

ANÁLISIS DE LOS FLUJOS EMOCIONALES PRODUCIDOS CUANDO NUESTRAS CONCEPCIONES
FÍSICAS SE ENFRENTAN A LA REALIDAD Y FALLAN

Analysis of the emotional flows produced when our physical conceptions face reality
and fail

Federico Agen

fagen@ucm.es

Resumen

Este estudio se propone observar el flujo emocional generado cuando una concepción alternativa se enfrenta con la realidad y falla. En la fase inicial de este análisis, nos hemos preocupado de dos cuestiones: (1) Cómo la percepción y la correspondiente respuesta fisiológica de los receptores de calor y frío influyen en la creación de los conceptos de calor y temperatura y, por tanto, en la formación de sus concepciones alternativas. La intención ha sido observar las emociones ligadas a la seguridad en las afirmaciones dependientes de una concepción alternativa. Con el fin de detectar la temperatura, los participantes (160 estudiantes, edad 12-15) tenían que tocar tres objetos con diferente conductividad térmica y contestar una serie de preguntas. Los resultados han mostrado que, aunque los objetos tenían la misma temperatura, los estudiantes indicaron diferentes temperaturas. Las respuestas declarativas remarcaron concepciones alternativas. Se deduce que los estudiantes no son capaces de evaluar correctamente la temperatura de un objeto, en parte debido a sus sensaciones fisiológicas percibidas y a la dificultad de entender la influencia de la conductividad térmica en la transmisión del calor. (2) Cómo evolucionan las emociones involucradas en una actividad que emula los pasos del trabajo científico. En concreto, la denominada “caja negra”. La intención ha sido obtener datos observacionales y/o declarativos que nos sirvan de base para entender la vinculación entre los procesos de cambio conceptual y las emociones. Los participantes han sido 24 estudiantes de la Facultad de Educación-CFP de la UCM. Mediante un formulario hemos recogido los datos de la percepción emocional durante las distintas fases del trabajo científico. Los resultados han mostrado que las emociones expresadas con la frecuencia más alta han sido casi exclusivamente activadoras. Los datos indican la importancia de las emociones activadoras, tanto positivas como negativas, en una actividad de aprendizaje.

Palabras clave: Educación Emocional, Concepciones alternativas, Cambio conceptual.

Abstract

This study aims to observe the emotional flow generated when an alternative conception confronts reality and fails. In the initial phase of this analysis, we have addressed two issues: (1) How the perception and the corresponding physiological response of the heat and cold receptors influence the creation of the concepts of heat and temperature and, therefore, the formation of their alternative conceptions. The intention has been to observe the emotions linked to security in the dependent affirmations for an alternative conception. The participants were students from ESO (160 students, 12-15 years old). In order to detect the temperature, the participants had to touch three objects with different thermal conductivity and answer a series of questions. The results have shown that although the objects had the same temperature, the students indicated different temperatures. The declarative responses highlighted alternative conceptions. It can be concluded that students are not able to correctly assess the temperature of an object, in part due to its perceived physiological sensations and the difficulty of understanding the influence of thermal conductivity on heat transmission. Furthermore, this perceptual difficulty may determine some alternative conceptions. (2) How the emotions involved in an activity that emulates the steps of scientific work evolve. Specifically, in the so-called "black box". The intention has been to obtain observational and/or declarative data that serve as a basis for understanding the link between processes of conceptual change and emotions. The participants have been 24 CFP students of UCM. Through a form we have collected the data of emotional perception during the various phases. The results have shown that the emotions expressed with the highest frequency have been almost exclusively activating. The data indicates the importance of activating emotions, positive and negative, in a learning activity.

Keywords: Emotional education, Misconceptions, Conceptual change.

Antecedentes y problema de investigación

Para estudiar el flujo emocional generado cuando una concepción alternativa se enfrenta con la realidad conviene considerar dos cuestiones previas: las concepciones alternativas y las emociones ligadas a los procesos de aprendizaje.

Cuestión 1: las concepciones alternativas

Las concepciones alternativas son concepciones sobre el funcionamiento de la naturaleza que los estudiantes generan en su interacción con el entorno (Driver y Erickson, 1983) y que, en ocasiones, llevan ya estructuradas a la enseñanza formal. Se ha observado, también que estas ideas trascienden la edad, habilidad, género y límites culturales (Abrahams et al., 2015). Recientemente se ha propuesto que algunas concepciones alternativas pueden resultar de la ambigüedad de la percepción y representación de las variables físicas (Kubricht et al., 2017). En la enseñanza de la física se encuentran concepciones alternativas relacionadas con los distintos contenidos. En este estudio, nos hemos enfocado en el estudio de las concepciones relacionadas con calor y temperatura. En concreto, sobre la posibilidad que nuestros sentidos puedan influir en el desarrollo de concepciones alternativas relacionadas con la transferencia de calor (Ezquerro y Ezquerro-Romano, 2018). Con el fin de observar las respuestas cognitivas (y también emocionales) de los estudiantes, relacionadas con la sensación térmica, hemos diseñado un experimento basado en la diferente conductividad térmica de tres objetos.

Cuestión 2: las emociones ligadas a los procesos de aprendizaje

Durante la última década, cabe destacar que cada vez más investigadores han indicado que existe un papel muy significativo de las emociones en clase, tanto para el caso de los estudiantes como para los profesores. También han indicado que ambos presentan emociones positivas y negativas (Borrachero et al.2015; Brígido et al. 2013; Costillo et al., 2013; Mellado et al., 2014). El planteamiento teórico de considerar el aprendizaje con modelos solamente cognitivos no explica, por ejemplo, porque estudiantes que parecen tener los requisitos de conocimientos y habilidades adecuadas no tienen la capacidad de utilizarlas en el momento apropiado (Artino et al., 2012). Con el fin de observar la respuesta emotiva durante una actividad de enseñanza de la ciencia, hemos elegido una propuesta educativa conocida como Caja Negra (Haber-Schaim et al.,1979).

Marco teórico

Las concepciones alternativas, o ideas previas, son construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos, y para brindar explicaciones, descripciones o predicciones. Son construcciones personales, pero a la vez, se presentan en todas las culturas y lenguas, en las explicaciones

de los profesores, en materiales educativos, en medios de comunicación, y son tenaces y resistentes al cambio por medio de las estrategias convencionales de enseñanza (Bello, 2004; Chiappetta y Koballa, 2006; Driver y Erickson, 1983).

Cabe destacar que hay concepciones alternativas también sobre calor y temperatura. Los conceptos relacionados con calor y temperatura empiezan en edad temprana. En esta primera etapa, los términos de calor y frío se tienden a utilizar para describir los estados térmicos de los objetos. Esto determina la idea de calor y frío como realidades irreducibles y inseparables de los objetos (Albert, 1978). Posteriormente, se observa una tendencia espontánea en las personas en considerar que exista una entidad térmica que pasa de un cuerpo a otro, parecido al concepto de calórico de Lavoisier (Driver et al., 2005). Estas concepciones alternativas se encuentran entre el alumnado como el profesorado. Rodríguez (2012) señala, en una muestra de docentes en formación, que la mayoría tiene concepciones alternativas sobre el concepto de calor.

Existen varios factores que influyen en la transferencia de calor de un objeto a otro, y que influyen sobre la percepción, interpretación y formación de conceptos sobre calor y temperaturas. Unos de estos son la conductividad térmica y el tipo de contacto entre superficies.

Se ha considerado que un individuo debería cambiar sus ideas previas a favor del concepto más científico con la formación disciplinar adecuada. Sin embargo, los datos indican que esto no suele suceder. Parece que el cerebro difícilmente puede dejar de sentir lo que el sistema perceptivo le indica (Ezquerro-Romano y Ezquerro, 2017) y, por tanto, quitar conceptos o mapas conceptuales, lo que puede hacer es construir un nuevo concepto (Brault-Foisy, 2015). Este cambio conceptual puede ser ayudado por las influencias de emociones positivas (Artino et al., 2012).

La influencia de las emociones en la actividad educativa parece estar relacionada con los procesos de comprensión conceptual. Esta visión es recogida bajo el término general de modelo de cambio conceptual cálido. Esta perspectiva, sugerida por autores como Pintrich et al. (1993) proporciona un importante sustrato teórico que incorpora componentes afectivos a los aspectos puramente cognitivos. El aprendizaje por descubrimiento (Bruner, 1972) se incluye también en este tipo de enfoques cálidos que promueve la adquisición de conocimiento por parte del estudiante a partir del proceso guiado llevado a cabo por el

profesor. En este planteamiento, la exploración está motivada por la curiosidad, el interés y el flujo de emociones ligado al proceso de aprendizaje.

Las emociones han sido habitualmente en una clasificación discreta, que marca el estado psicológico como alegría, rabia, miedo, etcétera. Sin embargo, se puede tener un enfoque dimensional, que tenga en cuenta factores como la valencia (agradable/desagradable – positiva/negativa), y la activación (activadora/desactivadora) (Russell, 1978).

Las emociones se pueden clasificar considerando también su enfoque de objetivo, es decir, el tipo de evento hacia el cual van dirigidas. Emociones de logro, epistémicas, sociales, temáticas, estéticas, tecnológicas (Pekrun, 2006). Para la mayoría de las emociones el enfoque puede variar.

En actividades académicas experimentales, como las dos que hemos llevado a cabo, se pueden mayormente identificar emociones epistémicas y de logro. En concreto, emociones de actividad (activity emotions), que pertenecen a la actividad de logro (achievement activity) (Pekrun, 2006). En el caso que la actividad sea percibida como suficientemente controlable por el estudiante, se produce una sensación de placer, divertimento y alegría. El disfrutar este tipo de actividad, teniendo la sensación de control, es esencial para tener experiencia de un particular flujo emocional (flow), que proporciona involucrarse en la actividad y la resolución creativa de problemas (Csikszentmihalyi, 1998). Todavía, a pesar de tener control, si se evalúa negativamente la experiencia, por ejemplo, por el esfuerzo considerado como excesivo, se puede provocar rabia. En el caso que no se logre tener el control, puede surgir frustración. Cuando la actividad resulta demasiado difícil o fácil, relacionada con las capacidades del estudiante, o la actividad no se valora como bastante importante, la emoción percibida es el aburrimiento (Artino et al., 2012).

Se ha observado que una visión constructivista en la evaluación de la complejidad, incertidumbre y justificación del conocimiento predice una mayor emoción epistémica positiva activadora como la curiosidad. Esta consecuentemente predice la utilización del pensamiento crítico, elaboración del conocimiento y estrategias prácticas. En concreto, emociones activadoras estimulan el proceso de descubrimiento, las actividades de logro y favorecen el cambio conceptual (Chevrier et al., 2019).

Para evaluar el posible cambio de un concepto, una posibilidad es utilizar el esquema de Driver (1989). Ella propuso un modelo para la enseñanza de las ciencias estructurado en

torno a una secuencia de actividades específicamente elaboradas para conseguir dicho cambio. La secuencia consta esencialmente de cuatro fases. La primera destinada a despertar la atención y el interés de los alumnos por el tema. La segunda, explicitación, consiste en la exposición por los alumnos de sus ideas. La tercera, reestructuración, donde han de modificarse las ideas de los alumnos por medio de diferentes estrategias, que pueden incluir el uso combinado de contraejemplos o actividades destinadas a provocar insatisfacción con las propias ideas. La cuarta, revisión del cambio de ideas, se trata de comparar las nuevas ideas con las iniciales.

Nuestra intención es utilizar estos planteamientos teóricos para evaluar el cambio conceptual, y también, las emociones que lo acompañan. Consideramos, bajo este prisma, que los cambios cognitivos van acompañados por flujos emocionales, pero también que los flujos emocionales pueden propiciar o impedir cambios cognitivos. En concreto, la segunda (explicitación) y tercera (reestructuración) fases son idóneas para poner en evidencia una ruptura cognitiva y sus correspondientes flujos emocionales ligados. Finalmente, la cuarta puede ayudar a comprender como las emociones influyen en el cambio conceptual, y como pueden modificar concepciones alternativas existentes.

Preguntas de investigación

¿De qué forma pueden influir en el aprendizaje las emociones?

¿Pueden las emociones contribuir al cambio conceptual?

¿Pueden las emociones contribuir a la formación o desaparición de concepciones alternativas?

Metodología

El modelo de Driver, relacionado con el cambio conceptual, ha parecido eficaz para diseñar la primera parte del nuestro estudio experimental. La primera actividad muestra las cuatro fases que hemos ilustrado. La segunda actividad, más de descubrimiento, tiene las últimas tres fases conjuntas.

Actividad Experimental 1: percepción de calor y temperatura

La primera actividad, sobre la percepción de calor y temperatura, consistía en un experimento sobre la posibilidad de detectar la temperatura de un objeto mediante los sentidos. La prueba suponía tocar, con un dedo de la mano, tres objetos de materiales diferentes. Los objetos están inmersos en un baño térmico para que mantuviesen la misma temperatura. Los objetos eran de los siguientes materiales: ladrillo, espuma de polietileno y aluminio.

Los objetivos del estudio eran:

Observar cómo describimos el estado térmico de unos objetos basándonos en nuestra percepción térmica.

Analizar las declaraciones sobre las razones por la descripción dada basada sobre la ambigüedad de la percepción.

Analizar las declaraciones en el contexto de la sensación térmica.

Observar una ruptura cognitiva y las emociones, al constatar, por parte de los estudiantes, que los tres objetos tenían la misma temperatura.

El experimento tuvo cuatro sesiones, cada una con una temperatura distinta. La primera de alrededor de los 10,8 °C, la segunda a 23,0 °C, la tercera de los 33,6 °C, y la cuarta a 38,1 °C. Los alumnos participantes, un total de 160 estudiantes, eran de 2º ESO y de 3º ESO (edad 12-15), de cuatro diferentes centros educativos de la Comunidad de Madrid.

En la primera parte del experimento, todos los participantes tenían que indicar la temperatura de los objetos. Una vez tocados los tres objetos, cada alumno tenía que contestar a las primeras tres preguntas.

¿Qué has sentido al tocar cada objeto?

¿A qué temperatura consideras que está cada muestra?

Explica con tus palabras a qué se debe la sensación que has notado al tocar la muestra:

En la segunda parte del experimento el intento era observar las emociones relacionadas con una ruptura cognitiva. Por esto, un alumno del grupo medía, con un termómetro laser de infrarrojos, las temperaturas reales, y seguidamente tenían que contestar a las últimas dos preguntas.

Anota la temperatura que marca el termómetro.

Explica con tus palabras a que se deben las diferencias encontradas entre los tres objetos.

Actividad Experimental 2: con el fin de observar las emociones

Como segunda actividad, con el fin de observar las emociones, se propuso una actividad por descubrimiento. Esta actividad se realizó inicialmente con un grupo de estudiantes de secundaria en Italia, con la finalidad de averiguar las categorías de emociones más apropiadas de incluir, en acorde con la literatura de referencia. Sucesivamente, hemos propuesto esta actividad a un grupo de estudiantes (24 en total) del Máster de Secundaria del CFP de la Universidad Complutense de Madrid. Se les pidió que averiguaran el contenido de una caja, denominada caja negra, actividad propuesta entre otros por Haber-Schaim et al. (1979). Los participantes no podían abrir la caja ni romperla; es decir, debían hacer uso, solo de sus conocimientos científico-técnicos para descubrir su contenido.

Para la observación de las emociones se diseñó un procedimiento que recogía durante las distintas fases de esta actividad la percepción emocional de los estudiantes. Los estudiantes se dividieron en parejas, constituidas por un observador y un observado. Durante el proceso de descubrimiento ambos debían rellenar un formulario preestablecido en 12 momentos de la actividad, utilizando un enlace a docs.google.com, mediante su propio móvil. El formulario se envió previamente a la dirección de correo electrónico de cada participante. Cada persona se identificaba exclusivamente como observador u observado.

Los observados tenían que averiguar el contenido de la caja. Los observadores tenían que anotar cada dos minutos: (1) el tipo de acción ejecutada, (2) la fase del método científico (Observación, Planteamiento del problema, Emisión de hipótesis, Comprobación experimental, Conclusiones, Comunicaciones), (3) la emoción mostrada (Sorpresa, Satisfacción, Curiosidad, Tranquilidad, Entusiasmo, Frustración, Confusión, Incertidumbre, Aburrimiento, Preocupación) y (4) el estado de activación de la emoción por parte del observado.

Los observados tenían que anotar el tipo de acción ejecutada, su propia emoción y el estado de activación de esta.

Resultados alcanzados hasta el momento

Actividad Experimental 1: percepción de calor y temperatura

En la primera actividad los estudiantes inicialmente indicaron diferentes temperaturas en los tres objetos, recordemos que estaban a la misma pero eran de distintos materiales (Figura 1).

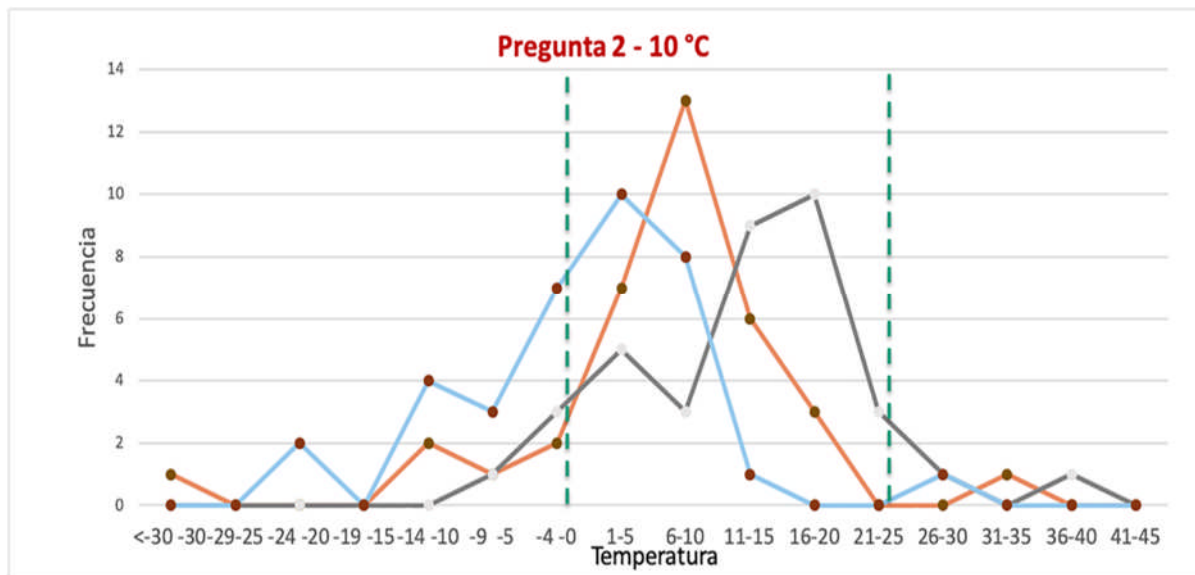


Figura 1. Frecuencias de las temperaturas percibidas

En el momento de descubrir la temperatura real, mostraron sorpresa al darse cuenta de que los tres objetos estaban a la misma temperatura.

Actividad Experimental 2: con el fin de observar las emociones

En la segunda actividad, del análisis de los datos aportados por el formulario, se ha observado que entre las fases del método científico aquellas a las que se dedica más tiempo son la Observación y la Comprobación Experimental (figura 2). La primera está relacionada con emociones activadoras: curiosidad (positiva) y confusión (negativa). En la segunda, las emociones más frecuentes son negativas, aunque activadoras: incertidumbre, frustración y confusión, también aparece la satisfacción (positiva desactivadora).

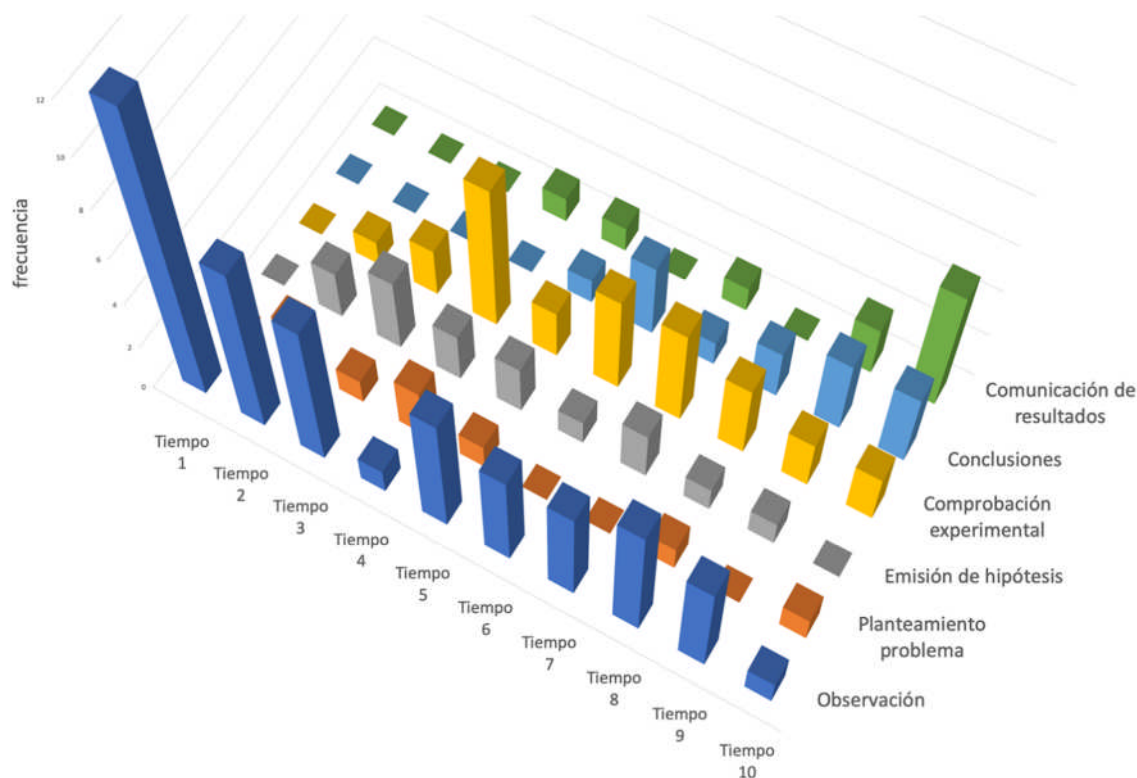


Figura 2. Fases del método científico en el tiempo

Discusión, explicación o interpretación de los resultados

En la primera actividad, los datos muestran la dificultad de percibir la temperatura exacta de un objeto tocándolo con un dedo. Tenemos dos sistemas de detección y transmisión de la información térmica separados, un para calor y otro para frío. Esto determina la formación de conceptos de calor y frío como entidades físicas distintas. Como consecuencia es difícil entender el concepto científico de calor. Esto hace reflexionar sobre como nuestra fisiología influye en la percepción del calor y pueda llevar a concepciones alternativas. Otra observación dependiente de esta actividad es la expresión de emociones, como curiosidad y sorpresa, cuando los estudiantes se encuentran con una incongruencia entre lo esperado/percibido y la realidad.

En la segunda actividad, los datos muestran como las fases varían con el tiempo. La secuencia es coherente con una actividad de este tipo, desde la fase observación hasta las últimas fases que son conclusiones y comunicaciones. La observación de las emociones muestra un flujo emocional en el tiempo, que pone la atención sobre el tipo y el cambio de emociones durante una actividad de aprendizaje. Esto está directamente relacionado con el cambio conceptual cálido y pone de manifiesto como las emociones intervienen en

el proceso de aprendizaje. También, se puede deducir la importancia de la regulación de las emociones en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Conclusiones

En la primera actividad, de los datos podemos destacar que la percepción de las temperaturas está relacionada con la conductividad térmica del material y con nuestro modo de percibir. Esto implica que los estudiantes tienen una dificultad perceptiva que entrelaza dos magnitudes: temperatura y conductividad. Parece, por tanto, que, de esta dificultad perceptiva, se derivan algunas concepciones alternativas, como suponer que los metales son fríos (Vosniadou, 1994; Ezquerra y Ezquerra-Romano, 2018).

En la segunda actividad, considerando que las emociones expresadas con la frecuencia más alta han sido casi exclusivamente activadoras, y que las conclusiones de los participantes han sido correctas, o de todas formas coherentes con el contenido de la caja, este estudio parece confirmar la importancia de las emociones activadoras para la motivación y el alcance de resultados en una actividad de aprendizaje.

Perspectivas de continuidad de la investigación

Estos resultados parecen indicar que efectivamente hay una vinculación entre cambio conceptual y emociones, y que esta relación se puede estudiar si somos capaces de medir las emociones en situaciones de aprendizaje. Para alcanzar este objetivo, estamos preparando la utilización de sistemas informáticos para recoger variables fisiológicas como las expresiones faciales y la conductividad de la piel en situaciones complejas de aprendizaje. Los primeros pasos de este método deberían ser alcanzado en los próximos meses. La siguiente fase, aún lejana, debería consistir en recoger una buena muestra de datos para diferentes sujetos y en distintas situaciones.

Referencias

- Abrahams, I., Homer, M., Sharpe, R., & Zhou, M. (2015). A comparative cross-cultural study of the prevalence and nature of misconceptions in physics amongst English and Chinese undergraduate students. *Research in Science & Technological Education*, 33(1), 111-130. <https://doi.org/10.1080/02635143.2014.987744>
- Albert, E. (1978). Development of the concept of heat in children. *Science Education*, 62(3), 389-399. <https://doi.org/10.1002/sce.3730620316>

- Artino, A. R., Holmboe, E. S., & Durning, S. J. (2012). Control-value theory: Using achievement emotions to improve understanding of motivation, learning, and performance in medical education: AMEE Guide No. 64. *Medical Teacher*, 34(3), e148–e160. <https://doi.org/10.3109/0142159x.2012.651515>
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación Química*, 15(3), 210. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- Borrachero, A.B. (2015) Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en educación secundaria. [Tesis doctoral, Universidad de Extremadura]. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(3), 199-200. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1823>
- Brault-Foisy, L.-M., Potvin, P., Riopel, M., & Masson, S. (2015). Is inhibition involved in overcoming a common physics misconception in mechanics? *Trends in Neuroscience and Education*, 4(1-2), 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2015.03.001>
- Brígido, M., Couso, D., Gutiérrez, C., y Mellado, V. (2013). The Emotions about Teaching and Learning Science: A Study of Prospective Primary Teachers in Three Spanish Universities. *Journal of Baltic Science Education*, 12(3), 299-311.
- Bruner, J. (1972). *El Proceso de educación*. Ed. Uteha.
- Chevrier, M., Muis, K.R., Trevors, G., Pekrun, R., & Sinatra, G.M. (2019). Exploring the antecedents and consequences of epistemic emotions. *Learning and Instruction*, 63, 101209.
- Chiappetta, E. L., & Koballa, Jr., T. R. (2006). *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools*. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Merrill Prentice Hall.
- Costillo, E., Borrachero, A. B., Brígido, M., y Mellado, V. (2013). Las emociones sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las matemáticas de futuros profesores de Secundaria. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 10(extra), 514–532. <http://hdl.handle.net/10498/15611>
- Csikszentmihalyi, M. (1998). *Finding Flow: The Psychology Of Engagement With Everyday Life*. New York: Basic Books.

- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481-490. <https://doi.org/10.1080/0950069890110501>
- Driver, R., & Erickson, G. (1983). Theories-in-action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10(1), 37-60. <https://doi.org/10.1080/03057268308559904>
- Driver, R., Rushworth, P., Squires, A., & Wood-Robinson, V. (2005). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203978023>
- Ezquerro-Romano, I., & Ezquerro, A. (2017). Highway to thermosensation: a traced review, from the proteins to the brain. *Reviews in the Neurosciences*, 28(1), 45-57. <https://doi.org/10.1515/revneuro-2016-0039>
- Ezquerro, A., & Ezquerro-Romano, I. (2018). From Thermosensation to the Concepts of Heat and Temperature: A Possible Neuroscientific Component. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/97198>
- Haber-Schaim, U. y otros. (1979). *Curso de introducción a las ciencias físicas*. Reverté.
- Kubricht, J. R., Holyoak, K. J., & Lu, H. (2017). Intuitive physics: Current research and controversies. *Trends in Cognitive Sciences*, 21(10), 749-759. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.06.002>
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F. M., Conde, M. C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vásquez, B., Jiménez, R., y Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(3). <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478>
- Pekrun, R. (2006). The Control-Value Theory of Achievement Emotions: Assumptions, Corollaries, and Implications for Educational Research and Practice. *Educational Psychology Review*, 18(4), 315-341. <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9029-9>

- Pintrich, P.R., Marx, R.W., y Boyle, R.A. (1993). Beyond Cold Conceptual Change: The Role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change. *Review of Educational Research*, 63(2), 167-199.
- Rodriguez, V. (2012). Concepciones alternativas sobre los conceptos de energía, calor y temperatura de los docentes en formación del instituto pedagógico en Santiago, Panamá. *Actualidades Investigativas en Educación* 12(3)
- Russell, J. A. (1978). Evidence of convergent validity on the dimensions of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 36, 1152-1168. doi: 10.1037/0022-3514.36.10.1152
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and instruction*, 4(1), 45-69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)