

## **LAS METÁFORAS EMOCIONALES DEL APRENDIZAJE DE LOS ALUMNOS VISTO POR EL FUTURO PROFESORADO DEL MÁSTER DE EDUCACIÓN SECUNDARIA**

**Lucía Mellado**  
**Susana Sánchez Herrera**  
**Florencio Vicente**  
**María Luisa Bermejo**  
Universidad de Extremadura

<https://doi.org/10.17060/ijodaep.2017.n1.v3.985>

*Fecha de Recepción: 8 Enero 2017*  
*Fecha de Admisión: 1 Abril 2017*

### **RESUMEN**

Las metáforas personales y emocionales ayudan al profesorado a reflexionar sobre sus concepciones y sus roles, nos dan una visión global de la vida del aula y tienden puentes entre lo cognitivo y lo afectivo. En este estudio se analizan en un pretest y en el postest las metáforas personales y emocionales que tienen los profesores sobre el aprendizaje del alumnado de ciencias de una muestra de estudiantes del Máster de Secundaria de formación del profesorado de la Universidad de Extremadura. El procedimiento de recogida de datos fue un cuestionario abierto donde tenían que describir sus metáforas y realizar un dibujo de ellas. En la investigación realizada adaptamos las cuatro categorías de Leavy et al. (2007): conductistas-transmisivas, cognitivas-constructivistas, situadas y autorreferenciadas. Los resultados indican que en las metáforas generales respecto al aprendizaje de los alumnos, el mayor número corresponde a las autorreferenciadas (un 44.9%), seguidas de las transmisivas-conductistas, (un 32.0%), de las cognitivas-constructivistas (un 14.1%) y de las situadas. En las metáforas generales del postest, los participantes han expresado un total de 46 metáforas, y el mayor número corresponde a las autorreferenciadas (35.0%), seguidas de las conductistas-transmisivas (30.0%), de las cognitivas-constructivistas (27.5%) y de las situadas (7.5%). Al comparar el porcentaje de metáforas emocionales con las totales obtenidas en el pretest y en el postest bajan en la categoría conductista-transmisiva y sube en las otras tres categorías, respecto a las metáforas totales. Se han expresado emociones básicas y sociales, positivas, negativas y neutras en el aprendizaje del alumnado y se presentan emociones más negativas.

Palabras claves: educación, metáforas, emociones, estudiante de orientación, máster de Secundaria.

## **SUMMARY**

The personal and emotional metaphors help teachers to reflect on their conceptions and their roles, give us an overview of classroom life and build bridges between the cognitive and affective. In this study a pretest personal and emotional metaphors for teacher and student learning from a sample of students in the Master of Secondary teacher training at the University of Extremadura (Spain) are analyzed. The method of data collection was an open questionnaire where they had to describe their metaphors and make a drawing of them. In research conducted adapt the four categories of Leavy et al. (2007): Behavioral-transmissive, cognitive-constructivist, situated and self-referential. The results indicate that in the general metaphors regarding student learning, the highest number correspond to self-referenced ones (44.9%), followed by transmissive-behaviorists (32.0%), cognitive-constructivists (14.1%) And those located. In the general metaphors of the post-test, the participants have expressed a total of 46 metaphors, and the highest number correspond to self-referenced ones (35.0%), followed by behavioral-transmissive ones (30.0%), cognitive-constructivists And those located (7.5%). When comparing the percentage of emotional metaphors with the totals obtained in the pretest and posttest, they fall in the behaviorist-transmissive category and increase in the other three categories, in relation to total metaphors. Basic and social emotions, positive, negative and neutral in the students' learning have been expressed and there are more negative emotions.

Keywords: education, metaphors, emotions, student, secondary master

## **INTRODUCCION**

Una metáfora es la sustitución o transposición de una idea o concepto por otro que tenga con él una cierta relación de semejanza. Para Lakoff y Johnson (1986) lo esencial de la metáfora es comprender y experimentar una cosa en términos de otra. Las metáforas se han utilizado como un recurso expresivo en la literatura, en la oratoria, en la música y en numerosas expresiones artísticas y de comunicación.

Sin embargo la metáforas no son sólo un recurso expresivo, sino que tienen un significado más profundo ya que constituyen un mecanismo esencial de la mente, que estructura gran parte del sistema conceptual por medio de relaciones metafóricas (Lakoff y Johnson, 1986), y son un principio fundamental del pensamiento y la acción. Las metáforas actúan como lentes, pantallas o filtros de lo que somos y de cómo nos vemos en determinada situación (Saban, 2010).

En educación, las metáforas dan una visión holística de la vida del aula y tienden puentes entre la teoría y la práctica (Leavy et al., 2007). Cada profesor elabora un pensamiento práctico profesional idiosincrásico, a partir de su experiencia personal como estudiante y como profesor, y de la interacción social con el entorno que le rodea. A este pensamiento es difícil acceder y dotar de significados, ya que el profesor tiene unas percepciones sobre su actividad profesional, que les resultan difíciles de articular y de expresar de una forma estructurada a través de reglas o principios.

El pensamiento metafórico ayuda al profesorado a reflexionar sobre sus concepciones, sus roles y su práctica. Un importante aspecto para la educación, señalado por Lakoff y Johnson (1986) es que las metáforas pueden crear realidades sociales y convertirse en guía para las acciones futuras que se ajustarán a la metáfora.

Los profesores realizan cambios en sus concepciones y en su práctica en el aula cuando construyen nuevas metáforas compatibles con tales cambios (Tobin et al., 1994). Las metáforas personales de los profesores pueden expresar con bastante claridad si una clase está centrada en los alumnos y el aprendizaje, o en el profesor y el contenido. El estudio de las metáforas durante la formación inicial de profesorado permitiría a los profesores en formación comprender su potencial,

reflexionar sobre sus propias metáforas y elaborar nuevas metáforas consistentes con los modelos de enseñanza que quieren implementar (Pinnegar et al., 2011).

Las metáforas son un poderoso instrumento que sirve de puente para unir el mundo cognitivo y afectivo y que pueden ayudar a los profesores a tomar conciencia de sus sentimientos y emociones. Los aspectos afectivos de la enseñanza y aprendizaje de materias concretas se han investigado mucho menos que los cognitivos, generalmente relacionándolos con las actitudes (Vázquez y Manassero, 2007). Los estudiantes recuerden a sus buenos profesores por cualidades emocionales como cariño, sensibilidad, humor, confianza, etc. (Korthagen, 2010). Esto cobra especial importancia si, como señalan Brígido et al. (2012) el recuerdo de las emociones del aprendizaje de cada materia en su etapa de estudiantes de secundaria se transfiere en gran parte a lo que sienten como futuros docentes de estas materias.

Las emociones actúan como un pegamento social en las aulas (Tobin, 2010), de ahí que los estudiantes recuerden a sus buenos profesores por cualidades emocionales como cariño, sensibilidad, humor, confianza, etc. (Korthagen, 2010). Esto cobra especial importancia si, como señalan numerosas investigaciones (Mellado et al., 2012), los antecedentes escolares como estudiantes tienen una fuerte influencia en los modelos didácticos de los futuros profesores. Además el recuerdo de las emociones del aprendizaje de cada materia en su etapa de estudiantes de secundaria se transfiere en gran parte a lo que sienten como futuros docentes de estas materias (Brígido et al., 2013, Borrachero et al., 2014). Una de las características de las metáforas de los profesores es que tienen un gran componente afectivo (Tobin y Tippins, 1996; Zembylas, 2004). Los aspectos afectivos y sociales son muy importantes para todos los profesores, pero especialmente para los profesores en formación (Hargreaves, 2005), pues están en un periodo en que se están fijando sus estrategias y rutinas de clase.

Los profesores en formación tienen concepciones y actitudes hacia la enseñanza y el aprendizaje, fruto de los años que han pasado como escolares, y que a menudo presentan contradicciones con sus conductas docentes en el aula. Numerosos estudios muestran la dificultad de cambiar las concepciones y aún más la práctica educativa de los profesores, porque existen numerosos obstáculos que dificultan el cambio (Gallego y Pérez, 2002; Mellado et al., 2014).

## **OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

Los objetivos de este estudio son:

Analizar las metáforas personales de una muestra de profesores de Ciencias del Máster de Formación del Profesorado de la Universidad de Extremadura.

Clasificar las metáforas personales del aprendizaje del alumnado dentro de las categorías: conductista-transmisivas, cognitiva-constructivistas, situadas-de aprendizaje social y autorreferenciadas.

Analizar la evolución de las metáforas generales y emocionales del alumnado, así como las emociones asociadas, través de los dibujos

## **PARTICIPANTES.**

La investigación se ha realizado durante el curso 2012-13 en la Facultad de Educación de la Universidad de Extremadura. El proceso metodológico utilizado para seleccionar la muestra de estudio se basa en un muestreo aleatorio formado por un grupo de futuros profesores de secundaria del Máster de la especialidad de Ciencias. Los profesores de secundaria que contestaron el cuestionario está formado por 37 individuos en el pretest y por 33 en el postest. La distribución entre hombres y mujeres es de 17 hombres y 20 mujeres.

## **METODO**

## **LAS METÁFORAS EMOCIONALES DEL APRENDIZAJE DE LOS ALUMNOS VISTO POR EL FUTURO PROFESORADO DEL MÁSTER DE EDUCACIÓN SECUNDARIA**

El procedimiento de recogida de datos ha sido un cuestionario anónimo en el que además del sexo, edad y licenciatura realizada se hacen tres preguntas abiertas:

1. Cuándo impartas clases en un aula, ¿con qué metáforas identificarías con el aprendizaje de tus alumnos?
2. Explica las razones que te llevan a identificarte con esas metáforas.
3. Haz un dibujo que represente las metáforas del aprendizaje de los alumnos

Se les pasó el cuestionario antes de realizar las prácticas y después de las prácticas para comprobar si habían cambiado sus metáforas. Antes de pasar el cuestionario se les informó sobre el significado y la importancia de las metáforas en educación, pero no se les dio ningún ejemplo de metáforas personales para no condicionar sus respuestas.

En nuestro estudio adaptamos las cuatro categorías de Leavy et al. (2007): la conductista-transmisiva (el alumno como un aprendiz pasivo y el profesor como un transmisor de información), que tiene además la característica de ser una clase centrada en el profesor y el contenido; la cognitiva-constructivista (el alumno como un agente activo en el proceso de construcción de su propio conocimiento y el profesor como un facilitador del proceso); la situada o de aprendizaje social (con similares características de la anterior, pero haciendo más hincapié en el aprendizaje social que en el individual), estando ambas centradas en el alumno y el aprendizaje; las autorreferenciadas, que son metáforas de difícil clasificación y que tienen un componente basado en el yo, cuyo significado es necesario analizar en cada caso porque son muy personales.

Con respecto a las emociones en nuestro estudio clasificamos las emociones en primarias o sociales (Bisquerra, 2005; Damasio, 2010) y en positivas, negativas o neutras (Fernández-Abascal, Martín y Domínguez, 2001).

### **RESULTADOS**

En la figura número uno se muestran las metáforas para el aprendizaje del alumnado en el que exponemos los cuadros de las metáforas generales y emocionales analizando algunas de las más significativas antes de realizar las prácticas en institutos de Secundaria. Para los alumnos y el aprendizaje el grupo de Ciencias ha expresado 78 metáforas.

Para los alumnos y el aprendizaje el grupo de Ciencias ha expresado 78 metáforas como se muestra en la figura 1. La mayoría de las metáforas son autorreferenciadas (un 44.9%), seguidas de las transmisivas-conductistas (un 32.0%), de las cognitivas-constructivistas (un 14.1%) y de las situadas (9.0%).

Figura 1.  
Metáforas para el rol del alumno del pretest del grupo de Ciencias.

<b>Conductistas/ Transmisivas</b>	<b>Cognitivas/ Constructivistas</b>	<b>Situadas/Aprendizaje social</b>	<b>Autorreferenciadas</b>
Esponjas (3)	Plantas creciendo	Excursionistas	Hormigas (3)
Burros como un arado (2)	Río con afluentes	Carretera con rectas y curvas	Mulas tercas (3)
Cerros (2)	Cientes de la pastelería	Caminan de la mano	Están en el limbo (3)
Rebaño de ovejas (2)	Regalos por descubrir	Equipo novato	Linces (2)
Cigarras (2)	Semillas	Vagones del tren	Leones
Burros (2)	Mariposas	Vehículos	Leonas
Pollitos	Presos escapando	Montañeros	Leones pequeños
Granos de café	Materia prima		Gallinas
La tropa	La tostada de pan		Ardillas
Lienzo en blanco	Esponjas		Lombriz
Folios en blanco	Patitos		Pájaros
Libros en blanco			Insectos
Caja fuerte			El pueblo
Habitación oscura			Tortugas
Crías de ganso			Búhos
Tortuga			Delfines
Cachorros			Cacatúas
Girasoles			Ratones astutos
			Cigarras
			Pavo real
			Pollitos
			Mamíferos
			Águilas
			Mas Listos que el hambre
			Están en la luna de valencia
			Están en la nube
			Ferrari
			Terremoto

Para los alumnos la metáfora más repetida en la categoría conductista/transmisiva es la de la esponja, con el significado de que absorben lo que les da el profesor .una metáfora constructivista para los alumnos es la metáfora es la de regalos por descubrir, porque cada alumno es un mundo que requiere tiempo para ser conocido o clientes de una pastelería donde se reparte a cada uno los pasteles según sus gustos.

Con respecto a las metáforas emocionales en el pretest, se han encontrado un mayor número son las emociones sociales, tanto positivas (entusiasmo, estímulo, seguridad, competencia, energía, adaptación o vivacidad), como negativas (apatía, desorientación, distracción o veledad). Se han encontrado también emociones negativas primarias para el alumnado: uno de los participantes identifica al alumnado con cucarachas que huyen de la luz del aprendizaje, metáfora que refleja asco y repugnancia.

## LAS METÁFORAS EMOCIONALES DEL APRENDIZAJE DE LOS ALUMNOS VISTO POR EL FUTURO PROFESORADO DEL MÁSTER DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

Varios participantes expresan metáforas de animales para representar cualidades negativas del alumnado (figura 33) como tortugas (lentos), cotorras (habladores, distraídos), mulas (tercas), cachorros (desorientados); burros (incompetencia); pavos reales (vanidad), etc

Los participantes del grupo de Ciencias han expresado un total de 46 metáforas, siendo el mayor número autorreferenciadas (35.0%), seguidas de las conductistas-transmisivas (30.0%), de las cognitivas-constructivistas (27.5%) y de las situadas (7.5%). En el cuadro 2, se indican las metáforas expresadas en el postest por el grupo de Ciencias para el rol del alumnado en el aprendizaje.

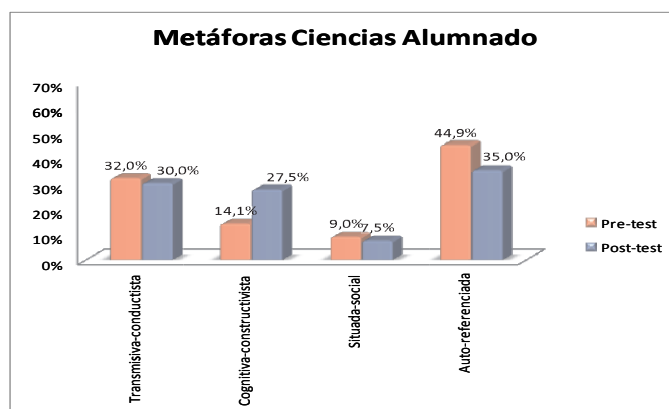
A continuación exponemos la figura dos con la metáforas en el postest:

Figura 2.  
Metáforas para el rol del alumno del postest del grupo de Ciencias

Conductistas/ Transmisivas	Cognitivas/Constructivistas	Situadas/ aprendizaje social	Autorreferenciadas
Espojas (2)	Patitos (2)	Corredores de fondo	Zorros (2)
Tortugas (2)	Espojas (2)	Vagones del tren	Animal perezoso
Cigarras	Semillas	Carretera	Delfines
Espectadores	Materia prima		Linces
Estatuas	Torrente de agua		Dulces como la miel
Animales de granja	Escaladores		Potros
Crías de ganso	Árbol que crece		Cotorras
Cucarachas	Planta		Torbellino
Rebaño de corderos	Ardillas		Tortugas
Cachorros			Estar en la nube
			Pesados como una vaca en brazos
			Oso perezoso
			Luna de Valencia

Una vez expuestas las metáforas y las emociones que están relacionadas con cada una de ellas, se realizó un análisis descriptivo de frecuencias en cada grupo y categoría y se discutieron las razones por las que identifican con las metáforas.

Figura 3.  
Comparación del porcentaje de metáforas para el alumnado del grupo de Ciencias, antes y después de las prácticas de enseñanza (pretest y postest)



Como se observa en la figura 3 en el postest baja ligeramente el porcentaje de metáforas transmisivas, suben las cognitivas constrictivistas y baja el porcentaje de las autoreferenciadas.

Pasamos en un segundo momento a exponer una serie de ejemplos de dibujos sobre las metáforas sobre el alumnado clasificadas como autorreferenciadas son: pesados como una vaca en brazos, porque quieren llamar continuamente la atención, preguntando cosas poco relevantes; listos y audaces como el zorro o el lince; torbellinos, que se levantan para preguntar; y estar en la nube, por no atender.

Figura 4.

Dibujos de un participante en el postest para los alumnos como una vaca en brazos o estar en la nube



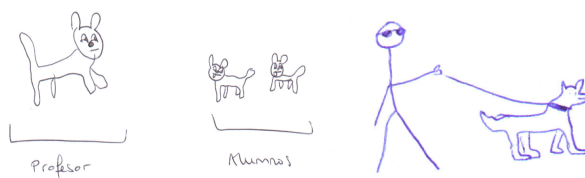
## RESULTADOS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS METÁFORAS EN EL PRETEST Y EL POSTEST

Analizaremos la evolución de las metáforas y modelos didácticos asociados del aprendizaje del alumnado antes de las prácticas, dónde se realiza un proceso de intervención en el que el futuro profesorado participante reflexione sobre el significado de sus propias metáforas para después de las prácticas realizar otra vez el cuestionario.

Presentamos algunos de los dibujos obtenidos: Para un participante tanto en el pretest como en el postest, el profesor es un perro guía (figura 5), pues los alumnos son cachorros ciegos, que están perdidos y hay que guiarlos en su ignorancia (en el postest ha dibujado un perro lazarillo de un ciego). Esta metáfora la hemos clasificado como conductista-transmisiva, porque considera que los alumnos no saben nada y el profesor es la fuente de conocimiento

Figura5.

Dibujos del perro guía en el pretest y el postest



Para otro participante, la metáfora es la del profesor que siembra la semilla y cuida las plantas en su crecimiento, para intentar obtener los mejores frutos, para que el alumnado alcance un buen desarrollo y tenga oportunidades en sus vidas (figura 6). El profesor es parte del jardín y se dedica a todas las plantas, empeñado en que todas salgan adelante, motivando, animando, creando un ambiente propicio y disfrutando de los retos con los alumnos. En el jardín hay plantas con raíces

## LAS METÁFORAS EMOCIONALES DEL APRENDIZAJE DE LOS ALUMNOS VISTO POR EL FUTURO PROFESORADO DEL MÁSTER DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

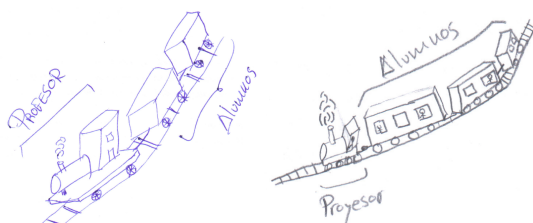
fuertes, otras que requieren más cuidados y otras más delicadas, que necesitan más sol y riegos. también los ritmos de aprendizaje son diferentes, hay semillas que aún no han germinado y árboles que ya dan frutos. Esta metáfora es constructivista.



En otro futuro docente que ha realizado el cuestionario, el profesor es la locomotora del tren que abre el camino, guía y lleva a los vagones por el buen camino (figura 7). Los estudiantes son los vagones del tren y el trayecto es el curso. Pero en el viaje hay vagones lentos y rápidos y la locomotora-profesor tiene que conseguir que todos lleguen a su destino.

Figura 7

*Dibujos del profesor como locomotora del tren y de los estudiantes como vagones (pretest y postest)*



## CONCLUSIONES

Los participantes han sido capaces de conceptualizar su roles en forma de metáforas. Algunos han expresado metáforas correspondientes a más de una categoría, en algunos casos con significados muy distintos.

La mayoría de las metáforas generales en el pretest se encuadran en la categoría y la auto-referenciada seguida de la conductista/transmisiva, posteriormente se sitúan en la cognitivas/constructivistas, y por último las situadas. Las expresadas en el postest después de las prácticas, se produce un aumento de las metáforas transmisivas-conductistas y de las cognitivas-constructivistas y una fuerte disminución de las autorreferenciadas.

Si comparamos el porcentaje de metáforas emocionales con las totales en el pretest, baja el porcentaje de metáforas emocionales en la categoría conductista-transmisiva y autoreferenciada mientras sube en la categoría cognitiva-constructivista, así como en la situada y auto-referenciada. En el postest, el porcentaje de metáforas emocionales baja en la categoría conductista-transmisiva y autoreferenciada y sube en las otras tres respecto a las metáforas totales.



La mayoría de los participantes expresan en sus metáforas emociones positivas, como alegría, felicidad, adaptación, motivación etc, y solo algunas negativas como control e inflexibilidad. Las metáforas sobre el aprendizaje del alumnado son más negativas que las del profesorado como lentos, distraídos, terco, desorientados, burros incompetencia, vanidad, etc.

En la evolución de las metáforas desde pretest al postest, diecisiete personas no cambiaron, seis modificaron sus metáforas realizando una progresión en los modelos y tres tuvieron un cambio regresivo en las metáforas del profesor.

Otro resultado significativo, es que las metáforas no están asociadas a contenidos concretos, sino que son expresiones de una visión general de la enseñanza y del rol del profesor, formada de sus propias experiencias como alumnos y de sus experiencias de enseñanza.

Con respecto a las implicaciones, las metáforas se pueden convertir en una herramienta potente para que los futuros profesores reflexionen sobre sus concepciones, actitudes, emociones y roles.

## REFERENCIAS

- Bisquerra, R. (2005). La educación emocional en la formación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19(3), 95-114.
- Borrachero, A. B., Brígido, M., Mellado, L., Costillo, E., y Mellado, V. (2014). Emotions in prospective secondary teachers when teaching science content, distinguishing by gender. *Research in Science & Technological Education*, 32(2), 182-215.
- Brígido, M., Borrachero, A. B., Bermejo, M. L. y Mellado, V. (2013). Prospective primary teachers' self-efficacy and emotions in science teaching. *European Journal of Teacher Education*, 36(2), 200-217.
- Buaraphan, K. (2011). Metaphorical roots of beliefs about teaching and learning science and their modifications in the standard based science teacher preparation programme. *International Journal of Science Education*, 33(11), 1571-1595.
- Damasio, A. (2010). *Y el cerebro creó al hombre*. Barcelona: Editorial Destino.
- Fernández-Abascal, E., Martín, M. y Domínguez, J. (2001). *Procesos psicológicos*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Gallego, R. y Pérez, R. (2002). El problema del cambio en las concepciones de estudiantes de formación avanzada. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 401-414.
- Hargreaves, A. (2005). Educational change takes ages: Life, career and generational factors in teachers' emotional responses to educational change. *Teaching and Teacher Education*, 21(8), 967-983.
- Korthagen, F.A. (2010). La práctica, la teoría y la persona en la formación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68, 83-101.
- Lakoff, G. y Johnson, M. (1986). *Metáforas de la vida cotidiana*. Madrid: Cátedra.
- Leavy, A. M., McSorley, F. A. y Boté, L. A. (2007). An examination of what metaphor construction reveals about the evolution of preservice teachers' beliefs about teaching and learning. *Teaching and Teacher Education*, 23, 1217-1233.
- Mellado, L., Bermejo, M. L., Fajardo, M. I. y Borrachero, A. B. (2013). Las metáforas emocionales de los estudiantes de educación primaria y educación infantil. *International Journal of Development and Educational Psychology*, 25(1), 281-289.
- Mellado, L., Bermejo, M.L. y Mellado, V. (2012). Personal metaphors of prospective secondary economics and science teachers. *Asia Pacific Journal of Teacher Education*, 40(4), 395-408.
- Mellado, L., de la Montaña, J. L., Borrachero, A. B. y Bermejo (2014). Las emociones en las metá-

## **LAS METÁFORAS EMOCIONALES DEL APRENDIZAJE DE LOS ALUMNOS VISTO POR EL FUTURO PROFESORADO DEL MÁSTER DE EDUCACIÓN SECUNDARIA**

- foras personales de futuros profesores de educación de educación primaria y educación secundaria de economía. *International Journal of Development and Educational Psychology*, 26(2), 223-232..
- Pinnegar, S., Mangelson, J., Reed, M. y Groves, S. (2011). Exploring preservice teachers' metaphor plotlines. *Teaching and Teacher Education*, 27, 639-647.
- Saban, A. (2010). Prospective teachers' metaphorical conceptualizations of learner. *Teaching and Teacher Education*, 26(2), 290-305.
- Tobin, K. y Tippins, D.J. (1996). Metaphors as seeds for conceptual change and the improvement of science education. *Science Education*, 80(6), 711-730.
- Tobin, K., Tippins, D.J. y Gallard, A.J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 3-44). New York: MacMillan
- Vázquez, A. y Manassero, M.A (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 247-271.
- Zembylas, M. (2004). Emotion metaphors and emotional labor in science teaching. *Science Education*, 88(3), 301-324.