



# ASPECTOS ACTITUDINALES EN EL USO DE UNA SIMULACIÓN DIGITAL INTERACTIVA PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE LA FÍSICA EN SECUNDARIA

**CIMENNA CHAO REBOLLEDO / FRIDA DÍAZ-BARRIGA ARCEO**

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

cimenna@gmail.com

fdba@servidor.unam.mx

## RESUMEN

Esta investigación analiza aspectos actitudinales que subyacen a la enseñanza y aprendizaje de conceptos de termodinámica en secundaria al utilizar dos modalidades de instrucción distintas: empleando una simulación digital interactiva y mediante la lectura de un texto ilustrado. Se analizaron actitudes cognitivas y emocionales tales como la motivación de los estudiantes hacia la asignatura de física; las creencias en torno a los fenómenos estudiados y sobre las dos modalidades de enseñanza; la capacidad y nivel de colaboración y participación de los estudiantes en los dos escenarios didácticos, así como la preferencia y motivación por la modalidad instruccional. Se trabajó con alumnos de secundaria: 48 alumnos de segundo de secundaria y 48 alumnos de tercero de secundaria.

En ambos niveles educativos se encontró en general una baja preferencia y motivación por la asignatura en cuestión, así como una creencia reiterada sobre el alto índice de dificultad que caracteriza a esta disciplina. No obstante, la mayoría de los alumnos que utilizaron el texto concluyeron que el aprendizaje de las temáticas estudiadas sería más fácil si pudieran hacer uso de una simulación digital, mientras que los estudiantes que utilizaron la simulación afirmaron que la resolución de los problemas planteados sería más difícil si sólo contarán con el texto en lugar de la herramienta digital. Por otro lado, se observó mayor capacidad de colaboración e intercambio de ideas en los grupos que utilizaron la simulación, a diferencia de aquellos que tuvieron acceso únicamente al texto.

En general, los participantes que utilizaron la simulación digital obtuvieron un desempeño significativamente mejor en la resolución de problemas que los grupos que usaron el texto ilustrado, y aun significativamente mejor los alumnos que contaban con un mayor nivel educativo.

**Palabras clave:** simulación digital interactiva, motivación, aprendizaje de la física.





## INTRODUCCIÓN

La forma adecuada para enseñar ciencias naturales a estudiantes de educación básica, y la enseñanza de la física en particular, continúa siendo hasta hoy en día un tema de debate. Sin embargo, la mayoría de las posturas en torno a la didáctica de la física en secundaria recurren al uso de herramientas tradicionales de instrucción, tales como el libro de texto, ilustraciones, maquetas, o bien a experimentos en el laboratorio. Todos estos escenarios didácticos carecen, no obstante, de la posibilidad de visualizar las dimensiones microscópicas, o bien de la instrumentación para interactuar explícitamente con las variables microscópicas que definen a algunos de los fenómenos físicos.

Por otro lado, se ha observado que la transformación de la información en conocimiento depende del proceso de construcción de modelos mentales (Johnson-Laird, 1996), que a su vez depende de la formación de representaciones mentales (simbólicas e icónicas) y de la construcción de conceptos. Sin embargo, la formación de representaciones mentales puede verse en ocasiones limitada por la incapacidad de percibir más allá de los umbrales y espectros que delimitan a nuestra percepción natural dentro de ciertas dimensiones del espacio-tiempo, lo cual puede llegar a dificultar, y por lo tanto a desmotivar el aprendizaje de ciertas disciplinas (Kozma, 2000). Tal es el caso de la física, cuyos fenómenos se originan en dimensiones escalares que exceden a nuestros límites sensoriales y posibilidades de observación y experiencia empírica directa. Esta limitación puede conducir a fallas en la conceptualización y a deficiencias en el aprendizaje, dificultando la movilización de la información y limitando su uso en la resolución de problemas (Chao Rebolledo y Díaz Barriga, 2014), lo que a su vez puede conducir a una falta de motivación y gusto por la asignatura en cuestión, y a la creencia popular de que ciertas disciplinas son “difíciles”. En ese sentido, resulta relevante para esta investigación comprender qué tanto influyen las herramientas instruccionales de representación en las actitudes, creencias y motivación de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje y la resolución de problemas asociados a conceptos procedentes de una asignatura como la física.

Investigaciones anteriores han dado cuenta de que el desempeño académico se ve fuertemente influenciado por la motivación de los estudiantes hacia la temática de estudio, y su aprecio por la modalidad de enseñanza y las estrategias de instrucción (Pintrich, 2003 y 2004). Así, las creencias y expectativas de éxito o de fracaso en relación a una cierta asignatura o





estrategia didáctica pueden mejorar o interferir con el aprendizaje. Adicionalmente, se ha observado que si durante el proceso de instrucción y aprendizaje se generan emociones positivas, tales como la curiosidad y la sensación de autonomía y competencia, ello facilita la construcción de conocimientos y mejora el desempeño académico (Wall et al., 2005).

Tomando como referente la teoría de los Modelos Mentales (Johnson-Laird, 1996; Jih y Reeves, 1992), y la teoría del aprendizaje multimedia de Mayer (2005) y Paivio (1990), esta investigación supone que si la construcción del conocimiento se logra a partir de la construcción de modelos representacionales que articulan representaciones senso-perceptuales con representaciones lingüísticas, entonces la información representada a través de un formato digital multimedia puede favorecer el aprendizaje de ciertos fenómenos complejos e imperceptibles al ojo humano, al articular distintas variables en formatos representacionales múltiples en función de generar un modelo integral del fenómeno estudiado. De tal modo que las adecuaciones perceptuales provistas por los formatos de representación digital contrarresten las limitantes de la percepción natural, y favorezcan la construcción de modelos mentales más fieles a su definición científica que conlleven a un mejor desempeño académico. Con ello, suponemos también, se verá fortalecida la motivación y la sensación de competencia y autonomía durante el proceso de aprendizaje y durante el uso de dichos conceptos en la resolución de problemas. De esta manera, asumimos que las tecnologías digitales tienen el potencial de mejorar la disposición y motivación hacia el estudio y el aprendizaje de disciplinas tales como la física, ya que proveen al estudiante con herramientas que facilitan la visualización, la manipulación, y por tanto la comprensión de los fenómenos a estudiar. Adicionalmente, este tipo de tecnologías favorecen la intercomunicación y los ambientes de trabajo colaborativo (Díaz Barriga, 2005; Hernández, 2009), lo cual permite generar espacios de enseñanza y aprendizaje propicios al intercambio de ideas, y por ende favorecerán la comprensión y la construcción conjunta de saberes.

A partir de lo anterior se desprenden los objetivos de la presente investigación: Analizar las actitudes cognitivas y emocionales de estudiantes de secundaria al utilizar dos herramientas instruccionales distintas para aprender acerca de y resolver problemas asociados con conceptos de termodinámica. Las dos modalidades de instrucción que se analizaron en esta investigación incluyen por un lado, una simulación digital interactiva (SML); y por el otro, un texto escrito e ilustrado (TXT).





## **METODOLOGÍA**

### Planteamiento del problema

A partir de los resultados obtenidos en investigaciones anteriores en relación al aprendizaje multimedia y la enseñanza utilizando tecnologías de la información y la comunicación y su relación con las actitudes, motivación, creencias y valoración del aprendizaje y la enseñanza (Díaz Barriga, 2004; Hernández, 2009; Kozma, 2000; Mayer, 2005; Passey et al., 2003; Wall et al., 2005), esta investigación buscó analizar los efectos de este tipo de herramientas de instrucción en las actitudes, creencias y motivación hacia el aprendizaje de conceptos de termodinámica de la asignatura de física en secundaria, y compararlos con aquellas actitudes y creencias y motivaciones que resultan de estudiar esos mismo temas a través un texto ilustrado. Para este fin se construyeron herramientas instruccionales y materiales de trabajo que representaron de forma verbal, gráfica e interactivamente los fenómenos termodinámicos a estudiar durante las sesiones didácticas. Los materiales experimentales se construyeron a partir de información previamente recabada en relación a las ideas previas de los estudiantes en torno a los fenómenos revisados.

### Objetivo

Analizar las actitudes cognitivas (creencias y juicios) y emocionales (motivación y valoración) de estudiantes de secundaria al utilizar dos herramientas instruccionales distintas, una simulación digital interactiva y un texto ilustrado, para aprender acerca de y resolver problemas asociados con conceptos de termodinámica.

### Participantes

En este estudio participaron 48 estudiantes de segundo de secundaria de 14 años de edad en promedio, y 48 estudiantes de tercero de secundaria de 15 años de edad en promedio, de una escuela privada de nivel socioeconómico medio alto ubicada en la Ciudad de México.





## Materiales

Se construyeron una simulación digital interactiva (SML) y un texto ilustrado (TXT), en donde se representaron de forma gráfica e interactiva (en el caso de la simulación), y de forma gráfica y descriptiva (en el caso del texto) temas asociados a los conceptos de calor y temperatura.

Así mismo, se elaboró un instrumento a manera de cuestionario denominado: “Memoria de Trabajo”, en el cual se recogieron las apreciaciones subjetivas de los participantes en torno al uso de las herramientas de instrucción durante el aprendizaje y la resolución de los ejercicios asociados a los temas estudiados. En este instrumento se preguntó a los alumnos sobre su preferencia en el uso de los materiales instruccionales, se les cuestionó sobre cómo estas herramientas les ayudaron o no durante la comprensión y resolución de los problemas planteados, y acerca de su valoración sobre la efectividad de cada instrumento para aprender, resolver problemas y para trabajar en equipo. Así mismo, se preguntó a los alumnos sobre su preferencia por la asignatura y sobre su apreciación y motivación por cursar la asignatura de física.

## Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación es un modelo experimental comparativo de grupos aleatorizados, siendo la variable independiente el tipo de herramienta instruccional (simulación digital o texto ilustrado) y la variable dependiente la respuesta actitudinal (cognitiva y/o emocional) de los alumnos de ambos grados ante los distintos formatos de instrucción.

Dentro de cada grado escolar se formaron de manera aleatoria equipos de tres estudiantes cada uno, a los cuales les fue asignada de forma aleatoria una de las dos herramientas instruccionales (texto ilustrado o simulador). En total quedaron 8 equipos que trabajaron con un texto ilustrado (grupo TXT) y 8 equipos que trabajaron con el simulador (grupo SML) dentro de cada grado escolar, conformando 16 grupos por grado y por herramienta y 32 grupos en total.





## Sesión Didáctica

Las sesiones de trabajo se dividieron en tres partes: Primero, se recogieron las apreciaciones, valoraciones y creencias en torno a la asignatura y conceptos que serían estudiados; después, tuvieron lugar las sesiones de trabajo y resolución de problemas utilizando las herramientas instruccionales. Finalmente, se recogieron en la Memoria de Trabajo las actitudes y opiniones en torno al uso de las herramientas de instrucción.

La sesión didáctica se diseñó según los principios del modelo socioconstructivista de enseñanza y aprendizaje, lo mismo que el diseño de los materiales instruccionales (Coll, 2004; Díaz Barriga, 2005). A lo largo de las sesiones didácticas se trabajó en equipos con el fin de generar una atmosfera propicia para el análisis y la discusión de las ideas y los problemas planteados en los materiales de trabajo, así como para favorecer el intercambio de opiniones en torno al uso de las herramientas instruccionales. Durante las sesiones de trabajo, se permitió a los alumnos apropiarse a modo de las herramientas de instrucción, y a utilizarlas según la propia consideración y organización del equipo conformado. La resolución de los problemas trabajados durante estas sesiones tuvo lugar en un ambiente de total libertad para la interacción social y el intercambio de ideas y opiniones entre los miembros de cada equipo.

Los participantes trabajaron en equipos de tres alumnos cada uno. A cada equipo se le asignó de forma aleatoria una herramienta instruccional distinta (texto ilustrado o simulador), y se les solicitó resolver una serie de preguntas y problemas. Al final de los ejercicios se les pidió que contestaran la Memoria de Trabajo de manera individual.

Las preguntas y problemas fueron diseñados para trabajarse a partir de la consulta o manipulación (en el caso de la simulación) de las herramientas instruccionales, y mediante el intercambio de ideas y colaboración entre los miembros de cada equipo. Se le asignó a cada triada de alumnos una computadora y un texto según fuera el caso.

La resolución de los ejercicios tuvo lugar dentro del horario y el salón de clase asignados por la escuela para la impartición de la asignatura de física.





## RESULTADOS

### Dinámica de la Sesión Didáctica

Durante la sesión didáctica los grupos que trabajaron con el simulador (SML) terminaron los ejercicios propuestos en promedio 10 minutos antes que los grupos que trabajaron con el texto ilustrado (TXT). Los intercambios verbales y la discusión de los ejercicios resultaron más dinámicos y participativos en los grupos SML, en comparación con los grupos TXT. Los grupos SML discutían y resolvían los ejercicios al mismo tiempo que manipulaban la herramienta de trabajo, ello permitió que todos los participantes se involucraran en dicho proceso. Por el contrario los equipos TXT trabajaron de forma individual los ejercicios, tomando turnos para leer y resolver los ejercicios asignados, y sólo en escasas ocasiones se discutieron los contenidos entre todos los miembros del equipo.

La Memoria de Trabajo se contestó de manera individual en todos los casos al término de los ejercicios.

### Valoración y motivación por la asignatura

La mayoría de los estudiantes que participaron en este estudio (78%) consideran que la física es una asignatura difícil.

En lo referente a la preferencia y motivación que muestran los alumnos hacia la asignatura de física, se observó que del total de alumnos al 58% no les gusta definitivamente esta asignatura o tienen una baja preferencia por la misma, el 42% de los estudiantes, no obstante, reporta tener un gusto amplio por la materia (Figura 1).

Mientras que al 15% de los estudiantes les desmotiva definitivamente el cursar la materia de física, al 48% les motiva medianamente y sólo al 37% les motiva mucho (Figura 2). El 67% de los alumnos reportó una preferencia mediana por las asignaturas de ciencia en general, y 26% dice tener un gusto amplio por este tipo de asignaturas, y sólo un 7% dice no gustarle definitivamente este tipo de materias (Figura 3).





En lo referente a la motivación por los cursos de ciencias, 82% de los estudiantes dijeron sentir una motivación mediana, al 16% les motiva mucho la ciencia, y únicamente al 2% les desmotiva este tipo de asignaturas (Figura 4).

Desempeño en la resolución de los problemas planteados en la sesión didáctica.

En general los alumnos que utilizaron la simulación digital interactiva obtuvieron mejor desempeño en la resolución de problemas. No obstante, los grupos que utilizaron el texto ilustrado superaron a los grupos que usaron el simulador en lo que refiere a indicar la definición literal de los conceptos estudiados. Los resultados correspondientes a este apartado se han presentado ampliamente en otro documento (Chao Rebolledo y Díaz Barriga, 2014).

Resultados Obtenidos a través de la Memoria De Trabajo

En relación a las creencias y juicios sobre las herramientas utilizadas durante las resoluciones de los problemas planteados en la sesión didáctica, los grupos SML reportaron que la simulación les permitió resolver los problemas planteados gracias a que pudieron (en orden de relevancia):

Visualizar los fenómenos.

Manipular y tener control sobre los efectos y cambios que presentan las variables estudiadas.

Observar los cambios a través de la animación y movimientos de los elementos.

Intercambiar opiniones entre los miembros del equipo sobre lo que visualizaban en la pantalla al mismo tiempo, y llegar a una conclusión conjunta sobre lo observado.

Tener igual participación todos los miembros del equipo.

Por su parte, los grupos TXT reportaron que el texto les permitió resolver los problemas planteados gracias a que pudieron (en orden de relevancia):





Leer las definiciones.

Ver ilustraciones.

Encontrar un parecido entre las ilustraciones y los eventos reales.

No obstante, el grupo TXT también reportó que ciertos elementos dificultaron la resolución de los ejercicios (en orden de relevancia):

- El tomar turnos para leer.
- El hecho de tener que trabajar leyendo un texto.
- La falta de comprensión de algunas definiciones.
- El no poder imaginar los fenómenos estudiados en su mente.

En relación a la motivación por trabajar con las distintas herramientas instruccionales: el 75% de los participantes de los grupos SML dijeron estar “altamente motivados” por trabajar con un programa de cómputo, mientras que el 72% de los participantes de los grupos TXT reportaron que les resultaba “poco motivante” trabajar con un texto.

Sobre la valoración y creencias en torno a la modalidad instruccional, 52% de los participantes del grupo TXT expresaron que resultaría más fácil resolver los ejercicios utilizando la simulación digital. Mientras que el 65% de los participantes del grupo SML, expresó que resultaría más difícil resolver los ejercicios utilizando un libro o texto ilustrado.

## **CONCLUSIONES**

A diferencia del texto y las ilustraciones estáticas, la simulación digital permite construir representaciones que favorecen la creación de modelos mentales que logran movilizar los conocimientos y transferir los conceptos estudiados a la resolución de problemas.

Del mismo modo, en el ámbito actitudinal se observan ventajas cognitivas y emocionales en función de las posibilidades de representación que ofrece una simulación digital interactiva. Como se observa en los resultados, la simulación posibilita el sentirse en dominio del tema de estudio gracias a la recreación veraz del fenómeno estudiado, lo cual permite controlar y manipular de forma directa e inmediata las variables que describen al fenómeno en cuestión,





pues se observan las variables microscópicas que dan origen a los procesos imperceptibles a simple vista. Así mismo, la proyección en la pantalla de los eventos estudiados, permite a los estudiantes observar en conjunto los elementos que están en juego durante el aprendizaje, abriendo un espacio para el intercambio de ideas y la construcción conjunta de saberes; condición que no necesariamente sucede al trabajar con un texto ilustrado, ya que leer no siempre es una acción colectiva. Las condiciones de trabajo que presupone una simulación digital interactiva, no sólo permiten un mejor desempeño académico, si no también motivan a los estudiantes a querer y poder resolver los problemas planteados, a pesar de valorar a la asignatura como “difícil” o incluso encontrarla “poco motivante”.

Finalmente, podríamos concluir que la enseñanza de ciertos fenómenos físicos, en particular de aquellos en donde las limitaciones perceptuales pueden llegar a generar dificultades representacionales, se verá beneficiada al introducir herramientas de representación perceptual que permitan una mejor visualización, manipulación y por lo tanto un mejor entendimiento de los conceptos a estudiar y motiven así a los alumnos a participar de forma activa en la asignatura generando sus propias teorías e inferencias acerca de los fenómenos estudiados, así como a querer saber más sobre los temas revisados en lugar de desertar y calificar como “difíciles” ciertos campos del conocimiento, y en particular a las ciencias naturales.

## FIGURAS

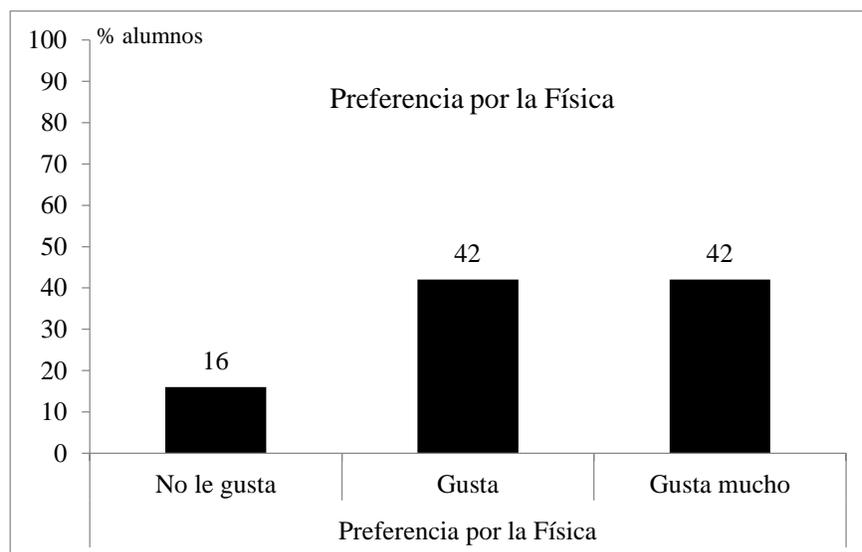




Figura 1. Preferencia por la asignatura de Física.

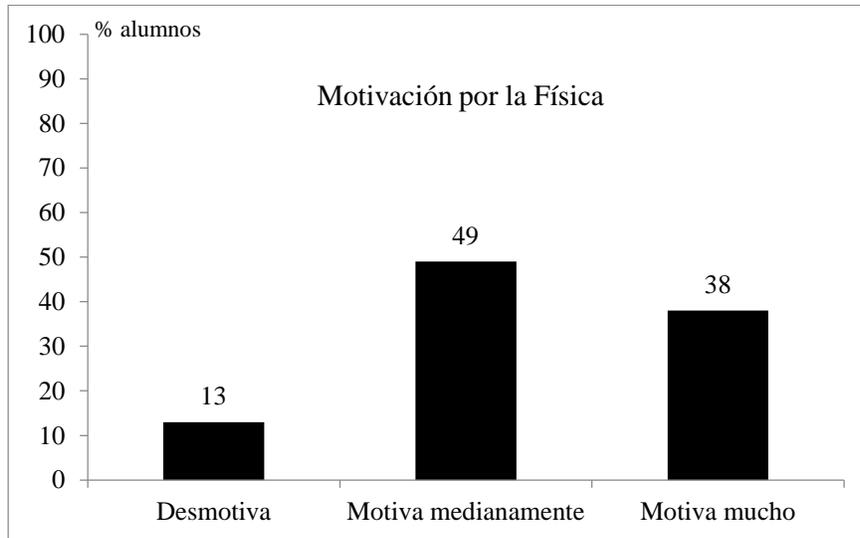


Figura 2. Motivación por la asignatura de Física.

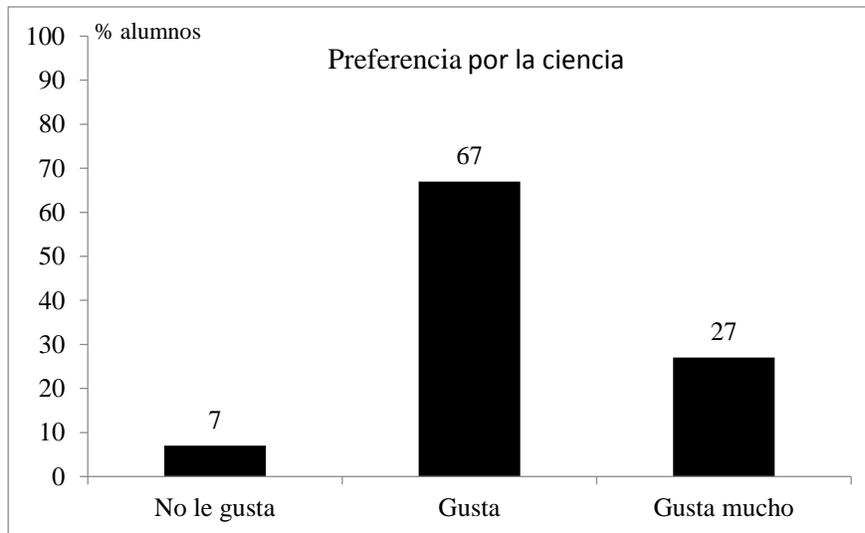


Figura 3. Preferencia por las asignaturas de ciencias en general.



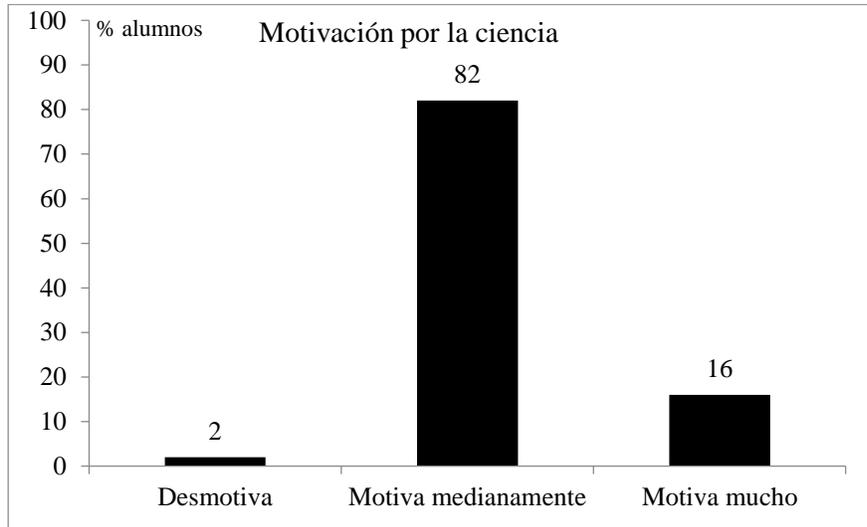
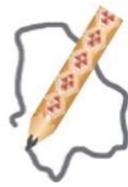


Figura 4. Motivación por las asignaturas de ciencias en general.





## **BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS**

- Chao Rebolledo, C. y Díaz Barriga Arceo, F. (2014). Análisis comparativo del aprendizaje de los conceptos de calor y temperatura utilizando una simulación digital interactiva y un texto ilustrado. *Revista Electrónica de Investigación en Educación de la Ciencias (REIEC)*, vol. 9 (1) Julio, pp. 40-53.
- Coll, C. (2004). Psicología de la educación y prácticas educativas mediadas por las tecnologías de la informática y la comunicación: una mirada constructivista. *Sinéctica*, No. 25, Sección Separata, 1-24.
- Díaz Barriga, F. (2005). Principios de diseño instruccional de entornos de aprendizaje apoyados con TIC: Un marco de referencia sociocultural y situado. *Tecnología y Comunicación Educativas*, ILCE-UNESCO, No.41, julio-diciembre, pp. 4-16.
- Hernández Rojas, G. (2009). Las TIC como herramientas para pensar e interpensar: Un análisis conceptual y reflexiones sobre su empleo. En F. Díaz Barriga, G. Hernández y M. A. Rigo (Comps.), *Aprender y Enseñar con TIC en Educación Superior: Contribuciones desde el Socioconstructivismo* (cap. 1, pp. 18-62). México: UNAM.
- Kozma, R.B. (2000). The use of multiple representations and the social construction of understanding in chemistry". En M. Jacobson y R. Kozma (eds.), *Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies of learning* (pp. 11-46). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Jih, H.J. y Reeves, T.C. (1992). Mental models: A research focus for interactive learning systems. *Educational Technology Research and Development*, 40(3), 39-53.
- Johnson Laird, P.N. (1996). Images, models and propositional representations. En De Vega, M, Intons-Peterson, M.J.; Johnson Laird, P.N.; Denis, M. y Marschark, M.: *Models of Visuospatial Cognition* (pp. 90-127). Nueva York, NY: Oxford University Press.
- Mayer, R.E. (1989). Models for understanding. *Review of Educational Research*, 59, 43-64.
- Mayer, R.E. y Sims, V.K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words?: Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86(3), 389-401.
- Mayer, R.E. (2005). Introduction to Multimedia Learning, en Mayer, R.E. (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Murphy, G.L. y Medin, D.L. (1985). The role of theories in conceptual coherence. *Psychological Review*, 92, 289-316.
- Paivio, A. (1990). *Mental Representations: A Dual Coding Approach*. New York, NY: Oxford University Press.
- Passey, D., Rogers, C., Machell, J., McHugh, G., y Allaway, D. (2003). The Motivational Effect of ICT on Pupils. *Emergent Findings*, Department of Educational Research Lancaster





University (consultado en enero 2015):  
<http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20130401151715/http://www.education.gov.uk/publications/eOrderingDownload/DfES-0794-2003.pdf>

Pintrich, P. R. (2003). A Motivational Science Perspective on the Role of Student Motivation in Learning and Teaching Contexts. *Journal of Educational Psychology*, Vol 95(4), 667-686.

Pintrich, P. R. (2004). A Conceptual Framework for Assessing Motivation and Self-Regulated Learning in College Students. *Educational Psychology Review*, Vol. 16(4), 385-407.

Wall, K., Higgins, S., & Smith, H. (2005). The visual helps me understand the complicated things: pupil views of teaching and learning with interactive whiteboards. *British Journal of Educational Technology*, Vol. 36 (5), 851–867.

