



Efecto de una práctica docente diseñada partiendo de las emociones de maestros en formación bajo el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad

The effect of a teaching practice anchored on the emotions of in-service teacher trainees under the focus of Science, Technology and Society

José María Marcos-Merino

Depto. Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Extremadura
jmmarcos@unex.es

Rocío Esteban Gallego

Depto. Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Extremadura
rocioesteban@unex.es

Jesús A. Gómez Ochoa de Alda

Depto. Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Extremadura
ochoadealda@unex.es

Resumo:

As emoções são um aspecto chave no processo de ensino e aprendizagem e na manutenção da motivação para a aprendizagem ao longo da vida. Neste estudo, desenvolvemos um questionário que permite estimar as emoções positivas e negativas dos alunos através de uma análise factorial. Com base nas emoções positivas que os nossos alunos evidenciam em relação às aulas práticas, realizámos uma intervenção baseada no método da descoberta, orientada para a área da Ciência, Tecnologia e Sociedade. A intervenção, em que se realizou uma extracção de ADN com material quotidiano e se discutiu a importância tecnológica e social da biotecnologia, melhorou significativamente a aprendizagem dos alunos, ao mesmo tempo que provocou um aumento significativo das suas emoções positivas e uma diminuição das negativas, também significativa (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$). Os resultados mostram que existe uma associação significativa (correlação de Spearman de 0,346, p -valor $< 0,01$) entre a aprendizagem e as emoções positivas, que não se tinha observado antes desta intervenção. Em conjunto, as nossas observações salientam a importância das emoções na aprendizagem das ciências.

Palavras-chave: Licenciatura em Educação Básica; Emoções; Aprender; Biotecnologia.

Resumen:

Las emociones son un aspecto clave en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en el mantenimiento de la motivación hacia el aprendizaje permanente. En este estudio hemos desarrollado un cuestionario que permite estimar las emociones positivas y negativas de los alumnos mediante un análisis factorial. Partiendo de las emociones positivas que muestran nuestros alumnos hacia las clases prácticas, hemos realizado una intervención orientada al área de Ciencia, Tecnología y Sociedad mediante el método de investigación dirigida. La intervención, en la que se realizó una extracción de ADN con material cotidiano y se discutió la importancia tecnológica y social de la biotecnología, mejoró significativamente el aprendizaje de los alumnos al tiempo que provocó un aumento significativo de sus emociones positivas y una disminución significativa de las negativas (test de Wilcoxon, p -valor $< 0,05$). Los resultados mostraron que existe una asociación significativa (correlación de Spearman de 0,346, p -valor $< 0,01$) entre el aprendizaje y las emociones positivas.



que no se observaba antes de la intervención. En conjunto, nuestras observaciones resaltan la importancia de las emociones en el aprendizaje de las ciencias.

Palabras clave: Grado en Educación Primaria; Emociones; Aprendizaje; Biotecnología.

Abstract:

Emotions play a key role in the teaching-learning process and in keeping motivation towards lifelong learning. In order to study the interplay between emotions and science learning, we developed a simple questionnaire to estimate positive and negative emotions through factor analysis. Based on our students' display of positive emotions during practical sessions, we developed an educational intervention following the method of learning through guided research. This intervention was oriented towards Science, Technology, and Society, and it involved DNA extraction using household materials as well as an open discussion about the social and technological importance of biotechnology. The intervention significantly improved student learning and significantly increased their positive emotions, while significantly reducing their negative ones (Wilcoxon test, p -value $<0,05$). Moreover, results showed a significant association (0,346 Spearman correlation, p -value $<0,01$) between positive emotions and learning that was not evidenced prior to the intervention. Altogether, our results highlight the important role of emotions in science learning.

Key words: Degree in Primary Education; Emotions; Learning; Biotechnology.

Introducción

Uno de los principales retos en el área multidisciplinar de Ciencia, Tecnología y Sociedad es la enseñanza del conocimiento científico de manera transversal, desde los fundamentos científicos experimentales hasta los recientes desarrollos tecnológicos y su impacto social (Gutlerner, 2015; Solomon, 1993). Cuando se trata de la biotecnología moderna, la dificultad de su enseñanza es aún mayor, ya que incluye avances tecnológicos muy recientes que están transformando la sociedad mediante el desarrollo de nuevas técnicas y procesos en diversos campos, como en el análisis forense, la producción de alimentos, el diagnóstico de enfermedades o en el desarrollo de nuevas fuentes de energía y de nuevos perfiles profesionales. Este avance permanente hace que el profesorado de enseñanza primaria y secundaria tenga una formación limitada sobre la aplicación del conocimiento científico a la tecnología. Como consecuencia, algunos profesores se sienten inseguros, faltos de material y preocupados por la frustración del alumno a la hora de comprender ciertas disciplinas, como la biotecnología (Borgerding, Sadler, & Koroly, 2013; Fonseca, Costa, Lencastre, & Tavares, 2012). Esta circunstancia puede deteriorar el bienestar emocional en el aula e influir negativamente en el rendimiento educativo, el aprendizaje y el desarrollo (Lucariello et al., 2016). Por ello, parece necesario mejorar la instrucción del profesorado para que desempeñe su labor de manera más eficaz.

Este objetivo se puede desarrollar promoviendo en los futuros profesores la adquisición de las habilidades científicas necesarias para mantener un aprendizaje permanente. Desde el enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad, la enseñanza debe proporcionar a los estudiantes experiencias en las que sea necesaria la aplicación e integración de distintos principios científicos a los problemas del mundo real (McCright, O'Shea, Sweeder, Urquhart, & Zeleke, 2013). Para alcanzar esta alfabetización



científica del alumnado, en las clases de las distintas materias científicas, como la Biología, se deben potenciar las conexiones entre las distintas disciplinas, (Labov, Reid, & Yamamoto, 2010), con el fin de que los diferentes temas abordados, como los últimos avances en biotecnología, permitan a los docentes enseñar a los estudiantes cómo se emplean principios científicos de distintas disciplinas interconectadas (Genética, Química, Biología Celular) para hacer frente a un problema del mundo real (el diagnóstico genético, por ejemplo) y las amplias implicaciones éticas y sociales que esto conlleva. Como afirman Van Hecke, Karukstis, Haskell, McFadden, & Wettack, (2002) estas experiencias constituyen una oportunidad para integrar educación e investigación.

La motivación es un factor clave en los procesos de enseñanza-aprendizaje y en el mantenimiento de una actitud positiva hacia el aprendizaje permanente (Fredrickson, 1998) y las emociones en el aula son un aspecto importante en la modulación de la motivación (Bradley, 2000). Estudios previos han demostrado que el tratamiento en el aula de temas científicos relevantes, bajo el enfoque transversal de Ciencia, Tecnología y Sociedad, aumenta el interés de los alumnos por la materia. Al realizar en el aula actividades que conectan con la vida diaria del alumno y/o con problemas específicos de su entorno se mejora su rendimiento, en particular el de aquellos que tienen pocas expectativas (Hulleman & Harackiewicz, 2009). Nuestra hipótesis plantea que ese efecto positivo de las actividades vinculadas con la vida diaria puede estar mediado por las emociones. En este estudio hemos diseñado una práctica docente para la enseñanza de la biotecnología bajo el enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad partiendo de las emociones positivas hacia las prácticas que mostraban un grupo de estudiantes del Grado de Maestro en Educación Primaria de la Universidad de Extremadura. El objetivo era observar si el aprendizaje adquirido durante la práctica docente iba acompañado de un cambio en las emociones. Los resultados muestran que, además de producirse un cambio en el aprendizaje y las emociones, surge una asociación significativa entre emociones positivas y aprendizaje que no se observaba antes de la intervención.

Contextualización teórica

En el ámbito académico se experimentan las principales emociones humanas (Pekrun, Goetz, Titz, & Perry, 2002). Estas emociones académicas pueden tener un efecto importante sobre el aprendizaje a través del control de la atención, de la motivación para aprender y sobre la elección de las estrategias de aprendizaje. Para comprender el efecto de las emociones en el aula es necesario considerar que pueden variar a nivel individual según la temática tratada, el contexto y el tiempo. Hay evidencias que muestran como, en el cerebro, los procesos cognitivos (memoria, atención, lenguaje, capacidad de resolver problemas y aprendizaje) y las emociones están integrados en áreas críticas para la regulación del flujo de información entre las diferentes regiones (Gu, Liu, Van Dam, Hof, & Fan, 2013; Pessoa, 2008).

Fredrickson (1998) describe que una activación de las emociones positivas generadas durante los procesos de enseñanza-aprendizaje puede hacer el aprendizaje más eficaz y menos frustrante. Por tanto, las emociones juegan un papel importante en el aprendizaje y los docentes deben intentar propiciar que la ciencia escolar se desarrolle en un ambiente emocional apropiado, así como que tenga en cuenta las experiencias y/o los intereses de los estudiantes y la aplicabilidad de los contenidos teóricos que enseñan. Una excelente manera de integrar los contenidos conceptuales con los intereses de los alumnos es mediante el desarrollo y la puesta en práctica de sesiones en las



que se resalten las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. Si además estas sesiones provocan en el alumno emociones positivas, se espera que aumente su interés y mejore su aprendizaje, ya que la información relacionada con algún estímulo emocional se recuerda mejor que la información neutra (Dunsmoor, Murty, Davachi, & Phelps, 2015; Kensinger & Corkin, 2004; Mega, Ronconi, & De Beni, 2014; Sylwester, 1994).

Diversas investigaciones señalan que los estudiantes de Educación Primaria suelen tener actitudes positivas hacia las ciencias (Brígido, Caballero, Bermejo, Conde, & Mellado, 2009; Costillo, Borrachero, Brígido, & Mellado, 2013), pero dichas actitudes positivas disminuyen con la edad, especialmente durante la etapa de Educación Secundaria. Se produce así una depresión emocional hacia la ciencia, describiéndola los alumnos de este nivel como aburrida, difícil o irrelevante para la vida diaria (Mellado, Borrachero, Dávila, Melo, & Brígido, 2014; Vázquez & Manassero, 2008). Ante esto, es necesario que los que los futuros maestros sustituyan, a través de actividades científicas creativas y contextualizadas, las emociones negativas hacia la ciencia por emociones positivas.

Los trabajos prácticos en el área de ciencias motivan al estudiante y generan actitudes positivas hacia la ciencia. Sin embargo, los resultados de las prácticas de laboratorio que habitualmente se realizan en institutos y facultades, basadas en seguir paso a paso unas instrucciones cerradas que han sido proporcionadas previamente por el profesor en forma de protocolo de prácticas, no son satisfactorios (Hodson, 1994; Reigosa & Jiménez, 2000). Dada su importancia, la enseñanza constructivista propone que las prácticas se planteen como la resolución de un problema, dotándolas de una orientación investigativa bajo la dirección del docente. Otro aspecto importante para mejorar los resultados de las prácticas es solicitar a los alumnos una recapitulación de los aspectos más destacados del trabajo realizado. En este sentido es necesario potenciar la elaboración de memorias que reflejen el trabajo realizado a modo de informes científicos. Además, autores como Moskovitz y Kellogg (2011) defienden que realizar informes científicos vincula y engancha más al alumno con la asignatura.

El estudio del DNA (ácido desoxirribonucleico), de su estructura, del importante papel biológico de esta molécula, de las técnicas propias de la Ingeniería Genética y de sus variadas aplicaciones son, dentro de la enseñanza de las ciencias, temas donde se pueden resaltar las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. Además, estos temas pueden despertar interés en los alumnos ya que están presentes en su vida cotidiana, por ejemplo:

1. - En los medios de comunicación son frecuentes las noticias sobre nuevos alimentos transgénicos de mayor calidad nutricional o más resistentes a plagas y enfermedades
2. - En medicina es frecuente referirse al diagnóstico genético (como el diagnóstico prenatal para la detección de enfermedades genéticas) y a las pruebas de paternidad
3. - En la investigación forense es frecuente emplear técnicas genéticas para la identificación de individuos y sus posibles características físicas
4. - En el control de calidad se emplean técnicas genéticas para la detección de fraude alimentario

El tratar estos temas en el aula permite abordar además algunas implicaciones éticas o repercusiones negativas que conlleva el avance de la ciencia en este campo, implicaciones que también llegan al



entorno de los alumnos, como los límites de la clonación y la generación de embriones modificados genéticamente, el aumento del control del mercado alimentario por las grandes multinacionales de la biotecnología o la amenaza de la desaparición de especies naturales como consecuencia de la invasión de zonas naturales por organismos transgénicos más resistentes.

Metodología

Población y muestra

La muestra consiste en 106 alumnos (21,5 años de media; 67 % mujeres) que cursan la asignatura de Didáctica del Medio Físico y los Seres Vivos (6 créditos ECTS), del tercer curso del Grado en Maestro en Educación Primaria de la Universidad de Extremadura durante el curso 2014-2015. La muestra no es aleatoria, ya que se han elegido los elementos de la población a los que se ha tenido acceso, por tanto, los resultados no son extrapolables más allá del contexto local al que representa, una muestra diversa de futuros maestros extremeños.

Instrumento de evaluación de conocimientos

El instrumento utilizado para estimar los conocimientos de Biología Celular y Genética es un cuestionario que se aplica como pretest (para conocer el conocimiento previo del alumnado que compone la muestra) y como postest (para conocer los resultados de aprendizaje tras la intervención realizada y las emociones experimentadas durante la misma). Dicho cuestionario se completa en unos 10 minutos de forma anónima.

El cuestionario tiene tres partes: La primera está formada por diez preguntas (verdadero/falso) con las que se valora la presencia de ideas previas alternativas sobre contenidos relacionados con la estructura y fisiología de la célula y con la genética, en base a lo recogido en la bibliografía para la etapa de Educación Secundaria (Banet & Ayuso, 1995; Caballer & Giménez, 1993; Caballero, 2008; Camacho et al., 2012; Díaz de Bustamante & Jiménez Alexandre, 1996). La segunda parte comprende cinco preguntas con cuatro o cinco posibles respuestas, de las cuales solo una es correcta. Esta parte evalúa el conocimiento del alumnado sobre aspectos relativos a la Biología Celular y Genética necesarios para realizar la práctica de extracción de DNA, que se lleva a cabo en la intervención. La tercera parte contiene cuatro preguntas con cuatro respuestas posibles (solo una correcta) que han sido extraídas del estudio realizado por la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo sobre Matemáticas y Ciencias en el alumnado de 4º y 8º grado de cada país participante (4º de Educación Primaria y 2º de Educación Secundaria Obligatoria, ESO, en el caso de España) y que da lugar al conocido como informe PISA (www.mecd.gob.es/inee/Recursos.html).

Determinación de las emociones

Para determinar las emociones se emplea el muestreo mediante cuestionarios, en el que los participantes autoinforman de sus emociones. Este procedimiento es el más habitual ya que la medida obtenida es rápida y apenas afecta el desarrollo de las actividades en el aula, aunque puede sufrir algunos sesgos relacionados con la dificultad de los individuos de recordar emociones pasadas y separarlas o diferenciarlas de actitudes o creencias hacia una determinada situación (Robinson & Clore, 2002).



Se seleccionaron 5 emociones positivas (alegría, confianza, satisfacción, entusiasmo y diversión) y 5 negativas (preocupación, frustración, incertidumbre, nerviosismo y aburrimiento) de entre las emociones que pueden experimentar los alumnos ante un proceso de enseñanza-aprendizaje, según lo descrito por Mellado et al., (2014). Para realizar la determinación se elaboró un cuestionario en el que los alumnos autoinformaban, en una escala ordinal de Likert sobre la intensidad con la que habían experimentado o creían que iban a experimentar dichas emociones. En esta escala de Likert el valor el 1 indica no haber sentido nunca esa emoción, el 2 haberla sentido poco, el 3 haberlo sentido con un grado intermedio, el 4 bastante y el 5 intensamente. Las emociones fueron medidas en cuatro contextos educativos diferentes. En primer lugar se estimaron las emociones que habían experimentado los estudiantes a lo largo de su vida académica (desde la Educación Primaria hasta sus estudios universitarios) en relación a las clases de ciencias desarrolladas bajo un enfoque expositivo tradicional y a las clases prácticas de ciencias. Posteriormente se les pidió que informasen sobre las emociones que sentían ante la expectativa de realizar una práctica de Biotecnología justo después de completar el cuestionario. Finalmente, 15 días después, en el momento de entregar el informe y evaluar los resultados del aprendizaje, se volvió a pedir a los alumnos que informasen sobre sus emociones durante la intervención, la práctica de Biotecnología.

Diseño de la intervención

Se diseña, e implementa, una intervención basada en la realización de una práctica de laboratorio, en la que se extrae DNA de tomate utilizando materiales cotidianos (agua, detergente, sal, bicarbonato, alcohol, un colador y una batidora), según el modelo didáctico de enseñanza por investigación dirigida. Dicha práctica comienza con el planteamiento de una pregunta abierta por parte del profesor: ¿Cómo extraer DNA de un tomate con material cotidiano? Tras esto, se genera un debate entre los alumnos que el profesor reconduce formulando otras preguntas tales como: ¿Qué tipos de células hay?, ¿dónde hay DNA dentro de la célula?, ¿cómo se pueden romper o lisar las membranas celulares? o ¿qué carga eléctrica tiene el DNA?

El profesor plantea las preguntas necesarias para que las respuestas a las mismas proporcionen a los alumnos todos los conceptos científicos esenciales para la comprender el fundamento científico de la práctica. Además dirige el debate matizando, reforzando y/o cuestionando las respuestas de los alumnos, con el objetivo de potenciar la activación de los conocimientos previos y el aprendizaje entre iguales. Este diálogo sirve para tratar aspectos conceptuales de Biología, Física y Química, como las interacciones de la materia (biomoléculas), el pH, la densidad, la estructura de la célula o el mecanismo de la herencia, y establecer su relación con los materiales cotidianos que se utilizan en la extracción de DNA. Posteriormente, utilizando las repuestas que los alumnos consensuan para cada pregunta, la clase en su conjunto elabora un protocolo para extraer DNA de tomate con material cotidiano. Tras esto, el protocolo se ejecuta por parejas.

Entonces el profesor vuelve a plantear un problema: ¿Cómo extraer DNA a partir de saliva humana? ¿Qué aspectos hay que cambiar del protocolo diseñado para la extracción de DNA de tomate y por qué? Se resuelve el problema entre todos los alumnos mediante otro debate y en este caso, cada alumno extrae el DNA de su propia saliva y se lo lleva a casa en un tubo.

Al final de la práctica el profesor favorece que los alumnos verbalicen la relación entre los materiales cotidianos empleados y los fundamentos científicos estudiados e inicia un último debate para tratar las aplicaciones actuales que tiene la extracción de DNA, resaltando así la interacción entre



Ciencia, Tecnología y Sociedad, así como las posibles implicaciones negativas de las mismas.

Finalmente se pide a los alumnos que redacten un informe, que deberán entregar quince días después, en el que en primer lugar describan qué productos y procesos han utilizado para extraer el DNA y por qué los han utilizado, y después hagan una síntesis de las aplicaciones de esta técnica.

De esta manera se establece una relación entre los contenidos teóricos (diferencias entre tipos de células, localización del material genético en la célula, estructura y composición de la membrana celular), el método de extracción y la utilidad que esto tiene para la sociedad.

Estadística

Dado que los datos no se ajustaban a una distribución normal se utilizó en todo momento estadística no paramétrica. Los test de normalidad (Kolmogoro-Smirnov y Shapiro-Wilk), el análisis de correlación (Spearman) y el análisis factorial exploratorio se realizaron con el programa SPSS v19 (IBM software). Para la extracción de los factores se emplearon mínimos cuadrados generalizados y una rotación oblimin. Este método de extracción es robusto frente a la carencia de normalidad de los datos y proporciona el test χ^2 del modelo. El modelo factorial se consideró factible cuando los datos observados en el estudio y los esperados con el modelo no mostraban diferencias significativas (test- χ^2 , p-valor>0,05). Una vez calculados, los factores fueron guardados como variables centradas. Los valores de las emociones que manifestaban sentir los alumnos en distintos contextos se calcularon utilizando los coeficientes de las puntuaciones factoriales. En todos los casos la fiabilidad (alfa de Cronbach) era mayor que 0,7. El test de Wilcoxon para comparar grupos, las gráficas y las regresiones lineales se realizaron con el programa Kaleidagraph v5 (Synergy software).

Los datos obtenidos durante el estudio están a disposición de quien lo solicite.

Resultados

Modelos empleados para la extracción de los factores asociados a las emociones positivas (factor 1) y negativas (factor 2).

Los datos de los cuestionarios sobre la intensidad de las emociones experimentadas por los alumnos en las diferentes situaciones (clases expositivas, clases prácticas y antes y después de la intervención) fueron sometidos a un análisis factorial exploratorio cuyos resultados pueden observarse en la tabla 1. El test KMO y la prueba de esfericidad de Bartlett mostraron que existía suficiente correlación entre las variables ($KMO \geq 0,8$) y que los datos se podían analizar mediante un análisis factorial (p-valor=0,000).

El análisis factorial mostró que las emociones experimentadas en cada situación académica se podían descomponer en dos factores. Como se muestra en la matriz de estructura, el primer factor correlacionaba principalmente con las emociones positivas (alegría, confianza, satisfacción, entusiasmo y diversión) mientras que el segundo factor lo hacía con las negativas (preocupación, frustración, incertidumbre, nerviosismo y aburrimiento). El aburrimiento mostró un comportamiento intermedio ya que correlacionó negativamente con el factor 1 y positivamente con el factor 2 como ya ha sido descrito previamente (Pekrun, Goetz, Daniels, Stupnisky, & Perry, 2010).

El modelo factorial obtenido sugirió que el factor 1 correspondía a las emociones positivas mientras



que el factor 2 correspondía a las emociones negativas. La escala de medida empleada para cada una de estas emociones parecía ser fiable ya que el coeficiente alfa de Cronbach era superior a 0,7 en todos los casos. La prueba de bondad del ajuste χ^2 proporcionada por el método de extracción de los factores mostró que los datos proporcionados por el modelo no eran significativamente diferentes a los observados.

Tabla 1. Análisis factorial realizado con los datos de intensidad de emociones referidos a cuatro contextos académicos (clases expositivas, clases prácticas, pre-ADN y post-ADN). En la parte superior se muestra que la varianza explicada (%Varianza) por cada modelo es igual o superior al 50 % y que la bondad del ajuste χ^2 , p-valor) es, en general, superior a 0,05. En la parte media se muestra la matriz de estructura (la correlación de cada emoción con los dos factores extraídos de cada contexto académico) en la que se resaltan en negrita las correlaciones más elevadas. En la parte inferior se muestra la matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones factoriales de las emociones positivas y las emociones negativas.

	Contexto académico							
	Expositivas	Prácticas	Pre-ADN	Post-ADN				
KMO	0,82	0,80	0,79	0,77				
% Varianza	52	50	58	50				
χ^2 (p-valor)	0,49	0,67	0,01	0,09				
Matriz de estructura								
Emociones	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2	Factor 1	Factor 2
Alegría	,752	-,139	,729	,085	,841	,020	,776	,012
Confianza	,620	-,213	,572	,071	,532	-,294	,537	-,172
Satisfacción	,772	-,089	,832	-,126	,835	-,152	,654	-,093
Entusiasmo	,891	-,064	,820	,002	,872	-,094	,681	-,167
Diversión	,720	,028	,720	,084	,796	,016	,789	-,053
Nerviosismo	-,017	,602	,117	,693	,057	,680	,024	,656
Aburrimiento	-,505	,296	-,327	,389	-,301	,617	-,470	,665
Frustración	-,330	,685	-,125	,832	-,190	,830	-,362	,877
Preocupación	-,111	,808	,036	,768	-,040	,864	-,128	,726
Incertidumbre	-,095	,689	,115	,409	-,025	,516	,025	,391
Matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones factoriales								
Alegría	,172	-,021	,200	,040	,259	,042	,352	,095
Confianza	,109	-,048	,107	,023	,086	-,059	,115	-,004
Satisfacción	,191	,003	,333	-,051	,232	-,030	,165	,022
Entusiasmo	,436	,045	,295	,015	,341	-,008	,182	,007
Diversión	,167	,053	,185	,037	,190	,030	,286	,057
Nerviosismo	,005	,176	,036	,221	,019	,163	,053	,155
Aburrimiento	-,074	,070	-,054	,087	-,041	,135	-,105	,173
Frustración	-,060	,272	-,036	,466	-,038	,349	-,099	,560
Preocupación	-,013	,426	,022	,300	,009	,391	,024	,208
Incertidumbre	-,007	,232	,020	,082	,002	,101	,032	,087



La matriz de coeficientes para el cálculo de las puntuaciones factoriales (las puntuaciones de las emociones positivas y negativas) mostró que antes de la intervención el entusiasmo era la emoción con más peso en cálculo de las emociones positivas mientras que la preocupación lo era para las negativas. Sin embargo, después de la intervención la alegría era la emoción con más peso en el cálculo de las emociones positivas y la frustración con más peso en las negativas.

Análisis de las emociones previas

Los alumnos que componían la muestra manifestaron haber experimentado, a lo largo de su vida académica, más emociones negativas en las clases expositivas (mediana=3,03) que en las clases prácticas (mediana=2,44), y más emociones positivas en las clases prácticas (mediana=4,47) que en las expositivas (mediana=2,39). Como se muestra en la figura 1, estas diferencias eran significativas (test de Wilcoxon, p -valor $<0,05$). Si, como se ha mencionado anteriormente, las emociones positivas pueden favorecer la motivación y el aprendizaje, una intervención práctica en el área de Ciencia, Tecnología y Sociedad podría mejorar el aprendizaje y estimular la motivación.

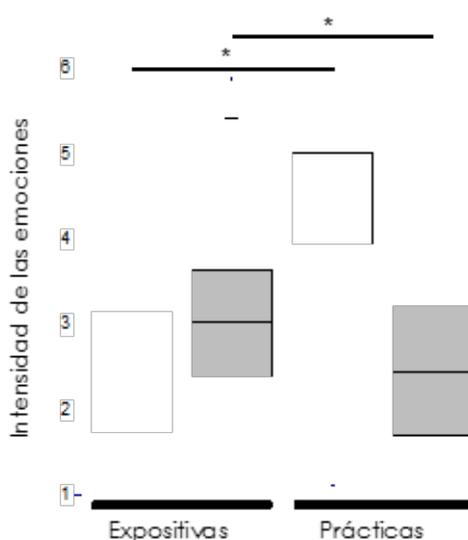


Figura 1. Distribución de la intensidad de las emociones positivas (cajas vacías) y negativas (cajas grises) experimentadas de manera habitual por los alumnos de la muestra a lo largo de su vida académica durante las clases expositivas y durante las clases prácticas. Estas emociones fueron calculadas utilizando los coeficientes de las puntuaciones factoriales (Tabla 1). 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, respectivamente, mientras que la terminación inferior y superior de las líneas verticales se aproximan a los percentiles 5 y 95, respectivamente. Sobre las cajas se muestran unas líneas horizontales que unen grupos significativamente diferentes (Test de Wilcoxon, $*p$ -valor $<0,05$).



Análisis de la eficacia de la intervención

Para analizar la eficacia de la intervención se compararon los resultados obtenidos en un test de conocimiento previos (pretest) con los obtenidos después de la intervención (postest). Los resultados mostraron un aumento de la nota media tras la intervención desde una mediana de 5,87 (pretest) hasta 6,40 (postest). Esta diferencia era significativa (test de Wilcoxon, p -valor $<0,05$).

Al comparar por separado los resultados de las tres partes del cuestionarios se observó que en la parte 1 (evaluación de ideas previas alternativas) y en la parte 3 (evaluación de preguntas extraídas del TIMSS) no se obtuvieron diferencias significativas entre los resultados del pretest y del postest (p -valor $>0,05$, test de Wilcoxon), lo que sugiere que el pretest no tiene un efecto (o tiene un efecto menor) sobre el aprendizaje. Sin embargo, como puede observarse en la figura 2, en la parte 2, en la que se evaluaron los conocimientos de Biología Celular y Genética relacionados directamente con la práctica, sí se produjo un aumento significativo de la nota desde una mediana de 3,84 en el pretest hasta una de 5,05 en el postest (p -valor $<0,01$, test de Wilcoxon). Estos resultados mostraron que la intervención fue efectiva, y apoyan evidencias previas (Hulleman & Harackiewicz, 2009) que indican que realizar actividades con los alumnos en las que se resalta la aplicabilidad de los contenidos teóricos, y en las que se conectan éstos con problemas específicos de su entorno, mejora su rendimiento.

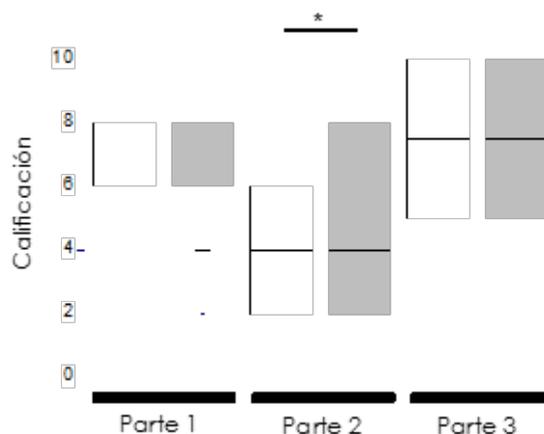
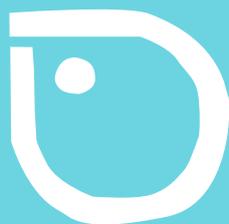


Figura 2. Distribución de los resultados obtenidos por los alumnos de la muestra en el pretest (cajas vacías) y en el postest (cajas grises). La recta horizontal dentro de cada caja representa la mediana. Los límites inferiores y superiores de cada caja corresponden a los percentiles 25 y 75, respectivamente, mientras que la terminación inferior y superior de las líneas verticales se aproximan a los percentiles 5 y 95, respectivamente. Sobre las cajas se muestran una línea horizontal que une a grupos significativamente diferentes (Test de Wilcoxon, p -valor $<0,05$).

Los resultados obtenidos también apoyan la evidencia previa de que las actividades experimentales concebidas como pequeñas investigaciones proporcionan las mejores situaciones de aprendizaje (Herrero & Merino, 2007). Es importante mencionar que nuestra intervención incluía un proceso de



aprendizaje social, ya que toda la clase participó en la resolución del problema planteado y lo discutía con sus compañeros. Este aprendizaje es más eficiente que el aprendizaje individual, ya que favorece la memoria a largo plazo (Edelson, Sharot, Dolan, & Dudai, 2011) y la comprensión (Smith et al., 2009).

Efecto de la intervención en las emociones

La intervención provocó un aumento de la intensidad con la que los alumnos experimentaban emociones positivas y una disminución de la intensidad con la que experimentaban emociones negativas (Figura 3). A partir de las puntuaciones factoriales, calculamos que las emociones positivas ascendían significativamente (test de Wilcoxon, p -valor $<0,05$) desde una mediana de 4,27, antes de la intervención, a 4,40, después de la intervención. Por otra parte las emociones negativas disminuían, también significativamente, desde una media de 1,98, antes de la intervención, a 1,69, después. Los resultados muestran que las emociones de los alumnos han sido modificadas por la intervención.

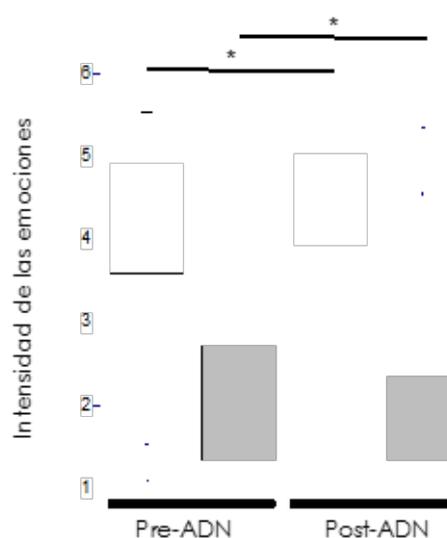


Figura 3. Distribución de la intensidad de las emociones positivas (cajas vacías) y negativas (cajas grises), calculadas utilizando los coeficientes de las puntuaciones factoriales, de los alumnos antes de la extracción de ADN (Pre-ADN) y tras las realización de la intervención (Post-ADN). La recta horizontal dentro de cada caja representa la mediana. Los límites inferiores y superiores de cada caja corresponden a los percentiles 25 y 75, respectivamente, mientras que la terminación inferior y superior de las líneas verticales se aproximan a los percentiles 5 y 95, respectivamente. Sobre las cajas se muestran unas líneas horizontales que unen grupos significativamente diferentes (Test de Wilcoxon, $*p$ -valor $<0,05$).



Asociación entre las emociones y el aprendizaje

La modificación en el aprendizaje de los alumnos y en sus emociones sugiere una asociación entre ambos procesos. Un análisis de correlación mostró que había una asociación significativa de 0,346 (Spearman, p -valor $<0,001$) que no se observaba antes de la intervención (Figura 4).

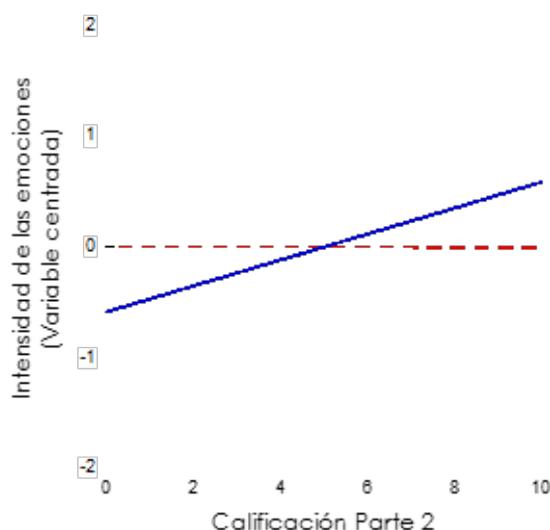
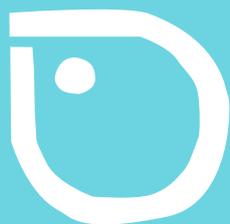


Figura 4. Regresión lineal entre la nota de la parte 2 del cuestionario y los factores de las emociones positivas previas a la intervención (línea discontinua) y posteriores a la intervención (línea continua).

Aunque esta observación no permite establecer una relación causa efecto, sugiere que las emociones mejoran el aprendizaje y/o que el aprendizaje estimula a las emociones. El aprendizaje podría haber sido provocado bien a través de la relación que tienen las actividades excitantes con la memoria (Kensinger & Corkin, 2004), o bien a través de la relación entre las emociones positivas y la motivación (Bradley, 2000). Las personas están motivadas para recordar los detalles de eventos emocionales, ya que esta información es útil para predecir y controlar acontecimientos importantes del futuro (Dunsmoor et al., 2015).

Conclusiones

Nuestros resultados apoyan que una intervención orientada a aspectos de Ciencia, Tecnología y Sociedad a través del método de investigación dirigida es efectiva y modifica las emociones positivas de los alumnos. Nuestros resultados ponen de manifiesto que existe una relación entre los resultados de aprendizaje y las emociones experimentadas durante los procesos de enseñanza-aprendizaje. Esta relación podría estimular el aprendizaje de los alumnos a lo largo de su vida y mejorar su futuro desempeño profesional en el aula.



Agradecimientos

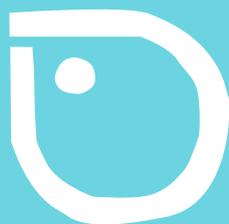
Los autores agradecen la financiación de la Junta de Extremadura, el Fondo Social Europeo (GR15009) y el M.E.C. D.G.I. (Proyecto: EDU2012-34140). José María Marcos Merino es beneficiario de una beca de iniciación a la investigación de la Universidad de Extremadura.

Referencias

- Banet, E., & Ayuso, G. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 137-153.
- Borgerding, L. A., Sadler, T. D., & Koroly, M. J. (2013). Teachers' concerns about biotechnology education. *Journal of Science Education and Technology*, 22(2), 133-147.
- Bradley, M. M. (2000). Emotion and motivation. *Handbook of psychophysiology*, 2, 602-642.
- Brígido, M., Caballero, A., Bermejo, L., Conde, C., & Mellado, V. (2009). Las emociones en ciencias de estudiantes de Maestro. *Campo Abierto*, 28(2), 153-177.
- Caballer, M., & Giménez, I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 63-68.
- Caballero, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 227-244.
- Camacho, J. P., Jara, N., Morales, C., Rubio, N., Muñoz T., & Rodríguez, G. (2012). Los modelos explicativos del estudiantado acerca de la célula eucarionte animal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), 196-212
- Costillo, E., Borrachero, A., Brígido, M., & 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, 514-532.
- Díaz de Bustamante, J., & Jiménez Aleixandre, M. (1996). ¿Ves lo que dibujas? Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 183-194.
- Dunsmoor, J. E., Murty, V. P., Davachi, L., & Phelps, E. A. (2015). Emotional learning selectively and retroactively strengthens memories for related events. *Nature*, 520, 345-348.
- Edelson, M., Sharot, T., Dolan, R., y Dudai, Y. (2011). Following the crowd: brain substrates of long-term memory conformity. *Science*, 333(6038), 108-111.
- Fredrickson, B. L. (1998). What good are positive emotions?. *Review of general psychology*, 2(3), 300-319.
- Fonseca, M. J., Costa, P., Lencastre, L., & Tavares, F. (2012). Disclosing biology teachers' beliefs about biotechnology and biotechnology education. *Teaching and Teacher Education*, 28(3), 368-381.
- Gu, X., Liu, X., Van Dam, N. T., Hof, P. R., & Fan, J. (2013). Cognition-emotion integration in the anterior insular cortex. *Cerebral Cortex*, 23(1), 20-27.



- Gutlerner, J. (2015). Beyond "publish or perish". *Science*, 350(6256), 49-49.
- Herrero, H., & Merino, J. (2007). Resolución de problemas experimentales de Química: una alternativa a las prácticas tradicionales. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 6(3), 630-648.
- Hulleman, C. S., & Harackiewicz, J. S. (2009). Promoting interest and performance in high school science classes. *Science*, 326(5958), 1410-1412.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313.
- Kensinger, E. A., & Corkin, S. (2004). Two routes to emotional memory: Distinct neural processes for valence and arousal. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(9), 3310-3315.
- Labov, J. B., Reid, A. H., & Yamamoto, K. R. (2010). Integrated biology and undergraduate science education: a new biology education for the twenty-first century?. *CBE-Life Sciences Education*, 9(1), 10-16.
- Lucariello, J. M., Nastasi, B., Dwyer, C., Skiba, P. R., DeMarie, D., & Anderman E. (2016). "Top 20" Psychological Principles for PK-12 Education. *Theory Into Practice*, 55(2), 86-93.
- McCright, A. M., O'Shea, B., Sweeder, R., Urquhart, G., & Zeleke, A. (2013). Promoting interdisciplinarity through climate change education. *Nature Climate Change*, 3(8), 713-716.
- Mega, C., Ronconi, L., & De Beni, R. (2014). What makes a good student? How emotions, self-regulated learning, and motivation contribute to academic achievement. *Journal of Educational Psychology*, 106(1), 121-131.
- Mellado, V., Borrachero, A., Dávila, M., Melo, L., & Brígido, M. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 32, 11-36.
- Moskovitz, C., & Kellogg, D. (2011). Inquiry-based writing in the laboratory course. *Science*, 332(6032), 919-920.
- Pekrun, R., T. Goetz, W. Titz, & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educational psychologist*, 37(2), 91-105.
- Pekrun, R., Goetz, T., Daniels, L. M., Stupnisky, R. H., & Perry, R. P. (2010). Boredom in achievement settings: Exploring control-value antecedents and performance outcomes of a neglected emotion. *Journal of Educational Psychology*, 102(3), 531-549.
- Pessoa, L. (2008). On the relationship between emotion and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(2), 148-158.
- Reigosa, C., & Jiménez, M. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 275-284.
- Robinson, M. D., & Clore, G. L. (2002). Belief and feeling: evidence for an accessibility model of emotional self-report. *Psychological bulletin*, 128(6), 934-960.



Smith, M., Wood, W., Adams, W., Wieman, C., Knight, J., Guild, N., & Su, T. (2009). Why peer discussion improves student performance on in-class concept questions. *Science*, 323(5910), 122-124.

Solomon, J. (1993). *Teaching Science, Technology and Society* (Developing Science and Technology Series). Bristol: Taylor and Francis.

Sylwester, R. (1994). How emotions affect learning. *Educational Leadership*, 52(2), 60-65.

Vázquez, Á., & Manassero, M. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 5(3), 274-292.

Van Hecke, G. R., Karukstis, K., Haskell, R., McFadden, K., & Wettack, F. (2002). An integration of chemistry, biology, and physics: the interdisciplinary laboratory. *Journal of chemical education*, 79(7), 837-844.