



Conocimiento previo, emociones y aprendizaje en una actividad experimental de ciencias

The interplay of prior knowledge, emotions and learning in a science experiment activity

José M.^a Marcos-Merino, Rocío Esteban Gallego, Jesús A. G. Ochoa de Alda
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas, Universidad de Extremadura, Badajoz-Cáceres, España
jmarmcos@unex.es, rocioesteban@unex.es, ochoadealda@unex.es

RESUMEN • Los futuros maestros describen con frecuencia emociones negativas hacia la ciencia. Estas emociones, según las teorías psicológicas y neurocientíficas sobre el rendimiento académico y la integración emoción-cognición, podrían estar conectadas con su aprendizaje pasado y futuro. Para comprobarlo analizamos, en una muestra de 419 futuros maestros, las interacciones entre las emociones que anticipan ante una actividad experimental de microbiología, sus conocimientos previos y el aprendizaje posterior. Los resultados indican que una formación deficiente durante la Educación Secundaria, y haber cursado un bachillerato no científico, son características de alumnos que anticipan más emociones negativas. Estas, a su vez, están relacionadas con el aprendizaje posterior, aunque con efecto desigual: la frustración (emoción depresora) lo limita y el nerviosismo (emoción estimulante) lo favorece.

PALABRAS CLAVE: Emociones anticipatorias; Formación inicial de maestros; Educación Secundaria; Aprendizaje activo; Biología.

ABSTRACT • Future Primary teachers describe negative emotions toward science. According to psychological and neuroscientific theories about academic performance and emotion-cognition integration, these emotions could be linked to their past and future learning. To ascertain this, we analyse a sample of 419 Primary pre-service teachers for the associations among their anticipated emotions (before an experimental activity of microbiology), their prior knowledge and their subsequent learning after the activity. Results indicate that insufficient prior knowledge and a non-scientific itinerary during Upper Secondary Education (i. e., social sciences or arts itineraries) characterize students who anticipate more negative emotions. These emotions modulate subsequent learning with a bivalent effect: frustration (a depressant emotion) repress it, whereas nervousness (stimulating emotion) favours it.

KEYWORDS: Anticipatory emotions; Primary teachers training; Secondary Education, Active learning; Biology.

Recepción: junio 2020 • Aceptación: diciembre 2020

INTRODUCCIÓN

La educación es una actividad emocional: alumnos y docentes experimentan emociones diversas como consecuencia de numerosos factores, como la temática abordada, la metodología implementada, los resultados esperados y obtenidos... Estas emociones académicas reflejan el valor otorgado a los procesos de enseñanza y pueden modular el comportamiento de docentes y alumnos (Pekrun, 2014). Actualmente se considera que las emociones son un producto evolutivo con el que realizar una evaluación subjetiva de los estímulos del entorno de los seres humanos, a fin de estimar si estos son deseables para su futuro y responder a ellos de manera adecuada (Damasio y Carvalho, 2013). Esto también ocurre con los estímulos recibidos en el ámbito académico, que son evaluados mediante las emociones de docentes y alumnos, e influyen en sus decisiones hacia los procesos de enseñanza-aprendizaje (Mellado et al., 2014). De acuerdo con Damasio y Carvalho (2013), las emociones no solo son reacciones a los estímulos del presente, sino que también se producen por el recuerdo de hechos pasados (emociones retrospectivas) o por el anticipo de situaciones futuras (emociones anticipatorias). Por tanto, las emociones de docentes y alumnos pueden estar relacionadas también con eventos de su vida académica pasada y sus expectativas.

Dado el papel de las emociones en la educación, se ha recomendado que los docentes reparen en los aspectos afectivos de su enseñanza. Esta consideración es especialmente relevante para las ciencias, puesto que los alumnos experimentan un rechazo creciente hacia su aprendizaje desde finales de la Educación Primaria y durante la Educación Secundaria, caracterizado por un aumento de emociones negativas y un descenso en el valor otorgado a la ciencia (Mellado et al., 2014). Los docentes deben, por tanto, propiciar que la ciencia escolar se desarrolle en un ambiente emocional apropiado, en el que se promueva una actitud favorable que estimule las emociones positivas relacionadas con el proceso de enseñanza y evite un exceso de emociones negativas, y si estas surgiesen se ayudase al alumno a regularlas. Asimismo, se ha recomendado aprovechar las emociones positivas de los docentes hacia las ciencias para promoverlas entre sus alumnos (Pekrun, 2014). Sin embargo, la investigación en educación ha profundizado mucho más en los aspectos cognitivos del aprendizaje que en los emocionales. Por tanto, son necesarias más investigaciones que analicen las emociones de alumnos y docentes durante la enseñanza de las ciencias. En este sentido, es preciso indagar sobre emociones distintas a la ansiedad (emoción más investigada), y el papel de las emociones positivas, mucho menos estudiadas (Murphy et al., 2019); así como analizar el rol de estas emociones en el aprendizaje de contenidos científicos concretos, evaluando las emociones y el aprendizaje con medidas circunscritas temporal y situacionalmente (Pekrun, Elliot y Maier, 2009).

Las emociones como antecedentes del aprendizaje: perspectivas psicológica y neurocientífica

Tradicionalmente, los procesos cognitivos y afectivos se han estudiado de forma separada. Sin embargo, en las últimas dos décadas se han acumulado pruebas que apoyan una integración neurofisiológica entre ambos. En el campo de la neurociencia se ha mostrado la influencia de las emociones en distintos procesos cognitivos: memoria, atención, reflexión, comprensión, resolución de problemas... (Todd et al., 2020). Como consecuencia de estas interacciones, actualmente se sospecha que las emociones son inherentes a los procesos cognitivos, siendo consideradas como un proceso cognitivo más, cuyo papel resulta clave para modular al resto. Esto justifica su relevancia para el aprendizaje y su investigación en el ámbito educativo.

Desde la psicología, la interacción entre emoción y aprendizaje ha sido conceptualizada dentro de las teorías de la expectativa-valor y del control-valor. Ambas constituyen los principales marcos teóricos en los que se relacionan los elementos de la motivación (entre ellos, las emociones) con el logro académico. Según la teoría de la expectativa-valor (Eccles y Wigfield, 2002), los logros académicos y las

decisiones que toman los alumnos en relación con ellos están determinados por la expectativa de éxito (confianza que tiene el individuo en sus habilidades para alcanzar el éxito) y el valor subjetivo que se atribuye a esos logros (su importancia, su utilidad y lo divertido/agradable que puede resultarle). Esta teoría de la expectativa-valor se concreta en la teoría del control-valor (Pekrun, 2006), según la cual las emociones son el antecedente de los logros y surgen como resultado de una valoración subjetiva del control que el individuo cree tener sobre una actividad y del valor subjetivo que le atribuye.

La relevancia de las emociones para el aprendizaje también ha sido establecida desde la neurociencia. Según el modelo de valoración por contenido (Dixon et al., 2017), ocho subregiones cerebrales están implicadas en la valoración subjetiva de los estímulos y en la modulación de las emociones asociadas a estas valoraciones. El aprendizaje se desencadena cuando se identifica una recompensa cuyo valor subjetivo merece el esfuerzo del alumno. Si ese valor subjetivo estimado previamente se corresponde con el obtenido tras el esfuerzo realizado, el aprendizaje continuará en un futuro (Todd et al., 2020).

Tanto las teorías psicológicas como neurocientíficas coinciden en que debería observarse una relación recíproca entre emociones y aprendizaje. Los estudios de investigación realizados hasta la fecha apoyan esta circunstancia, mostrando que las emociones sentidas durante un curso escolar se asocian al rendimiento académico (considerando este como la calificación de un examen o de una o varias asignaturas). Estas asociaciones emociones-calificación se han establecido en diferentes niveles y para diferentes disciplinas (también en ciencias) siendo, de manera general, positivas para las emociones positivas y negativas para las emociones negativas (Pekrun, 2014). Sin embargo, son escasos los trabajos que abordan la relación entre las emociones experimentadas en actividades concretas y los resultados obtenidos tras estas (Marcos-Merino, Esteban y Ochoa de Alda, 2019; Pekrun et al., 2009), así como aquellos que indagán en relaciones causa-efecto, más allá de meras asociaciones (Lüftenegger et al., 2016).

Las emociones y su relación bidireccional con la cognición y el rendimiento académico

Las interacciones neurofisiológicas emoción-cognición son bidireccionales. Los procesos cognitivos y las emociones están recíprocamente condicionados: las emociones influyen en la cognición y el aprendizaje, a la vez que estos condicionan las emociones (Eldar y Niv, 2015). En función de estas interacciones bidireccionales se ha propuesto que:

- Las emociones anticipatorias, previas a una actividad, pueden tener valor predictivo en el rendimiento académico: la anticipación de emociones positivas ante una actividad predice buenos resultados de aprendizaje tras esta, mientras que la anticipación de emociones negativas predice malos resultados (Lüftenegger et al., 2016; Pekrun et al., 2009; Pekrun et al., 2017; Steinmayr et al., 2016; Villavicencio y Bernardo, 2013).
- Los resultados de aprendizaje de una actividad (éxitos y fracasos) pueden ser predictores de las emociones que se anticipen en el futuro hacia actividades relacionadas: los buenos resultados son predictores de futuras emociones anticipatorias positivas y los malos resultados de emociones anticipatorias negativas (Hayat et al., 2020; Pekrun et al., 2009; Pekrun et al., 2017; Putwain et al., 2018).

Estas interacciones bidireccionales se han descrito en distintas etapas (Educación Primaria, Educación Secundaria y estudios universitarios como Psicología y Medicina) y hacia diferentes disciplinas (fundamentalmente, matemáticas e idiomas), aunque apenas se han analizado hacia las ciencias y nunca con profesorado en formación ni en situaciones pedagógicas controladas metodológica y temporalmente. Por tanto, es preciso indagar en el papel de las emociones en el aprendizaje de ciencias y sus relaciones bidireccionales en estos alumnos, en los que la relación entre sus emociones académicas y su aprendizaje puede determinar su futura acción docente (Mellado et al., 2014).

Las emociones de los maestros en formación inicial hacia las ciencias y su enseñanza-aprendizaje

Los maestros en formación sienten hacia las ciencias diferentes emociones en función de los contenidos, la metodología, el género o el recuerdo de sus experiencias académicas pasadas en ciencias. De forma general, sus emociones:

- Son más positivas hacia la biología que hacia el resto de las ciencias experimentales (física, química y geología están comúnmente ligadas a emociones negativas) (Mellado et al., 2014). Sin embargo, no todos los contenidos biológicos producen las mismas emociones, por ejemplo, la biotecnología o la microbiología son áreas asociadas a emociones negativas (Marcos-Merino et al., 2019).
- Presentan algunos sesgos de género: las futuras maestras describen menos emociones positivas y más ansiedad que sus compañeros (Riegle-Crumb et al., 2015).
- Dependen de la metodología: los enfoques activos, en los que se involucra a los alumnos en su aprendizaje, aumentan generalmente sus emociones positivas (Ochoa de Alda et al., 2019). Si bien, solicitar la participación del alumno en exceso puede provocarles emociones negativas (Cooper y Brownell, 2020).

Las emociones sentidas por los futuros maestros hacia las ciencias también están relacionadas con: *i*) sus emociones retrospectivas hacia estas disciplinas durante su vida académica pasada y *ii*) las emociones que esperan sentir como docentes. Así, las emociones que describen están relacionadas con las que sintieron como alumnos de educación secundaria en clases de ciencias (Brígido et al., 2013b); y dichas emociones se transfieren a las que ellos creen que van a sentir cuando impartan estos contenidos, así como a las que realmente experimentan cuando imparten ciencias durante el *practicum* (Brígido et al., 2013a). Dadas las relaciones bidireccionales entre emociones y aprendizaje, debería ser posible encontrar una asociación entre los conocimientos de ciencias adquiridos durante la educación secundaria y las emociones que anticipan frente a las diferentes actividades formativas de ciencias en la universidad. De la misma forma, estas emociones anticipatorias deberían asociarse con el rendimiento obtenido tras su realización. Sin embargo, hasta la fecha estas asociaciones no se han indagado con docentes en formación.

Los bajos niveles de formación científica han sido descritos como una de las posibles causas de las actitudes negativas de los maestros en formación hacia la ciencia. Según Bonil y Márquez (2011), estas actitudes negativas están vinculadas con el abandono, por parte de estos estudiantes, de su formación científica al finalizar la enseñanza obligatoria. Como consecuencia, una de las preocupaciones de los futuros maestros es la falta de una adecuada formación, lo que genera en ellos emociones negativas y una baja autoeficacia (Brígido et al., 2013a). Estas emociones negativas constituyen un obstáculo para su formación inicial como docentes de ciencias (Mellado et al., 2014). Esta situación se agrava cuando se trata de implementar algunos enfoques activos, como la indagación, que se asocia en ocasiones a emociones negativas (inseguridad, tensión, ansiedad...), debido a su complejidad y dificultad de implementación (Cooper y Brownell, 2020). Esta es considerada como una de las causas por la que estas actividades son poco implementadas en educación primaria (García-Barros y Martínez-Losada, 2001), situación que hace necesario abordar las emociones hacia las metodologías activas en la formación inicial. La implementación de estos enfoques activos puede resultar significativa para mejorar el conocimiento y la motivación de estos estudiantes hacia áreas como la microbiología, relacionadas con concepciones alternativas y emociones negativas (Marcos-Merino et al., 2019).

OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS

En esta investigación se determinan las emociones anticipadas por una muestra de maestros en formación inicial, ante una actividad experimental de microbiología incluida en su programa formativo, con el objetivo de establecer las interacciones de dichas emociones anticipatorias con: *i*) su conocimiento de ciencias adquirido durante la educación secundaria (objetivo 1), *ii*) la modalidad de Bachillerato cursada (objetivo 2) y *iii*) el aprendizaje de ciencias posterior a la intervención (objetivo 3).

Según las teorías psicológicas y neurocientíficas sobre el rendimiento académico y sobre la integración bidireccional emoción-cognición, se formulan tres hipótesis (asociadas a cada objetivo de investigación):

- Hipótesis 1: El aprendizaje adquirido en el pasado sobre un contenido modula las emociones hacia una actividad relacionada con ese contenido. En este caso, los participantes con un mayor nivel de conocimientos previos de microbiología deberían sentir, ante una actividad experimental relacionada, más emociones positivas y menos emociones negativas.
- Hipótesis 2: Las experiencias académicas pasadas modulan las emociones hacia una actividad. En este caso, los participantes que han cursado un bachillerato científico deberían describir, ante una actividad experimental de microbiología, más emociones positivas y menos emociones negativas.
- Hipótesis 3: Las emociones anticipadas hacia una actividad modulan el aprendizaje resultante de esta. En este caso, los participantes que anticipan ante la intervención más emociones positivas y menos emociones negativas son los que deberían aprender más tras su implementación.

METODOLOGÍA

Contexto, muestra y procedimiento

Este estudio se ha desarrollado con una muestra no probabilística de 419 maestros en formación (21 años de media, 62 % de mujeres), estudiantes, durante tres cursos académicos consecutivos, del grado en Educación Primaria en la Universidad de Extremadura. Todos los participantes cursaban la asignatura «Didáctica del Medio Físico y los Seres Vivos» (sexto semestre), primera materia del grado sobre Biología y su didáctica. Respecto a sus estudios previos, un 75 % cursó una modalidad de bachillerato no científica (humanidades, ciencias sociales o artes) y el 25 % restante estudió un bachillerato de ciencias.

La actividad experimental de microbiología implementada consiste en una práctica de laboratorio y consta de dos fases. En la primera parte se abordan experimentalmente una serie de conceptos microbiológicos básicos (ubicuidad y diversidad, colonia, asepsia y esterilización). Posteriormente, mediante un proceso de indagación, los participantes diseñan un protocolo para elaborar, con materiales cotidianos, un medio de cultivo casero con el que adaptar las actividades de la primera fase para educación primaria. Durante este proceso el docente plantea distintas preguntas, como: «¿Qué recipiente casero emplearías en lugar de una placa de Petri? (piensa en sus características: recipiente transparente con base y tapa)» o «¿Qué procedimiento seguirías para esterilizar el medio de cultivo? ¿A qué objeto casero te recuerda un autoclave?» (Marcos-Merino et al., 2019).

Antes de la intervención, y tras informar a los participantes del carácter voluntario y anónimo de su participación, estos cumplimentaron sendos cuestionarios sobre sus emociones y conocimientos previos (pretest). El test de emociones fue aplicado antes de completar el test de contenidos, a fin de evitar que la resolución de este último pudiera interferir en sus emociones previas. A los 15 días de la intervención los participantes entregaban un informe, al mismo tiempo que completaban un postest con el que se determinaron sus conocimientos posteriores.

Instrumentos

Para determinar las emociones anticipadas por los participantes, se emplea un test cuantitativo autoinforme de ítems sencillos, validado previamente según sus consistencias interna y externa, con una muestra de 1045 maestros en formación inicial (Marcos-Merino, 2020). Se utiliza un cuestionario autoinforme, ya que estos constituyen una medida rápida (que apenas afecta al desarrollo de actividades académicas) y fiable (los autoinformes de emociones concuerdan con su actividad neurofisiológica) (Todd et al., 2020). Además, es un test de ítems sencillos (emplea un único ítem para estimar cada emoción) que, comparados con test multiítem, proporcionan suficiente validez y son menos invasivos en las emociones de los participantes (Goetz et al., 2016). El cuestionario consta de 10 emociones académicas: 5 positivas (alegría, confianza, satisfacción, entusiasmo y diversión) y 5 negativas (preocupación, frustración, incertidumbre, nerviosismo y aburrimiento). Estas emociones han sido seleccionadas según: *i*) su presencia en maestros en formación (Mellado et al., 2014) y *ii*) su efecto sobre el aprendizaje (Ochoa de Alda et al., 2019; Pekrun, 2014). Estas se presentan de manera aleatoria a los participantes, quienes autoinforman, siguiendo una escala ordinal de Likert (de 1 «no experimentada» a 5 «intensamente experimentada»), sobre la intensidad con la que anticipan sentir cada emoción durante la intervención (respondiendo a la pregunta «¿Qué emociones esperas sentir con una práctica sobre los microorganismos?»).

Para determinar el nivel de conocimiento sobre microbiología se emplea un cuestionario de preguntas cerradas de tipo test (15 preguntas, 4 opciones, 1 sola opción correcta), diseñado y validado previamente (Marcos-Merino et al., 2019). Estas preguntas están basadas en concepciones alternativas de microbiología comunes en el alumnado de educación secundaria y en maestros en formación (Marcos-Merino y Esteban, 2017), y en preguntas del informe TIMSS (*Trends in International Mathematics and Science Study*) sobre conceptos clave de microbiología para 2.º de Educación Secundaria Obligatoria.

Análisis de datos

Los datos no se ajustan a una distribución normal (p -valor $< 0,05$, test de normalidad Kolmogorov-Smirnov), por lo que se utiliza estadística no paramétrica (test de Wilcoxon para comparar medianas, correlación de Spearman para estudiar las interacciones entre variables). Se determinan las correlaciones de las emociones anticipatorias con:

- El conocimiento previo, estimado mediante la calificación del pretest.
- El conocimiento posterior a la intervención, que se corresponde con la calificación del postest.
- El aprendizaje de biología o conocimiento adquirido mediante la intervención, que se calcula como la resta entre las calificaciones del postest y del pretest. Theobald y Freeman (2014) observaron que este procedimiento impide apreciar el aprendizaje en aquellos alumnos que parten de un alto conocimiento. Por ello, para el cálculo de esta variable se suprime la parte de la muestra por encima del percentil 75 del pretest.

Se realiza un análisis estadístico de mediación (MacKinnon, Fairchild y Fritz, 2007) para determinar el efecto modulador de los conocimientos previos (calificación del pretest) en la interacción entre la modalidad de bachillerato y las emociones anticipatorias. Se emplea un modelo de regresión lineal múltiple (Nathans, Oswald y Nimon, 2012) para cuantificar la influencia del conocimiento previo (calificación del pretest) y de las emociones anticipatorias en el conocimiento posterior (calificación del postest) y el aprendizaje (diferencia entre las calificaciones de postest y pretest) (método de regresión paso a paso o *stepwise*). Para estos análisis (mediación y regresión lineal múltiple) se determinan

los valores de R^2 (proporción de varianza que una variable explica respecto a otra), β (coeficiente de regresión, pendiente o relación) y p (probabilidad de que lo observado se deba al azar). Para obtener una perspectiva sistémica de la interacción de todas las variables (emociones y conocimiento) se realiza un análisis estadístico de redes (mediante el método generalizado de los momentos) en el que las variables se representan como nudos y sus interacciones como aristas. En la red, dos variables están conectadas si, además de correlacionar, tienen la máxima covarianza compartida de manera exclusiva entre variables (Hevey, 2018). Estos análisis, junto a las representaciones de cajas y violín, se realizan con el programa JASP v. 0.13.

Las pruebas de normalidad, la modelización y la extracción de factores latentes correspondientes a la valencia positiva y negativa de las emociones anticipatorias se realizan con el programa SPSS v. 25. Para la extracción de factores se emplean mínimos cuadrados generalizados y una rotación Oblimin (Ochoa de Alda et al., 2019). Una vez calculados, los factores se guardan como variables centradas (valores z , media = 0, desviación estándar = 1). Las rectas de regresión lineal (en las que se representan variables centradas) se han realizado con el programa Kaleidagraph v. 4.5.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Emociones anticipatorias de los maestros en formación inicial: influencia del conocimiento de ciencias adquirido durante la educación secundaria y de la modalidad de bachillerato

Las emociones anticipadas por los participantes presentan algunas diferencias en función del género y de la formación previa. Respecto al género, los hombres manifestaron mayor confianza que sus compañeras (p -valor < 0,001, test de Wilcoxon) ante la realización de la intervención. Este resultado concuerda con estudios previos que han mostrado que las maestras en formación manifiestan menos confianza hacia las ciencias que sus compañeros varones (Riegle-Crumb et al., 2015). Según estos autores también se observaron mayores niveles de algunas emociones negativas (como ansiedad) en futuras maestras, que no se ponen de manifiesto en la presente investigación.

En relación con la influencia de la formación previa, aquellos participantes que cursaron un bachillerato científico anticipaban, antes de realizar la intervención, más emociones positivas (confianza y satisfacción) y menos preocupación que aquellos que cursaron un bachillerato de humanidades, ciencias sociales o artes (p -valor < 0,05, test de Wilcoxon). Estas diferencias en las emociones anticipatorias podrían deberse a diferencias en la formación previa ya que el nivel de conocimiento era mayor en los participantes que cursaron un bachillerato de ciencias (p -valor < 0,01, test de Wilcoxon). Los resultados de los análisis de correlación y mediación apoyan esta circunstancia. Los análisis de correlación muestran interacciones negativas entre el nivel de conocimiento previo (calificación del pretest) y las emociones negativas anticipadas (nerviosismo, frustración, preocupación e incertidumbre). Asimismo, se observa una asociación positiva entre la calificación del pretest y la confianza anticipada (tabla 1).

Estas asociaciones entre las emociones anticipatorias y el nivel de conocimientos previos quedan reflejadas en la distribución de la calificación del pretest en función de la intensidad de las emociones anticipatorias (figura 1A). Los análisis de correlación para los factores latentes en función de la valencia de las emociones (positiva o negativa) revelan que la calificación del pretest se asocia negativamente con el factor de las emociones anticipatorias negativas (figura 1B), mientras que no se asocia significativamente con el factor de las positivas. En su conjunto, estos resultados sugieren que aquellos alumnos que reportan una mayor aversión hacia la actividad son aquellos que tienen un menor conocimiento científico previo.

Tabla 1.
 Coeficientes de correlación de la intensidad de las emociones previas a la práctica de microbiología con los conocimientos previos de esta disciplina (calificación del pretest). En cursiva se resaltan las correlaciones significativas (Spearman, ***p-valor < 0,001, **p-valor < 0,01, *p-valor < 0,05)

<i>Emociones anticipatorias</i>	<i>Correlación con el conocimiento previo de Educación Secundaria</i>
Alegría	0,016
Confianza	<i>0,134**</i>
Satisfacción	- 0,035
Entusiasmo	0,048
Diversión	- 0,021
Nerviosismo	<i>- 0,207***</i>
Aburrimiento	0,017
Frustración	<i>- 0,105*</i>
Preocupación	<i>- 0,112*</i>
Incertidumbre	<i>- 0,107*</i>

Dado que la modalidad de bachillerato afecta tanto al nivel de conocimientos previos como a las emociones anticipatorias positivas y negativas, se ha realizado un análisis estadístico de mediación (MacKinnon et al., 2007) para estimar en qué medida la formación previa condiciona los conocimientos previos y los factores de las emociones anticipatorias (figura 1C). La formación previa de la muestra afecta al factor de las emociones anticipatorias positivas directamente (no a través del nivel de conocimientos): haber cursado una modalidad de humanidades, ciencias sociales o artes influye negativamente en dicho factor ($R^2 = 1,1 \%$; $\beta = -0,104$; p-valor = 0,036). Sin embargo, la modalidad de bachillerato no tiene un efecto directo en el factor de las emociones anticipatorias negativas, aunque sí un efecto indirecto a través de los conocimientos adquiridos en esta etapa. El análisis de mediación muestra este papel modulador de los conocimientos previos (calificación del pretest) en la interacción entre la modalidad de Bachillerato y el factor de las emociones anticipatorias negativas. Haber cursado una modalidad de humanidades, ciencias sociales o artes influye negativamente en la calificación del pretest ($R^2 = 2,2 \%$; $\beta = -0,150$; p-valor = 0,002) que, a su vez, influye negativamente en las emociones negativas, menor intensidad cuanto mayor es el conocimiento previo ($R^2 = 4,1 \%$; $\beta = -0,203$; p-valor = 0,001). Por tanto, la formación previa modula las emociones anticipatorias negativas debido a su influencia en la adquisición de conocimientos, mientras que su efecto en las emociones positivas podría ser directo y no depender de los conocimientos adquiridos en esta (por ejemplo, podría derivar de la confianza de haber cursado un itinerario de bachillerato concreto).

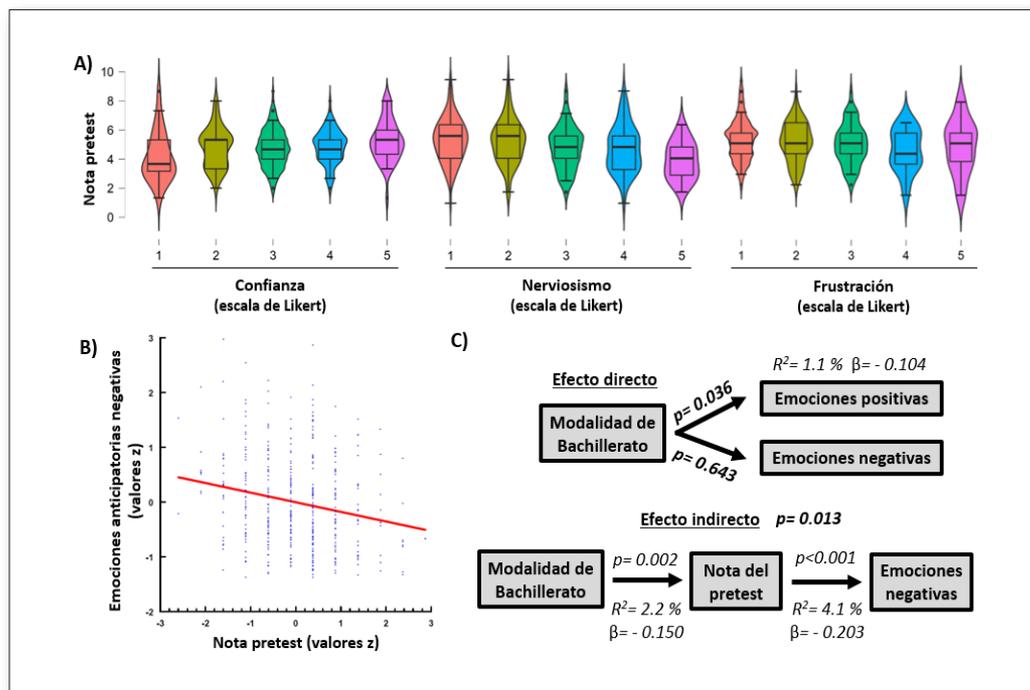


Fig. 1. A) Diagramas de cajas y de violín que representan la distribución de la calificación del pretest en función de la intensidad de confianza, nerviosismo y frustración autoinformada. La recta horizontal dentro de cada caja representa la mediana. Los límites inferiores y superiores de cada caja corresponden a los percentiles 25 y 75. La terminación inferior y superior de las líneas verticales a los percentiles 5 y 95. La curva del violín representa la densidad de puntos. B) Regresión lineal entre el factor de las emociones anticipatorias negativas y la calificación del pretest en valores z. C) Análisis de mediación que muestra los efectos directo e indirecto (a través de la calificación del pretest como variable mediadora) de la modalidad de bachillerato en los factores de las emociones positivas y negativas.

Los resultados apoyan que, ante la perspectiva de realizar una actividad experimental de ciencias, los participantes con un nivel menor de conocimientos científicos sienten más emociones negativas y menos confianza. Asimismo, revelan que la modalidad de bachillerato cursada es uno de los factores que influyen en su nivel de conocimientos previos y en sus emociones anticipatorias (ya sea directamente en el caso de las emociones positivas o indirectamente en el caso de las negativas). Estos resultados concuerdan, en magnitud, sentido e influencia de las interacciones, con los escasos estudios previos que han estimado la influencia del rendimiento académico pasado en las emociones posteriores (Hayat et al., 2020; Pekrun et al., 2009; Pekrun et al., 2017; Putwain et al., 2018). En estos trabajos, los conocimientos previos modulan el factor de las emociones negativas (intervalo de β entre -0,04 y -0,11) y el de las positivas (intervalo de β entre 0,05 y 0,07). En relación con las emociones individuales, estas investigaciones han revelado que los malos resultados eran predictores de emociones negativas (como aburrimiento, ira, vergüenza y desesperación), mientras que los buenos resultados lo eran de emociones positivas (entusiasmo, ilusión y orgullo). En esta investigación, la única emoción positiva modulada por la formación previa es la confianza, emoción que no solo participa en el factor latente de las emociones positivas, sino que también atenúa el factor correspondiente a las emociones negativas (Ochoa de Alda et al., 2019).

Los resultados de esta investigación sugieren, por tanto, que la capacidad predictiva del rendimiento pasado en las emociones anticipatorias, observada en estos trabajos previos, también se establece para las emociones hacia las ciencias, sobre todo negativas, de los maestros en formación. En estos

alumnos, estas interacciones no se habían descrito hasta la fecha. No obstante, su bajo nivel de formación científica y su abandono de itinerarios científicos en educación secundaria han sido propuestos, por distintos autores, como una de las posibles causas de sus emociones negativas y su baja autoeficacia en ciencias (Bonil y Márquez, 2011; Brígido et al., 2013a; Mellado et al., 2014).

Influencia de las emociones anticipatorias de los maestros en formación inicial en el aprendizaje

Los análisis de correlación reflejan que las emociones anticipatorias de la muestra se asocian con el nivel de conocimiento posterior y el adquirido tras la intervención (tabla 2).

Tabla 2.
Coeficientes de correlación de la intensidad de las emociones previas a la práctica de microbiología y de la calificación del pretest con la calificación del postest y con el aprendizaje. En cursiva se resaltan las correlaciones significativas (Spearman, ***p-valor < 0,001, **p-valor < 0,01, *p-valor < 0,05).

		<i>Correlación con la calificación del postest</i>	<i>Correlación con el aprendizaje</i>
Emociones anticipatorias	Alegría	<i>0,104*</i>	0,038
	Confianza	0,069	- 0,100
	Satisfacción	0,042	0,040
	Entusiasmo	<i>0,101*</i>	0,025
	Diversión	0,067	0,062
	Nerviosismo	- 0,018	<i>0,177**</i>
	Aburrimiento	- 0,089	- 0,063
	Frustración	<i>- 0,223***</i>	<i>- 0,168**</i>
	Preocupación	<i>- 0,149**</i>	- 0,027
	Incertidumbre	- 0,065	0,038
	Calificación del pretest	0,130*	<i>- 0,532***</i>

El nivel de conocimiento posterior de los participantes (calificación del postest) interacciona positivamente con algunas emociones positivas (alegría y entusiasmo) y negativamente con algunas emociones negativas (frustración y preocupación), asociaciones que también se observan al analizar los factores latentes de las emociones positivas y negativas (figura 2A). Estas interacciones sugieren que aquellos alumnos que, antes de la intervención, esperaban sentir más emociones positivas (más atracción) y menos emociones negativas (menos rechazo) son aquellos que, tras su realización, logran un mayor rendimiento académico.

Con relación al aprendizaje (conocimiento adquirido calculado como la diferencia entre la calificación del postest y del pretest), este interacciona negativamente con la expectativa de frustración y positivamente con la expectativa de nerviosismo (tabla 2). El comportamiento del aprendizaje en función de la expectativa de estas dos emociones negativas es, por tanto, divergente (figura 2B): aquellos participantes que aprenden más con la intervención son aquellos con bajas intensidades previas de frustración e intensidades medias-altas de nerviosismo.

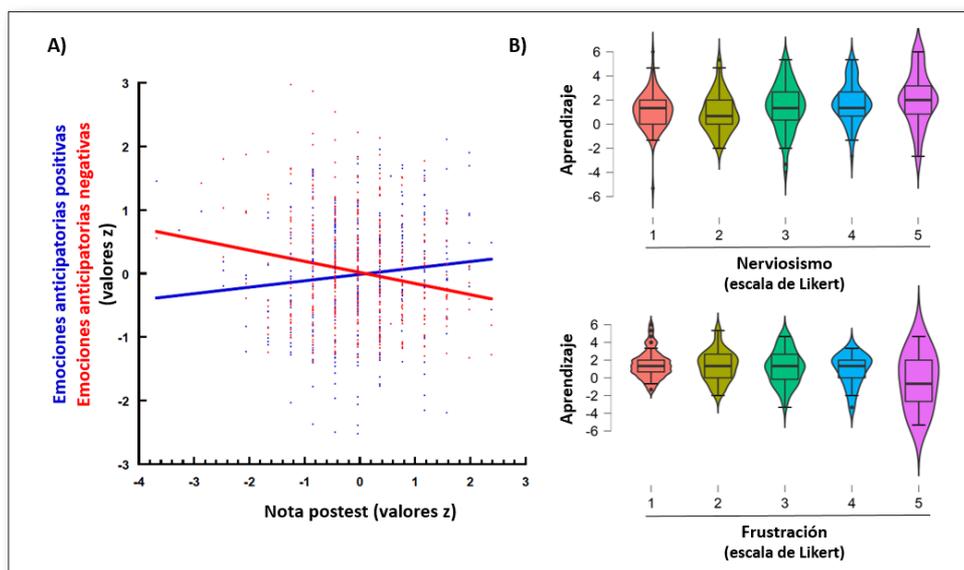


Fig. 2. A) Regresión lineal entre la calificación del postest y los factores de las emociones anticipatorias positivas (azul) y negativas (rojo) (valores z). B) Diagramas de cajas y de violín que representan la distribución del aprendizaje en función de la intensidad de nerviosismo y frustración anticipada. La recta horizontal dentro de cada caja representa la mediana. Los límites inferiores y superiores de cada caja corresponden a los percentiles 25 y 75. La terminación inferior y superior de las líneas verticales a los percentiles 5 y 95. La curva del violín representa la densidad de puntos.

Los resultados de estos análisis de correlación indican que las emociones anticipatorias (sobre todo negativas) están relacionadas tanto con los conocimientos posteriores como con los adquiridos (aprendizaje). Ambas variables están, a su vez, relacionadas con el pretest. La calificación de este correlaciona positivamente con la del postest y negativamente con el aprendizaje (tabla 2): aquellos participantes con más conocimiento previo son aquellos que obtienen una mayor calificación en el postest. Dado que tienen menos margen para mejorar la calificación, estos participantes muestran valores menores en la variable de aprendizaje. Con el objetivo de cuantificar la influencia de las emociones anticipatorias y los conocimientos previos (calificación del pretest) en los conocimientos posteriores (calificación del postest) y el aprendizaje (diferencia entre las calificaciones del postest y del pretest), se han realizado análisis de regresión lineal múltiple (Nathans et al., 2012). Dichos análisis revelan que:

- El 14,9 % de la calificación del postest se explica por la calificación pretest ($R^2 = 8,3 \%$, $\beta = 0,293$, p-valor $< 0,001$) y por la expectativa de frustración ($R^2 = 6,6 \%$, $\beta = -0,294$, p-valor $< 0,001$).
- El 34,6 % del aprendizaje se debe a la calificación del pretest ($R^2 = 28,1 \%$, $\beta = -0,535$, p-valor $< 0,001$), y a las intensidades previas de frustración ($R^2 = 4,9 \%$, $\beta = -0,220$, p-valor $< 0,001$) y nerviosismo ($R^2 = 1,6 \%$, $\beta = 0,127$, p-valor $< 0,001$).

Estos resultados indican que un 6,5 % del aprendizaje (suma de los valores de R^2 para frustración y nerviosismo) está condicionado por las emociones anticipatorias. Asimismo, concuerdan con algunos estudios previos que apuntan hacia un valor predictivo de las emociones anticipatorias en el rendimiento académico de alumnos de diferentes etapas. En concreto, la influencia negativa de la frustración coincide con aquellos estudios que han expuesto que una alta intensidad previa de emociones negativas (en concreto, aburrimiento y preocupación) predice malos resultados de aprendizaje (Pekrun et al., 2017; Steinmayr et al., 2016). Sin embargo, de acuerdo con nuestros resultados, este compor-

tamiento no es similar para todas las emociones negativas ya que la expectativa de nerviosismo tiene una influencia positiva. Esta observación está en consonancia con la visión actual sobre las emociones académicas: aunque de manera general las emociones negativas limitan el aprendizaje y las positivas lo favorecen, esta influencia no siempre se produce. Además de la valencia es preciso considerar otros factores como su intensidad, su causa (si están relacionadas con los contenidos, metodologías, tareas..., o si están generadas por otros factores como los compañeros) y su efecto en la activación (emociones estimulantes o depresoras) (Pekrun, 2014).

Las emociones negativas depresoras (como la frustración) reducen los niveles de atención y la utilización de estrategias de aprendizaje, por lo que se asocia negativamente con el rendimiento. Sin embargo, las emociones negativas estimulantes (como el nerviosismo), experimentadas con una determinada intensidad, pueden: *i*) aumentar los niveles de atención (mediante la activación de la corteza prefrontal), *ii*) mejorar la codificación de la nueva información en la memoria (mediante la liberación de cortisol y su consiguiente efecto en la amígdala) y *iii*) aumentar la motivación de logro (por ejemplo, ante un examen) (D’Mello et al., 2014; Todd et al., 2020). La regulación de estos factores por parte del nerviosismo podría explicar que esta emoción negativa facilite el aprendizaje.

Con relación a las emociones anticipatorias positivas, estas se relacionan positivamente con la calificación del postest, pero no están relacionadas directamente con el aprendizaje. Este resultado concuerda con distintos trabajos que han revelado que una alta intensidad de emociones positivas (como entusiasmo, orgullo e ilusión) predice un buen nivel de conocimiento posterior (Pekrun et al., 2017; Villavicencio y Bernardo, 2013).

Interpretación global de las interacciones emociones-conocimiento y contraste de hipótesis

Las emociones anticipatorias de los participantes hacia la actividad experimental están relacionadas con: *i*) el conocimiento científico previo de educación secundaria y con sus experiencias académicas pasadas (modalidad de bachillerato) y *ii*) el conocimiento científico adquirido tras la intervención. El análisis estadístico de redes (Havey, 2018) integra las relaciones entre las emociones anticipatorias, el conocimiento previo y el aprendizaje, aportando una perspectiva sistémica de la relación entre las diferentes variables (figura 3).

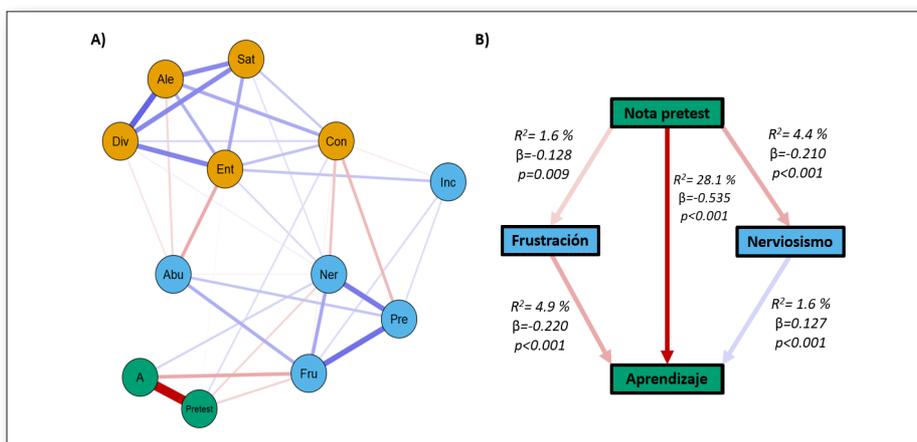


Fig. 3. A) Red que representa las interacciones significativas positivas (aristas azules) y negativas (aristas rojas) entre las emociones anticipatorias positivas (nudos naranjas), negativas (nudos azules) y el conocimiento de microbiología (nudos verdes, calificación del pretest y aprendizaje A). El grosor de la línea es proporcional a la fortaleza de la interacción. B) Interacciones entre la calificación del pretest, el aprendizaje y las expectativas de nerviosismo y frustración (regresión lineal múltiple).

El análisis de las interacciones representadas en la red (figura 3A) indica que las emociones anticipatorias están relacionadas entre sí, formando dos grupos en función de su valencia (las emociones positivas se relacionan en mayor o menor medida positivamente entre ellas, y lo mismo ocurre entre las emociones negativas). Esto indica que las emociones anticipatorias positivas o negativas se modulan entre sí. Además, las expectativas de confianza y aburrimiento muestran un comportamiento intermedio ya que, además de asociarse positivamente con las emociones de su misma valencia, interaccionan negativamente con las de valencia opuesta. Estas observaciones concuerdan con los análisis factoriales exploratorios y confirmatorios realizados en la validación del test de emociones empleado (Ochoa de Alda et al., 2019), e indican que estas dos emociones también modulan a las emociones de valencia opuesta. Teniendo en cuenta esta modulación entre las distintas emociones anticipatorias:

- La influencia directa de la calificación del pretest en las expectativas de confianza (positiva), frustración y nerviosismo (negativa), y la influencia de la modalidad de bachillerato en las emociones anticipatorias positivas (directa) y negativas (indirecta, a través de la calificación del pretest), indican que los conocimientos y experiencias previas de educación secundaria modulan las emociones anticipatorias (positivas y negativas) a través de estas tres emociones académicas. En función de estos resultados se aceptan las hipótesis 1 y 2.
- El aprendizaje está modulado por las expectativas de frustración (negativamente) y nerviosismo (positivamente) (figura 3B), lo que sugiere que las emociones anticipatorias (positivas y negativas) modulan el aprendizaje a través de estas dos emociones negativas. Este resultado permite aceptar parcialmente la hipótesis 3, dado que el efecto de las emociones anticipatorias negativas en el aprendizaje también puede ser positivo.

De este modo, el análisis de redes sugiere que, si bien todas las emociones positivas interaccionan y se modulan entre ellas, el efecto principal sobre el aprendizaje se ejerce desde la confianza. De forma similar, las emociones negativas interaccionan y se modulan entre ellas, pero su efecto sobre el aprendizaje se ejerce desde el nerviosismo y la frustración.

CONCLUSIONES

Las emociones anticipadas ante la realización de una actividad experimental de ciencias están condicionadas por los conocimientos de ciencias adquiridos durante la educación secundaria y por el itinerario de bachillerato. Un bajo nivel de conocimientos previos y haber cursado una modalidad de bachillerato no científica (humanidades, ciencias sociales o artes) predicen altas expectativas de emociones negativas y bajas expectativas de emociones positivas. Estas emociones anticipatorias condicionan, a su vez, el aprendizaje posterior. Esta relación se produce a través de las emociones anticipatorias negativas, y su efecto es desigual en función del papel de estas en relación con la activación: la frustración (emoción depresora) puede limitar el aprendizaje, mientras que el nerviosismo (emoción estimulante) puede favorecerlo.

En su conjunto, estos resultados apoyan las teorías psicológicas y neurocientíficas actuales sobre la interacción bidireccional emoción-cognición. Nuestro trabajo muestra por primera vez su presencia con relación a la enseñanza de las ciencias en una muestra de futuros maestros. Las interacciones detectadas apoyan que el valor subjetivo otorgado, por los maestros en formación inicial, a los aprendizajes de ciencias adquiridos en educación secundaria modula las emociones que estos anticipan hacia las actividades relacionadas con estos aprendizajes. Estas emociones anticipatorias, a su vez, modulan su aprendizaje de ciencias durante la formación inicial.

IMPLICACIONES FORMATIVAS, LIMITACIONES Y PERSPECTIVA FUTURA

Los futuros maestros acceden a los estudios de grado con una experiencia académica previa que determina no solo su conocimiento científico sino también sus emociones. De acuerdo con los resultados de este trabajo, en la formación inicial sería necesario tener en cuenta esta formación previa, dada su influencia en las emociones anticipatorias. El diseño e implementación de programas de intervención metacognitiva y metaemocional, en los que se considere esta formación previa y cómo puede afectar a sus emociones y autoeficacia, podría favorecer que estos alumnos conozcan y gestionen mejor sus emociones hacia la ciencia, así como las causas que las provocan (Mellado et al., 2014). Esto, de acuerdo con los resultados, es particularmente importante para aquellos alumnos que han cursado un bachillerato no científico (alumnado mayoritario en el grado en Educación Primaria). Con ello, podría contribuirse a disminuir sus emociones negativas hacia la enseñanza de las ciencias y su transferencia en su futura acción docente. Este hecho es muy relevante tanto para la microbiología como para los enfoques activos, ligados ambos a emociones negativas en docentes en formación (Cooper y Brownell, 2020; Marcos-Merino et al., 2019).

Los resultados también apoyan la importancia de considerar las emociones anticipatorias, ya que estas pueden influir en el aprendizaje. De manera general, se sugiere fomentar un clima positivo ante las actividades de ciencias. Sin embargo, es necesario considerar que el efecto de las emociones en el aprendizaje no depende solo de su valencia. Así, algunas emociones negativas (como el nerviosismo) experimentadas con una determinada intensidad pueden favorecer el aprendizaje. Del mismo modo, trabajos previos han revelado que un exceso de algunas emociones positivas (en concreto diversión) puede jugar un papel perjudicial (Ochoa de Alda et al., 2019). La influencia de estas emociones previas (considerando no solo su valencia sino también su intensidad o efecto estimulante o depresor) debería ser tenida en cuenta también en los programas de intervención metacognitiva y metaemocional de la formación inicial.

Asimismo, podría ser interesante diseñar programas de regulación emocional con los que intervenir sobre las emociones de los futuros maestros. Esto ha sido recientemente comprobado por Rozek et al. (2019), quienes, al intervenir sobre la ansiedad frente a las ciencias de alumnos de educación secundaria, lograron mejorar su rendimiento. En función de los resultados obtenidos en esta investigación, se recomienda intervenir sobre la confianza, la frustración y el nerviosismo, ya que modulan al resto de emociones anticipatorias y están relacionadas con el conocimiento previo y adquirido. Las actividades prácticas activas como la implementada (Marcos-Merino et al., 2019) podrían ser empleadas para esta finalidad.

Respecto a las limitaciones del trabajo: *i*) todos los participantes pertenecen al mismo contexto (misma región, educación previa similar y se encuentran inmersos en el mismo programa formativo), *ii*) se ha empleado un test autoinforme de emociones que solo mide su verbalización en forma de sentimientos y *iii*) la variable aprendizaje se estima solo como un aumento en la calificación de un test de conocimientos y no en toda su complejidad como el desarrollo de habilidades y actitudes. Por tanto, en futuras investigaciones sería interesante diseñar otros instrumentos (cuestionarios de preguntas abiertas o entrevistas) con los que determinar (mediante análisis cualitativo) la relación de las emociones y conocimientos previos con estos aspectos del aprendizaje, así como analizarlas con futuros maestros de otros contextos.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el Proyecto EDU2016-77007-R (Ministerio de Ciencia e Innovación) y por la Ayuda a Grupos GR18004 (Junta de Extremadura).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BONIL, J. y Márquez, C. (2011). ¿Qué experiencias manifiestan los futuros maestros sobre las clases de ciencias?: implicaciones para su formación. *Revista de Educación*, 354, 307-309.
<https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-354-007>
- Brígido, M., Borrachero, A. B., Bermejo, M. L. y Mellado, V. (2013a). Prospective primary teachers' self-efficacy and emotions in science teaching. *European Journal of Teacher Education*, 36(2), 200-217.
<https://doi.org/10.1080/02619768.2012.686993>
- Brígido, M., Couso, D., Gutiérrez, C. y Mellado, V. (2013b). 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.
- Cooper, K. M. y Brownell, S. E. (2020). Student Anxiety and Fear of Negative Evaluation in Active Learning Science Classrooms. En J. Mintzes, E. Walter (Eds.), *Active Learning in College Science*. Cham: Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-33600-4_56
- Damasio, A. y Carvalho, G. B. (2013). The nature of feelings: evolutionary and neurobiological origins. *Nature Reviews Neuroscience*, 14(2), 143-152.
<https://doi.org/10.1038/nrn3403>
- Dixon, M. L., Thiruchselvam, R., Todd, R. y Christoff, K. (2017). Emotion and the prefrontal cortex: An integrative review. *Psychological Bulletin*, 143(10), 1033.
<https://doi.org/10.1037/bul0000096>
- D'Mello, S., Lehman, B., Pekrun, R. y Graesser, A. (2014). Confusion can be beneficial for learning. *Learning and Instruction*, 29, 153-170.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.05.003>
- Eccles, J. S. y Wigfeld, A. (2002). Motivational beliefs, values and goals. *Annual Review of Psychology*, 53, 109-132.
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.53.100901.135153>
- Eldar, E. y Niv, Y. (2015). Interaction between emotional state and learning underlies mood instability. *Nature Communications*, 6, 6149.
<https://doi.org/10.1038/ncomms7149>
- García-Barros, S. y Martínez-Losada, C. (2001). Qué actividades y qué procedimientos utiliza y valora el profesorado de educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 433-452.
- Goetz, T., Sticca, F., Pekrun, R., Murayama, K. y Elliot, A. (2016). Intraindividual relations between achievement goals and discrete achievement emotions: an experience sampling approach. *Learning and Instruction*, 41, 115-125.
<https://doi.org/10.106/j.learninstruc.2015.10.007>
- Hayat, A. A., Shateri, K., Amini, M. y Shokrpour, N. (2020). Relationships between academic self-efficacy, learning-related emotions, and metacognitive learning strategies with academic performance in medical students: a structural equation model. *BMC Medical Education*, 20(1), 1-11.
<https://doi.org/10.1186/s12909-020-01995-9>
- Hevey, D. (2018). Network analysis: a brief overview and tutorial. *Health Psychology and Behavioral Medicine*, 6(1), 301-328.
<https://doi.org/10.1080/21642850.2018.1521283>
- Lüftenegger, M., Klug, J., Harrer, K., Langer, M., Spiel, C. y Schober, B. (2016). Students' achievement goals, learning-related emotions and academic achievement. *Frontiers in Psychology*, 7, 603.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00603>

- MacKinnon, D. P., Fairchild, A. J. y Fritz, M. S. (2007). Mediation analysis. *Annual Review of Psychology*, 58, 593-614.
<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085542>
- Marcos-Merino, J. M. (2020). *Emociones y aprendizaje en las actividades prácticas de Biología en Educación Primaria y en el Grado de Maestro en Educación Primaria* (tesis doctoral). Badajoz: Universidad de Extremadura.
- Marcos-Merino, J. M. y Esteban, R. (2017). Ideas alternativas sobre Biología de los maestros en formación: implicaciones de su presencia. *Campo Abierto: Revista de Educación*, 36(2), 169-176.
<https://doi.org/10.17398/0213-9529.36.2.167>
- Marcos-Merino, J. M., Esteban, R. y Ochoa de Alda, J. A. G. (2019). Formando a futuros maestros para abordar los microorganismos mediante actividades prácticas. Papel de las emociones y valoraciones de los estudiantes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 1602.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1602
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., Conde, M. C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez-Borreguero, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez, B., Jiménez, R. y Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11-36.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478>
- Murphy, S., MacDonald, A., Wang, C. A. y Danaia, L. (2019). Towards an Understanding of STEM Engagement: a Review of the Literature on Motivation and Academic Emotions. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 19, 304-320.
<https://doi.org/10.1007/s42330-019-00054-w>
- Nathans, L. L., Oswald, F. L. y Nimon, K. (2012). Interpreting multiple linear regression: A guidebook of variable importance. *Practical Assessment, Research and Evaluation*, 17(1), 9.
<https://doi.org/10.7275/5fex-b874>
- Ochoa de Alda, J. A. G., Marcos-Merino, J. M., Méndez-Gómez, F. J., Mellado, V. y Esteban, R. (2019). Emociones académicas y aprendizaje de biología, una asociación duradera. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 43-61.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2598>
- 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>
- Pekrun, R. (2014). *Emotions and Learning*. Ginebra: International Academy of Education/ International Bureau of Education.
- Pekrun, R., Elliot, A. y Maier, M. (2009). Achievement goals and achievement emotions: Testing a model of their joint relations with academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 101(1), 115-135.
<https://doi.org/10.1037/a0013383>
- Pekrun, R., Lichtenfeld, S., Marsh, H. W., Murayama, K. y Goetz, T. (2017). Achievement emotions and academic performance: Longitudinal models of reciprocal effects. *Child Development*, 88(5), 1653-1670.
<https://doi.org/10.1111/cdev.12704>
- Putwain, D. W., Becker, S., Symes, W. y Pekrun, R. (2018). Reciprocal relations between students' academic enjoyment, boredom, and achievement over time. *Learning and Instruction*, 54, 73-81.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.08.004>

- Riegle-Crumb, C., Morton, K., Moore, C., Chimonidou, A., Labrake, C. y Kopp, S. (2015). Do inquiring minds have positive attitudes? The science education of preservice elementary teachers. *Science Education*, 99(5), 819-836.
<https://doi.org/10.1002/sce.21177>
- Rozek, C. S., Ramirez, G., Fine, R. D. y Beilock, S. L. (2019). Reducing socioeconomic disparities in the STEM pipeline through student emotion regulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(5), 1553-1558.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1808589116>
- Steinmayr, R., Crede, J., McElvany, N. y Wirthwein, L. (2016). Subjective well-being, test anxiety, academic achievement: Testing for reciprocal effects. *Frontiers in Psychology*, 6, 1994.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.01994>
- Theobald, R. y Freeman, S. (2014). Is it the intervention or the students? Using linear regression to control for student characteristics in undergraduate STEM education research. *CBE Life Sciences Education*, 13(1), 41-48.
<https://doi.org/10.1187/cbe-13-07-0136>
- Todd, R. M., Miskovic, V., Chikazoe, J. y Anderson, A. K. (2020). Emotional Objectivity: Neural Representations of Emotions and Their Interaction with Cognition. *Annual Review of Psychology*, 71, 25-48.
<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010419-051044>
- Villavicencio, F. T. y Bernardo, A. B. (2013). Positive academic emotions moderate the relationship between self-regulation and academic achievement. *British Journal of Educational Psychology*, 83(2), 329-340.
<https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2012.02064.x>

The interplay of prior knowledge, emotions and learning in a science experiment activity

José M.^a Marcos-Merino, Rocío Esteban Gallego, Jesús A. G. Ochoa de Alda
Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas,
Universidad de Extremadura, Badajoz-Cáceres, España
jmmarcos@unex.es, rocioesteban@unex.es, ochoadealda@unex.es

Future primary teachers frequently describe negative emotions toward science and its teaching-learning processes. The interplay among these processes and emotions is modelled in psychology (i. e., expectancy-value and control-value theories) and neuroscience (i. e., appraisal-by-content model). According to these theories, negative emotions anticipated towards a given subject could be: *i*) a product of past learning experiences on this subject and *ii*) a modulator of future achievements related to the subject. To ascertain this possibility, we analysed a sample of 419 Primary pre-service teachers for the associations among their anticipated emotions (before an experimental activity of microbiology), their prior knowledge on microbiology (prescore), achievement (postscore) and their subsequent learning (postscore minus prescore in low-prescore students) after the activity. Students self-reported about ten academic emotions (joyful, trusting, satisfied, enthusiastic, fun, worried, frustrated, uncertain, nervous, bored). Statistical analysis of data included correlation, mediation, multiple linear regression and network analyses using JASP v0.13.

Correlation analyses supported that anticipatory emotions were modulated by prior knowledge acquired during Secondary Education and by the itinerary followed during Upper Secondary Education. Insufficient prior knowledge and a non-scientific itinerary during Upper Secondary Education (i. e., social sciences or arts itineraries) predicted the anticipation of more negative emotions and less positive emotions toward the microbiology activity. Mediation analysis pointed out that positive anticipatory emotions were directly determined by the training itinerary followed during Upper Secondary Education. In contrast, the effect of this training itinerary on anticipatory negative emotions was mediated by the prior knowledge. Students following a non-scientific itinerary during Upper Secondary Education showed less prior knowledge, which increased negative anticipatory emotions. Further, correlation and multiple regression analyses showed that anticipatory students' emotions predicted achievement and learning after the experimental activity. This effect was bivalent for the anticipatory negative emotions; frustration (a depressant emotion) negatively correlated with learning, whereas nervousness (stimulating emotion) favoured it. Those students who learned more were characterized by low levels of frustration and medium-high levels of nervousness. Multiple regression analysis allowed us to estimate the effect of anticipatory emotions on learning. According to our results, 6.5 % of learning was determined by anticipatory emotions. Network analysis provides a systemic perspective of the relationships among variables: anticipatory emotions, prior knowledge, subsequent achievement and microbiology learning. Results showed that: *i*) anticipatory emotions are grouped according to valence (positive and negative) and *ii*) positive and negative emotions are highly connected, and hence, reciprocally modulated. Prior knowledge exerted its effect over positive emotions through confidence and negative emotions through frustration and nervousness. Anticipatory negative emotions exerted their effect on learning through frustration (negatively) and nervousness (positively).

Altogether, results support contemporary psychological and neuroscientific theories that posit a bidirectional interplay between academic emotions and cognition processes. We show that this interplay occurs in a sample of preservice teachers during science learning for the first time. Past Secondary Education experience determines prior knowledge and emotions toward a subject, which will modify further achievement and learning. In conclusion, the interplay of learning and emotions must be considered during preservice teachers' initial training.