficie y estructura de los problemas fuente y diana, cuando la familiaridad de los contextos es alta para los estudiantes; es decir, los objetos y eventos incluidos en los enunciados, tienen una representación completa y fuerte en la MLP de los estudiantes.

Metodología

Sujetos

Los sujetos intervinientes en este experimento pertenecían a dos centros de la provincia de Valencia, situados en ciudades de más de 10.000 habitantes. Todos los sujetos cursaban el mismo nivel de estudios (4º de ESO). De un total de 37 sujetos, obtuvimos datos completos y fiables de 28 alumnos; del resto obtuvimos datos parciales.

Diseño y Materiales

Con el fin de estudiar si las variables derivadas de los tipos de similitud entre los problemas fuente y diana afectan al éxito en el *transfer*, se diseñó un material en forma de cuadernillo para evaluar cómo transfieren los estudiantes lo que pueden aprender de un problema-ejemplo (fuente), que está detalladamente resuelto y explicado, con otros cuatro problemas (diana) que deben resolver. En realidad, deben realizar tareas asociadas con su resolución, pero no ejecutar el proceso algebraico de resolución. Específicamente, se pide:

1. El grado de acuerdo con la ayuda del problema fuente. Con cinco niveles: Mucho, Bastante, Algo, Poco, Nada. (Variable asociada con la fase de activación de un esquema o caso ya conocido)
2. Elegir, entre tres opciones (sólo una es correcta), que son tres sistemas de ecuaciones lineales, para resolver el problema. Obviamente con dos niveles: Correcta o Incorrecta. (Variable asociada con la fase de aplicación)

Los problemas diana surgen de las diferentes relaciones entre los factores “Superficie del problema” y “Estructura o contexto del problema” que se derivan de un diseño 2X2: superficie igual o diferente a la del problema fuente, y estructura igual o diferente a la del fuente. Los problemas diana fueron etiquetados como sigue, siguiendo una nomenclatura empedada por Reed (1987).

	Mismo Contexto	Diferente Contexto
Igual Estructura	Equivalente	Isomorfo
Diferente Estructura	Similar	Diferente

Tabla 1. Clasificación de los problemas en relación con el problema- ejemplo.

Las superficies utilizadas en los problemas fueron dos: “Llenado/vaciado de Piscinas” y “Aumento/disminución del Ahorro”, que pertenecen al ámbito de la vida cotidiana. Por tanto se trata de problemas que calificamos como de alta familiaridad para los sujetos resolutores. Las estructuras consideradas fueron dos rectas que se cortan con pendientes del mismo signo y dos rectas que se cortan con pendientes de diferente signo. En lo que sigue, nos referiremos a estas estructuras como “Alcanzar”(A) y “Encontrar” (E) respectivamente, referidas éstas a los clásicos problemas de dos móviles en Cinemática (bien uno alcanza al otro, bien uno se encuentra con el otro).

Procedimiento

Utilizamos dos sesiones habituales de clase. En la primera sesión explicamos la finalidad de la tarea que llevarían a cabo y repartimos el material didáctico. En la segunda realizamos la prueba de “transfer”.

Resultados

La mayoría de los sujetos valora que la ayuda del problema fuente es elevada en los cuatro problemas dianas (89,3% en el equivalente y similar, 96,4% en el isomorfo y 78,6% en el diferente) . Un ANOVA 2x2 con contexto y estructura del problema como variables intra-sujetos arroja la no existencia de diferencias significativas entre problemas, $F(1,27) = 4,91, p > 0,05$.

La Figura 1 muestra el porcentaje de aciertos en la elección del sistema de ecuaciones en función del problema diana. La prueba Q de Cochran (prueba no paramétrica apropiada para variables dicotómicas) arroja diferencias significativas entre problemas ($Q = 11.4; p < 0.01. gl = 3$). La representación gráfica de la Figura 1 apunta que dichas diferencias provienen del problema “similar”.

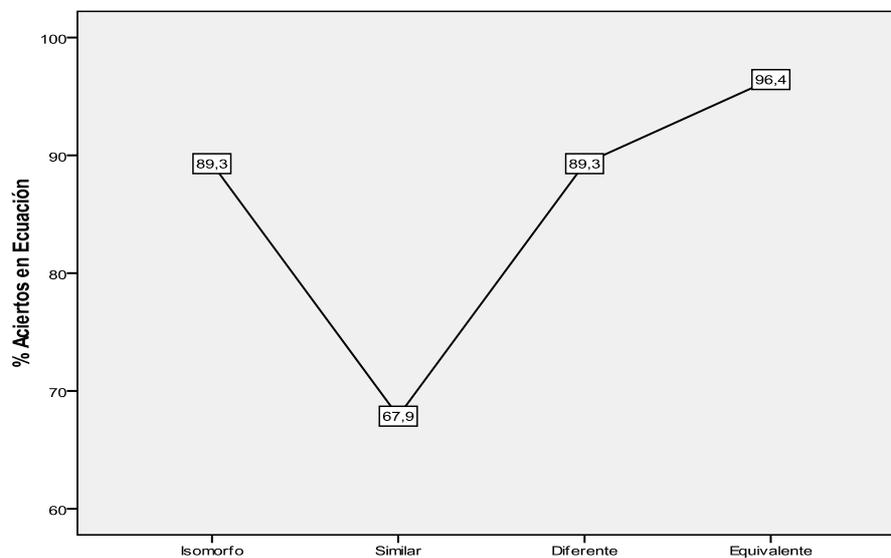


Figura 1. Representación gráfica del porcentaje de aciertos en el sistema de ecuaciones en función de la estructura y superficie del problema diana

El análisis de la elección del sistema de ecuaciones correcto en función de la superficie (igual/diferente) y de la estructura (igual/diferente) del problema puede llevarse a cabo, en primera aproximación, mediante un ANOVA 2x2 (superficie y estructura como variables intra-sujetos). El ANOVA no es una prueba adecuada para variables dicotómicas, no obstante, se trata de una prueba robusta que soporta bien este tipo de violaciones. Los resultados del

ANOVA revelan que ni la estructura ni la superficie de los problemas afectan significativamente en la elección de las ecuaciones correctas. Sin embargo, la interacción entre ambas variables sí genera diferencias significativas, ($F(1,27) = 8,00, p < 0,01$). Esto nos indica que la combinación especial “igual superficie + diferente estructura” del problema similar, conduce a resultados significativamente diferentes al resto de problemas.

3. Experimento 2

El objetivo principal de este segundo experimento es estudiar si los alumnos encuentran mayores dificultades para realizar el *transfer* por la mayor incapacidad en la construcción de vínculos entre los objetos y sus atributos, o entre los eventos de los problemas en términos abstractos, cuando dichos objetos y eventos tienen una representación más débil o incompleta en la MLP de los estudiantes.

Metodología

Sujetos

Los sujetos intervinientes en este experimento pertenecían a dos centros de la provincia de Valencia, también en dos localidades de más de 10.000 habitantes. Todos los sujetos cursaban el mismo nivel de estudios (4º de ESO). En esta segunda experiencia participaron 21 sujetos.

Diseño y Materiales

El experimento 2 parte de una réplica del experimento 1 pero el cuadernillo que se entregaba a los estudiantes contenía problemas cuyos enunciados están situados en un ámbito o contexto poco o nada familiar para los alumnos. El experimento fue equivalente en todo, excepto en las superficies elegidas. Los cinco problemas (fuente + 4 dianas) y sus relaciones se mantuvieron idénticas a las que se dieron en el experimento 1. El contexto de todos los problemas fue el de la Termodinámica; en concreto, dilatación térmica e intercambio de calor. Este tema no había sido tratado nunca con estos estudiantes. Por tanto se trató de problemas de baja familiaridad para los estudiantes.

Para la resolución de los problemas planteados, como en el experimento 1, se hacía necesaria la aplicación de un sistema de ecuaciones lineales con dos incógnitas. Las estructuras implícitas volvieron a ser dos rectas que se cortaban con pendientes del mismo signo y dos rectas que se cortaban con pendientes de diferente signo. De este modo tuvimos problemas en un contexto muy distinto en comparación a los propuestos en el primer experimento pero con idénticas estructuras.

Procedimiento

En este caso se utilizó una única sesión habitual de clase. Explicamos el procedimiento, repartimos el material, y realizamos las pruebas de transfer.

Resultados

En cuanto a la valoración de la ayuda de problema fuente, la mayoría de los sujetos opina que el problema fuente les ayuda poco o muy poco en todos los problemas diana. Los resultados de un análisis de varianza revelan que las

puntuaciones de percepción de ayuda por parte del problema fuente están significativamente influenciadas tanto por la superficie, $F(1,20) = 5,95$, $p < 0,05$, como por el tipo de estructura, $F(1,20) = 8,24$, $p < 0,01$. La ayuda percibida por el problema fuente es mayor en los problemas de la misma superficie, y menor en los problemas con superficie diferente y estructura diferente.

La Figura 2 recoge la proporción de aciertos en la elección del sistema de ecuaciones en función del problema diana. Los estadísticos de contraste, prueba Q de Cochran, muestran que no existen diferencias significativas entre los cuatro problemas fuente. Sin embargo, la aplicación de un ANOVA (del que ya hemos señalado su inadecuación para variables dicotómicas, por tanto sus orientadores resultados deben ser tomados con cautela) pone en evidencia el efecto significativo de la estructura del problema, $F(1,20) = 5,57$, $p = 0,029$. Ni la superficie, ni la interacción entre superficie y estructura generaron diferencias significativas (al contrario que en el experimento 1).

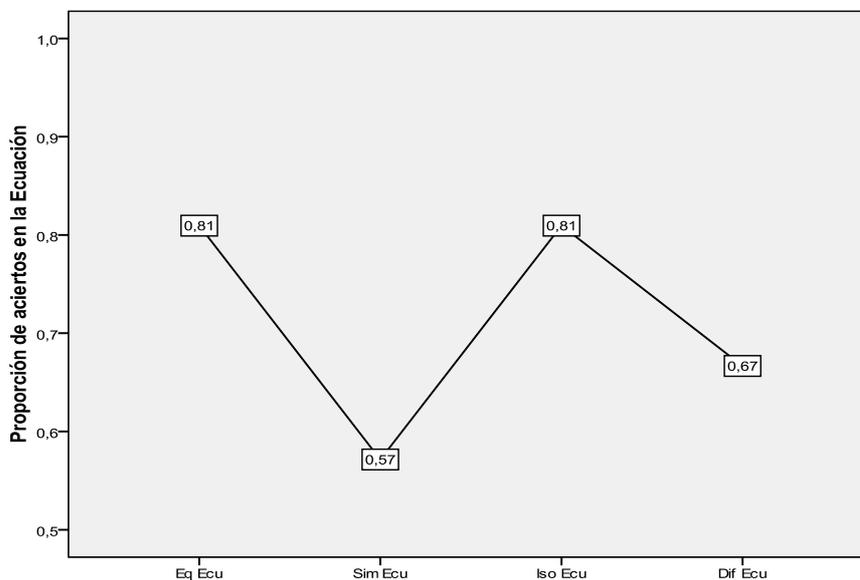
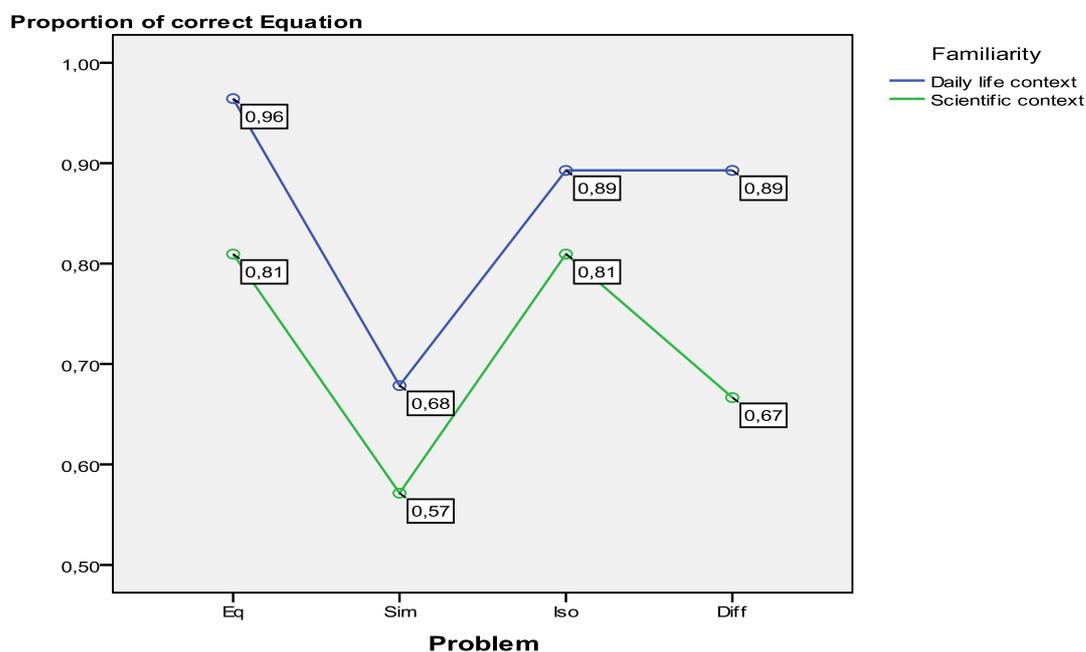


Figura 2. Representación gráfica de la proporción de aciertos en el sistema de ecuaciones en función del tipo de problema (equivalente, similar, isomórfico o diferente)

4. Análisis del efecto de la familiaridad en los experimentos 1 y 2

El análisis del conjunto de datos de los experimentos 1 y 2 mediante un ANOVA con superficie y estructura del problema como variables intra-sujetos, y familiaridad del problema como variable inter-sujetos, pone de manifiesto que los estudiantes perciben, de manera significativa, menor ayuda del problema fuente con los problemas de contexto poco familiar (problemas de Termodinámica), $F(1,47) = 25,72$, $p < 0,001$. Además, la estructura del problema y la interacción superficie-familiaridad producen diferencias significativas sobre dicha percepción, $F(1,47) = 18,33$, $p < 0,001$ y $F(1, 47) = 8,26$, $p < 0,01$. Esto es, la familiaridad afecta de modo diferente si la superficie es igual o diferente a la del problema diana.

La Figura 3 refleja la proporción de acierto en la elección del sistema de ecuaciones correcto en función de la estructura, superficie y familiaridad del problema diana. Una prueba ANOVA mixto, con los factores intra-sujetos superficie y estructura, y con el factor inter-sujetos familiaridad, permite combinar los efectos de estos tres factores sobre la elección del sistema de ecuaciones correcto. Lo más destacable (aparte del efecto significativo de la estructura del problema ya recogido en el experimento 2 y de la interacción significativa entre superficie y estructura también aparecido en el experimento 1) es que el factor similaridad alcanza un nivel casi significativo, $F(1, 47) = 3,88$, $p = 0,055$, y ello a pesar del tamaño reducido de las muestras.



5. Conclusiones

De los resultados obtenidos en el experimento 1 podemos colegir que los estudiantes ante problemas alta familiaridad pueden efectuar la transferencia con cierta normalidad. Únicamente se ven afectados por la similaridad del contexto, que puede afectarles negativamente en la resolución del problema. En el experimento 2, sin embargo, se muestra que tanto el contexto como la estructura afectan a la transferencia en la resolución de problemas de poca familiaridad (problema científico). Se destaca, en particular, el efecto negativo en la resolución de problemas de la diferencia de estructuras. El análisis conjunto de los datos de los experimentos 1 y 2 nos permite concluir que la familiaridad afecta de manera decisiva (casi estadísticamente significativa) a la transferencia en resolución de problemas.

Así pues, queda confirmada nuestra primera hipótesis. La veracidad de la segunda hipótesis queda tan sólo parcialmente confirmada, y a la espera de volver a la realizar un nuevo experimento con una muestra de mayor tamaño.

Bibliografía y Referencias.

- Barnett, S.M. & Ceci, S.J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612-637.
- Bassok, M. & Holyoak, K.J. (1989). Interdomain transfer between isomorphic topics in algebra and physics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 15, 153-166.
- Bernardo, A.B.I. (2001). Analogical problem construction and transfer in mathematical problem solving. *Educational Psychology*, 21(2), 137-150.
- Byrnes, J. P. (1996). *Cognitive development and learning in instructional contexts*. Boston, MA: Allyn& Bacon.
- Chi, M.T.H., Feltovich, P.J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Cui, L, Rebello, N. S., Fletcher, P. R., & Bennett, A. G. (2006). Transfer of learning from college calculus to physics courses. *Proceedings of the NARST 2006 Annual Meeting* (San Francisco CA). Retrieved December 1, 2007, from http://web.phy.ksu.edu/papers/2006/Cui_NARST2006.pdf
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping. A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- 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
- Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. & Redish, E. (2005). Resources, framing and transfer. In J. Mestre (Ed.), *Transfer of learning from a modern multidisciplinary perspective*, (pp. 89-119). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Holyoak, K.J. & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, 15(4), 332-340.
- Larkin, J. y F. Reif (1979). Understanding and teaching problem solving in physics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 191-203.
- Lobato, J. E. (2003). How design experiments can inform a rethinking of transfer and viceversa. *Educational Researcher*, 32 (1), 17-20.
- Mestre, J. (2003). Transfer of learning. Issues and research agenda. (National Science Foundation Report #NSF03-212). Retrieved Mars 18, 2008 from: <http://www.nsf.gov/pubs/2003/nsf03212/nsf03212.pdf>
- Newell, A. & Simon, H.A: (1972). *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Oliva, J. M^a (2004). El papel del razonamiento analógico en la construcción histórica de la noción de fuerza gravitatoria y del modelo del sistema solar (primera parte). *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*. 1 (1), 30-43.
- Reed, S.K., Dempster, A., & Banerji, R. (1974). The role of analogy in transfer between similar problem states. *Cognitive Psychology*, 6, 436,450.
- Reed, S.K., Dempster, A. & Ettinger, M. (1985). Usefulness of analogous solutions for solving algebra word problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 11, 106-125.
- Reed, S.K. (1987). A structure-mapping model for word problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning,*

Memory and Cognition, 13, 124-139

Reed, S.K. (1993). *A schema-based theory of transfer*. In D.K. Detterman & R.J. Sternberg (Eds.), *Transfer on trial: Intelligence, Cognition and Instruction*, (pp 39-67). Norwood, NJ: Ablex.

Reeves, L.M. & Weisberg, R.W. (1994). The role of content and abstract information in analogical transfer. *Psychological Bulletin*, 115, 381-400.

Sanjosé, V., Valenzuela, T., Fortes, M.C., & Solaz-Portolés, J. J. (2007). Dificultades en la resolución de problemas por transferencia. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 538-561. Retrieved January 3, 2008, from <http://saum.uvigo.es/reec>

Sanjosé, V.; Solaz-Portolés, J.J. y Valenzuela, T. (2009). Transferencia inter-dominios en resolución de problemas: una propuesta instruccional basada en el proceso de “traducción algebraica”. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 169-184.

Solaz Portoles, J. J. & Sanjosé, V. (2006). ¿Podemos predecir el rendimiento de nuestros alumnos en la resolución de problemas? *Revista de Educación*, 339, pp. 693-710. Consultado en Enero de 2007 en <http://www.revistaeducacion.mec.es>

Solaz Portoles, J. J. & Sanjosé, V. (2007). Representations in problem solving in science: Directions for practice. *Asia Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 8, 2, Article 4. Consultado en Enero de 2008 en <http://www.ied.edu.hk/apfslt>

Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé, V.(2008). Types of knowledge and their relations to problem solving in science: directions for practice. *Sísifo. Educational Sciences Journal*, 6, 105-112. Retrieved July 10, 2008, from <http://sisifo.fpce.ul.pt>