



TESIS DOCTORAL

Estudio longitudinal del rendimiento afectivo y cognitivo en la formación científica de docentes

Míriam Andrea Hernández Del Barco

Programa de Doctorado en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, Sociales, Matemáticas y la Actividad Física y Deportiva (R017)

Conformidad de la directora y codirectores:

Dra. Florentina Cañada Cañada

Dr. Jesús Sánchez Martín

Dr. Isaac Corbacho Cuello

Esta tesis cuenta con la autorización de la directora y codirectores y de la Comisión Académica del programa. Dichas autorizaciones constan en el servicio de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Extremadura.

2023



TESIS DOCTORAL

**Estudio longitudinal del rendimiento afectivo y cognitivo en la formación
científica de docentes**

Programa de Doctorado en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias
Experimentales, Sociales, Matemáticas y la Actividad Física y Deportiva

Memoria para optar al Grado de Doctora por la Universidad de Extremadura

Miriam Andrea Hernández Del Barco

2023

Tesis Doctoral financiada por los proyectos EDU-2016-77007-R (IP: Florentina Cañada Cañada y Vicente Mellado Jiménez) y PID2020-115214RB-I00 (IP: Jesús Sánchez Martín y Florentina Cañada Cañada) ambos financiados por FEDER / Ministerio de Ciencia e Innovación (MCI) de España – Agencia Estatal de Investigación. Miriam Hernández Del Barco agradece al Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España la concesión de un contrato para la Formación del Personal Investigador (BES-2017-081566).



AGRADECIMIENTOS

“Si he llegado a ver más lejos es porque me subí a hombros de gigantes”

Esta Tesis Doctoral es el resultado de muchas horas de trabajo y discusión junto a Flori, Jesús e Isaac, yo nunca habría sabido elegir a tan buenos directores, afortunada porque la vida lo hizo por mí. Gracias por vuestra paciencia y generosidad, por dejarme entrar en vuestras clases y compartir conmigo vuestro trabajo.

Gracias al Dr. Pedro Reis y a la Dra. Elisabete Linares por acogerme durante mi estancia pre-doctoral en la Escola Politécnica de Santarém. También al Dr. Diego Airado con el que aprendí mucho en la Universidad de Jaén. Gracias a todos los compañeros que me han permitido recoger información en sus clases para mis investigaciones.

Este trabajo es fruto también de largas conversaciones, consejos, advertencias y reuniones con mis compañeros de trabajo y, principalmente, de despacho: Pepe, Elena y Mila. He aprendido y disfrutado mucho en mi etapa pre-doctoral con las estudiantes internacionales que nos han visitado, Yolanda, Yulieth y Vivi.

Gracias a mi madre y a mi padre por vuestro apoyo y confianza. Si este camino ha sido, por momentos, más transitable ha sido por las personas que tengo cerca: mi hermana Marina y mi hermano Miguel, mis compañeros de vida, de los que tengo mucho que aprender; también mis cuñados, Fran y Marina. Y Río, que es alegría y esperanza. José Carlos, David, Jesús, Clara y Lucía, siempre cerca.

Agradecida a mi abuela, que es mi día a día y la principal responsable de que esta tesis esté terminada, y a sus hermanas, especialmente Mariate y Encarni, que son referentes de vida, gracias por ayudarme siempre.

A Cris, que llegó tarde pero a tiempo, gracias por hacerlo todo más fácil.

Durante estos años fue un desahogo poder contar con mis amigas, Rocío, David, Aurora, Nacho(s), Blanca, Sergio, Tomás, Raquel, Paula, Macarena, Edu, Eloisa..., que han viajado, conversado, paseado e incluso corrido a mi lado.

He disfrutado muchísimo de estos años de trabajo y vida, gracias a todas las personas que habéis estado cerca.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<i>RESUMEN</i>	19
<i>ABSTRACT</i>	21
<i>INTRODUCCIÓN</i>	25
<i>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</i>	41
1. LA DIMENSIÓN AFECTIVA EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE: EMOCIONES Y AUTOEFICACIA	41
1.1. Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje	42
1.1.1. Las emociones y su taxonomía.....	42
1.1.2. El cerebro humano y la memoria	55
1.1.3. Las emociones en los procesos de enseñanza y aprendizaje	61
1.1.4. Autoeficacia frente a las ciencias de los docentes en formación	65
1.2. Ideas previas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias	71
1.3. Metodologías activas en educación superior	79
1.3.1. Una educación superior para formar personas	79
1.3.2. ¿Cuál es la mejor manera de enseñar ciencias a los docentes en formación?	81
1.4. De camino a la Sostenibilidad Integral... a través de la formación de docentes	91
2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	99
2.1. Planteamiento del problema.....	99
2.2. Objetivos generales de la investigación.....	99
2.3. Objetivos específicos de la investigación.....	99
2.4. Muestra	102
2.5. Diseño de la investigación y temporalización de las intervenciones realizadas en la Tesis Doctoral.....	103
2.6. Instrumentos de recogida de datos.....	104
2.6.1. Instrumento de recogida de datos del estudio longitudinal	105
2.6.2. Instrumentos utilizados en las intervenciones.....	109
2.7. Procedimiento de análisis de datos.....	114
3. EVOLUCIÓN DE LAS EMOCIONES, AUTOEFICACIA Y CONOCIMIENTO CIENTÍFICO DE UNA MUESTRA DE DOCENTES EN FORMACIÓN	119

3.1. Resultados Objetivo Específico 1. Analizar la evolución emocional que experimentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria frente a los distintos contenidos científicos.....	119
3.2. Resultados Objetivo Específico 2. Analizar la evolución de la percepción de autoeficacia de los docentes en formación de educación primaria después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	151
3.3. Resultados Objetivo Específico 3. Analizar la evolución del nivel de conocimiento que presentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	160
4. INTERVENCIÓN METACOGNITIVA Y EMOCIONAL CON DOCENTES EN FORMACIÓN DURANTE EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS: DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES IMPLEMENTADAS.....	189
4.1. Temporalización de las intervenciones.....	189
4.2. Resultados Objetivo Específico 4. Analizar la valoración afectiva que realizan los docentes de educación primaria hacia las distintas estrategias didácticas implementadas.	192
Bloque I. Intervenciones con contenido de física y química	192
4.3. Aprendizaje Basado en Proyectos: cohete de hidropulsión	192
4.3.1. Materiales y recursos necesarios para la implementación de esta intervención.....	194
4.3.2. Descripción de la experiencia <i>de ABP</i>	194
4.3.3. Análisis del rendimiento emocional de la actividad	198
4.4. Filtro Lento de Arena	201
4.4.1. Materiales y recursos necesarios para la implementación del filtro lento de arena..	201
4.4.2. Descripción de la experiencia de realización del filtro lento de arena.....	202
4.4.3. Análisis del rendimiento emocional de la actividad	207
4.5. Cocinas solares.....	210
4.5.1. Materiales y recursos necesarios para realizar la práctica con cocinas solares	211
4.5.2. Descripción de la experiencia trabajando con cocinas solares	212
4.5.3. Análisis del rendimiento emocional de la actividad	215
Bloque II. Intervenciones con contenido de biología y geología.....	220
4.6. Aprendizaje basado en juegos: Juego de mesa	220
4.6.1. Materiales y recursos necesarios para la implementación de esta intervención.....	220
4.6.2. Descripción de la experiencia de ABJ: Juego de mesa	223
4.6.3. Análisis del rendimiento emocional de la actividad	225
4.7. Gamificación	229

4.7.1. Materiales y recursos necesarios para la implementación de esta intervención	229
4.7.2. Descripción de la experiencia de gamificación en geología	231
4.7.3. Análisis del rendimiento emocional de la actividad	233
4.8. Sendero de indagación botánico	236
4.8.1. Materiales y recursos necesarios para la implementación del sendero de indagación botánico	236
4.8.2. Descripción de la experiencia del sendero de indagación botánico.....	237
4.8.3. Análisis del rendimiento emocional de la actividad	249
4.9. Discusión de los resultados del Objetivo Específico IV.....	253
4.10. Resultados Objetivo Específico 5. Analizar la evolución del nivel de conocimiento que experimentan los docentes de educación primaria en formación frente a distintas estrategias didácticas implementadas	262
4.11. Discusión de los resultados del Objetivo Específico V.....	274
5. CONCLUSIONES GENERALES.....	279
GENERAL CONCLUSIONS	284
5.1. Limitaciones y futuras líneas de investigación.....	289
5.2. Producción científica derivada de la realización de la Tesis Doctoral	295
Referencias bibliográficas	305
ANEXO I. Cuestionario sobre autoeficacia, emociones y conocimiento científico (pretest y postest)	327
ANEXO II. Pretest. Aprendizaje Basado en Proyectos: cohete de hidropulsión ..	335
ANEXO III. Pretest. Aprendizaje Basado en Proyectos: Filtro Lento de Arena.....	341
ANEXO IV. Pretest. Cocinas Solares	349
ANEXO V. Pretest. Aprendizaje Basado en Juegos: Juego de Mesa	353
ANEXO VI. Pretest. Gamificación para la enseñanza de la geología	359
ANEXO VII. Pretest. Sendero de indagación botánico.....	365
ANEXO VIII. Intervenciones didácticas realizadas en las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria y su relación con el currículum del Grado en Educación Primaria y el currículum de Educación Primaria.	368

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Temporalización y fases de realización de la presente Tesis Doctoral.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 2. Asignaturas del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Extremadura donde se ha llevado a cabo las intervenciones.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 3. Intervenciones realizadas durante la formación de maestros y su relación con el currículo del Grado en Educación Primaria y el currículo de Educación Primaria ..</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 4. Relación de las competencias específicas y transversales para la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Experimentales del Grado de Educación Primaria de la Universidad de Extremadura.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5. Componentes de las emociones según Bisquerra (2021, p. 39).....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 6. Ideas alternativas trabajadas en la Tesis Doctoral.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 7. Objetivos e hipótesis de los objetivos generales</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 8. Contenidos científicos por área.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 9. Clasificación de las emociones utilizadas en el estudio longitudinal de la presente Tesis Doctoral.....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 10. Porcentaje de emociones positivas y negativas señaladas hacia las distintas áreas científicas en el postest distinguiendo según el género</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 11. Porcentaje de emociones positivas y negativas señaladas hacia las distintas áreas científicas en el postest distinguiendo según el bachillerato de procedencia.</i>	<i>142</i>
<i>Tabla 12. Resumen de las hipótesis y conclusiones del Objetivo Específico I.....</i>	<i>143</i>
<i>Tabla 13. Evolución de la autoeficacia hacia cada uno de los contenidos científicos contemplados en la investigación.....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 14. Coeficientes de correlación de Spearman para el valor de la autoeficacia percibida hacia los distintos contenidos científicos y sus emociones</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 15. Resumen de las hipótesis y conclusiones del Objetivo Específico II</i>	<i>157</i>
<i>Tabla 16. Evolución del porcentaje de aciertos en el test de conocimientos antes y después de cursar las asignaturas científicas del grado.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 17. Nota media de conocimiento científico según el área científica y el género tras cursar las asignaturas científicas del grado.....</i>	<i>180</i>
<i>Tabla 18. Nota media del conocimiento según el bachillerato de procedencia</i>	<i>181</i>
<i>Tabla 19. Resumen de las hipótesis y las conclusiones del Objetivo Específico III ..</i>	<i>182</i>
<i>Tabla 20. Descripción de las intervenciones realizadas en esta Tesis Doctoral</i>	<i>190</i>
<i>Tabla 21. Pretest de actitudes hacia las plantas</i>	<i>249</i>
<i>Tabla 22. Resumen de las hipótesis y las conclusiones del Objetivo Específico IV..</i>	<i>253</i>
<i>Tabla 23. Emociones activadoras y desactivadoras hacia las distintas metodologías implementadas en la Tesis Doctoral.....</i>	<i>254</i>
<i>Tabla 24. Evaluación de la intervención del FLA</i>	<i>259</i>
<i>Tabla 25. Porcentaje de aciertos en el cuestionario de conocimiento científico y ambiental.....</i>	<i>262</i>
<i>Tabla 26. Porcentaje de respuestas correctas en el cuestionario de conocimiento científico relacionado con el sendero de indagación botánico</i>	<i>270</i>
<i>Tabla 27. Resumen de las hipótesis y las conclusiones del Objetivo Específico V... </i>	<i>274</i>
<i>Tabla 28. Resumen de las hipótesis de investigación y conclusiones con relación al Objetivo Específico 1.....</i>	<i>279</i>

<i>Tabla 29. Resumen de las hipótesis de investigación y conclusiones con relación al Objetivo Específico 2.....</i>	<i>280</i>
<i>Tabla 30. Resumen de las hipótesis de investigación y conclusiones con relación al Objetivo Específico 3.....</i>	<i>281</i>
<i>Tabla 31. Resumen de las hipótesis de investigación y conclusiones con relación al Objetivo Específico 4.....</i>	<i>282</i>
<i>Tabla 32. Resumen de las hipótesis de investigación y conclusiones con relación al Objetivo Específico 5.....</i>	<i>282</i>
<i>Tabla 33. Hypothesis and conclusions related to Specifical Objective 1.....</i>	<i>284</i>
<i>Tabla 34. Hypothesis and conclusions related to Specifical Objective 2.....</i>	<i>285</i>
<i>Tabla 35. Hypothesis and conclusions related to Specifical Objective 3.....</i>	<i>286</i>
<i>Tabla 36. Hypothesis and conclusions related to Specifical Objective 4.....</i>	<i>286</i>
<i>Tabla 37. Hypothesis and conclusions related to Specifical Objective 5.....</i>	<i>287</i>

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la Tesis Doctoral.....	29
Figura 2. Estructura de una emoción	49
Figura 3. Rueda de las emociones de Plutchik (2001)	51
Figura 4. Modelo circular del sistema afectivo propuesto por Díaz y Flores (2001).....	52
Figura 5. Estructura bidimensional de las emociones empleadas en esta Tesis Doctoral.....	54
Figura 6. Clasificación de los diferentes tipos de memoria	57
Figura 7. Piensa global, actúa local.....	94
Figura 8. Organización temporal de las intervenciones realizadas e instrumentos utilizados...	103
Figura 9. Cuestionario de emociones.....	107
Figura 10. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo".....	123
Figura 11. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad"	124
Figura 12. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "la flotabilidad en un medio líquido".....	124
Figura 13. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "concepto de energía. Diferentes formas de energía"	125
Figura 14. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "fuentes de energía y materias primas: su origen. Energías renovables y no renovables. La luz como fuente de energía"	126
Figura 15. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "electricidad: la corriente eléctrica. Circuitos eléctricos".....	127
Figura 16. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "separación de componentes de una mezcla mediante destilación, filtración, evaporación o disolución"	127
Figura 17. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "reacciones químicas: la combustión y la fermentación"	128
Figura 18. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "cálculo matemático y representación gráfica"	129
Figura 19. Porcentaje de emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación hacia los contenidos de física y química antes y después de llevar a cabo las intervenciones	130
Figura 20. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "El cuerpo humano y su funcionamiento. Anatomía y fisiología. Aparatos y sistemas".....	131
Figura 21. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "Organización interna de los seres vivos. Estructura de los seres vivos: células; tejidos: tipos; órganos; aparatos y sistemas: principales características y funciones".....	132
Figura 22. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "Los seres vivos: características, clasificación y tipos".....	133
Figura 23. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "Los animales vertebrados e invertebrados, características y clasificación".....	133
Figura 24. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "Las plantas: la estructura y fisiología de las plantas. La fotosíntesis y su importancia para la vida en la tierra"	134

Figura 25. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "La biosfera, diferentes hábitats de los seres vivos"	135
Figura 26. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "Hábitos de respeto y cuidado hacia los seres vivos".....	136
Figura 27. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "El planeta Tierra y la Luna, su satélite"	136
Figura 28. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "La atmósfera. Fenómenos atmosféricos"	137
Figura 29. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "Rocas y minerales: propiedades, usos y utilidades"	138
Figura 30. Porcentaje de emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación hacia los contenidos de biología y geología	139
Figura 31. Porcentaje de emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación, según el género, frente a los contenidos de física y química antes de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	140
Figura 32. Distribución de la percepción de autoeficacia de los docentes de educación primaria en formación hacia la física y química y hacia la biología y geología	151
Figura 33. Percepción de autoeficacia manifestada por los docentes en formación hacia las ciencias tras cursar las asignaturas científicas del grado según el género	154
Figura 34. Autoeficacia percibida por los docentes de educación primaria en formación hacia las ciencias según el bachillerato de procedencia antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del grado	155
Figura 35. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el Ítem 1	161
Figura 36. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el Ítem 2	162
Figura 37. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el Ítem 3	163
Figura 38. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el Ítem 4	164
Figura 39. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 5.....	165
Figura 40. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 6.....	166
Figura 41. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 7.....	167
Figura 42. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 8.....	167
Figura 43. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 9.....	168
Figura 44. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 10.....	169
Figura 45. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 11.....	170
Figura 46. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 12.....	171
Figura 47. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 13.....	172
Figura 48. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 14.....	172
Figura 49. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 15.....	173
Figura 50. Evolución de la calificación numérica obtenida por los docentes de educación primaria en formación antes y después de cursar las asignaturas científicas del grado	175
Figura 51. Mapa de calor que muestra la ausencia de correlación entre el dominio afectivo y el dominio cognitivo	177
Figura 52. Valor de la correlación de Spearman entre el nivel de conocimiento científico y la percepción de autoeficacia.....	179
Figura 53. Primera sesión durante la elaboración del cohete	195
Figura 54. Las alumnas trabajan en la construcción de su cohete.....	195
Figura 55. Estudiantes trabajando en el cohete de hidropulsión	196

Figura 56. Concurso de lanzamientos.....	197
Figura 57. Porcentaje de emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación antes y después de la implementación de un ABP.....	198
Figura 58. Materiales necesarios para la construcción del filtro lento de arena.....	202
Figura 59. Docentes de educación primaria en formación trabajando en la medida del volumen bombeado y recogiendo sus datos en una Tabla de Excel.....	204
Figura 60. Docentes de educación primaria en formación pesando y separando las distintas fracciones de arena que utilizarán para construir su filtro.....	205
Figura 61. Alumno cortando la base de la botella y comenzando a verter la arena en el filtro .	206
Figura 62. Instalación final del filtro lento de arena y comparación cualitativa de dos muestras de agua.....	206
Figura 63. Porcentaje de emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación durante la construcción de un filtro lento de arena.....	207
Figura 64. Metodologías hacia las que se sienten más capacitados.....	209
Figura 65. Cónicas.....	211
Figura 66. Montaje de una cocina solar.....	212
Figura 67. Montaje en el exterior de las cocinas.....	213
Figura 68. Estudiantes midiendo la temperatura del agua en una cacerola no negra.....	214
Figura 69. Emociones señaladas por los docentes en formación después de trabajar con cocinas solares.....	215
Figura 70. Ejemplo de hilo de Twitter de estudiantes tras realizar la experiencia de la cocina solar.....	216
Figura 71. Reflexiones de los estudiantes sobre el seminario con cocinas solares.....	217
Figura 72. Reflexiones de los estudiantes sobre el seminario con cocinas solares.....	217
Figura 73. Reflexiones de los estudiantes sobre el seminario con cocinas solares.....	218
Figura 74. Emociones sentidas por un grupo de estudiantes durante la realización de la práctica con cocinas solares.....	218
Figura 75. Vista general del tablero de juego.....	221
Figura 76. Ejemplos de cartas de microorganismos.....	222
Figura 77. Tarjetas de evento.....	223
Figura 78. Estudiantes del Grado en Educación Primaria siguiendo la metodología de ABJ ...	224
Figura 79. Porcentaje de emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación durante la realización de una actividad de aprendizaje basado en juegos utilizando un juego de mesa.....	226
Figura 80. Materiales necesarios para realizar la gamificación.....	230
Figura 81. Gamificación en geología. A) Ambientación del crimen B) Un alumno tratando de averiguar de qué mineral se trataba.....	231
Figura 82. Porcentaje de emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación durante la realización de una actividad de gamificación en geología.....	234
Figura 83. Alumnas utilizando su smartphone para leer el código QR y realizar la actividad ...	237
Figura 84. Porcentaje de emociones que esperaban sentir y las sentidas por los docentes de educación primaria en formación tras la realización del sendero de indagación botánico.....	251
Figura 85. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en la pregunta 5 por los docentes de educación primaria en formación del cuestionario de conocimiento del FLA en el pretest y postest.....	265

<i>Figura 86. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en la pregunta 6 por los docentes de educación primaria en formación del cuestionario de conocimiento del FLA en el pretest y postest</i>	<i>266</i>
<i>Figura 87. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en la pregunta 7 por los docentes de educación primaria en formación del cuestionario de conocimiento del FLA en el pretest y postest</i>	<i>267</i>
<i>Figura 88. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en la pregunta 8 por los docentes de educación primaria en formación del cuestionario de conocimiento del FLA en el pretest y postest</i>	<i>268</i>
<i>Figura 89. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en la pregunta 9 por los docentes de educación primaria en formación del cuestionario de conocimiento del FLA en el pretest y postest</i>	<i>269</i>

RESUMEN

Tradicionalmente, las clases de ciencia se han enseñado de una forma muy diferente a lo que verdaderamente significa “hacer ciencia”. Este enfoque academicista basado en la transmisión de contenidos ha excluido de los procesos de enseñanza el dominio afectivo de los estudiantes (considerándolo inapropiado y acientífico). Esto ha llevado, además de a crear numerosos errores conceptuales en los estudiantes de educación primaria y secundaria, a que a medida que avanzan en el proceso de instrucción, los estudiantes van desarrollando actitudes negativas hacia la ciencia. Para poder erradicar esos errores conceptuales y revertir esas actitudes (que se perpetúan en la educación superior) es preciso realizar un cambio en la orientación didáctica de la ciencia y, especialmente, durante la formación inicial de docentes por la enorme responsabilidad que tendrán en la transmisión de conocimientos y emociones a los estudiantes de educación primaria.

En esta Tesis Doctoral se analiza la evolución cognitiva y emocional de una muestra de docentes en formación inicial a lo largo de su etapa universitaria antes y después de cursar las asignaturas científicas del Grado en Educación Primaria, donde se han llevado a cabo diversas intervenciones en el aula. Para ello, se ha realizado un análisis diagnóstico inicial de las variables afectivas (emociones y autoeficacia) y cognitivas (rendimiento académico en ciencias) revelando que los maestros en formación antes de cursar las asignaturas científicas del grado presentan emociones negativas y desactivadoras hacia determinados contenidos científicos (especialmente aquellos relacionados con la física y química), una baja percepción de autoeficacia y un bajo nivel de conocimiento en ciencias. Para intentar modificar estas actitudes no deseables, se ha diseñado y llevado a cabo un programa de intervención metacognitivo y emocional consistente en la implementación de diferentes estrategias didácticas basadas en un aprendizaje experiencial y manipulativo, donde se ha considerado la dimensión afectiva y cognitiva. El programa se ha realizado a lo largo de tres cursos académicos en las tres asignaturas de ciencias del Grado de Educación Primaria. Finalmente, después de las intervenciones se han vuelto a recoger datos relativos a las emociones, la autoeficacia y el conocimiento científico. Los resultados revelan que, tras las intervenciones, existe un cambio emocional significativo ya que declaran sentir en menor medida emociones negativas y desactivadoras hacia los distintos contenidos de ciencias, al tiempo que manifiestan sentir con mayor intensidad emociones positivas y activadoras. Con respecto a la percepción de autoeficacia, se sienten más capacitados para enseñar casi todos los contenidos científicos, además de experimentar un incremento significativo del rendimiento académico. Por otro lado, se han explorado relaciones entre las distintas variables contempladas en la investigación, encontrándose una relación de asociación significativa entre la variable

autoeficacia con las emociones. Sin embargo, no se encuentran relaciones entre la dimensión afectiva (ni emociones ni autoeficacia) y cognitiva: parece no existir asociación entre la dimensión emocional de los docentes en formación inicial con el nivel de conocimiento científico.

En la presente Tesis Doctoral se describe y analiza el rendimiento emocional de distintas estrategias didácticas implementadas durante la enseñanza de las ciencias en el Grado de Educación Primaria. Se han utilizado metodologías como el aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje basado en juegos y otro tipo de estrategias didácticas inspiradas en las bases pedagógicas del aprendizaje constructivista y autónomo. El estudio longitudinal de distintas variables académicas y del dominio afectivo de maestros en formación muestra que la implementación de este tipo de metodologías durante el aprendizaje de las ciencias genera emociones positivas y activadoras. Otro hecho probado son los efectos beneficiosos emocionales que la implementación de diferentes metodologías didácticas genera sobre las personas que aprenden con ellas. Además, sigue confirmándose la enorme influencia que ejercen las emociones en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Esto se vuelve especialmente relevante en las materias que despiertan emociones negativas como la física y la química.

Palabras clave: emociones, autoeficacia, enseñanza de las ciencias, formación de docentes, educación superior, metodologías activas

ABSTRACT

Traditionally, the teaching of science has been carried out in a way that is very different from what "doing science" really means. The affective domain of students has been excluded from the teaching process (considered inappropriate and irrational) by this academic approach based on the transmission of content. This has led not only to many conceptual errors among primary and secondary students, but also to the development of negative attitudes towards science as the students move through the educational process. Eliminating these misconceptions and reversing these attitudes (which are perpetuated in higher education) requires a change in the didactic orientation of science, especially during initial teacher training. This is because teachers will have an enormous responsibility in conveying knowledge and emotions to primary school pupils.

This Doctoral Thesis analyses the cognitive and emotional evolution of a sample of pre-service teachers throughout their university education, before and after taking the science subjects of the Primary Education degree, using different science teaching interventions. To this end, an initial diagnostic analysis of affective variables (emotions and self-efficacy) and cognitive variables (academic performance in science) was carried out.

The results showed that pre-service teachers, prior to taking science subjects at university, have negative and disabling emotions about certain science subjects (particularly physics and chemistry), low perceptions of self-efficacy and low levels of scientific knowledge. A metacognitive emotional intervention programme was designed and carried out to modify these undesired tendencies, consisting of various teaching strategies based on experiential and manipulative learning, considering both cognitive and affective aspects. The programme was implemented over three academic years in each of elementary teacher training programme. At the end of the programme, data on the preservice teachers' affective, self-efficacy and science knowledge were collected.

The findings show that a significant emotional change occurs after the intervention, with less negative and deactivating emotions reported and more positive and activating emotions. In terms of perceived self-efficacy, there is a greater sense of competence in the teaching of almost all science content and there is also significant learning of content.

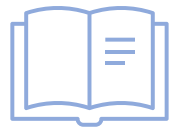
On the other hand, the relationships between the different variables considered in the research were studied and a significant relationship has been found between the variable of self-

efficacy and emotions; however, no relationships were found between the affective dimension (neither emotions nor self-efficacy) and pre-service teachers learning: there is no association between the emotional dimension of the pre-service teachers and their level of scientific knowledge.

The emotional performance of different didactic strategies used in science teaching during pre-service teacher training is described and analysed in this Doctoral Thesis. Methodologies such as project-based learning, game-based learning and other types of didactic strategies inspired by the pedagogical bases of constructivist and autonomous learning have been used. The longitudinal study of different academic variables and the affective domain shows that the implementation of active methodologies during science learning generates positive and activating emotions.

There is also evidence of the positive emotional effects that the implementation of different didactic methods has on learners. Furthermore, the enormous influence of emotions on teaching and learning processes has been confirmed time and time again. In subjects that elicit negative emotions, such as physics and chemistry, this is particularly relevant.

Keywords: emotions, self-efficacy, science teaching, prospective teachers, higher education, active methodologies



INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La presente Tesis Doctoral se encuentra enmarcada en una línea de investigación del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Matemáticas de la Universidad de Extremadura, sobre las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Investigación y Ciencia con el contrato predoctoral BES-2017-081566.

Los contextos actuales de cambio permanente requieren de una ciudadanía versátil y resolutiva capaz de adaptarse a los inciertos tiempos futuros. Una sólida formación científica de base nos ayuda a posicionarnos frente al mundo con una mirada crítica y a tomar decisiones apropiadas. Resulta, por tanto, irrenunciable trabajar en esta alfabetización en ciencias y tecnología ya desde las primeras etapas de formación.

El bienestar individual y colectivo depende de la educación que reciban los estudiantes, pues es lo que les permitirá desarrollar al máximo sus capacidades, construir su personalidad, comprender y configurar su realidad integrando las dimensiones cognoscitivas y afectivas. Las instituciones educativas, especialmente las universidades, son las encargadas de proveer a la población esa base que facilite y promueva un aprendizaje a lo largo de toda la vida. Ortega y Gasset (1930) ya definía a principios del siglo XX las funciones de la enseñanza universitaria: transmisión de la cultura, enseñanza de las profesiones, investigación científica y educación de nuevos hombres de ciencia. No limitó sus funciones a la formación de profesionales (al modo de la universidad napoleónica) o a la investigación (en el estilo de la universidad humboldtiana), sino que además detectó y manifestó la necesidad de promover una educación universitaria adaptada al perfil de los estudiantes que los capacite como ciudadanos comprometidos con su tiempo.

Relativo a la investigación desarrollada en el área de la didáctica de las ciencias experimentales, desde sus inicios se ha enfocado al aspecto cognitivo: el cambio conceptual en relación con las ideas alternativas de los estudiantes, problemas durante el aprendizaje de las ciencias, la evaluación, el laboratorio de ciencias y las actividades prácticas, técnicas eficaces de enseñanza/aprendizaje, etc., mientras que el estudio del componente afectivo del alumnado y del docente ha sido relegado a un segundo plano (Mellado et al., 2014). Hoy en día se reconoce que no es posible separar el plano afectivo del plano cognitivo y la inclusión del dominio emocional de los estudiantes tanto en la investigación como en el trabajo de aula está en auge (Mora, 2014).

La didáctica de las ciencias experimentales es una disciplina que surge tras detectar la necesidad de rediseñar la forma en la que se enseña la ciencia en un mundo en constante progreso científico-tecnológico (Porlán, 1998). La didáctica de las ciencias experimentales es un campo de investigación consolidado que nos invita a reflexionar sobre el tipo de educación científica que requiere la sociedad: una ciencia capaz de contribuir con el progreso social y el desarrollo integral de las personas (Mellado, 2003). La ciencia que, de manera tradicional e histórica, se ha enseñado en la escuela no consigue una alfabetización científica general en los estudiantes (OECD, 2020) y provoca una idea equivocada de lo que es verdaderamente la ciencia y el método científico (Díaz y García, 2011; Vázquez y Manassero, 2007, 2015). En muchas ocasiones, los estudiantes que deciden no continuar sus estudios superiores en las ciencias lo hacen motivados por el rechazo emocional que generan algunas materias científicas (Mellado et al., 2014) que, con frecuencia, suele ser fruto de malas experiencias vividas durante la escolarización (García-Ruiz y Sánchez, 2006; Gargallo y Bargalló, 2009; Tomas et al., 2016).

Por eso, y para la mejora de las experiencias emocionales de los estudiantes y de la calidad educativa, es indispensable la existencia de un profesorado científica y emocionalmente competente. Es esta inquietud la que conduce a plantear esta Tesis Doctoral directamente con los docentes en formación inicial, los cuales presentan una serie de características comunes en relación a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. Algunas investigaciones previas muestran que, en general, no se sienten capacitados para enseñar ciencias (Barni et al., 2019; Brígido et al., 2012; Klassen y Tze, 2014; Menon y Sadler, 2016); poseen una baja motivación hacia el aprendizaje de estos contenidos y carecen de cualidades científicas como curiosidad, perplejidad o sorpresa (Borrachero et al., 2013; Hernández-Barco et al., 2021a; Kozikoğlu, 2019; Pfitzner-Eden, 2016; Putwain et al., 2013; Wu et al., 2019). Las ciencias les parecen aburridas, difíciles de aprender y les hace sentirse incómodos cuando las tienen que enseñar (Brígido et al., 2013; Vázquez y Manassero, 2007, 2018).

El presente estudio surge como continuación de anteriores trabajos que se han llevado a cabo en el grupo de investigación, que revelan que los docentes en formación inicial sienten emociones negativas y represoras hacia las asignaturas científicas (Dávila-Acedo et al., 2015; Sánchez-Martin et al., 2018), siendo además sus emociones diferentes según el contenido trabajado: son más positivas hacia la biología y geología que hacia la física y química (Brígido et al., 2012; Dávila-Acedo, 2017). Es necesario abordar este problema emocional, ya que el

recuerdo de las emociones sentidas en las asignaturas científicas cuando los maestros en formación eran estudiantes se transfiere a lo que sienten como docentes (Brígido et al., 2013).

Por otro lado, las políticas educativas universitarias en las últimas décadas dirigen su foco hacia un aprendizaje más experiencial, donde el estudiante en la educación superior no aprenda solo contenidos, sino que además desarrolle ciertas habilidades y aptitudes que lo capaciten para vivir y tomar decisiones adecuadas (Barth et al., 2007; Hernández-Barco et al., 2020; Rieckmann, 2012, 2018; Steffens, 2015). Asimismo, el actual contexto de crisis climática ha impulsado una clara apuesta por la sostenibilidad en la educación en todos sus niveles (UNESCO, 2015) y esto se transmite a la universidad (Acero-Díaz et al., 2014; González-Domínguez et al., 2020; Sánchez-Martín et al., 2017; Zamora-Polo y Sánchez-Martín, 2019).

Conociendo las dificultades encontradas en la formación de docentes durante el aprendizaje de las ciencias y siendo conscientes de la necesidad de un cambio de paradigma en el contexto educativo, en esta Tesis Doctoral se han realizado distintas intervenciones en el aula de ciencias en las diferentes asignaturas científicas del Grado de Educación Primaria considerando el componente emocional y cognitivo de los docentes en formación. De esta manera, se proponen diferentes estrategias de enseñanza de las ciencias durante la formación de docentes, donde los estudiantes se convierten en los protagonistas de los procesos de enseñanza y aprendizaje, aumentando así su motivación y generando en ellos un estado de compromiso que promueve un aprendizaje activo.

Esta Tesis Doctoral ha sido realizada con estudiantes del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Extremadura (Facultad de Educación y Psicología) y tiene como objetivo principal analizar la evolución emocional y cognitiva que ocurre a lo largo de la formación de los docentes tras la implementación de un programa metacognitivo y emocional diseñado para ayudar a los docentes en formación a conocer y autorregular sus emociones y su autoeficacia docente en la enseñanza de las ciencias de la naturaleza, al mismo tiempo que mejoran su nivel de conocimiento científico. Las diferentes intervenciones se han implementado durante tres cursos consecutivos desde 2018 a 2021. Para ello, se realizó un diagnóstico de variables afectivas (emociones y autoeficacia) y cognitivas cuando los estudiantes se encontraban en 2º curso del Grado de Educación Primaria. En segundo lugar, se ha realizado el diseño, aplicación y evaluación de distintas estrategias didácticas y metodologías a lo largo de tres cursos académicos consecutivos y en las tres asignaturas relacionadas con las ciencias de la naturaleza impartidas en el Grado de Educación Primaria. En último término, se realizó un diagnóstico final,

donde se volvieron a recoger datos sobre las emociones, autoeficacia y conocimiento científico después de la implementación del programa metacognitivo.

En esta Tesis Doctoral se identifican las emociones que despiertan distintos contenidos científicos y se establecen las relaciones de éstas con otra variable del dominio afectivo (autoeficacia) y con variables académicas (calificaciones y estudios de procedencia). Por otro lado, se describen y analizan distintas estrategias didácticas utilizadas para promover ambientes emocionalmente positivos durante el aprendizaje de las ciencias. Para realizar esta Tesis Doctoral se ha utilizado un cuestionario para el estudio longitudinal de las emociones, autoeficacia y conocimiento científico mientras que para medir el impacto afectivo de cada una de las intervenciones realizadas se han diseñado distintos cuestionarios (todos ellos incluidos en los anexos al final del documento).

De acuerdo con la justificación anterior, se plantea esta Tesis Doctoral con los siguientes objetivos generales:

Objetivo General I. Analizar la evolución emocional y cognitiva que experimentan los estudiantes de educación primaria (maestros en formación) después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado de educación primaria.

Objetivo General II. Diseñar, aplicar y evaluar propuestas metodológicas que promuevan una enseñanza y aprendizaje de las ciencias emocionalmente positiva en las asignaturas de ciencias del Grado de Educación Primaria.

Estructura de la Tesis Doctoral

En la Figura 1 se muestra la estructura y organización de la presente Tesis Doctoral.

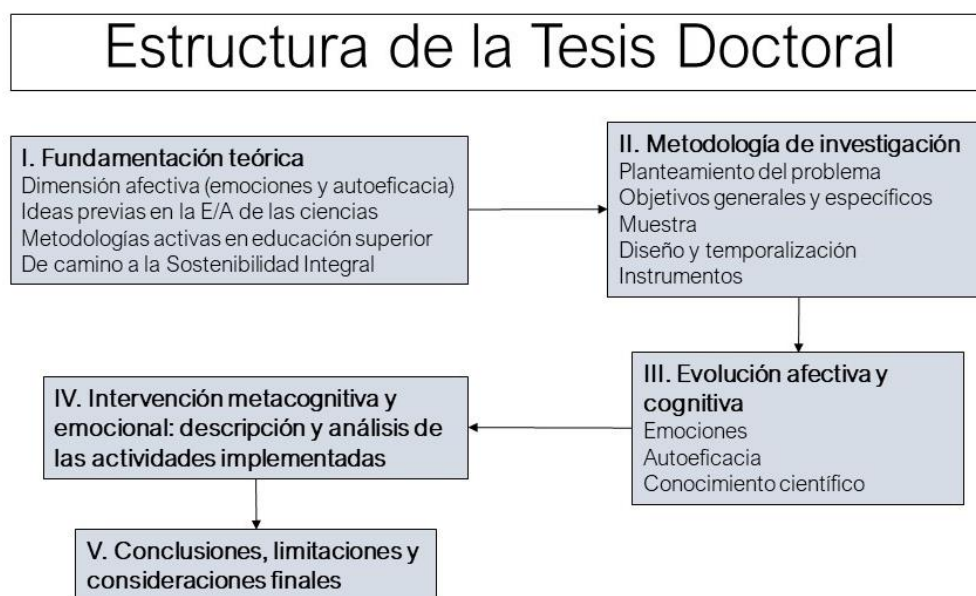


Figura 1. Estructura de la Tesis Doctoral

Como se indica en la Figura 1, esta Tesis Doctoral se divide en cinco capítulos. Inicialmente se presenta la fundamentación teórica, donde se ofrece una revisión bibliográfica de los conceptos que constituyen la parte más importante de la investigación: variables del dominio afectivo, emociones y autoeficacia; las ideas previas en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias; metodologías activas en educación superior y cómo trabajar la sostenibilidad integral a través de la formación de docentes. Tras este apartado, se introduce la metodología de investigación empleada para la realización de esta Tesis Doctoral y en el capítulo III se presentan los resultados de la evolución afectiva y cognitiva en función de las hipótesis formuladas, contrastándolas y discutiendo los resultados obtenidos. En ese capítulo se aborda el Objetivo General I de la presente Tesis Doctoral. En el siguiente apartado se describen las distintas intervenciones realizadas con los estudiantes del Grado en Educación Primaria y se presentan los resultados del rendimiento académico y emocional. El último capítulo está dedicado a las conclusiones donde también se exponen algunas limitaciones encontradas a lo largo de la investigación y las consideraciones finales.

A continuación, en la Tabla 1, se muestran las distintas fases que conforman esta Tesis Doctoral, incluyendo fechas y periodos temporales de duración de cada una y las tareas llevadas a cabo en ese tiempo.

Tabla 1. Temporalización y fases de realización de la presente Tesis Doctoral

1º Fase (octubre 2018/febrero 2019)	2º Fase (marzo 2019/agosto 2019)
Revisión bibliográfica dominio afectivo y cognitivo Definición del problema investigación y planificación del trabajo Elaboración del cuestionario del estudio longitudinal Recogida de datos pretest estudio longitudinal (diagnóstico inicial de emociones, autoeficacia y conocimiento) estudiantes de 2º curso del Grado en Educación Primaria	Análisis descriptivo e inferencial de emociones, autoeficacia y conocimiento Diseño del programa de intervención emocional con el fin de mejorar el conocimiento, autoeficacia y emociones de los docentes en formación inicial hacia las ciencias Elaboración de instrumentos de recogida de datos de la intervención Intervención (2º curso): Aprendizaje Basado en Proyectos
3º Fase (septiembre 2019/junio 2020)	4º Fase (julio 2020/enero 2021)
Elaboración de instrumentos de recogida de datos de la intervención Intervenciones (3º curso): Aprendizaje Basado en Juegos Análisis de los datos obtenidos	Intervención (4º curso): Aprendizaje Basado en Proyectos Recogida de datos postest estudio longitudinal (diagnóstico final de emociones, autoeficacia y conocimiento) con los estudiantes de 4º curso del Grado en Educación Primaria
5º Fase (febrero 2021/septiembre 2021)	6º Fase (octubre 2021/junio 2022)
Realización de estancia doctoral en la Escola Superior de Educação del Instituto Politécnico de Santarém (3 meses, del 19 mayo al 19 de agosto de 2021) Intervención (actividad de indagación) con las alumnas de Mestrado en 1º Ciclo do Ensino Básico e Matemática e Ciências Naturais (Didáticas Específicas (Estudio do Meio))	Intervención (4º curso): cocinas solares Realización de estancia doctoral breve en la Universidad de Jaén (2 meses, del 13 de octubre al 23 de diciembre de 2021) Intervención con estudiantes del Grado en Educación Infantil de la Universidad de Jaén, en la asignatura "Enseñanza de las ciencias de la naturaleza en educación infantil"
7º Fase (julio 2022/abril 2023)	
Escritura de la Tesis Doctoral	

Las intervenciones realizadas están diseñadas cumpliendo el plan actual de estudios del Título de Grado en Educación Primaria (Resolución de 2 de febrero de 2010, de la Universidad de Extremadura, por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Educación Primaria; BOE nº 58 de 8 de marzo de 2010). El diseño del Grado se sostiene en la Orden ECI/3857/2007 de 27 de diciembre, BOE de 29 diciembre de 2007, en la que se establecen los requisitos para la ratificación de los títulos universitarios oficiales que habilitan para el ejercicio de la profesión de Maestro en Educación Primaria (Ministerio de Educación y Ciencia, 2007) y se estructura en cinco tipos diferentes de materia: formación básica (60 ECTS), obligatorias (102 ECTS), optativas (24 ECTS), prácticas externas (48 ECTS) y trabajo de fin de grado (6 ECTS). Por lo que respecta a las asignaturas del Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales, estas están incluidas dentro del Módulo Didáctico Disciplinar (de carácter obligatorio) en la materia "Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Experimentales". La materia incluye tres asignaturas, las tres son de carácter obligatorio y son las únicas en las que se trabaja contenido científico durante la formación de los futuros docentes. Se trata de asignaturas que requieren de 150 horas de trabajo personal, que

se traducen en 6 créditos ECTS, divididos en 45 horas en gran grupo, 15 horas de actividades prácticas y el resto (90 horas) de trabajo autónomo del alumno. Se imparten en cursos diferentes: “Didáctica de la Materia y la Energía” se imparte en el 4º semestre (2º curso) “Didáctica del Medio Físico y los Seres Vivos” se desarrolla en el 6º semestre (3º curso) y “Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria” se imparte en el 7º semestre (4º curso). Con el objetivo de presentar una visión de conjunto de todas las asignaturas, simplemente se ha de indicar que mientras la asignatura “Didáctica de la Materia y la Energía” está centrada en la enseñanza de conceptos relacionados con Química y Física, la asignatura “Didáctica del Medio Físico y los Seres Vivos” está centrada en aspectos relacionados con la Biología y la Geología, y “Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria” se centra en el estudio de las metodologías de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en educación primaria (salidas al medio; Aprendizaje Basado en Proyectos, indagación, etc.). En la Tabla 2 se describen las asignaturas donde se ha desarrollado la Tesis Doctoral.

Tabla 2. Asignaturas del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Extremadura donde se ha llevado a cabo las intervenciones

Asignatura	Curso	Carácter	ECTS/Horas	Desglose horas (teóricas/laboratorio/ trabajo no presencial)	Contenido
Didáctica de la materia y la energía ¹	2º	Obligatorio	6/150	45/15/90	Enseñanza y aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en EP El universo y su didáctica La materia y su didáctica Didáctica de las transformaciones de la materia La energía y su didáctica. Didáctica de las transformaciones de la energía
Didáctica del medio físico y los seres vivos ²	3º	Obligatorio	6/150	45/15/90	Medio físico y su didáctica Seres vivos, su diversidad y funcionamiento El entorno y su conservación
Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria ³	4º	Obligatorio	6/150	45/15/90	Retos actuales de la educación científica Aprender a enseñar ciencias en primaria a través de distintas estrategias Contenidos de la educación científica para la etapa de EP. Recursos y materiales didácticos.

¹https://www.unex.es/conoce-la-unex/centros/educacion/titulaciones/info/asignatura?id=0617yid_asig=501618

²https://www.unex.es/conoce-la-unex/centros/educacion/titulaciones/info/asignatura?id=0617yid_asig=501631

³https://www.unex.es/conoce-la-unex/centros/educacion/titulaciones/info/asignatura?id=0617yid_asig=501639

Esta Tesis Doctoral se ha diseñado e implementado en base al Decreto 103/2014, de 10 de junio, por el que se establece el currículo de Educación Primaria para la Comunidad Autónoma de Extremadura, sin embargo, recientemente se ha derogado y se ha publicado un nuevo currículum que está regulado por el Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria y Decreto 107/2022, de 28 de julio, por el que se establecen la ordenación y el currículo de la Educación Primaria para la Comunidad Autónoma de Extremadura. Inicialmente, las actividades se diseñaron para cubrir todos los bloques que conformaban las áreas de ciencias de la naturaleza (*Bloque I. Iniciación a la actividad científica. Bloque II. El mundo en que vivimos. Bloque III. Los seres vivos. Bloque IV. Materia y Energía. Bloque V. La tecnología, objetos y máquinas*) y algunos de los bloques de ciencias sociales (*Bloque II. El mundo en que vivimos*), donde se incluían contenidos relacionados con la astronomía (esta antigua tabla está incluida como anexo VIII). Realizando un análisis del nuevo currículum, es posible encontrar una vinculación estrecha entre las intervenciones diseñadas en la presente Tesis Doctoral y las competencias y saberes básicos del currículum de Educación Primaria, pertenecientes al área de *Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural*). A continuación, en la Tabla 3 se describen las intervenciones realizadas en las asignaturas científicas del Grado en Educación Primaria (especificando el curso, la asignatura y el número de estudiantes que han participado en cada intervención) relacionándolas con los contenidos del Grado de Educación Primaria que se han trabajado y su relación con el Decreto 107/2022.

Tabla 3. Intervenciones realizadas durante la formación de maestros y su relación con el currículo del Grado en Educación Primaria y el currículo de Educación Primaria

Curso	Intervención	Relación con el currículo del Grado en Educación Primaria	Relación con el currículo de Educación Primaria (Decreto 107/2022)
2018/ 2019	(1) Aprendizaje Basado en Proyectos: fabricación y concurso de un cohete de hidropulsión (número de participantes=29)	<p>Didáctica de la Materia y la Energía (2º)</p> <p>Contenidos: Enseñanza y aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en EP. ¿Por qué enseñar ciencias en EP? Aprender a enseñar ciencias de la naturaleza en EP. El Conocimiento del Medio Natural en la Educación Primaria. Estrategias, técnicas y recursos para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza y su aplicación en Educación Primaria. El universo y su didáctica. Actividades prácticas para la enseñanza y aprendizaje del universo en EP. La energía y su didáctica. Didáctica de las transformaciones de la energía.</p>	<p>Bloque A. Cultura científica.</p> <p>A.1. Iniciación a la actividad científica. A.1.3.1. Fases de la investigación científica (observación, formulación de preguntas y predicciones, planificación y realización de experimentos, recogida y análisis de información y datos, comunicación de resultados...). A.1.3.2. Instrumentos y dispositivos apropiados para realizar observaciones y mediciones precisas de acuerdo con las necesidades de investigación. A.1.3.3. Vocabulario científico básico relacionado con las diferentes investigaciones. A.1.3.4. Fomento de la curiosidad, la iniciativa, la constancia y el sentido de la responsabilidad en la realización de diferentes investigaciones. A.1.3.5. La ciencia, la tecnología y la ingeniería como actividades humanas, las profesiones STEM en la actualidad desde una perspectiva de género. A.1.3.6. La relación entre los avances en matemáticas, ciencia, ingeniería y tecnología para comprender la evolución de la sociedad en el ámbito científico-tecnológico.</p> <p>A.3. Materia, fuerzas y energía. A.3.1.5. Estructuras resistentes, estables y útiles. Observación del entorno y elaboración de maquetas y proyectos. A.3.2.2. Realización de proyectos sencillos donde se apliquen los efectos de las máquinas simples sobre las fuerzas y los cambios en la materia. A.3.2.5. Fuerzas de contacto y a distancia. Las fuerzas y sus efectos. A.3.3.1. Masa y volumen. Instrumentos para calcular la masa y la capacidad de un objeto. Concepto de densidad y su relación con la flotabilidad de un objeto en un líquido. A.3.3.2. Realización de proyectos para experimentar diferentes procesos relativos a la materia, fuerzas y energía. A.3.3.5. Artefactos voladores. Principios básicos del vuelo y utilidades (cometas, aviones, drones...).</p> <p>Bloque B. Tecnología y digitalización.</p> <p>B.1. Digitalización del entorno personal de aprendizaje. B.1.3.2. Estrategias de búsquedas de información seguras y eficientes en internet (valoración, discriminación, selección, organización y propiedad intelectual). B.1.3.3. Procedimientos de recogida, almacenamiento y representación de datos para facilitar su comprensión, su análisis y el traslado a sus iguales.</p> <p>B.2. Proyectos de diseño y pensamiento computacional. B.2.1.4. Estrategias básicas de trabajo en equipo. B.2.3.1. Elaboración y desarrollo de proyectos de diseño por fases (identificación de necesidades, diseño, prototipado, prueba, evaluación y comunicación) usando materiales, herramientas, objetos, dispositivos y recursos digitales seguros y adecuados para la consecución del proyecto. B.2.3.2. Fases del pensamiento computacional (descomposición de una tarea en partes más sencillas, reconocimiento de patrones y generación cooperativa de productos). B.2.3.4. Estrategias y técnicas cooperativas en situaciones de incertidumbre: adaptación y cambio de estrategia cuando sea necesario, valoración del error propio y el de los demás como oportunidad de aprendizaje.</p> <p>Bloque C. Sociedades y territorios.</p> <p>C.1. Retos del mundo actual. C.1.3.1. El futuro de la Tierra y del universo. Los fenómenos físicos relacionados con la Tierra y el Universo y su repercusión en la vida diaria y en el entorno. C.1.3.2. Conocimiento del espacio. La exploración espacial y la observación del cielo. La contaminación lumínica.</p> <p>C.2. Sociedades en el tiempo. C.2.3.1. El papel representado por sujetos históricos (individuales y colectivos), acontecimientos y procesos. Temas de relevancia en la historia (Edad Media, épocas Moderna y Contemporánea). C.2.3.4. Investigación sobre proyectos que analicen hechos, asuntos y temas de relevancia actual con perspectiva histórica, contextualizándolos en la época correspondiente (Edad Media, Moderna y Contemporánea).</p>

Curso	Intervención	Relación con el currículum del Grado en Educación Primaria	Relación con el currículo de Educación Primaria (Decreto 107/2022)
2019/ 2020	<p>Aprendizaje Basado en Juegos</p> <p>(2) Juego de mesa (Microorganismos) (número de participantes=25)</p> <p>(3) Gamificación de geología (número de participantes=102)</p> <p>(4) Sendero de indagación botánico (número de participantes=60)</p>	<p>Didáctica del medio físico y los Seres vivos (3º)</p> <p>Contenidos: Medio Físico y su didáctica. Materiales terrestres: Minerales y rocas. Introducción al diseño de experiencias didáctico-experimentales en Educación Primaria: exposición, análisis y discusión.</p> <p>Los seres vivos, su diversidad y funcionamiento.</p> <p>El entorno y su conservación: ecología y medio ambiente. Ecología, medio ambiente y educación ambiental. Introducción al estudio de los ecosistemas y su dinámica. El flujo de la energía y el ciclo de la materia.</p> <p>Repercusión de la interacción del hombre sobre los ecosistemas.</p> <p>Utilización didáctica del entorno en EP.</p> <p>Salidas al medio y actividades prácticas de laboratorio y aula basadas en diferentes metodologías, para la e/a del medio físico y los seres vivos.</p>	<p>Bloque A. Cultura científica.</p> <p>A.2. La vida en nuestro planeta. A.2.1.4. Las relaciones entre los seres humanos, los animales y las plantas. Cuidado y respeto hacia los seres vivos y el entorno en el que viven, evitando la degradación del suelo, el aire o el agua. A.2.2.1. Los reinos de la naturaleza desde una perspectiva general e integrada a partir del estudio y análisis de las características de diferentes ecosistemas. A.2.2.3. Características propias de las plantas que permiten su clasificación en relación con su capacidad adaptativa al medio: obtención de energía, relación con el entorno y perpetuación de la especie. A.2.2.4. Los ecosistemas como lugar donde intervienen factores bióticos y abióticos, manteniéndose un equilibrio entre los diferentes elementos y recursos. Importancia de la diversidad. Las funciones y servicios de los ecosistemas. A.2.2.6. Las relaciones del ser humano con los ecosistemas para cubrir las necesidades de la sociedad. Ejemplos de buenos y malos usos de los recursos naturales y de nuestro planeta y sus consecuencias. A.2.3.1. Aspectos básicos de las funciones vitales del ser humano desde una perspectiva integrada: obtención de energía, relación con el entorno y perpetuación de la especie. A.2.3.2. Los ecosistemas extremeños y procedimientos para ayudar a su conservación. A.2.3.3. Clasificación básica de rocas y minerales. Usos y explotación sostenible de los recursos geológicos. Procesos geológicos básicos y de formación y modelado del relieve.</p> <p>Bloque C. Sociedades y territorios.</p> <p>C.1. Retos del mundo actual. C.1.3.3. El clima y el planeta. Introducción a la dinámica atmosférica y a las grandes áreas climáticas del mundo. Los principales ecosistemas y sus paisajes.</p> <p>C.4. Conciencia ecosocial. C.4.2.4. Estilos de vida sostenible. El consumo responsable, el uso del agua y la energía, la movilidad sostenible y la gestión de residuos. C.4.2.6. Introducción a los ODS desde una perspectiva local y regional. C.4.3.1. El cambio climático. De lo local a lo global: causas y consecuencias. Medidas de mitigación y adaptación. C.4.3.2. Conocimiento de nuestro entorno. Paisajes naturales y paisajes humanizados en el mundo y sus elementos. C.4.3.3. Responsabilidad ecosocial. Ecodependencia, interdependencia e interrelación entre personas, sociedades y medio natural. C.4.3.4. Estilos de vida sostenible: los límites del planeta y el agotamiento de recursos. La huella ecológica. C.4.3.6. El desarrollo sostenible. La actividad humana sobre el espacio y la explotación de los recursos. La actividad económica y la distribución de la riqueza: desigualdad social y regional en el mundo y en España. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Agenda Urbana. El desarrollo urbano sostenible. La ciudad como espacio de convivencia.</p>

Curso	Intervención	Relación con el currículum del Grado en Educación Primaria	Relación con el currículo de Educación Primaria (Decreto 107/2022)
2020/ 2021	(5) Fabricación y puesta en marcha de un Filtro Lento de Arena (número de participantes=69)	<p>Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria (4º)</p> <p>Contenidos: Retos actuales de la educación científica. Proyección didáctica de la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad. Educación científica y temas transversales. Interdisciplinariedad en la e/a de las ciencias.</p> <p>Aprender a enseñar ciencias en primaria a través de distintas estrategias. Investigación escolar, salidas al medio, resolución de problemas, trabajos prácticos, trabajo por proyectos, etc.</p> <p>Contenidos de la educación científica para la etapa de Educación Primaria. Proyectos y unidades didácticas sobre el currículo de Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria. Recursos y materiales didácticos.</p> <p>Actividades de e/a relacionadas con contenidos de la educación científica en primaria.</p>	<p>Bloque A. Cultura científica.</p> <p>A.1. Iniciación a la actividad científica. A.1.3.1. Fases de la investigación científica (observación, formulación de preguntas y predicciones, planificación y realización de experimentos, recogida y análisis de información y datos, comunicación de resultados...). A.1.3.2. Instrumentos y dispositivos apropiados para realizar observaciones y mediciones precisas de acuerdo con las necesidades de investigación. A.1.3.3. Vocabulario científico básico relacionado con las diferentes investigaciones. A.1.3.6. La relación entre los avances en matemáticas, ciencia, ingeniería y tecnología para comprender la evolución de la sociedad en el ámbito científico-tecnológico.</p> <p>A.3. Materia, fuerzas y energía. A.3.1.4. Las sustancias puras y las mezclas. Identificación de mezclas homogéneas y heterogéneas. Separación de mezclas heterogéneas mediante distintos métodos: filtración y evaporación. A.3.1.5. Estructuras resistentes, estables y útiles. Observación del entorno y elaboración de maquetas y proyectos. A.3.3.1. Masa y volumen. Instrumentos para calcular la masa y la capacidad de un objeto. Concepto de densidad y su relación con la flotabilidad de un objeto en un líquido. A.3.3.2. Realización de proyectos para experimentar diferentes procesos relativos a la materia, fuerzas y energía.</p> <p>Bloque B. Tecnología y digitalización.</p> <p>B.1. Digitalización del entorno personal de aprendizaje. B.1.3.2. Estrategias de búsquedas de información seguras y eficientes en internet (valoración, discriminación, selección, organización y propiedad intelectual). B.1.3.3. Procedimientos de recogida, almacenamiento y representación de datos para facilitar su comprensión, su análisis y el traslado a sus iguales.</p> <p>B.2. Proyectos de diseño y pensamiento computacional. B.2.1.4. Estrategias básicas de trabajo en equipo. B.2.3.1. Elaboración y desarrollo de proyectos de diseño por fases (identificación de necesidades, diseño, prototipado, prueba, evaluación y comunicación) usando materiales, herramientas, objetos, dispositivos y recursos digitales seguros y adecuados para la consecución del proyecto. B.2.3.2. Fases del pensamiento computacional (descomposición de una tarea en partes más sencillas, reconocimiento de patrones y generación cooperativa de productos). B.2.3.4. Estrategias y técnicas cooperativas en situaciones de incertidumbre: adaptación y cambio de estrategia cuando sea necesario, valoración del error propio y el de los demás como oportunidad de aprendizaje.</p> <p>Bloque C. Sociedades y territorios.</p> <p>C.1. Retos del mundo actual. C.1.3.1. El futuro de la Tierra y del universo. Los fenómenos físicos relacionados con la Tierra y el Universo y su repercusión en la vida diaria y en el entorno.</p> <p>C.2. Sociedades en el tiempo. C.2.3.4. Investigación sobre proyectos que analicen hechos, asuntos y temas de relevancia actual con perspectiva histórica, contextualizándolos en la época correspondiente (Edad Media, Moderna y Contemporánea).</p>

Curso	Intervención	Relación con el currículum del Grado en Educación Primaria	Relación con el currículo de Educación Primaria (Decreto 107/2022)
2021/ 2022	(6) Cocinas Solares (número de participantes=46)	<p>Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria (4º)</p> <p>Contenidos: Retos actuales de la educación científica. Proyección didáctica de la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad. Educación científica y temas transversales. Interdisciplinariedad en la e/a de las ciencias.</p> <p>Aprender a enseñar ciencias en primaria a través de distintas estrategias. Investigación escolar, salidas al medio, resolución de problemas, trabajos prácticos, trabajo por proyectos, etc.</p> <p>Contenidos de la educación científica para la etapa de Educación Primaria. Proyectos y unidades didácticas sobre el currículo de Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria. Recursos y materiales didácticos.</p> <p>Actividades de e/a relacionadas con contenidos de la educación científica en primaria.</p>	<p>Bloque A. Cultura científica.</p> <p>A.1. Iniciación a la actividad científica. A.1.3.1. Fases de la investigación científica (observación, formulación de preguntas y predicciones, planificación y realización de experimentos, recogida y análisis de información y datos, comunicación de resultados...). A.1.3.2. Instrumentos y dispositivos apropiados para realizar observaciones y mediciones precisas de acuerdo con las necesidades de investigación. A.1.3.3. Vocabulario científico básico relacionado con las diferentes investigaciones. A.1.3.4. Fomento de la curiosidad, la iniciativa, la constancia y el sentido de la responsabilidad en la realización de diferentes investigaciones. A.1.3.5. La ciencia, la tecnología y la ingeniería como actividades humanas, las profesiones STEM en la actualidad desde una perspectiva de género. A.1.3.6. La relación entre los avances en matemáticas, ciencia, ingeniería y tecnología para comprender la evolución de la sociedad en el ámbito científico-tecnológico.</p> <p>A.3. Materia, fuerzas y energía. A.3.1.3. La luz y el sonido como formas de energía. Fuentes y uso en la vida cotidiana. A.3.1.5. Estructuras resistentes, estables y útiles. Observación del entorno y elaboración de maquetas y proyectos. A.3.2.1. El calor. Cambios de estado, materiales conductores y aislantes, instrumentos de medición y aplicaciones en la vida cotidiana. A.3.2.3. Fuentes de energía renovables y no renovables. Energías renovables en Extremadura (hidroeléctrica, solar y eólica) y entornos más adecuados para ellas según el relieve y la meteorología. A.3.3.2. Realización de proyectos para experimentar diferentes procesos relativos a la materia, fuerzas y energía. A.3.3.3. Las formas de energía (mecánica, luminica, sonora, térmica y química), fuentes y las transformaciones. Las fuentes de energías renovables y no renovables y su influencia en la contribución al desarrollo sostenible de la sociedad. Valoración del uso responsable de las fuentes de energía.</p> <p>Bloque B. Tecnología y digitalización.</p> <p>B.1. Digitalización del entorno personal de aprendizaje. B.1.3.3. Procedimientos de recogida, almacenamiento y representación de datos para facilitar su comprensión, su análisis y el traslado a sus iguales.</p> <p>B.2. Proyectos de diseño y pensamiento computacional. B.2.1.4. Estrategias básicas de trabajo en equipo. B.2.3.1. Elaboración y desarrollo de proyectos de diseño por fases (identificación de necesidades, diseño, prototipado, prueba, evaluación y comunicación) usando materiales, herramientas, objetos, dispositivos y recursos digitales seguros y adecuados para la consecución del proyecto. B.2.3.2. Fases del pensamiento computacional (descomposición de una tarea en partes más sencillas, reconocimiento de patrones y generación cooperativa de productos). B.2.3.4. Estrategias y técnicas cooperativas en situaciones de incertidumbre: adaptación y cambio de estrategia cuando sea necesario, valoración del error propio y el de los demás como oportunidad de aprendizaje.</p> <p>Bloque C. Sociedades y territorios.</p> <p>C.4. Conciencia ecosocial. C.4.3.1. El cambio climático. De lo local a lo global: causas y consecuencias. Medidas de mitigación y adaptación. C.4.3.3. Responsabilidad ecosocial. Ecodependencia, interdependencia e interrelación entre personas, sociedades y medio natural. C.4.3.4. Estilos de vida sostenible: los límites del planeta y el agotamiento de recursos. La huella ecológica.</p>

El área de *Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural* está enfocada para ser eminentemente experiencial y exige a los futuros docentes diseñar e implementar situaciones de aprendizaje fomentando la curiosidad del alumnado movilizando saberes y competencias a través de contenidos específicos científicos aplicados a diferentes contextos reales (RD 157/2022). Además de los saberes básicos, a través de las intervenciones descritas en la presente Tesis Doctoral es posible trabajar la Competencia en comunicación lingüística, la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería, la competencia digital, la competencia personal, social y de aprender a aprender, la competencia ciudadana y la competencia en conciencia y expresión culturales. Como se observa en la relación mostrada en la tabla 3, es posible hacer un barrido a lo largo de casi todos los saberes básicos y competencias que los docentes en formación deben enseñar cuando ejerzan como maestros de Educación Primaria, pues las intervenciones pretenden cubrir, por un lado, los diferentes bloques de contenidos que conforman el currículum de Educación Primaria (Decreto 107/2022, de 28 de julio, por el que se establecen la ordenación y el currículo de la Educación Primaria para la Comunidad Autónoma de Extremadura), al mismo tiempo que se abordan y se cumplen los objetivos de aprendizaje y competencias específicas y transversales del área de ciencias experimentales (Orden ECI/3857/2007), que son presentadas en la tabla 4.

Tabla 4. Relación de las competencias específicas y transversales para la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Experimentales del Grado de Educación Primaria de la Universidad de Extremadura

Competencias específicas y transversales	
CE25	Comprender los principios básicos y las leyes fundamentales de las ciencias experimentales (Física, Química, Biología y Geología).
CE26	Conocer el currículo escolar de estas ciencias.
CE27	Plantear y resolver problemas asociados con las ciencias a la vida cotidiana.
CE28	Valorar las ciencias como un hecho cultural.
CE29	Reconocer la mutua influencia entre ciencia, sociedad y desarrollo tecnológico, así como las conductas ciudadanas pertinentes, para procurar un futuro sostenible.
CE30	Desarrollar y evaluar contenidos del currículo mediante recursos didácticos apropiados y promover la adquisición de competencias básicas en los estudiantes (Ciencias Experimentales).
CT1	Saber transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
CT1.1	Presentar públicamente ideas, problemas y soluciones, de una manera lógica, estructurada, tanto oralmente como por escrito en el nivel C1 en Lengua Castellana, de acuerdo con el Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas.
CT1.3	Utilizar las nuevas tecnologías de la información como instrumento de trabajo intelectual y como elemento esencial para informarse, aprender y comunicarse.

-
- CT1.4** Manejar y usar habilidades sociales e interpersonales en las relaciones con otras personas y trabajar en grupos multidisciplinares de forma cooperativa.
- CT2** Saber aplicar habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- CT2.1** Saber aplicar habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.
- CT2.2** Utilizar de forma eficiente un conjunto de recursos, técnicas y estrategias de aprendizaje que garanticen un aprendizaje autónomo, responsable y continuo a lo largo de toda la vida.
- CT2.3** Actualizar el conocimiento en el ámbito socioeducativo mediante la investigación y saber analizar las tendencias de futuro.
- CT2.4** Mantener una actitud de innovación y creatividad en el ejercicio de su profesión.
- CT3** Adquirir y manifestar un compromiso ético en su configuración como profesional, compromiso que debe potenciar la idea de educación integral, con actitudes críticas y responsables; garantizando la igualdad efectiva de mujeres y hombres, la igualdad de oportunidades, la accesibilidad universal de las personas con discapacidad y los valores propios de una cultura de la paz y de los valores democráticos.
- CT3.1** Comprender el carácter evolutivo y la pluralidad de las sociedades actuales y desarrollar actitudes de respeto, tolerancia y solidaridad hacia los diferentes grupos sociales y culturales.
- CT3.2** Comprender y practicar los valores de las sociedades democráticas como la tolerancia, la solidaridad, la justicia, la no violencia, la libertad, la corresponsabilidad y la igualdad, y en general usar sistemas de valores como la Declaración de los Derechos del Hombre.
- CT3.3** Ser conscientes del derecho de igualdad de trato y oportunidades entre mujeres y hombres y aplicar medidas que eliminen los obstáculos que dificulten la igualdad efectiva entre mujeres y hombres y fomenten la igualdad plena entre unas y otros.
- CT3.4** Ser conscientes del derecho a la igualdad de oportunidades de las personas con discapacidad y aplicar medidas orientadas a evitar o compensar las desventajas de una persona con discapacidad para participar plenamente en la vida, política, económica, cultural y social.
- CT3.5** Promover e impulsar los valores propios de una cultura de paz.
- CT3.6** Reflexionar de forma crítica y lógica sobre la necesidad de eliminar toda forma de discriminación, directa o indirecta, en particular la discriminación racial, la discriminación contra la mujer, la derivada de la orientación sexual o la causada por una discapacidad.
-

En esta Tesis Doctoral se presentan propuestas para la formación del profesorado en ciencias integrando los últimos avances en la didáctica específica de esta disciplina, que sugieren que, en la misma línea que la pujante neuroeducación, contemplar la dimensión afectiva genera beneficios cognitivos en los estudiantes, en las exigencias curriculares y legislativas y en la formación de ciudadanos conscientes de y comprometidos con la emergencia climática.



CAPÍTULO 1

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este primer capítulo se realiza una revisión bibliográfica del estado del arte que justifica el marco teórico de la presente investigación. La fundamentación teórica está organizada en función de los dos objetivos generales de la investigación: en primer lugar, se describen las variables de estudio del dominio afectivo, las emociones y la autoeficacia. Se define el concepto de emoción (origen, funciones y taxonomía) y su relevancia en la formación de docentes. A continuación, se describe la autoeficacia como variable de la componente afectiva y cómo afecta en la profesión docente. En tercer lugar, se describen las principales ideas alternativas que existen en la didáctica de las ciencias experimentales, y con las que se ha trabajado con los docentes en formación inicial de educación primaria. En cuarto lugar, se presenta y justifica la necesidad de implementación de metodologías activas en la educación superior y se describen las diversas estrategias didácticas utilizadas en esta investigación. Finalmente, esta Tesis Doctoral se adentra en el concepto de sostenibilidad integral (Zamora-Polo y Sánchez-Martín, 2019), extendida a todas las dimensiones del proceso educativo. Su desarrollo y sentido no se pueden entender fuera de este paradigma de lo sostenible, por lo que hay elementos del mismo en todo el relato científico que conforma este trabajo. No obstante, también se ha querido introducir un capítulo de información explícita sobre la sostenibilidad en la educación superior y cómo integrarla en la formación de docentes.

1. LA DIMENSIÓN AFECTIVA EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE: EMOCIONES Y AUTOEFICACIA

Las emociones no son reacciones “al” mundo; son nuestras construcciones “del” mundo.

Lisa Feldman Barret (2020, 141 p.)

En esta primera sección se abordan dos conceptos relacionados con la dimensión afectiva en la enseñanza y el aprendizaje contemplados en la investigación. Este apartado abunda en el origen de las emociones y se describen los procesos cerebrales que influyen y controlan las mismas, se muestran algunas definiciones y taxonomías, cómo se relacionan y cuál es la importancia de contemplar la dimensión afectiva de los estudiantes, y, más concretamente, con los docentes en formación inicial. Finalmente, se describe el término *autoeficacia* y se relaciona con la profesión docente, matizando las particularidades de la autoeficacia de los maestros hacia las ciencias.

1.1. Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje

1.1.1. Las emociones y su taxonomía

Para poder situar el origen de las emociones es preciso remontarse al periodo geológico designado como Cámbrico (hace 500 millones de años). Hoy en día el estudio del comienzo de la vida sigue siendo un misterio y uno de los más apasionantes acontecimientos en la Tierra (Martín et al., 2009). Este periodo geológico es conocido por la explosión de vida surgida en los ambientes marinos, por ser una época de intensos cambios climáticos y modificaciones en la orientación de los polos magnéticos (Campoblanco, 2012) que dieron lugar a la aparición de nuevos nichos ecológicos a lo que siguió el desarrollo de nuevos tipos de vida animal (Morgado, 2010).

Desde su aparición, el planeta no ha dejado de ser un ambiente mutable, cambiante y dinámico, caracterizado por una supervivencia intensa y constante que ha requerido el desarrollo de ciertas habilidades, tanto sensoriales como cognitivas, por parte de los organismos para la supervivencia y desarrollo. En un entorno tan competitivo, donde existían animales con células quimiosensibles y fotorreceptoras, las especies consiguieron desarrollar y formar las primeras neuronas, que fueron multiplicándose y formando complejos circuitos y agrupamientos que hoy en día constituyen órganos tan complejos como el cerebro humano (Morgado, 2010).

Las emociones surgen como adaptaciones de esos seres vivos que actuaban por instinto para poder sobrevivir en un ambiente lleno de peligros y amenazas y que permitieron la permanencia y supervivencia de esas especies (Bisquerra, 2009; Fernández-Abascal y Jiménez-Sánchez, 2010). De esa forma, son hoy un recurso adaptativo muy potente que permite al ser humano y al resto de especies adaptarse al medio y sobrevivir. Y así la vida y el sentido de seguir vivos se explica a través de la obtención de recompensas (y satisfacciones) y a la ausencia o evitación del dolor y el castigo. Sobre esas bases se encuentra diseñado nuestro cerebro: recompensa y castigo, y sólo a través de la emoción conseguimos evaluar los estímulos que se perciben del exterior y se ejecutan acciones encaminadas a permitir la supervivencia del individuo y la especie (Mora, 2002, p. 90). Las emociones predisponen a la acción (Bisquerra, 2021, p. 41) y la expresión de las emociones es una dimensión humana inherente a su propia existencia.

El interés por establecer una taxonomía de emociones comenzó en el siglo XVII, aunque verdaderamente los textos y el patrimonio heredado de la antigua Grecia está invadido de referencias al dominio afectivo humano. En las civilizaciones griegas se planteaban teorías

filosóficas y metáforas (Pascual, 2016) donde ya se reflexionaba sobre el aspecto emocional del ser humano. Incluso se conservan esculturas pertenecientes a esa época (del siglo VII al II a. C.) que reflejan las distintas emociones públicas, adoraciones a los dioses griegos, y privadas, muestras de amor en el entorno familiar, donde es posible ver representada la alegría, el odio o el rechazo (Castiella, 2017). En cualquier caso, el pensamiento occidental que ha prevalecido a lo largo de los siglos, el racionalismo, presupone al hombre la capacidad de razonar sometiendo a las emociones (o pasiones, en el mundo clásico) infravalorando y eliminando las influencias biológicas y ambientales. La emoción siempre se ha situado en una posición jerárquica por debajo de la razón, pues representa la dimensión más primitiva y animal, que debe ser controlada por la razón. Desde entonces, las emociones y la razón han estado enfrentadas, situadas en dos polos opuestos y reflejando la existencia de dos dimensiones antagónicas. Con la creación de la dualidad “cuerpo-alma”, las emociones se convierten casi en una amenaza que entorpecen el camino del hombre hacia la felicidad (Deci y Ryan, 2008), que deben ser controladas por la consciencia y el razonamiento (de Roca y de Alizo, 2009).

Corrientes filosóficas posteriores también trataron el estudio de las emociones y las incluyeron en sus reflexiones. Para los estoicos un hombre feliz y sabio era aquel capaz de dominar sus pasiones e imperturbable a las emociones. Contemporáneamente, los hedonistas modificaron este ideal de felicidad, convirtiéndose en una necesidad la huida del sufrimiento y el dolor para alcanzar el placer individual y satisfacción de los propios deseos, no desenfrenadamente, sino más bien a través de la serenidad del ánimo, consiguiendo una tranquilidad constante y, además, distinguiendo entre placeres del cuerpo y placeres del alma. En esta división, se le atribuyó una gran responsabilidad a la racionalidad (Bisquerra, 2009; Román y Montero, 2013; Uribe et al., 2017).

Ambas escuelas planteaban la plenitud de la felicidad de la persona (εὐδαιμονία o eudaimonia) a través de la imperturbabilidad de espíritu (ἀταραξία o ataraxia), de manera que las bases de la culpabilización de lo emocional en la felicidad y su menosprecio frente al logos o lo racional ya estaban dispuestas.

Durante la edad media, las emociones se vinculan a las pasiones, que son condenadas por la tradición judeocristiana. Algunos médicos y humanistas del renacimiento español se interesaron por el estudio de las emociones. Olivia Sabuco de Nantes (1562-1622) en su obra *“Nueva filosofía de la naturaleza del hombre”* (1587) otorgaba a las pasiones (procesos

psicológicos y sentimientos) el origen de las enfermedades, declarando que el principal factor que genera enfermedades en los hombres es el “enojo y pesar” (Balltandre, 2006).

Más adelante, en el siglo XVII, sucede lo que es conocido como “*el error de Descartes*”: separación entre cuerpo y mente, sosteniendo que el razonamiento, el juicio moral y el sentimiento pueden existir separados del cuerpo. Este dualismo mente-cuerpo ha trascendido en el pensamiento occidental hasta la actualidad. René Descartes (1596-1650) hablaba de seis emociones primitivas (admiración, alegría, amor, deseo, odio y tristeza) y tras la publicación de su obra “*Las pasiones del alma*” (Descartes, 1649) se acepta como definición de las emociones el modo cualitativo específico en el que son experimentadas. Su contemporáneo, Baruch Spinoza distinguió quince pasiones básicas: ambición, amor (pasional, paternal y filial), avaricia, celos, codicia, deseo, envidia, humildad, odio, orgullo, pereza, trabajo y venganza (Díaz y Flores, 2001). Para Spinoza las emociones son pensamientos erróneos que nos hacen entender equívocamente el mundo, produciendo desagrado.

Thomas Hobbes (1588-1679) distingue un grupo de pasiones simples sobre las que se basan el resto: placer-dolor; apetito-aversión; amor-odio y alegría-tristeza, y considera que la conducta está motivada por la búsqueda del placer y la evitación del dolor (Jiménez, 2012).

Las pasiones eran percepciones de la mente para David Hume (1711-1776), un escéptico empirista que las distingue atendiendo a la intensidad con que se presentan en pasiones “serenas”, donde identifica sentimientos estéticos y morales como ejemplos, y “violentas”, donde incluye sentimientos tales como el amor, el odio, la alegría, la tristeza, el orgullo y la humildad. Más adelante divide las pasiones “directas”, que brotan inmediatamente del placer o dolor, e “indirectas”, que proceden de los mismos principios, pero en conjunción con otras cualidades, (Cano, 2011).

Immanuel Kant (1724-1804) sigue manteniendo la distinción entre razón y emociones, atribuyéndoles cualidades disruptivas para la razón; considerando la emoción como el aspecto orgánico del sentimiento en sí, que, aunque tenga su origen en representaciones subjetivas, se refiere fundamentalmente a la cualidad placentera o dolorosa de lo que la persona experimenta (González, 2015). Kant subraya la dimensión biológica de la emoción considerándola como un elemento del sentimiento, sin llegar a identificarla completamente con él. También agrega un aspecto de actualidad: el carácter activador y represor de la emoción (Barrett, 2020; Barrett y Bliss-Moreau, 2009; Russell y Barrett, 1999). Kant habla de dos tipos o especies de emociones,

la emoción “enérgica”, referida a que “excita la conciencia de nuestras fuerzas para vencer toda resistencia”, y la “deprimente”, que nace del esfuerzo mismo para resistir un objeto de dolor (González, 2015).

El inicio del estudio biológico de las emociones se sitúa con la publicación de la obra de Darwin (1809-1882) “*La expresión de las emociones en hombres y animales*” (1872), que, empleando los avances de la época (la cámara de fotos) incluyó en el texto fotografías que mostraban las diferentes formas de expresión de las emociones en personas (Bisquerra, 2009). Darwin estudió diferentes comunidades y analizó su respuesta emocional, concluyendo que, a pesar de la distancia geográfica y cultural, las expresiones del ser humano son las mismas. Creyó que, aunque no todas las formas de expresión emocional eran innatas, muchas sí lo eran. Para sus investigaciones también utilizó y analizó las expresiones emocionales de sus diez hijos, a los que asustaba y generaba diversas emociones para conocer sus reacciones y analizar las expresiones. Darwin, a través de la recolección de anécdotas sobre la conducta animal y su gran capacidad de observación, consiguió explicar las expresiones de las emociones del hombre y los animales.

Sus estudios se centran, por un lado, en el proceso de expresión emocional, como los gestos, las posturas y expresiones faciales y por otro, en el análisis de la historia evolutiva en los diferentes niveles filogenéticos. Los principios del pensamiento de Darwin se basan en la utilidad biológica de las emociones, que poseen una función de supervivencia adaptativa, desarrollada inicialmente por aprendizaje y que termina por convertirse en un rasgo heredado y transmitido de generación en generación. También enfocan el carácter antagónico de las emociones, por el cual un individuo puede experimentar una emoción y su contraria, por ejemplo, alegría y tristeza; y en que algunas expresiones emocionales dependen de la naturaleza del sistema nervioso, existiendo vínculo con los cambios fisiológicos que posibilitan la secuencia adaptativa-expresiva.

Darwin y Freud durante el siglo XIX empezaron a considerar el papel del cerebro en la expresión de las emociones. Sus investigaciones basadas en la observación de estas expresiones emocionales en seres humanos y animales propiciaron el desarrollo de teorías que relacionan la expresión emocional con las experiencias vividas, atribuyéndoles un valor adaptativo, que ha permitido al ser humano sobrevivir. Es la llamada *teoría evolutiva de la emoción* (Solomon, 2003, p. 57).

Esta teoría ha sido representada más tarde por posturas neodarwinistas (Ekman, 1992; Plutchik, 2001) que sostienen la universalidad de las emociones, afirmando que son compartidas por todos los individuos de todas las sociedades. Sin embargo, las tendencias actuales de la investigación en psicología de la emoción sostienen que la universalidad de la emoción es un mito (Barrett, 2020, p. 67) pues cada persona puede experimentar una misma emoción con diferentes respuestas fisiológicas mientras que diferentes emociones comparten mismas respuestas. Si estas diferencias se dan en una misma persona, Barret (2020) mantiene que es imposible encontrar universalidad en la expresión emocional.

Otro autor evolucionista es Carrol Izard (1923-2017) que plantea la teoría de las emociones como respuestas faciales (teoría del *feedback* facial) Izard propone que los movimientos faciales asociados a cierta emoción pueden influir en las experiencias afectivas: nuestras conductas corporales (fingir una sonrisa) influye sobre nuestra activación fisiológica y nuestras emociones (Izard, 1992). Esta teoría fue inicialmente propuesta por Silvan Tomkins (1911-1991), que afirmaba que “*el feedback de la conducta muscular facial genera emoción*” y que “*las emociones surgen de la musculatura facial, la temperatura facial y cambios en la actividad de las glándulas de la cara*”. Silvan Tomkins es el primer autor que propone una clasificación de las emociones y las agrupa en positivas (interés, sorpresa, alegría) y negativas (miedo, angustia, ira, vergüenza, asco) (Bisquerra, 2009). Esta teoría conecta la experiencia emocional con las expresiones faciales. De esta forma, una persona que esté en una situación social incómoda y tenga que fingir una sonrisa, sentirá emociones más placenteras (derivadas de esa sonrisa) que si tuviera una expresión facial neutra.

Paul Ekman (1934-1979) fue un psicólogo pionero que se dedicó al estudio de las expresiones faciales que surgían fruto de unas emociones primarias o básicas. Estableció que la duración de estas es breve y que pueden ser simuladas (a excepción de la emoción sorpresa) y la universalidad de la expresión, que estas se manifestaban por igual sin tener en cuenta la cultura y son: miedo, ira, asco, alegría, tristeza y sorpresa (Ekman y Oster, 1981).

Desde estos estudios iniciales hasta ahora, se han formulado muchas proposiciones en materia de emociones. Por ejemplo, la teoría de la emoción de James-Lange, formulada independiente y simultáneamente por William James (1842-1910) y Carl Lange (1834-1900). En ella se sugiere que los cambios fisiológicos y motores que ocurren en nuestro cuerpo suceden como respuesta a las emociones que experimentamos tras la percepción de un estímulo relevante. Es decir, que la activación fisiológica es condición necesaria para la existencia de una

respuesta emocional (Northoff, 2008; Pollatos et al., 2005). En el caso de las emociones fuertes, por ejemplo, ver un león y querer salir corriendo, aparece una asociación a cambios fisiológicos y motores de gran trascendencia para el sujeto (huir), y en este caso hay una estrechísima relación entre emoción y manifestación fisiológica. No obstante, y a pesar de que es innegable que las emociones están ligadas a los estados fisiológicos, no podemos decir que no se pueden sentir determinadas emociones en ausencia de esos signos obvios, además de que no es fácil determinar qué desencadena qué. En el caso del león, la teoría de la emoción de James-Lange plantea que el estímulo (león) desencadena una respuesta motora (correr) y como consecuencia la emoción (miedo). Esta teoría se centra en las respuestas fisiológicas realizadas por el sistema nervioso autónomo y el somático, siendo la reacción emocional en sí la que constituye y genera la experiencia emocional. Esta teoría se opone al sentido común donde es la percepción del estímulo lo que desencadena la emoción (miedo) y esto provoca la reacción (correr). William James defiende una especificidad individual: cada persona posee una gama personal de expresión y una especificidad psicofisiológica; cada emoción está caracterizada por un patrón de respuesta emocional y estados similares estarán generados por cambios similares.

Más tarde, a principios del siglo XX se popularizó la teoría de la emoción de Cannon-Bard. Walter Cannon (1871-1945) y su discípulo Philip Bard (1898-1977), afirmaban que experiencia y expresión emocional son independientes la una de la otra. Además, diferentes estados fisiológicos, como sudoración, incremento de la frecuencia cardíaca, etc., son comunes a las diferentes expresiones emocionales, como miedo, rabia, nerviosismo, etc. Los estímulos tienen, por tanto, dos efectos: provocan la emoción en el cerebro y la reacción ante un estímulo de forma simultánea. De esta forma, la experiencia subjetiva emocional transcurre de forma paralela y sin relación causal mutua con los cambios corporales. Cannon defiende que las emociones anteceden a las conductas y que los cambios corporales no son determinantes en la experiencia emocional y atribuye un papel central al cerebro en el control de las emociones (Dror, 2014).

En conjunto, ni las innumerables aportaciones a la psicología de la emoción ni el desarrollo de distintos métodos y técnicas de estudio que han permitido el conocimiento de las bases biológicas de la conducta, han permitido aún esclarecer ni definir qué es una emoción. No existe un acuerdo sobre qué es una emoción (León, 2006) ni acuerdo en su definición ni en la clasificación (Bisquerra, 2009). Pues *“casi todo el mundo piensa que sabe qué es una emoción hasta que intenta definirla. En ese momento prácticamente nadie afirma poder entenderla”* (Wenger et al., 1956).

En las investigaciones de Kleinginna y Kleinginna (1981) se pueden encontrar 92 definiciones del término *emoción* clasificadas en función de los efectos afectivos, psicológicos, motivacionales, cognitivos... en total extraen 11 categorías. Los autores definen el término emoción como:

“Un complejo conjunto de interacciones entre factores subjetivos y objetivos, mediadas por sistemas neuronales y hormonales que: (a) pueden dar lugar a experiencias efectivas como sentimientos de activación, agrado-desagrado; (b) generar procesos cognitivos tales como efectos perceptuales relevantes, valoraciones, y procesos de etiquetado; (c) generar ajustes fisiológicos...; y (d) dar lugar a una conducta que es frecuentemente, pero no siempre, expresiva, dirigida hacia una meta y adaptativa” (Kleinginna y Kleinginna, 1981, pág. 355).

En esta Tesis Doctoral se ha considerado la definición de Bisquerra (2003) que sostiene que las emociones son reacciones de diferente intensidad según la información que se recibe del entorno y la evaluación subjetiva que cada persona realiza y cómo afecta a nuestro bienestar:

“emoción es un estado complejo del organismo caracterizado por una excitación o perturbación que predispone a una respuesta organizada. Las emociones se generan como respuesta a un acontecimiento externo o interno” (Bisquerra, 2003).

Bisquerra (2021) diferencia tres componentes en las emociones (Tabla 5) que, tras la valoración de la experiencia, son las que predisponen al individuo para la acción y que tiene una triple reacción.

Tabla 5. Componentes de las emociones según Bisquerra (2021, p. 39)

Componente	Respuesta	Características
Neurofisiológica	Involuntaria. Taquicardia, sudoración, secreciones hormonales, vasoconstricción, cambio en el tono muscular...	Todo el organismo responde ante la emoción, esta primera reacción permite identificar que se está experimentando una emoción. Se inicia en el sistema nervioso central.
Comportamental	Aunque es posible controlarlo, surge espontáneamente, esto es la expresión emocional	Permite conocer qué emociones se experimentan a través del lenguaje no verbal (expresiones del rostro, tono de voz...).
Cognitiva	Experiencia emocional subjetiva. Coincide con lo que se denomina <i>sentimiento</i> (emoción hecha consciente)	Permiten etiquetar una emoción a través del lenguaje, tomando conciencia de la emoción que se experimenta. Revela la importancia de una educación emocional que permita identificar, conocer las emociones y a uno mismo.

En la Figura 2 (elaboración propia) se describe la estructura de una emoción, desde que el individuo vive un acontecimiento, realiza una valoración que desencadena las tres reacciones

emocionales (neurofisiológica, comportamental y cognitiva) y que desemboca en la predisposición a la acción basado en la estructura de una emoción para Bisquerra (2021, p. 42).

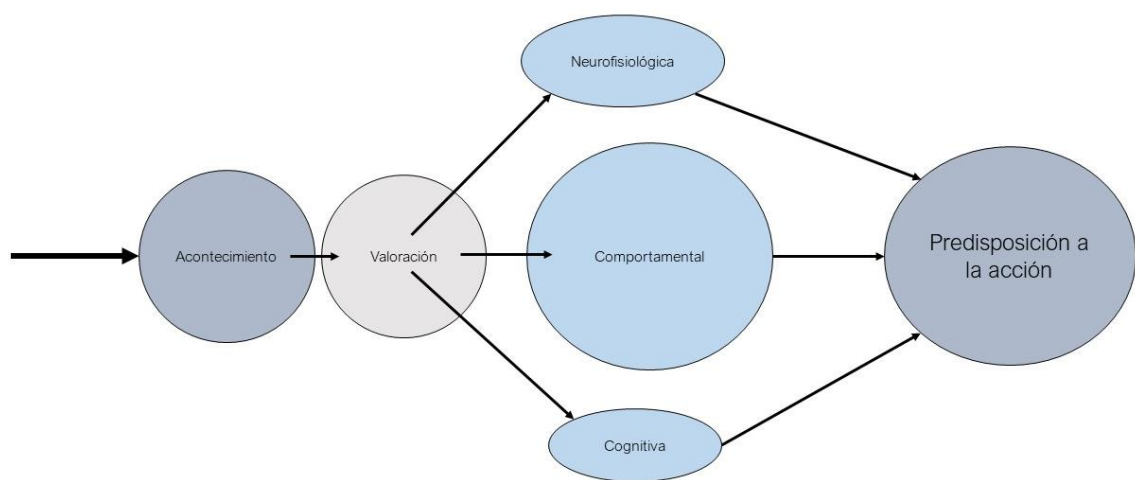


Figura 2. Estructura de una emoción

Para Bisquerra (2021, p. 43) la emoción es un rasgo personal. Al pensar en alguien se puede decir “es una persona...” con una cualidad emocional (alegre, divertida, tranquila, ansiosa, vergonzosa, etc.), es decir, las personas construyen su personalidad con las emociones que exteriorizan (a veces inconscientemente).

Por último, cabe destacar la aparición de la obra “*Universo de emociones*” de Rafael Bisquerra (2021). En ella, Bisquerra (2021) se propone como objetivo, junto a Víctor Palau y Andrea Gea hacer visible lo invisible; una vez identificada la emoción y conocidos los efectos que provoca, no es posible situarla en un mapa emocional, saber cómo se relaciona con otras emociones ni su importancia. Los autores, con la misión de hacer visible lo etéreo, han creado un mapa con más de 700 emociones siguiendo un código visual⁴. De forma análoga al universo, han creado un mapa emocional, para explorar el mundo interior y aprender a gestionarlo. Bisquerra propone una clasificación ordenada según galaxias, haciendo un paralelismo con el universo, así, el universo de emociones lo conforman las familias de emociones (galaxias), que son agrupaciones masivas de fenómenos afectivos. Han seleccionado el término “universo” y “galaxia” por las curiosas semejanzas que se dan entre ellos: en el universo hay unos 100.000 millones de galaxias, mientras que, en el cerebro, donde se procesan las emociones, hay cerca de unos 100.000 millones de neuronas.

⁴ Disponible en <https://universodeemociones.com/>

Al igual que la ley de gravitación universal, Bisquerra (2021) considera en su clasificación que las emociones tienen un campo gravitatorio y que las emociones básicas ejercen una atracción sobre el conjunto de emociones que conforman su familia (galaxia), especialmente potentes en las constelaciones de emociones negativas como miedo, ira o tristeza, no siendo tan fuerte el de las emociones positivas. El universo de emociones considera tres constelaciones de emociones positivas (alegría, amor y felicidad) y otras tres constelaciones de emociones negativas (miedo, ira y tristeza). El diseño empleado para la galaxia emocional de miedo, ira, tristeza, alegría, amor y felicidad sigue el modelo de las galaxias espirales, que están conformadas por un núcleo y dos o más brazos en espiral. La emoción sorpresa, se presenta como un subtipo especial de galaxia espiral barrada (como la Vía Láctea), aunque es capaz de expandirse por todo el universo y activar cualquier otra emoción, estando presente en todas las demás galaxias. Además, es una emoción ambigua que puede ser positiva o negativa, todo depende de la emoción que se active después (miedo, alegría, ira, etc). El asco o la ansiedad se presentan como galaxias irregulares. La frustración aparece situada entre la ira y la tristeza, sin fácil ubicación.

Pero Bisquerra no es el primer autor que intenta representar gráficamente el complejo sistema emocional humano. Plutchik (2001) creó la rueda de emociones, donde las emociones complejas (situadas en el exterior de la rueda) son el resultado de mezclarse con emociones más básicas (en el centro de la rueda) (Figura 3)⁵. Plutchik (2001) considera que existen ocho emociones básicas principales: alegría, anticipación, aversión, confianza, ira, miedo, sorpresa y tristeza. La intensidad del color aumenta hacia el centro de la rueda, y la combinación de distintas emociones genera otros sentimientos, sin que sea fácil reconocer cuándo es la fusión de varios o uno solo.

⁵ Fuente: <https://esp.6seconds.org/>, visitado el 07 de noviembre de 2022

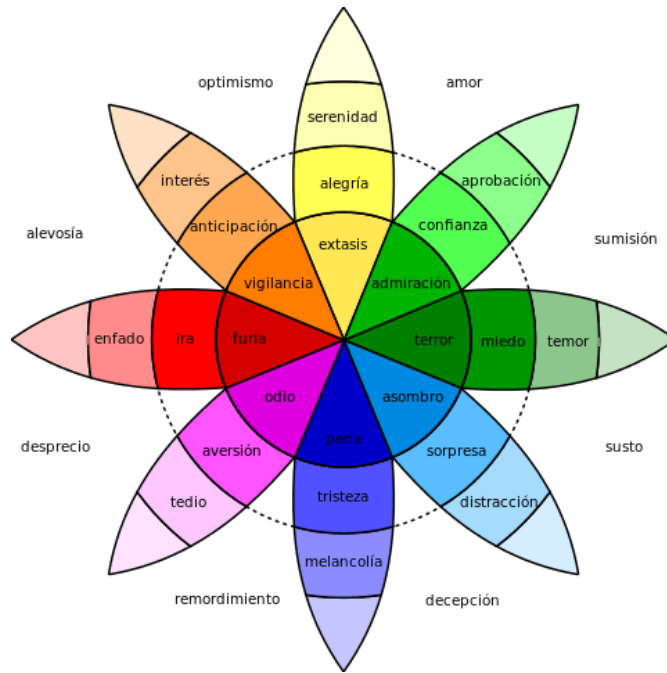


Figura 3. Rueda de las emociones de Plutchik (2001)

Por otro lado, Díaz y Flores (2001) realizaron un trabajo de recopilación de 328 términos en castellano referidas a emociones particulares y las agruparon en 28 campos semánticos de palabras afines⁶. De estos seleccionaron uno de los términos más representativos de cada conjunto, para después ordenar los términos según la intensidad de la emoción principal e identificaron pares conjuntos de antónimos estableciendo 14 ejes polares de la emoción humana creando un sistema ortogonal donde el eje vertical se distribuye entre *agradable* y *desagradable* y el eje horizontal es referido al nivel de *relajación* o *excitación* (Figura 4).

⁶ Fuente: www.areahumana.es, visitado el 02 de noviembre de 2022

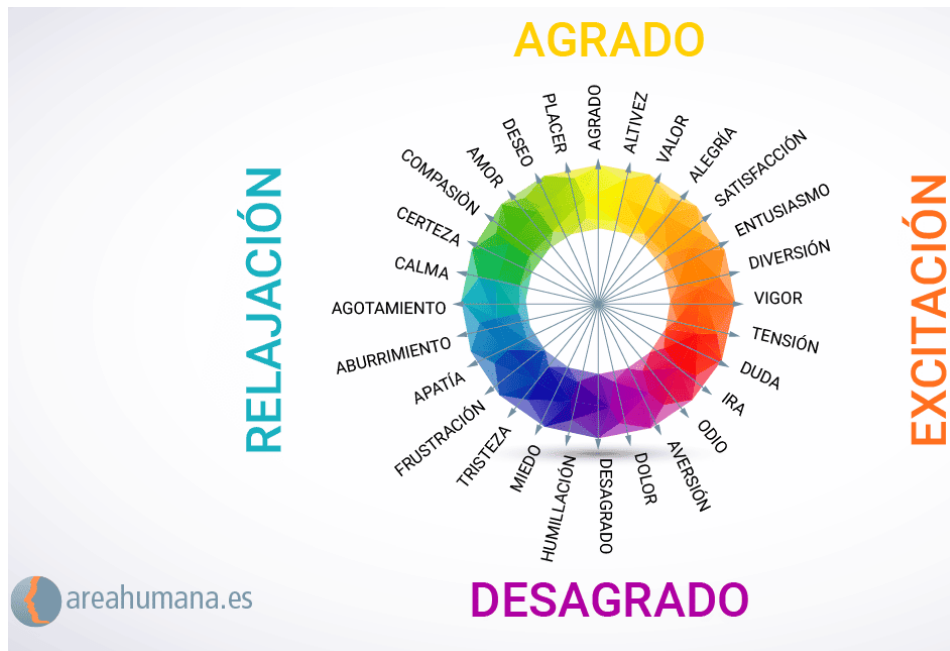


Figura 4. Modelo circular del sistema afectivo propuesto por Díaz y Flores (2001)

Aunque las últimas investigaciones realizadas en nuestro departamento han considerado la clasificación de emociones positivas y negativas (Bravo-Lucas et al., 2022; Dávila-Acedo et al., 2022; Hernández-Barco et al., 2021b, Jeong et al., 2019), tras reflexionar sobre el tipo de emoción que se espera generar en un aula, se ha recurrido a una taxonomía basada en la dimensión afectiva epistemológica, referido a emociones, sentimientos y experiencias generadas durante la construcción del conocimiento científico (Davidson et al., 2020). En esta Tesis Doctoral, más allá de detectar si las emociones que sienten los estudiantes son positivas o negativas, se quiere analizar si los estudiantes se encuentran con una predisposición en el aula que los lleve a estar activos y atentos, permitiéndoles desarrollar características y cualidades propias de la construcción del conocimiento científico como la curiosidad, racionalidad, la incertidumbre, la perseverancia, el escepticismo, etc. No es contrario al aprendizaje que los estudiantes experimenten nerviosismo, expectación o ansiedad por lo que llegará; por otra parte, que los estudiantes se encuentren confiados y tranquilos, con la seguridad de dominar la materia, a pesar de ser emociones positivas, no asegura que vayan a implicarse en el aprendizaje o que este sea más exitoso.

La taxonomía empleada en la presente Tesis Doctoral contempla, por un lado, la *valencia* de las emociones (*negativa*, si genera una sensación desagradable, como la ansiedad; o *positiva*, referida a experimentar sensaciones agradables, como la alegría) y, por otro, el *grado de activación*, es decir, la excitación fisiológica que incita a actuar, por ejemplo, al sentir entusiasmo

o que desactivan y dificultan el aprendizaje, como el aburrimiento (Barrett, 2020, p. 102). Se ha basado esta investigación en los análisis de las emociones académicas en las taxonomías y categorizaciones de distintos autores, como Russell y Barrett (1999), Díaz y Flores (2001), Pekrun y Stephens (2010) o Wilhelm Wundt (1911) que, influenciado por la definición cartesiana, planteó un sistema afectivo con tres dimensiones cualitativas que oscilan en polos opuestos: *excitación-calma*, *placer-dolor* y *tensión-alivio* (Vendrell, 2008). También se han considerado las últimas investigaciones referentes al estudio de la dimensión emocional en el aula de ciencias (Agen y Ezquerro, 2021; Davidson et al., 2020; Dávila-Acedo et al., 2021; Arango-Muñoz y Michaelian, 2014, Tisza y Markopoulos, 2021; Yllana-Prieto et al., 2021).

Estas reflexiones invitan a superar la división “positivas/negativas” y realizar los análisis utilizando un sistema de clasificación bidimensional de las emociones. Parece sensato considerar tanto la valencia de la emoción como su grado de activación durante la construcción del aprendizaje científico (Hernández-Barco et al., 2022b). A la hora de discutir los resultados se observa como limitación el reducido número de trabajos con esta taxonomía.

Es una tarea difícil realizar una clasificación que recoja un número moderado de emociones universales en la que todos los autores estén de acuerdo (Mohammed, 2017). En la Figura 5 se recogen las emociones empleadas en esta Tesis Doctoral; aparecen representadas en dos ejes: el horizontal, que determina la valencia (positiva/negativa) y el vertical que indica el grado de activación/desactivación (Russell y Carroll, 1999). Dentro de las emociones activadoras se encuentran incertidumbre, inseguridad, nerviosismo y preocupación (con valencia negativa) y alegría, curiosidad, diversión, entusiasmo y sorpresa (con valencia positiva). Como emociones desactivadoras se han incluido aburrimiento, ansiedad, apatía, frustración, miedo y rechazo (con valencia negativa) y confianza, satisfacción y tranquilidad (con valencia positiva).



Figura 5. Estructura bidimensional de las emociones empleadas en esta Tesis Doctoral

Como otras clasificaciones (Izard, 1992; Díaz y Flores, 2001), la empleada en esta Tesis Doctoral no pretende ser una selección categórica excluyente, sino un esfuerzo en compatibilizar los distintos enfoques y planteamientos de las distintas teorías de las emociones. Constituyendo así una clasificación inicial que debe ser continuamente corregida, evaluada y adaptada a los distintos contextos: en algunas circunstancias tener confianza en el tema trabajado puede ser motivo para relajarse en el aula, mientras que en otras situaciones promoverá actitudes proactivas. De igual forma, algunos autores consideran el aburrimiento una emoción activadora del aprendizaje (Jiménez-Liso et al., 2022) mientras que otros autores la identifican como una emoción indeseable durante el aprendizaje (Pekrun, 2006). Existen otras emociones (confianza, frustración o ansiedad) que no son fáciles de clasificar en función de su grado de activación o desactivación durante los procesos de enseñanza y aprendizaje, sino que en muchas ocasiones dependen del contexto o del momento cuando se recoja esa información.

Como base del aprendizaje emocional, Punset en el prólogo de “*Universo de emociones*” (Bisquerra, 2021) recomienda dejar manifestar las emociones y aprender a gestionarlas, y esto tiene como punto de origen el saber reconocerlas e identificarlas. La presente Tesis Doctoral se estructura en base a esta premisa: responsabilizar a los docentes en formación inicial de la manifestación y gestión de su propio universo emocional, partiendo del reconocimiento e identificación de sus propias emociones.

1.1.2. El cerebro humano y la memoria

Los hombres olvidan siempre que la felicidad humana es una disposición de la mente y no una condición de las circunstancias.

John Locke

En este apartado se abordan brevemente algunas cuestiones de neuroanatomía básicas para poder comprender cómo el sistema límbico se encarga de generar emociones en el ser humano y cómo el cerebro aprende, cómo las emociones afectan a los recuerdos y a la forma de almacenar la información (memoria). Esto llevará a poder continuar en el siguiente apartado explicando por qué esto interesa en el aula de ciencias y con los docentes en formación. Conocer el mundo de las emociones es básico para captar la esencia de la enseñanza (Mora, 2017).

El cerebro es una masa gelatinosa de casi kilo y medio de peso, de color gris con, quizá, la mayor complejidad de organización conocida hasta ahora. El cerebro humano es un órgano holístico, responsable de que todas las funciones vitales se lleven a cabo. Además, posee funciones ejecutivas que permiten caracterizar la especie como inteligente, con capacidad para procesar información, retenerla y transformarla (Restrepo, 2008). La función principal del cerebro parece tener un objetivo simple: mantener con vida al individuo y estar en constante contacto con el medio que le rodea (Mora, 2002, p. 21).

La información sensorial del mundo entra en el sistema del cerebro que ha aprendido a codificar para castigos y recompensas. Hay un claro límite entre las áreas que procesan la información sensorial y aquellas otras en las que esta información adquiere la impronta emocional. El conjunto de estas últimas conforma lo que se conoce como sistema límbico (encargado de guiar las sensaciones y la expresión de las emociones) y está constituido por múltiples áreas, núcleos y circuitos (Mora, 2002, p. 97). Sin embargo, debido a la complejidad y diversidad de emociones que el ser humano logra experimentar, se desconoce que sea sólo uno y no haya más sistemas implicados.

Las emociones se encuentran integradas en el sistema límbico, conocido en 1955 cuando los investigadores Bucy y Klüver (1955) detallaron los cambios conductuales expresados por los individuos como consecuencia de estímulos inducidos en el laboratorio que también repercutían en su conducta emocional (López et al., 2009). El sistema límbico integra partes del hipotálamo, el área septal, el núcleo accumbens, áreas neocorticales y la amígdala.

La amígdala constituye una de las estructuras más importantes del cerebro emocional. Se trata de un conjunto de neuronas que forman una estructura del tamaño de una almendra. A pesar de hacer alusión siempre a la amígdala (en singular), hay que destacar que, como en casi todas las partes del cerebro, hay dos: una en cada hemisferio (Morgado, 2010). Esta pequeña estructura se encarga de reconocer situaciones y clasificarlas como amenazantes o no y preparar al cuerpo fisiológicamente para una respuesta.

Existe un flujo de información constante entre el cuerpo-cerebro-mente y medio ambiente, englobando cambios bioquímicos, morfológicos, fisiológicos y conductuales: los cambios percibidos del entorno inducen la actividad neuronal, liberación de neurotransmisores que provocan síntesis de proteínas que generan cambios en la morfología de las neuronas modificando las funciones del sistema. Son estos cambios plásticos en el cerebro, que parten de las modificaciones del medio que nos rodea y de los cambios de nuestro propio cuerpo, las bases del aprendizaje y la memoria (Mora, 2002).

El ambiente en sí no proporciona la información detallada sobre si lo que nos rodea es doloroso o placentero, sino que son los receptores del cerebro (los sentidos) los que, tras ser estimulados, envían al cerebro la información y es este quien construye un significado a través del cerebro emocional (Mora, 2006). Ahí se les asigna la etiqueta de bueno/malo, atractivo/rechazable, interesante o no, y pasa a la corteza prefrontal, donde se elaboran los procesos de pensamiento, de razón y las funciones ejecutivas complejas (Mora, 2017). Las correspondientes áreas corticales procesan la información que llega al individuo en todas las modalidades sensoriales (gusto, olfato, tacto, vista y oído) antes de llegar a la amígdala. Finalmente, es en el hipocampo donde se almacenan, el área encargada de los procesos de la memoria a largo y corto plazo (Hernández et al., 2015). El proceso de memorización podría resumirse en los siguientes tres pasos (Etchepareborda y Abad-Mas, 2005):

-*Codificación*. Es el momento crítico en el que la información es procesada y se codifica en forma de imagen, experiencias, ideas o conceptos. Es una etapa fundamental en la que se requiere que el sujeto se mantenga concentrado y atento y con una gran influencia del estado emocional y del que depende del éxito de la memoria.

-*Almacenamiento*. En este paso la información codificada se ordena y categoriza, para lo que es requisito la existencia de ciertas estructuras intelectuales maduras que faciliten este proceso. El almacenamiento constituye una etapa moldeable con la propia experiencia de la persona. Esto podría ser uno de los pilares del constructivismo actual: el aprendizaje se realiza

sobre lo que la persona ya conoce y ha experimentado, y se construye modificando la información ya existente (Bravo-Cedeño et al., 2017).

-Evocación o recuperación de la información. Si la información ha sido correctamente codificada y almacenada, el procedimiento seguido para poder recuperar esa información será más fácil para poder utilizarla. Los sucesos que tienen alguna carga emocional serán evocados con más facilidad que los neutros (Justel et al., 2013).

Actualmente se conocen dos tipos de memoria diferentes: a largo y a corto plazo (Figura 6)⁷:



Figura 6. Clasificación de los diferentes tipos de memoria

-A corto plazo, incluye (1) la memoria inmediata, que permite recordar un número o una información siendo limitada y breve, y posteriormente esa información será desechada y olvidada por el cerebro (Miller, 1956); y (2) la memoria de trabajo (operativa), que permite poder realizar tareas y tener el cerebro concentrado en la actividad durante un periodo de tiempo determinado, permitiendo ser productivos (Baddeley, 1992; Etchepareborda y Abad-Mas, 2005).

-A largo plazo, incluye los tipos de memoria explícita (declarativa) e implícita (procedimental) (Gabrieli et al., 1995), que son las que permiten la construcción de una memoria significativa que llevará a conseguir un aprendizaje. Esta distinción se hace en base a si el sujeto está adquiriendo información de forma consciente y deliberada (tratándose de la memoria explícita) o si por el contrario este aprendizaje está ocurriendo de forma espontánea, de forma incontrolada (memoria implícita). La memoria implícita o procedimental es la memoria sobre habilidades, que permite consolidar el conocimiento y la repetición de forma inconsciente. Es, por

⁷Fuente: NIUCO, 2019

ejemplo, la que se utiliza al montar en bicicleta o al realizar una receta de cocina. La memoria explícita o declarativa incluye todo el conocimiento de una persona y es la que permite expresar lo que sentimos, pensamos o recordar la tabla periódica. Es posible también distinguir en este caso entre la memoria episódica y semántica. La memoria episódica es la autobiográfica, es la que nos permite recordar la casa en la que vivíamos en la infancia o el nombre de nuestros docentes. Se basa en un aprendizaje muy sensorial y permite ordenar de forma cronológica los acontecimientos ocurridos durante nuestra vida. Por otro lado, la memoria semántica es la que implica el conocimiento de datos, fechas, conceptos, pero sin poder remontarnos al momento en el que lo aprendimos. Es una memoria muy duradera, que permite comprender mejor el mundo (Tulving, 1972).

La memoria ha sido una capacidad humana valorada desde las primeras civilizaciones. Los griegos, en sus creencias politeístas, incluyeron entre sus dioses a Mnemósine, la memoria (Iriarte, 1999), en clara referencia a una cualidad que tanto valoraban y que aparece reflejada en uno de los escritos de Platón (Pl. *Fedro*, 275a-275b) en una conversación que mantiene Sócrates con Fedro y le cuenta que Theuth, un dios egipcio (que inventó los números, la escritura, la geometría...), le regaló el arte de la escritura a Thamus, el rey de todo Egipto; Theuth pensaba que era un conocimiento que haría más sabios a los egipcios y que les valdría para mejorar la sabiduría, sin embargo, Thamus veía más inconvenientes que ventajas a la escritura y decía:

“ella no producirá sino el olvido en las almas de los que la conozcan, haciéndoles despreciar la memoria; fiados en este auxilio extraño abandonarán a caracteres materiales el cuidado de conservar los recuerdos, cuyo rastro habrá perdido su espíritu. Tú no has encontrado un medio de cultivar la memoria, sino de despertar reminiscencias; y das a tus discípulos la sombra de la ciencia y no la ciencia misma. Porque cuando vean que pueden aprender muchas cosas sin docentes, se tendrán ya por sabios, y no serán más que ignorantes, en su mayor parte, y falsos sabios insoportables en el comercio de la vida (...)” (Cinquino, 1951).

De la memoria hoy se conoce que no se trata de un proceso neuronal anclado al cerebro de forma firme y cerrada, sino más bien casi al contrario, y que podría ser descrito como un proceso creativo: cada vez que se evocan recuerdos es posible rehacerlos, reconstruirlos, modificarlos y guardar y memorizar esos recuerdos con los cambios realizados (Mora, 2017). Durante los procesos de enseñanza y aprendizaje, lo relevante no es solo almacenar información

referente a los contenidos del currículum, sino conseguir que los estudiantes puedan recuperar y utilizar lo memorizado.

Los procesos de memoria posiblemente conlleven una cooperación entre los sistemas conscientes y los no conscientes al menos en lo que se refiere a su expresión en la conducta. En el caso de las memorias declarativas conscientes un suceso cualquiera puede modificar nuestra conducta. Este tipo de memorias pueden ser evocadas, traídas a la mente como pensamiento sin más o como imagen visual. En las memorias inconscientes (no-declarativas) el conocimiento adquirido se expresa en los propios mecanismos de la conducta sin que nunca pueda aparecer conscientemente ninguna traza de esa última memoria. A lo largo de la vida diferentes experiencias pueden dar lugar a cambios o actitudes personales expresadas en preferencias, respuestas condicionales, hábitos o habilidades especiales (Mora, 2002, p. 138).

A pesar de la dificultad que entraña la observación y el estudio experimental de las modificaciones sinápticas que subyacen a la memoria, estudios sobre el hipocampo demuestran la plasticidad cerebral (Moser et al., 1995): la capacidad que posee el cerebro de cambiar con la experiencia y a lo largo de toda la vida. Esto es posible gracias a la renovación de neuronas (neurogénesis) que ocurre precisamente en el hipocampo y que tienen una relación directa con el aprendizaje (Hernández et al., 2015). Las conexiones neuronales en el cerebro se modifican continuamente, adaptándose a las diferentes experiencias vividas: en eso se basa el aprendizaje y la memoria.

Se ha demostrado que las emociones modulan los procesos de la memoria (aunque sigue sin conocerse por completo el sustrato neuronal que subyace a estos efectos moduladores). Investigadores de la Universidad de Ulm (Alemania) observaron mediante resonancia magnética funcional (RMf) cómo la amígdala se activa ante contextos emocionales negativos y el hipocampo ante contextos positivos. La investigación consistió en analizar el efecto modulador que ejercen las emociones en el proceso de memorización, en concreto los encuestados debían memorizar un número de palabras en contextos emocionalmente positivos y negativos, los resultados se pueden traducir en que “la letra con emoción entra”, pues los estados emocionales positivos favorecen la memorización (Erk et al., 2003).

Más recientemente, Gruber et al. (2014) utilizando la misma tecnología, investigaron cómo la curiosidad (la motivación intrínseca por aprender) afecta en la memorización. Los resultados de las resonancias magnéticas muestran que cuando los niveles de curiosidad son

mayores en los participantes el funcionamiento del hipocampo se ve beneficiado, repercutiendo en la memoria y el aprendizaje.

Se han identificado mecanismos moleculares que conducen a una plasticidad sináptica (y, para otros tipos de memoria, alteraciones no sinápticas capaces de explicarlas): pero no hay duda de que la sinapsis es un lugar clave para el almacenamiento de la información, a través de alteraciones permanentes de la eficacia de las sinapsis cerebrales como base para fijar la memoria. Existe optimismo en la comunidad científica y ambición de lograr conocer los secretos del fundamento físico de la memoria. Cómo interaccionan las diferentes partes del cerebro para que se produzca el aprendizaje es un conocimiento clave y útil para facilitar la enseñanza a los estudiantes.

Por tanto, y para finalizar esta sección, se concluye subrayando que los procesos de aprendizaje y memoria son dos funciones que están relacionadas, ambas enormemente influenciadas por el componente emocional. Tras definir el concepto de emoción y conocer cómo funcionan los procesos de memorización, se incluye un apartado sobre las emociones en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

1.1.3. Las emociones en los procesos de enseñanza y aprendizaje

Nadie nace con competencias emocionales, hay que aprenderlas. Son competencias difíciles de adquirir, pero es un aprendizaje que merece la pena. El desarrollo de competencias emocionales favorece una mejor adaptación al contexto social y un mejor afrontamiento a los retos que plantea la vida.

(Bisquerra, 2021, p. 143).

A pesar de que, como ya se ha comentado, el estudio de las emociones se remonta varios siglos, su impacto y consideración en la educación es bastante reciente: tradicionalmente se han investigado por separado el dominio afectivo y el dominio cognitivo. Las emociones y la dimensión cognitiva casi siempre han sido consideradas independientes: englobando en la parte de cognición los aspectos relacionados con la memoria, aprendizaje o atención y en la parte emocional la experiencia sentimental y las respuestas motoras y fisiológicas (Belmonte, 2007). Hoy se sabe que son una dualidad indisociable: no existe aprendizaje sin interacción con el dominio afectivo (Mora, 2017).

El aprendizaje es definido por Schunk (2012) como un cambio perdurable en la conducta o en la capacidad de comportarse de cierta manera que surge tras la práctica; es decir: implica un cambio, perdura a lo largo del tiempo y ocurre por medio de la experiencia. Para que este aprendizaje sea significativo es preciso una transferencia del conocimiento, la aplicación del conocimiento y las habilidades que han sido adquiridas a lo largo de la etapa de aprendizaje en nuevos contextos y situaciones. Solo el conjunto de la realización de actividades práctica con la experiencia y la transferencia a otros contextos provocará cambios en el cerebro que generarán un aprendizaje significativo.

Por otro lado, para que se produzca el aprendizaje es necesario que exista una función cerebral básica: la atención (Solís y López-Hernández, 2009). Sin atención no hay aprendizaje (Mora, 2017). Es necesario que los estudiantes se encuentren concentrados durante las actividades de enseñanza y aprendizaje para que se puedan asimilar y aprender los conocimientos. Al mismo tiempo, las emociones y los procesos que envuelven son esenciales para la formación y asimilación de experiencias conscientes, además de que pueden ayudar a dirigir la atención (Phelps, 2006).

En cuanto a la importancia que puede atribuirse a las emociones en el aprendizaje, se sabe que estas ayudan a fijar u obstaculizar los conceptos en la memoria; los episodios que están asociados a alguna emoción son más fáciles de recordar y tienen una mayor duración en la

memoria (Mora, 2012). Las emociones influyen en los resultados de aprendizaje de los estudiantes (Carmona-Halty et al., 2019), sin embargo, es necesario y de relevancia que la emoción esté contextualizada en los procesos de enseñanza y aprendizaje, el sentir diversión por estar pasándolo bien en clase con los compañeros, sin estar relacionado con la tarea, hará que el alumno esté distraído y no inmerso en la actividad (Pekrun, 2014).

El haber realizado esa disociación entre la dimensión emocional y epistemológica del aprendizaje de las ciencias ha llevado, en muchas ocasiones, a generar malas experiencias durante el transcurso de la etapa escolar a los estudiantes (García-Ruiz y Sánchez, 2006; Gargallo y Bargalló, 2009; Tomas et al., 2016) que sienten un verdadero rechazo emocional hacia las materias científicas y se encuentran condicionados a la hora de decidir sus estudios superiores; muchos de ellos eligen alejarse de los estudios científico-tecnológicos en la educación superior (Mellado et al., 2014).

Con respecto a la enseñanza de las ciencias, los aspectos afectivos que han sido investigados principalmente son los relacionados con las actitudes, más que las emociones. Actualmente, son numerosos los investigadores e investigadoras que se encuentran trabajando en el dominio afectivo de los estudiantes de educación infantil (Bravo-Lucas et al., 2019; Bravo-Lucas et al., 2022; Marín y Muñoz, 2018; Mazas y Bravo, 2018; Sanz et al., 2021; Torres et al., 2018), educación primaria (Borreguero et al., 2018; Fernández-César et al., 2020; Sánchez-Martín, Gallego-Méndez et al., 2020), secundaria (Dávila-Acedo et al., 2022; Jegede, 2007; Sánchez-Martín, Álvarez-Gragera et al., 2017; Zamalloa y Sanz, 2020), educación superior y específicamente, de la formación de docentes (Aalderen-Smeets y Molen, 2015; Carmona-Halty et al., 2019; Jeong et al., 2016, 2019; Kumar y Nertivich, 2019; Ochoa-De Alda et al., 2019; Pekrun, 2014; Pipitone et al., 2019; de Pro, 2009; Retana-Alvarado et al., 2018; Zamora-Polo et al., 2019).

Lo que se conoce hasta hoy es que los estudiantes de educación primaria durante los primeros cursos presentan una actitud muy positiva hacia la ciencia y sus emociones suelen ser muy positivas, sin embargo, a lo largo de la escolarización se van perdiendo e incluso se conoce un año de “erosión” (Hadden y Johnstone, 1983) que coincide con el paso de los estudiantes al instituto: momento en el que las emociones hacia las ciencias se deterioran mucho (Speering y Rennie, 1996). Estos estudios en la década de los 80 comenzaron a alertar de la preocupante disminución del interés de los estudiantes de secundaria por el estudio de las áreas científico-tecnológicas. Esta tendencia se ha ido agravando desde entonces, en parte porque los

estudiantes tienen una imagen negativa de las ciencias, las consideran aburridas, difíciles o irrelevantes para la vida (Vázquez y Manassero, 2011).

La formación de los docentes se vuelve una pieza clave, pues es innegable la gran importancia que tiene la educación en las etapas iniciales (educación infantil y primaria) y el rol que cumple el profesorado como agentes para el cambio (fundamental para la calidad educativa) (López-Luengo et al., 2018). Es necesario que tanto el profesorado en activo, como el profesorado en formación, sean conscientes de sus propias emociones y de qué efectos pueden generar a través de su actividad de aula, sobre todo en esas áreas que generan emociones negativas como la física y la química (Dávila-Acedo, 2017).

En la actualidad la ciencia que se enseña en los colegios no fomenta la curiosidad de los estudiantes (Marbà y Bargalló, 2010) provocando gradualmente el desinterés generalizado hacia el estudio de las ciencias y la tecnología, un desinterés que se acentúa a lo largo de la etapa de escolarización, existiendo un verdadero declive y alejamiento por parte de los estudiantes de los campos científicos (Vázquez y Manassero, 2011): es necesario actuar para revertir esas tendencias e impulsar el crecimiento científico y tecnológico en la sociedad actual. Esto supone un grave problema al convertir la ciencia en patrimonio de una minoría (Marbà y Bargalló, 2010) que no asegura la renovación de la comunidad científica y que es considerado un problema internacional por el posible impacto que puede generar en el desarrollo económico y social de los países (Vázquez y Manassero, 2015).

Por eso es necesario que el profesorado de ciencias promueva la autorregulación y la gestión emocional en las sensaciones negativas que puedan surgir durante el aprendizaje de las ciencias, y el docente debe responsabilizarse y ser consciente de que los estudiantes de primaria que sienten emociones más positivas hacia la asignatura también sentirán más interés hacia esas asignaturas utilizándolo para alcanzar el objetivo: revertir esas emociones negativas y desactivadoras del aprendizaje, asegurándose de que las experiencias durante el aprendizaje sean positivas (Tomas et al., 2016).

Como ya ha sido defendido por Zabalza (2021) la profesión docente comprende importantes cambios y necesita formarse a lo largo de toda la vida, punto clave para mejorar la calidad de la docencia. El autor reclama una reflexión profunda para reconstruir la figura del docente, que debe ser modificada por ellos mismos a la vez que es necesaria una reforma en el procedimiento por el que se educa a quienes serán los docentes del sistema educativo: deben

convertirse en expertos en la didáctica de la disciplina. Considerar el dominio afectivo es especialmente interesante en la formación de docentes.

¿Es posible ser un buen docente sin gestionar correctamente las emociones? Desarrollarse en cualquier profesión es complicado sin competencias socioemocionales, pero es fundamental el desarrollo de estas habilidades en la formación de docentes. Los docentes y sus comportamientos tienen un indiscutible impacto sobre los estudiantes y sobre sus logros académicos (Eccles, 2009). Conocer sus emociones, saber gestionarlas y comunicarlas, tener habilidades y recursos para hacer frente a las diferentes situaciones que se pueden vivir en un aula son competencias que se demandan de un buen docente. Y más allá de eso, un docente de ciencias debe saber promover en el aula estos ambientes afectivos epistemológicos, y ser capaces de generar sensaciones de incertidumbre o incompreensión (que motive esa búsqueda de satisfacción intelectual al lograr comprender un fenómeno desconocido inicialmente), seleccionar la dificultad apropiada de las tareas, despertar curiosidad por la adquisición de los contenidos y fomentar el desarrollo de destrezas y habilidades que los haga sentirse competentes (Arango-Muñoz y Michaelian, 2014). Muy relacionado con esto último está la otra variable de estudio analizada en esta Tesis Doctoral, la percepción de autoeficacia.

1.1.4. Autoeficacia frente a las ciencias de los docentes en formación

Si al fin no hay nada, hay que buscarlo todo en el tránsito; si no hay un vergel al fin, gozemos siquiera las rosas, malas o buenas, que adornan la orilla.

Mariano José de Larra

Además de las emociones hay otras variables del dominio afectivo de los docentes que tienen una enorme repercusión en su práctica de aula. Bisquerra (2021) asegura que dentro del bienestar emocional se encuentra el bienestar profesional, refiriéndose con ello a la satisfacción que una persona puede experimentar en su trabajo, más allá de tener un buen empleo y sueldo, alude a cuando estos futuros docentes se impliquen y comprometan con sus tareas docentes (*engagement*), podrán fluir y habrán conseguido que su trabajo sea una forma de autorrealización y que esto contribuya a su propio bienestar. Para Aristóteles (367 a.C.–347 a.C.), el bienestar (duradero y profundo) consistía en el ejercicio de la virtud, vinculado a las intenciones del individuo y de su gestión de los estados de ánimo: el bienestar es un compromiso activo con la vida y con los demás a través del altruismo y la prosocialidad. Este bienestar, duradero y profundo, incluye la autoaceptación, el desarrollo personal (autorrealización), el tener un propósito en la vida, la percepción de control, tener relaciones positivas y autonomía (Bisquerra, 2021, p. 100). Los docentes en formación inicial en virtud de su propio beneficio y del efecto tan importante que tendrán en la vida de los estudiantes con los que trabajen, deben aprender a regular sus estados emocionales y a considerar estas variables afectivas, que condicionarán el adecuado aprendizaje de sus estudiantes.

Junto a otras dimensiones psicológicas que abarcan la intencionalidad, la autorregulación o la reflexión, que permiten y ayudan a controlar las situaciones (Code, 2020), se incluye la autoeficacia, definida como las creencias en las propias capacidades para organizar y ejecutar las acciones necesarias encaminadas a conseguir determinados logros o resultados, influyendo sobre la propia manera de sentir, pensar y actuar (Bandura, 1997). Los estudios sobre la percepción de autoeficacia muestran que juega un papel muy importante en otros factores relacionados con la salud física y psicológica. Por ejemplo, O'Leary (1992) encuentra en sus investigaciones vínculos entre la percepción de autoeficacia y reacciones fisiológicas del estrés, aquellas personas con una alta percepción de autoeficacia reportan niveles más bajos de estrés y tensión laboral. Por otro lado, también se encuentra una relación significativa entre altos niveles de estrés, ansiedad y depresión con tener una baja percepción de autoeficacia (Dewitz et al., 2009; Ghaderi y Salehi, 2011). Por tanto, la autoeficacia es una variable que influye enormemente

en la satisfacción laboral y en el bienestar general de las personas. Caroli y Sagone (2014) analizan la percepción de autoeficacia en una muestra de estudiantes adolescentes y encuentran una asociación positiva entre tener una alta percepción de autoeficacia y tener altas tasas de satisfacción y bienestar general (crecimiento personal, auto aceptación, autonomía, y confianza en sus conocimientos). Las personas que tienen una gran seguridad en sus capacidades consideran las tareas difíciles como retos a superar en lugar de amenazas que deben evitar (Bandura, 1997).

Esta variable está muy relacionada también con el autoconcepto: un docente con una alta percepción de sus capacidades persistirá más en la tarea y estará más dispuesto o dispuesta a desafiar aquello que piensa que pueda dominar. Sin embargo, un docente lleno de dudas sobre sus propias capacidades tenderá a alejarse de las actividades y situaciones que considere que excedan sus aptitudes⁸. Por lo general, los docentes no suelen sentir confianza a la hora de enseñar ciencias en el aula (Yates y Goodrum, 1990) y la consideran particularmente difícil de aprender (Gargallo y Bargalló, 2009).

Para poder sentirse eficaz y llevar a cabo una tarea con éxito, es imprescindible que los maestros tengan un gran dominio del tema que van a enseñar y profundos conocimientos de la materia: es imposible que un docente consiga enseñar algo que desconoce (Mellado, 2017). Los docentes deben conocer el contenido y su didáctica. Aquellos docentes que se sientan mejor preparados se sentirán más cómodos en clase y sentirán emociones más positivas durante la enseñanza (Borrachero et al., 2013). Investigaciones previas muestran cómo este factor está muy relacionado y es predictor de la conducta que tendrán los docentes en el aula (Borrachero et al., 2013; Dávila-Acedo, 2018; Mellado et al., 2014). Borrachero et al. (2013) analizaron la relación existente entre la percepción de autoeficacia frente a la enseñanza de la física y las emociones experimentadas por los docentes cuando imparten esos contenidos y encontraron que los docentes de secundaria se sienten preparados para enseñar física con su formación previa y encuentran una relación de asociación entre la percepción de autoeficacia y las emociones: aquellos docentes que manifestaban sentir emociones negativas tenían más baja percepción de autoeficacia. Los docentes que consideran que poseen las herramientas y habilidades necesarias

⁸ Ver vídeo "Teoría de la autoeficacia" de Albert Bandura.

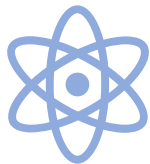
<https://www.youtube.com/watch?v=jcNDX33V-T4>

para enseñar ciencias, son también los que sienten emociones positivas hacia los contenidos (entusiasmo, alegría o satisfacción). La autoeficacia influye en el compromiso docente y en el desarrollo profesional, en la motivación para la innovación de nuevos enfoques o estrategias, en las expectativas y logros sobre el aprendizaje de las ciencias de los estudiantes. Además de estar fuertemente ligada a la práctica docente, la autoeficacia del docente está muy relacionada con el éxito alcanzado por los estudiantes (Klassen y Tze, 2014).

Mantener una *mentalidad de crecimiento* también es decisivo en el éxito académico en ciencias de los estudiantes (Blackwell et al., 2007). Las autoras analizaron durante cinco años seguidos a alumnos de 12-13 años en la asignatura de matemáticas, comprobando que aquellos estudiantes que consideran que la inteligencia es maleable y que se puede mejorar con la práctica aprenden más y mejor que aquellos estudiantes que tienen una mentalidad fija o que consideran que no son lo suficientemente inteligentes.

La conducta que el docente puede tener en el aula se fundamenta en sus antecedentes personales y consecuencias, sus conductas han sido valoradas con refuerzos y castigos, y según esta dicotomía su conducta se mantendrá o eliminará. La evocación y el recuerdo de determinados hechos o situaciones genera emociones (Damasio, 2010) y, probablemente, los docentes en formación inicial que hayan tenido problemas durante el aprendizaje de las ciencias tendrán dudas sobre su capacidad a la hora de enfrentarse a la tarea, lo que les hace sentir cierta ineptitud y puede generarles ansiedad (Montelongo et al., 2009).

El éxito en las experiencias vividas será razón para fortalecer la autoeficacia personal, los estados emocionales son para Bandura (1997) una de las fuentes de las creencias de la autoeficacia. Por eso, es fundamental que durante la formación de los docentes se incida y se generen experiencias que permitan al alumno mejorar esta sensación de autoeficacia (Bandura, 1997). También la observación de logros de otros les permitirá a ellos mismos imaginarse realizando la tarea, constituyendo una fuente de información valiosa que el alumno puede aprovechar para mejorar su auto concepto. Finalmente, el estado emocional y la atmósfera creada por el docente, un clima de confianza y respecto facilitará y fomentará un aumento en su autoeficacia (Corzo, 2006). Es por eso tan importante intentar que las emociones sentidas en el aula durante el aprendizaje de las ciencias sean positivas, que promuevan una sensación de confianza en su labor, ayudándole a sentirse competentes y preparados para la enseñanza; mejorar sus características psicológicas también contribuirá a hacer que su enseñanza sea más efectiva (Klassen y Tze, 2014).



CAPÍTULO 1. Apartado 2

IDEAS PREVIAS EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE
DE LAS CIENCIAS

1.2. Ideas previas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias

Cambia tu atención y cambiarás tus emociones.

Cambia tu emoción y tu atención cambiará de lugar.

Frederick E. Dodson

En esta Tesis Doctoral, además de la dimensión afectiva de los docentes en formación, se analiza también la dimensión cognitiva, considerando el aprendizaje a lo largo de la formación académica de los docentes. Es indudable que vivimos en una sociedad altamente científica y tecnológica en la cual cada vez se demanda más la opinión ciudadana, por ejemplo, acerca del cambio climático, la generación de energía, etc. Por lo tanto, una adecuada formación científica es necesaria para capacitar a los ciudadanos en una participación efectiva en el mundo real. Los contextos actuales de “sobreinformación” permiten que tengamos al alcance de la mano y en un solo *click*, toda la información que queramos, sin embargo, también la “desinformación” (Rubin, 2019).

Desde el año 2002, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)⁹ recoge y analiza cada dos años los datos de la Encuesta de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España para conocer la percepción de la ciudadanía sobre los avances científicos y tecnológicos y ver cómo afecta a la calidad de vida de la población. El último informe, realizado entre julio y octubre del año 2020, analiza la alfabetización científica de la población española y revela que el 72 % de la población utiliza la televisión como medio para informarse sobre temas de ciencia y tecnología, seguido de internet (61,4 %), donde señalan redes sociales (71,7 %) y medios digitales (63,4 %) como medios favoritos: esto lleva a un problema social bastante grave, pues la mayor parte de la población no construye su opinión sobre la ciencia y la tecnología de manera directa.

La democratización de la información y las redes sociales ha convertido a la ciudadanía en “prosumidora de información”, han dejado de ser consumidores a productores activos y creadores de contenidos, con cada vez más poder y más responsabilidades en una época de democratización de la información que ha tenido como efecto colateral el nacimiento del bulo (o

⁹ El informe del año 2020 se puede consultar en:

https://icono.fecyt.es/sites/default/files/filepublicaciones/21/percepcion_social_de_la_ciencia_y_la_tecnologia_2020_informe_completo_.pdf

fake news) (López-Barrul, 2021). El conocimiento científico es el que nos permite poder acercarnos a la realidad y tomar decisiones con libertad. Pero en las últimas décadas han surgido numerosos movimientos contrarios a la ciencia, como los “terraplanistas” (Břizová et al., 2018) o negacionistas del cambio climático (Bain et al., 2012). Este tipo de movimientos nos recuerdan lo necesaria que es una correcta educación científica y la educación superior constituye una pieza clave en el desarrollo social, cultural y económico de las sociedades no sólo por aportar conocimiento académico sino porque además contribuye a la formación de múltiples dimensiones personales, representando una base necesaria para las sociedades civilizadas (Khatun, 2019). Independientemente del nivel educativo en el que se esté trabajando, el profesor es un trabajador de la cultura, transmitiendo, recrea y reinventa la cultura, ofreciendo al alumnado un lugar, como receptor o productor, como agente pasivo o activo, como lector superficial o crítico (Calvo-Salvador, 2019).

La alfabetización científica incluye (a) aspectos intelectuales, referidos a conocimiento conceptual, explicaciones y análisis de las interacciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad; (b) aspectos actitudinales y comportamentales, que consisten en saber interpretar y aplicar el método científico, conocer cómo comunicar y mostrar curiosidad por el mundo; (c) aspectos sociales y éticos, comprender la ciencia y la tecnología como constructos humanos, reconociendo las fortalezas y las limitaciones y tomando actitudes responsables; (d) aspectos interdisciplinarios, conectando ciencia, arte, tecnología, historia, humanidades, economía y el resto de problemas mundiales (Church, 2009).

Pruebas de evaluación internacional como las pruebas PISA (Programme for International Student Assessment), que evalúa a estudiantes entre los 15 y 16 años (OECD, 2020), y los estudios TIMMS (Trends in International Mathematics and Science Study) que evalúan estudiantes entre los 9 y los 10 años, revelan que la enseñanza de las ciencias se encuentra en un momento crítico. Estos estudios analizan el nivel de alfabetización científica en los países de la OCDE. El nivel de desempeño de los estudiantes españoles en matemáticas y las asignaturas científicas está por debajo de la media del resto de países de la OCDE. Mejorar estos datos es responsabilidad de los docentes en activo y de los que se encuentran actualmente en formación inicial.

El Ministerio de Ciencia e Innovación ha publicado el informe “Científicas en cifras 2021” donde analizan las vocaciones científicas y el sesgo de género. Los resultados del informe PISA del año 2018 indican que en España los chicos de 15 años lograron 6 puntos más que las chicas

en las pruebas de matemáticas e indica que las vocaciones científicas siguen siendo masculinas (Secretaría General Técnica del Ministerio de Ciencia e Innovación, 2021, p. 10). A lo largo de esta Tesis Doctoral se discuten diferencias tanto en el dominio afectivo como cognitivo en función del género. Los estudios de género (nombrar el mundo en femenino y reconocer lo que aportan las mujeres al mundo) hacen hincapié en reconocer las instituciones educativas como potentes dispositivos de creación de subjetividades de género, que conduce también a una mirada innovadora (Calvo-Salvador, 2019)¹⁰: vivir experiencias educativas relevantes que crean un relato nuevo y lleva a un cambio.

En esta Tesis Doctoral se analiza el aprendizaje a lo largo del estudio de tres asignaturas científicas del Grado en Educación Primaria, para conocer si se consiguen modificar las ideas previas que los docentes en formación poseían inicialmente. Desde el inicio del estudio de la didáctica de las ciencias, el abordaje de las ideas previas de los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias ha sido un recurso empleado en numerosas ocasiones por los investigadores: pues detectar esos errores conceptuales en los estudiantes es el primer paso para intervenir. Se trata de un campo bien consolidado, que cuenta con abundante bibliografía y que ha permitido conocer diferentes concepciones que tienen los estudiantes cuando llegan al aula (Giraldo-Toro et al., 2015).

Situar un origen de la investigación de las ideas previas en la enseñanza de las ciencias no es sencillo, pero probablemente Laurence Viennot sea una de las primeras investigadoras en analizar las ideas previas hacia las ciencias de los estudiantes y, además, de posicionar como origen de las ideas previas la propia práctica docente (Viennot, 1979).

Pero... ¿cómo designarlas? A pesar de ser uno de los temas más explotados en la didáctica de las ciencias no hay un consenso sobre el término a emplear: ideas previas (Dávila-Acedo et al., 2017), errores conceptuales (Gil, 1987), concepciones alternativas (Carrascosa, 2005), etc. Ideas previas o concepciones alternativas han ido desplazando a otros términos, como errores conceptuales o preconceptos, pues no implican ningún sentido negativo (error en la comprensión o conocimiento incompleto, como sí supone el término error conceptual, o *misconception*) y tiene en cuenta las explicaciones personales que utilizan los estudiantes para

¹⁰ Adelina Calvo Salvador. "Innovar en Educación a Través de los Estudios de Género". Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=b9_6oJMdhZY

interpretar los diferentes fenómenos. El término elegido a lo largo de esta Tesis Doctoral es "ideas previas", entendido como construcciones elaboradas por los estudiantes de forma individual como necesidad de dar respuesta e interpretar los fenómenos que ocurren en la vida cotidiana; se trata de una idea elegida por el estudiante por ser considerada la mejor explicación, conformando una idea alternativa a la ciencia, que no es precisa y está limitada solo a ciertos fenómenos. El concepto no ha sido transformado por la acción escolar y la interpretación está enfocada a dar explicaciones, descripciones y predicciones, pero sin estar aceptada por ningún consenso científico (Sarıkaya, 2007). Aunque, más problemático que determinar su nomenclatura es cómo considerarlas e interpretarlas: algunos autores las consideran mini-teorías, modelos representacionales... La física ha sido la materia que más atención ha recibido, seguido de la biología y la química. Esto ha permitido conocer las ideas previas de forma general, pero no es posible conocer bien cómo se han generado.

Algunas de las características de las ideas previas son:

- que son de carácter implícito, normalmente los estudiantes no llevan a cabo una "toma de conciencia" de sus ideas y explicaciones
- son universales, se encuentran en todos los estudiantes de distintas edades, género y culturas,
- son aprendizajes que han realizado de forma inconsciente a lo largo de sus experiencias vitales
- pueden ser contradictorias en un mismo estudiante cuando intenta aplicarlo a contextos diferentes
- no es posible modificar estas ideas previas mediante la enseñanza tradicional de las ciencias, sí es posible a través de estrategias orientadas a realizar un cambio conceptual
- muchas guardan relación y parecido con ideas científicas que han surgido a lo largo de la historia
- en muchos casos los propios docentes comparten las ideas previas de los estudiantes (Fernández-Nistal y Peña, 2008)
- pueden tener diversos orígenes, pero son fruto de experiencias de los estudiantes con relación a fenómenos cotidianos: el propio lenguaje que se mezcla con el científico, los medios de comunicación, la cultura de cada civilización, e incluso los profesores, los libros de texto y otros materiales escolares.

En muchas ocasiones, el mecanismo que tienen los estudiantes para validar sus ideas es la contrastación con otros estudiantes y personas comunes. Por tanto, cuando los estudiantes llegan al aula, ya llegan con un bagaje experiencial y vivencial, con multitud de ideas previas sobre los distintos fenómenos y conceptos científicos por las experiencias individuales y personales de cada alumno. No modificar estas ideas provoca que el aprendizaje sea deficiente y que no tenga coherencia lo que se está aprendiendo, por lo que el primer paso antes de comenzar con los procesos de educación y aprendizaje es realizar un sondeo de las ideas previas que tienen los estudiantes en el aula.

Es importante que los profesores sean conscientes de las ideas previas de los estudiantes y lo tomen como punto de referencia para el diseño de actividades y el desarrollo de estrategias de aprendizaje y de evaluación. Las ideas previas sugieren que el aprendizaje lleva implícito un problema de construcción y transformación conceptual, que requiere de un conflicto cognitivo para poder generar modificaciones estructurales para conseguir un aprendizaje

Contemplar ese bagaje experiencial que traen los alumnos (sus ideas previas) ha permitido que hoy sea el sujeto que aprende el eje del proceso de la enseñanza, reconociendo el papel activo que juegan los estudiantes en el aprendizaje de los conceptos científicos, surgiendo nuevos enfoques en torno al aprendizaje y el cambio conceptual. El estudio de las ideas previas de los docentes de educación primaria constituye una línea de investigación que sostiene que los docentes poseen ideas alternativas o no científicas sobre distintos conocimientos científicos, semejantes a los propios niños (Fernández-Nistal y Peña, 2008). En esta Tesis Doctoral se han trabajado contenidos científicos del currículum de primaria y se ha confeccionado un cuestionario que incluye las ideas previas recogidas en la Tabla 6.

Tabla 6. Ideas alternativas trabajadas en la Tesis Doctoral

Idea alternativa	Idea científica
Las rocas están formadas por arena	Las rocas están formadas por minerales
Las pantas utilizan agua y suelo para obtener energía	Las plantas utilizan CO ₂ , sales minerales, agua y luz solar para obtener energía
Los antibióticos actúan frente a virus	Los antibióticos actúan frente a bacterias patógenas
La Luna tiene mayor tamaño que el Sol	En el Sistema Sol-Tierra-Luna el Sol es el que tiene mayor tamaño
Las pastillas anticonceptivas son un método anticonceptivo capaz de prevenir las ETS	El preservativo es el único método anticonceptivo capaz de prevenir las ETS
El espacio que hay entre átomos está ocupado por aire	El espacio entre los átomos está vacío
Los cambios de estado son cambios químicos	Los cambios de estado son cambios físicos
El sol gira alrededor de la Tierra	La Tierra gira alrededor del sol
Las plantas no tienen reproducción sexual	Las plantas tienen reproducción sexual
En invierno hace más frío porque la Tierra está más lejos del Sol	En invierno hace más frío porque los rayos del sol no llegan de forma perpendicular a la superficie, como sí ocurre en verano en el hemisferio norte
El ser humano es la especie más evolucionada en el planeta	El ser humano está al mismo nivel evolutivo que el resto de las especies
Las bacterias no tienen células	Las bacterias son organismos formados por células
La Tierra tiene varios satélites naturales	La Tierra tiene un único satélite natural
Las algas pertenecen al reino de los vegetales	Las algas pertenecen al reino Protista
Las sustancias de origen vegetal son las más saludables	Existen sustancias de origen vegetal poco saludables como el aceite de coco o el aceite de palma
La dehesa es un tipo de bosque mediterráneo de origen natural	La dehesa es un tipo de bosque mediterráneo de origen antrópico
El interior de la Tierra está formado por lava	El interior de la tierra está formado por un núcleo sólido
La Tierra se está calentando como resultado de una mayor entrada de radiación a través del agujero en la capa de ozono	El cambio climático actual se debe principalmente a la acumulación de gases de efecto invernadero
Los fuertes vientos son los causantes de las corrientes marinas	Las corrientes marinas están generadas por diferentes causas (rotación terrestre, movimiento de traslación, ubicación de los continentes, diferencias de temperatura y salinidad...)
La fuente de energía más utilizada en los hogares es la electricidad	La electricidad es la forma de energía más utilizada
Cuando dormimos reponemos energía	La energía solo es posible obtenerla de los alimentos
El sonido se transmite en cualquier medio sólido, líquido, gaseoso y en el vacío	El sonido necesita de la existencia de algún medio para poder transmitirse, no puede transmitirse en el vacío
La leche de vaca es una sustancia pura	La leche de vaca es una mezcla homogénea que contiene agua, azúcar, grasas, proteínas...
Las estaciones del año se producen por la rotación de la Tierra	Se deben a la inclinación del eje terrestre que hace que, durante la traslación, los rayos solares incidan en la superficie terrestre con diferente inclinación

En general, a lo largo de las distintas asignaturas científicas del grado, los docentes en formación inicial trabajarán los contenidos científicos que aparecen en el cuestionario incluido como anexo I. En algunos casos, estos contenidos han sido abordados en clases teóricas en el aula y en otros a través de las diferentes intervenciones que se han llevado a cabo. Las metodologías utilizadas se describen en el siguiente apartado.



CAPÍTULO 1. Apartado 3

Metodologías activas en la Educación Superior

1.3. Metodologías activas en educación superior

“El dolor es una experiencia, un refuerzo negativo, que el cerebro trata de no repetir y olvidar pronto. Por el contrario, aprender con alegría, con placer, es un refuerzo positivo, algo cuya experiencia se trata de repetir y además mantiene en la memoria mucho más tiempo lo aprendido”
Francisco Mora

1.3.1. Una educación superior para formar personas

La sociedad actual, basada en la información y el conocimiento, se caracteriza por rápidos cambios en contextos difíciles (Garritz, 2010) donde las técnicas tradicionales de enseñanza se convierten en obsoletas cada vez más rápido. Las universidades están viviendo la mayor transformación de su historia, debido a la internacionalización y globalización de la educación, la ambigüedad y los cambios en el concepto de tiempo y espacio, nuevos paradigmas de producción de conocimiento, la transformación de las sociedades con la inclusión de las nuevas tecnologías, etc. (de Wit, 2020). El desarrollo tecnológico en las últimas décadas ha propiciado cambios en la forma que tenemos de enseñar y de aprender. La educación superior ha sido afectada por la tecnología (Au-Yong-Oliveira et al., 2018), que se ha convertido en uno de los mayores retos de las universidades (Zahavi y Friedman, 2019). Estos contextos de globalización han requerido que la educación superior se ajuste a estos nuevos sistemas y sociedades modernas, transformando los procesos de enseñanza y aprendizaje en la universidad (Murga-Menoyo, 2015).

Sucesivas investigaciones educativas en todo el mundo, desde hace décadas, reiteran que los sistemas educativos deben vincularse con las nuevas necesidades personales, sociales y de empleo de los ciudadanos: habilidades comunicativas, resiliencia, adaptación, reflexión, cooperación o creatividad (Andrews y Higson, 2008; Luthy y Deck, 2007; Nieto, 2008). Con el objetivo de lograr esos retos de forma adecuada, los sistemas educativos deben incluir en sus programas la formación ciudadana en *competencias blandas (soft skills)* (Magrin et al., 2019; Shakir, 2009) que van más allá de la memorización de contenido y realización de actividades porque permiten el aprendizaje permanente y a lo largo de toda la vida, y que pueden ser transferidos para afrontar entornos imprevistos, diversos y cambiantes (Gerstein y Friedman, 2016; Steffens, 2015; Vázquez y Manassero, 2018). En este sentido, se trata de aspectos más

requeridos en los estudiantes recién graduados por los empresarios, como han defendido destacados personajes públicos¹¹.

Actualmente, la Educación Superior en Europa se rige por el llamado Plan Bolonia, iniciado en 1999, que impone a las universidades del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) la obligación de orientar la educación a la obtención de competencias: una combinación dinámica de atributos, habilidades y actitudes (Palés-Argullós et al., 2010). La OCDE y la UNESCO realizan grandes esfuerzos para transmitir la necesidad de conseguir una formación holística que integre no sólo contenido teórico sino también habilidades sociales para educar ciudadanos competentes emocionalmente (Fragoso-Luzuriaga, 2015). De esta forma, las modificaciones en las políticas educativas europeas pretenden situar al estudiante en el centro de los procesos de enseñanza y aprendizaje, donde además de cumplir los objetivos y estándares de aprendizaje, éstos consigan desarrollar análisis crítico, reflexión sistemática, toma de decisiones colaborativas y sentido de la responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras (Agbowuro y Keswet, 2016; Hernández-Barco et al., 2019; Murga-Menoyo, 2014; Tang et al., 2020). El papel de las universidades no es únicamente formar profesionales, las nuevas sociedades necesitan ciudadanos competentes capaces de adaptarse a los entornos y contextos futuros a los que habrá que hacer frente, sin embargo, la estructura del currículum no facilita un aprendizaje crítico, innovador, creativo o el desarrollo de habilidades personales (como la responsabilidad, trabajo en equipo o empatía).

El Plan Bolonia propone un cambio en el paradigma educativo para que la enseñanza de los estudiantes se adecúe a las necesidades del mercado laboral, y donde el alumno se encuentra en el centro del proceso de enseñanza/aprendizaje, que debe promover una interacción continua y permanente entre la formación y el trabajo (*lifelong learning*). Esto requiere que los estudiantes y profesores se adapten a un nuevo modelo de “competencias” que es reflejado en los nuevos currículums (Andelković et al., 2018; Palés-Argullós et al., 2010; Steffens, 2015), transmitiendo el rol central de los procesos de enseñanza y aprendizaje del docente al alumno.

La educación superior debe fomentar, por tanto, el desarrollo de habilidades comunicativas, adaptación, creatividad, inteligencia emocional, pensamiento crítico o empatía. La reciente Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica

¹¹ Bill Gates apuesta por la contratación basada en habilidades y no en títulos. Disponible en: <https://www.businessinsider.com/bill-gates-skills-better-than-degrees-2013-8?IR=T>

2/2006, de 3 de mayo, de Educación, 2020 exige que a lo largo de todas las áreas de educación primaria se fomente la creatividad y del espíritu científico de los estudiantes. Con ello, y para promover un aprendizaje integral de los estudiantes, han surgido métodos alternativos de enseñanza que se presentan a continuación.

1.3.2. ¿Cuál es la mejor manera de enseñar ciencias a los docentes en formación?

Tradicionalmente, las clases de ciencias se han impartido mediante metodologías pasivas, en las que el docente poseía el papel principal y los estudiantes actuaban como meros receptores de información (Nurutdinova et al., 2016). La búsqueda de la integración de las competencias del modelo trajo consigo un reto didáctico y pedagógico caracterizado por una comprensión constructivista de la educación, centrada en capacitar a los estudiantes para abordar problemas complejos y retos futuros (condiciones diversas que implican un enfoque multidimensional y la inmersión de diferentes disciplinas) (Wilhelm et al., 2019).

El aprendizaje es un proceso integrador y constructivista, no sólo receptivo. Es muy estimulante ofrecer a los estudiantes nuevas oportunidades y condiciones (ciencia, problemas, actividades) que les ayuden a participar activamente en el aula, vinculando el contenido a su vida real. De hecho, numerosas herramientas didácticas multidisciplinares (metodologías basadas en juegos, proyectos, indagación... o la implementación de teorías educativas, como las inteligencias múltiples de Gardner (2011)) e instrumentos pedagógicos (actividades de aprendizaje individuales o colaborativas) ayudan a los estudiantes a hacer las lecciones de ciencia más comprensibles mientras que desarrollan otras competencias y habilidades (Sánchez-Martín et al., 2017). Las metodologías activas se sustentan en la idea de que los estudiantes aprenden mejor cuando aplican directamente sus conocimientos en situaciones de la vida real, de esta forma se fomenta una enseñanza que conecte con otros contenidos del currículum y que permitan ser aplicados en otros contextos que también puedan ser útiles, además de desarrollar otro tipo de competencias específicas de la profesión y transversales, como la gestión del tiempo, la resolución de conflictos, pensamiento crítico o diseño y programación de actividades (Sánchez-Martín et al., 2020). Asimismo, estas técnicas también son utilizadas para mejorar la motivación de los estudiantes y son buenas estrategias para que mejoren sus relaciones sociales y la confianza en sí mismos (Pérez, 2011).

La enseñanza de las ciencias basada en metodologías tradicionales, a su vez fundamentadas en paradigmas educativos no constructivistas (como pueden ser los conocidos

como *tabula rasa*) está abocada a perpetuar una visión de la ciencia más parecida a la religión, en cuanto a dogmática, que a la actividad científica en sí. Esta ha de caracterizarse por valores tales como el escepticismo, la honestidad intelectual o la reproducibilidad de los resultados y conclusiones. En definitiva, las bases del método científico se encuentran ausentes de una enseñanza científica que se enraiza en la memoria, la repetición y el aprendizaje mecánico. ¿Por qué no incluir, aunque sea a modo de pilares, las bases del método científico en la enseñanza de las ciencias? Es evidente que no se puede pretender reconstruir cada año la historia de la ciencia en el aula, además de que no existe un consenso generalizado acerca de lo que es en sí el método científico (Feyerabend, 1975). ¿Por qué no incluir e imbricar algunos de los principios de la práctica científica, tales como la observación, la construcción e hipótesis y preguntas, el análisis de resultados y la elicitación de conclusiones? Estas dinámicas potenciarán el pensamiento crítico y lógico y las capacidades argumentativas que son deseables para el desarrollo científico de la sociedad (Dow, 1999). En este punto, la alfabetización y la educación científica necesita conocer la naturaleza de la ciencia, pues su evolución social también es reflejo de cómo se construye el conocimiento científico durante el proceso de aprendizaje (Church, 2009)

La metodología docente de instrucción debe inspirarse en el propio proceso científico, y debe promover un aprendizaje basado en la indagación, centradas en el propio estudiante, con un componente práctico científico (Crujeiras y Jiménez, 2015). Las metodologías implementadas en esta Tesis Doctoral se han inspirado y basado en la filosofía de las metodologías que se describen a continuación:

1.3.2.1. Aprendizaje Basado en Proyectos

Posiblemente, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) sea la metodología más utilizada a lo largo de la educación reglada en todos los niveles. Es una metodología pedagógica que sitúa al estudiante en el foco como constructor de su propio aprendizaje, siendo capaz de resolver problemas o retos específicos de forma autónoma (Wood, 2004), mientras que los profesores proporcionan la supervisión y el apoyo necesarios (Liu et al., 2019). Algunas ventajas son que (1) permite el aprendizaje significativo, ayudando a modificar los conocimientos previos; (2) es extremadamente versátil, fácilmente aplicable a cualquier contenido y materia; (3) estimula el aprendizaje autónomo, mejorando la toma de decisiones y aumentando la responsabilidad; (4) es motivador y alegre, planteando retos que despiertan la curiosidad; (5) puede utilizarse para prepararles para futuros problemas, situándoles en contextos reales; (6) desarrolla las

competencias digitales, desarrollando la búsqueda en la web y la selección de información en diferentes idiomas y formatos (Tejedor et al., 2019).

Se trata de una metodología consolidada que ya ha demostrado numerosos beneficios en la formación de docentes derivados de su multidisciplinariedad, por ser valorada positivamente por los estudiantes que participan en él y por el desarrollo de competencias transversales como la creatividad, la comunicación o el trabajo en equipo (Aguirregabiria y García-Olalla, 2020).

El ABP tiene una estructura marcada que se compone de los siguientes pasos (Carreira, 2018).

1. Seleccionar el tema sobre el que trabajarán los estudiantes. El o la docente es quien se encarga de realizar una pregunta conductora del proyecto y sondear las ideas previas de los estudiantes sobre el contenido que se va a trabajar.
2. Formación de equipos. El trabajo en equipo, la colaboración y el desarrollo de competencias sociales son algunos de los pilares de esta metodología. Según el tipo de ABP será recomendable hacerlo por parejas, grupos de 3, de 4...
3. Definir el producto final y los objetivos de aprendizaje. Una de las características del ABP es que debe existir un entregable final (un producto elaborado durante el proyecto y susceptible de ser evaluado). Además, es necesario conocer los objetivos de aprendizaje, qué contenidos, qué habilidades, qué competencias se van a trabajar a lo largo del proyecto.
4. Planificación de tareas y organización temporal. Los estudiantes participantes en el proyecto deben saber de qué tiempo disponen, si van a utilizar las horas de clase o deben realizar trabajo fuera del horario lectivo.
5. Introducción de contenidos. Búsqueda de información. Durante la realización del ABP los estudiantes de forma autónoma deben buscar información, organizarse, recuperar conocimientos que ya tenían previamente y familiarizarse con nuevos conceptos.
6. Análisis y síntesis. Realizan una puesta en común donde comparten la información que van adquiriendo, contrastan ideas, debaten, toman decisiones, resuelven problemas... De forma transversal, en colaboración con sus compañeros y con imaginación y creatividad van dándole forma al proyecto.
7. Workshop: producción. En esta fase los estudiantes son capaces de aplicar los conocimientos que van adquiriendo, las competencias necesarias para crear el producto final y poniendo en práctica lo aprendido.

8. Presentación pública del proyecto. Por lo general, los estudiantes deben exponer el público su trabajo, para ello pueden crear una presentación con diapositivas, un póster, o el propio producto, que será evaluado y juzgado por expertos.
9. Respuesta colectiva y reflexión. La clase reflexiona sobre la experiencia llevada a cabo. Se da una respuesta a la pregunta lanzada inicialmente.
10. Evaluación y autoevaluación. Es necesario asegurarse de que los conocimientos se han aprendido y de que el aprendizaje es significativo.

El pedagogo y filósofo brasileño Paulo Freire (1921-1997) caracteriza como “curiosidad epistemológica” la motivación en los niños y niñas (Key, 2009). Por lo general, los estudiantes en edad escolar poseen una innata motivación intrínseca que de forma natural los mantiene comprometidos con el aprendizaje. El ABP pretende aprovechar esas cualidades naturales del ser humano, sin embargo, deben adaptarse a los perfiles de interés de los estudiantes, sabiendo qué contenidos les motivan se pueden diseñar diferentes proyectos que hará que siga creciendo el interés de los estudiantes hacia otras áreas, convirtiéndolos en personas inquietas, despiertas y activas (Carreira, 2018).

Esta metodología ha servido de inspiración para el diseño de la intervención del cohete de hidropulsión (ver apartado [4.3. Aprendizaje Basado en Proyectos: cohete de hidropulsión](#)) y la construcción del filtro lento de arena (ver apartado [4.4. Filtro Lento de Arena](#)).

1.3.2.2. Aprendizaje Basado en Juegos

Cada vez son más los docentes que se animan a implementar esta estrategia (González-Robles y Vázquez-Vilchez, 2022; Rodríguez-Oroz et al., 2019) que consiste en utilizar un juego con el fin último de aprender, siendo el juego el vehículo para trabajar unos conceptos determinados (Cornellà et al., 2020). No es casualidad: el juego en todas sus modalidades está en auge; muchas personas dedican gran parte de su tiempo de ocio a jugar a videojuegos y juegos de mesa, no es raro encontrar en las ciudades establecimientos donde no sólo se pueden adquirir juegos de mesa, sino que además ofrecen un espacio para el juego (Cornellà et al., 2020). Y es que el juego constituye una actividad necesaria y eficaz en el aprendizaje para la vida, y no sólo en los humanos, todos los mamíferos la practican desde su nacimiento: los cachorros de las diferentes especies se inician así en la adquisición y el desarrollo de diferentes habilidades, otorgándole al juego un papel destacable en los procesos cognitivos y en el aprendizaje (Corbacho-Cuello et al., 2022).

Existen numerosas definiciones de juego, tanto referidas al contexto educativo como a fuera de éste. Según la establecida por Kirikkaya et al. (2010), un juego puede describirse como *una actividad placentera desarrollada, en un determinado espacio durante un tiempo limitado, bajo unas reglas establecidas y en la que los participantes ejecutan una serie de habilidades mentales y/o físicas*. Se trata de una actividad libre, pero con reglas que el jugador acepta de forma voluntaria (Legerén y Rada, 2014).

La inclusión de juegos en la enseñanza es plena en la educación infantil: no se concibe aprender de otra forma en esas edades. Un enfoque apropiado y un uso adecuado de los espacios en educación infantil (el patio escolar) puede ser idóneo para mejorar las competencias científicas (observación, predicción, comparación, clasificación, investigación, etc.) de los niños y niñas (Sanz et al., 2021). Sin embargo, y a pesar de todas las evidencias, el uso del juego en el aula en el paso de educación infantil a educación primaria (y consecuentemente en los cursos posteriores) es penalizado quitándole todo valor didáctico, siendo considerado una forma exclusiva de diversión y sustituido por estrategias didácticas basadas en el esfuerzo (Cornellà et al., 2020).

En defensa del uso de estrategias gamificadas en el aula, diferentes investigaciones educativas han comprobado con estudiantes de distintas etapas, que el uso de juegos como recurso didáctico puede potenciar el desarrollo afectivo, cognitivo y comunicativo de los estudiantes (Melo-Herrera y Hernández, 2014). El uso de los juegos en el aula ha dotado a la comunidad educativa con la oportunidad de realizar un enfoque multidisciplinar en ambientes reales y mejorando las experiencias de aula de los estudiantes, a través de elementos típicos y técnicas de los juegos (Yllana-Prieto et al., 2021). El juego permite el desarrollo de competencias comunicativas de los estudiantes tales como nombrar, clasificar, describir, relacionar, establecer relaciones causa-efecto, argumentar, crear alternativas, validar o refutar razonamientos, escuchar, dialogar, negociar, etc. (Melo-Herrera, 2016; Palacino, 2007) obedeciendo reglas (Kirikkaya et al., 2010) y consiguiendo que los estudiantes estén más activos, lo que favorece la resolución de problemas y la toma de decisiones relacionadas con los contenidos impartidos (Lewis et al., 2005). Al tratarse de actividades de carácter colectivo, fomentan la participación activa de los estudiantes (Melo-Herrera, 2016; Palacino, 2007) y se introducen componentes tanto cooperativos (al favorecer la interacción de los estudiantes aumenta la frecuencia con la que éstos se realizan ayudas mutuas) como competitivos, lo cual puede favorecer a cierto perfil del alumnado (Edo y Deulofeu, 2006).

El uso de juegos en el aula de ciencias se puede adaptar a todos los niveles, desde educación infantil, donde el aprendizaje se produce de forma natural y espontánea si existen elementos adecuados (Sanz et al., 2021), hasta la educación superior (Cañada-Cañada et al., 2021). Esto puede mejorar el rendimiento académico: la adquisición de conocimiento se puede facilitar si se trabaja en entornos lúdicos. Los juegos como recurso didáctico no constituyen una actividad basada en una simple adquisición de información, sino que permiten al estudiante establecer relaciones con su entorno más cercano (Melo-Herrera, 2016). Esto resulta fundamental en la enseñanza de las ciencias experimentales, ya que puede constituir una vía a través de la cual vincular los contenidos impartidos con la vida diaria de los estudiantes y, por tanto, introducir las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

En esta Tesis Doctoral se ha utilizado la metodología de ABJ para el aprendizaje de los microorganismos (ver apartado [4.6. Aprendizaje basado en juegos: Juego de mesa](#)) y se ha realizado una actividad gamificada para el aprendizaje de la geología (ver apartado [4.7. Gamificación](#)).

1.3.2.3. Salidas al medio natural

En la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, especialmente en el área de la biología y la geología, las salidas al medio natural constituyen una actividad específica con un impacto muy importante en la formación de los estudiantes. Incluirlas en la formación inicial de los docentes favorece aspectos cognitivos y afectivos (Costillo et al., 2017). Durante las salidas, los participantes comprenden y expresan sus emociones, que son mejoradas en este tipo de experiencias, además, establecen mejores relaciones con sus compañeros de clase, se comunican con los docentes y hablan de las experiencias previas que han tenido (Kızıltaş y Sak, 2018; Martin y Sewers, 2003).

Bravo-Lucas et al. (2022) analizaron más de 200 vídeos de salidas al medio natural realizadas por maestros en formación inicial de Educación Infantil y los principales resultados de las investigaciones indican que la mayoría de ellos diseñan salidas a la naturaleza en las que desarrollan contenidos conceptuales relacionados con los seres vivos a través de una metodología expositiva. Además, son escasos los futuros docentes que realizan actividades, emplean materiales, integran la salida en su programación de aula o formulan preguntas durante la salida. La mayoría de los futuros docentes otorga un papel pasivo al alumno. Solamente 2 participantes evalúan a sus alumnos en las salidas al medio. Los autores reclaman una mejor formación de los maestros en esta metodología de aula.

Las salidas al medio natural son experiencias pedagógicas que pueden ser definidas por cumplir tres aspectos claves: (a) por desarrollarse fuera del aula, (b) por perseguir un objetivo educativo y (c) generar experiencias en los estudiantes (Aguilera, 2018). Durante las salidas al medio, los estudiantes crean un clima de aula que les hace sentir libres, con confianza con sus compañeros y compartir, hacer preguntas, reflexionar, participar en grupos, tomar decisiones, ser más responsables, incrementando de forma significativa las habilidades para hacer amigos, y las estrategias de gestión emocional (Kızıldağ y Sak, 2018). Por otro lado, se trata de actividades muy versátiles que permiten trabajar contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, abordando aspectos básicos de las prácticas científicas y fomentando actitudes favorables hacia la ciencia y la naturaleza (Pedrinaci, 2012). Estas experiencias permiten la observación, indagación y discusión (del Toro y Morcillo, 2011), fomentando un aprendizaje activo e interactivo con contenidos trabajados en el aula (Orion y Hofstein, 1994).

Una adecuada planificación es clave para poder obtener los potenciales beneficios que se derivan de una salida al medio (Aguilera, 2018; Pedrinaci, 2012). Debe existir una reflexión por parte del docente para elegir el lugar al que ir, pues será el lugar donde se proporcionen las experiencias que no pueden ser replicadas en un aula y debe ser un sitio que atraiga a los estudiantes (DeWitt y Storcksdieck, 2008; Morag y Tal, 2012). Los contenidos a trabajar durante la salida deben ser elegidos cuidadosamente (Rebelo et al., 2011). Algunas investigaciones sugieren que el trabajo previo a la salida y posterior aportan conocimientos y ayudan a comprender mejor la experiencia y consolidar conexiones que dan continuidad al aprendizaje (Guisasola y Morentin, 2007). La eficacia de este tipo de intervenciones en el aula ha sido estudiada y adaptada a las diferentes etapas educativas comprobando que mejoran el aprendizaje (Bravo-Lucas et al., 2022). Las salidas al medio proporcionan un entorno multisensorial que produce recuerdos a largo plazo (Andjelkovic y Prnjat, 2017), conectando contenidos abstractos desarrollados en el aula con el mundo real.

Las salidas al medio natural se han utilizado en esta Tesis Doctoral para el diseño de una actividad al aire libre relacionada con contenidos de botánica (ver apartado [4.8. Sendero de indagación botánico](#)).

Las distintas metodologías descritas en este apartado han servido de inspiración para el diseño de las intervenciones realizadas en esta Tesis Doctoral que están descritas en el [Capítulo 4](#) de este documento.



CAPÍTULO 1. Apartado 4

De camino a la Sostenibilidad Integral... A través de la
formación de docentes

1.4. De camino a la Sostenibilidad Integral... a través de la formación de docentes

El perro entiende.
El cocodrilo llora.
La hiena ríe.
El loro habla.
El hombre entiende,
llora
ríe
habla
y además puede leer.
De todos los animales de la tierra
sólo el hombre puede leer
para dejar de ser animal.
¡No está mal!
Gloria Fuertes

La actual situación de emergencia planetaria (Raviraj, 2019) está viendo aumentada su importancia en los medios de comunicación y en los contextos diarios, trasladar este mensaje a las futuras generaciones es urgente y crucial. El presente está comprometiendo el futuro; numerosas alarmas muestran la insostenibilidad del sistema (hay poblaciones en peligro por carecer de acceso a bienes básicos, existen unos patrones de consumo muy agresivos, una gravísima degradación ambiental, etc.) (Jorgenson et al., 2019) y el calentamiento global ha acentuado las enormes desigualdades en el mundo (Diffenbaugh y Burke, 2019).

Educar en sostenibilidad facilitará el desarrollo de actitudes correctas y comportamientos sostenibles que ayudarán a proteger la tierra y reducir la contaminación y el cambio climático (Cebrián y Junyent, 2015; Zsóka et al., 2013). Para esto, las instituciones y el resto de las partes interesadas deben combinar la preocupación por el medio ambiente con lo que reclama explícitamente la agenda 2030 (UNESCO, 2015): enseñar para la sostenibilidad, adaptándose a los nuevos contextos educativos.

La preocupación por la sostenibilidad se ha incrementado en las últimas décadas, pero... ¿cuál es el rol de las universidades en el desarrollo sostenible y la formación de ciudadanos? Las universidades desarrollan un papel relevante cuando un paradigma como el actual, referido a cómo los seres humanos se relacionan con el ambiente, debe y tiene que ser modificado. Específicamente, alcanzar la sostenibilidad integral está relacionada con la actividad universitaria de tres maneras: (1) generación de nuevos conocimientos, (2) el despertar de nuevas y

apropiadas competencias y (3) cultivar el interés social en la sostenibilidad (Rieckmann, 2012, 2018; Zamora-Polo y Sánchez-Martín, 2019). Afrontar estos retos en la educación superior es hoy un desafío. Nuestra propuesta es educar en ciencias a través de la inclusión de competencias transversales (análisis crítico, reflexión sistémica, responsabilidad co-generacional e intra-generacional) y la sostenibilidad.

Sin embargo, el contexto pedagógico que envuelve la enseñanza en la sostenibilidad se centra más en explicar a los estudiantes conceptos teóricos, vinculados con la contaminación (Montiel et al., 2018) que en el desarrollo competencial activo de los estudiantes. En este sentido, la formación de docentes requiere de un aprendizaje creativo, reflexivo, que promueva oportunidades para criticar y revisar sus propios procesos de enseñanza (Craft et al., 2007) y que considere no sólo el progreso en los conocimientos científicos, sino que también contemple y valore sus ideas, sus actitudes y su dominio afectivo.

Para Ortega y Gasset la función de la universidad no era sólo formar buenos profesionales. Era una tarea la formación de buenas personas que puedan liderar cambios sociales necesarios para hacer del mundo un sitio mejor. Liderar esos cambios de la sociedad es muy complejo, sin embargo, y conociendo las funciones de la universidad (docencia, investigación y transferencia), parece un lugar adecuado para sembrar la semilla del cambio, sensibilizar frente a las desigualdades y utilizar este tipo de cuestiones socio-científicas para enseñar los contenidos curriculares (Ortega y Gasset, 1930). Tristemente, en la universidad parece dominar la cultura del “modelo del olimpo”: investigadores excelentes, como héroes solitarios que viven aislados, que se dedican sin distracciones a la actividad intelectual y que defienden la neutralidad de la ciencia. Frente a esto se propone el “modelo del Ágora” donde la ciencia se concibe como una práctica social, una práctica que se relaciona no sólo con la producción sino con el intercambio y transmisión de conocimientos, con la rendición de cuentas y con la responsabilidad social (Calvo, 2019).

Pese a ser la universidad un lugar idóneo para trabajar los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), y existir personas comprometidas en las instituciones, no es un espacio donde se multipliquen las iniciativas transversales desde el ejercicio de la docencia (Aznar-Minguet et al., 2014; Wright, 2009). No parece descabellado pensar que, en el contexto de crisis global (climática, energética y de recursos naturales) sea urgente una remodelación de la función de la universidad donde los docentes que se involucren en la difusión de las actividades por el clima, fomenten conciencias sostenibles en los estudiantes y muestren la realidad planetaria,

incluyéndola de forma explícita en el currículo universitario. Por tanto, se convierte en una responsabilidad de las universidades sensibilizar y transmitir preocupación, fomentar el cuidado de los recursos y promover una cultura de sostenibilidad, no de enseñanza sobre la sostenibilidad, sino educar para el desarrollo sostenible.

Las universidades desarrollan un papel fundamental en la formación de ciudadanos y en el alcance de los ODS. Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos aparece recogido como el ODS 4. Dentro de las metas de este objetivo, se encuentra, por ejemplo (meta 4.7) que todos los estudiantes adquieran conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles o la igualdad de género (UNESCO, 2015, 2017).

Sin embargo, el propio concepto de “desarrollo sostenible” se ha interpretado de maneras difusas y sigue sin estar del todo claro. Tanto los ODS como la educación para el desarrollo sostenible han sido criticados por su ambigüedad, que genera distintas interpretaciones. Suárez-López et al. (2019) sugieren que la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) debe servir para cambiar la relación con el medio ambiente de un modelo antropocéntrico y egocéntrico a un modelo ecocéntrico. Los ODS y la EDS imponen un paradigma en el que el crecimiento sostenido de la economía obedece a las reglas de la relación entre las sociedades humanas (entendiéndolas como un conjunto de productores y consumidores) y el medio ambiente (que es entendido como un conjunto de recursos que no puede agotarse). El desarrollo sostenible, como término y concepto, es contradictorio: en un sistema sostenible no es posible un desarrollo ilimitado como el que proponen las Naciones Unidas en la Agenda 2030. Estas concepciones previas contribuyen a ocultar paradojas, como la de mantener una población creciente y cada vez más rica al mismo tiempo que se protege el medio ambiente (Hidalgo-Capitán y Cubillo-Guevara, 2014).

El trabajo por la sostenibilidad integral aún se encuentra en unas fases muy tempranas en la educación superior, no es una tarea fácil el diseño y la puesta en marcha de actividades de enseñanza que estén de acuerdo con los principios de la sostenibilidad, las universidades sufren algunas dificultades para poder implementarlas (Rubio et al., 2019). Los planes de estudio convencionales contruidos en el ámbito universitario no facilitan el aprendizaje crítico, innovador o creativo (Halder et al., 2014; Hernández-Barco et al., 2020; Hernández-Barco et al., 2021b; Marcos-Merino et al., 2020; Martínez-Campillo et al., 2019; Pires y Cavaco, 2019). Las

universidades no sólo deben enseñar competencias profesionales, los contextos actuales y globalizados precisan de ciudadanos competentes, la sociedad necesita profesionales que aborden los actuales retos medioambientales a los que se enfrenta la sostenibilidad (Gutiérrez et al., 2006). Para ello es preciso implicar a los estudiantes, al profesorado y todo el personal en una visión global de las actividades locales, valorando las actitudes positivas hacia el medio ambiente y el deseo de vivir una vida mejor en un mundo más seguro para todos (Altmann, 2019; Rieckmann, 2012). La expresión “piensa global, actúa local” (Figura 7) se centra en el impacto mundial real de las acciones locales, destacando la necesidad de ser conscientes de las consecuencias de los actos propios.



Figura 7. Piensa global, actúa local¹²

Debido a este cambio de paradigma en la educación superior han surgido métodos alternativos de enseñanza (y consecuentemente, diferentes formas de aprendizaje) como necesidad para promover una educación integral en los estudiantes (Gutiérrez et al., 2006; Halberstadt et al., 2019; Wilhelm et al., 2019). Esto es especialmente interesante durante la formación de docentes, pues de sus experiencias como estudiantes dependerá su forma de enseñar. La enseñanza de la sostenibilidad integral no puede hacerse siguiendo las metodologías tradicionales. Por el contrario, debe enseñarse siguiendo una metodología dinámica y holística (Hernández-Barco et al., 2021b; Molderez y Fonseca 2018). No basta con enseñar a los futuros docentes muchos contenidos de sostenibilidad, sino de hacerles competentes en distintas situaciones de la vida real, en las que aspectos sostenibles de las distintas formas de vida serán cruciales para el bienestar de todos y la supervivencia del planeta. Las competencias relacionadas con la sostenibilidad son necesarias en la formación de los docentes si la sociedad apuesta por un futuro sostenible (Barth et al., 2007; Meisert y Böttcher, 2019). En este sentido es importante incorporar conocimientos, valores y criterios de sostenibilidad como dimensiones esenciales en la formación de los futuros docentes y en la comunidad educativa en general (Kang, 2019; Lozano et al., 2017; Suárez-López et al., 2019).

¹² Fuente: <https://www.thinkgloballyactlocally.eu/>

Durante la elaboración de esta Tesis Doctoral, en colaboración con otros doctores del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas de la UEx, se realizó una investigación para conocer la conciencia sostenible de los docentes en formación, incluyendo aspectos referentes al conocimiento, actitud y comportamiento en las tres dimensiones del desarrollo sostenible (ambiental, social y económico), y los resultados muestran que, a pesar de que los futuros maestros presentan altos niveles de actitud, esto no se corresponde con su comportamiento, manifestando la necesidad de incluir en la formación científica inicial de los docentes de forma explícita la enseñanza de la sostenibilidad, no para mejorar sus conocimientos, sino para modificar sus comportamientos (Marcos-Merino et al., 2020). La educación juega un papel clave en el desarrollo de sociedades, y los educadores actúan como agentes para el cambio para alcanzar la sostenibilidad (Brody y Ryu, 2006; Calero et al., 2019). Con este pretexto, las intervenciones que se han llevado a cabo en esta Tesis Doctoral han tenido un fuerte componente ambiental.

Considerando todo lo anterior, se procede a explicar la parte [metodológica](#) de la Tesis Doctoral.



CAPÍTULO 2

METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

2.1. Planteamiento del problema

La dimensión afectiva y la dimensión cognitiva están interrelacionadas: las emociones influyen en el aprendizaje y el aprendizaje influye en las emociones. En esta Tesis Doctoral el problema que se plantea se centra en la importancia que poseen las emociones en los procesos de enseñanza/aprendizaje durante la formación científica de los docentes. Se pretende analizar la existencia o no de evolución en las dimensiones afectivas y cognitivas a lo largo de la formación científica de los docentes. Dentro de las dimensiones afectivas se exploran las emociones y la percepción de autoeficacia, y dentro de la dimensión cognitiva el nivel de conocimiento científico. A partir de los datos extraídos en un primer estudio diagnóstico, se han diseñado e implementado diferentes propuestas didácticas basadas en metodologías activas en el aula (siempre en el contexto de la sostenibilidad integral) con el fin de mejorar el aprendizaje, la motivación, autoeficacia y emociones del profesorado en formación. Con la presente investigación se pretenden obtener unos resultados que permitan continuar en el avance y la investigación del dominio afectivo en los procesos de enseñanza/aprendizaje y la inclusión transversal de la sostenibilidad en la formación de maestros. A continuación, se recogen los objetivos generales de la investigación, sus correspondientes objetivos específicos y las hipótesis de investigación.

2.2. Objetivos generales de la investigación

Con el fin de dar respuesta a las inquietudes que fundamentan esta investigación, se han planteado dos objetivos generales que engloban la investigación realizada:

Objetivo General I. Analizar la evolución emocional y cognitiva que experimentan los docentes de educación primaria en formación antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado de educación primaria.

Objetivo General II. Diseñar, aplicar y evaluar propuestas metodológicas que promuevan una enseñanza y aprendizaje de las ciencias emocionalmente positiva de los docentes de educación primaria en formación en las asignaturas de ciencias del Grado de Educación Primaria.

2.3. Objetivos específicos de la investigación

A continuación, se definen los objetivos específicos para cada objetivo general conforma la presente investigación, desarrollados con mayor profundidad posteriormente.

Para el Objetivo General I.

OE1. Analizar la evolución emocional que experimentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria frente a los distintos contenidos científicos.

OE2. Analizar la evolución de la percepción de autoeficacia de los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria.

OE3. Analizar la evolución del nivel de conocimiento que presentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria.

Para el Objetivo General II.

OE4. Analizar la valoración afectiva que realizan los docentes en formación de educación primaria hacia las distintas estrategias didácticas implementadas.

OE5. Analizar la evolución del nivel de conocimiento que experimentan los docentes de educación primaria en formación frente a distintas estrategias didácticas implementadas.

En la Tabla 7 se presentan los diferentes objetivos e hipótesis que conforman la investigación.

Tabla 7. Objetivos e hipótesis de los objetivos generales

Objetivo General I. Analizar la evolución emocional y cognitiva que experimentan los docentes de educación primaria en formación antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado de educación primaria		
Objetivos específicos	Hipótesis de investigación	
<u>OE1. Analizar la evolución emocional que experimentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria frente a los distintos contenidos científicos</u>	H1	<u>Los docentes de educación primaria en formación señalan más emociones positivas hacia los contenidos de física y química después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>
	H2	<u>Los docentes de educación primaria en formación señalan más emociones positivas hacia los contenidos de biología y geología después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>
	H3	<u>El género no influye en las emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>
	H4	<u>El bachillerato de procedencia no afecta en las emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>
<u>OE2. Analizar la evolución de la percepción de autoeficacia de los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>	H5	<u>Los docentes de educación primaria en formación aumentan su percepción de autoeficacia de forma significativa después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>
	H6	<u>El género no influye en la percepción de autoeficacia después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>
	H7	<u>El bachillerato de procedencia no influye en la percepción de autoeficacia después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>
	H8	<u>Los docentes de educación primaria en formación con una mayor percepción de autoeficacia manifiestan sentir mayor número de emociones positivas</u>
<u>OE3. Analizar la evolución del nivel de conocimiento que presentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>	H9	<u>Existen diferencias en el nivel de conocimiento de los docentes en formación antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>
	H10	<u>Los docentes en formación que presentan mayor nivel de conocimiento científico son los que señalan más emociones positivas después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>
	H11	<u>Los docentes en formación que presentan más nivel de conocimiento científico manifiestan mayor percepción de autoeficacia después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>
	H12	<u>No existen diferencias significativas según el género en el conocimiento científico después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>
	H13	<u>El bachillerato de procedencia no influye en el conocimiento científico después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria</u>
Objetivo General II. Diseñar, aplicar y evaluar propuestas metodológicas que promuevan una enseñanza y aprendizaje de las ciencias emocionalmente positiva de los docentes de educación primaria en formación en las asignaturas de ciencias del Grado de Educación Primaria		
<u>OE4. Analizar la valoración afectiva que realizan los docentes en formación de educación primaria hacia las distintas estrategias didácticas implementadas</u>	H14	<u>El uso de metodologías activas durante la formación científica de docentes genera emociones activadoras</u>
	H15	<u>La percepción de autoeficacia hacia la enseñanza de las ciencias de los docentes en formación aumenta después de implementar metodologías activas</u>
<u>OE5. Analizar la evolución del nivel de conocimiento que experimentan los docentes de educación primaria en formación frente a distintas estrategias didácticas implementadas</u>	H16	<u>El uso de metodologías activas influye en el conocimiento ambiental de los estudiantes</u>
	H17	<u>El conocimiento científico de los docentes en formación mejora después de implementar intervenciones basadas en el aprendizaje activo</u>

2.4. Muestra

La metodología utilizada para elegir la muestra ha sido un muestreo por conveniencia, no aleatorio, de la población de maestros en formación del Grado de Educación Primaria; se trata de 144 docentes de educación primaria en formación que se encontraban matriculados en la asignatura de Didáctica de la materia y la energía durante el curso 2018/2019 (asignatura perteneciente al 2º curso del Grado en Educación Primaria, en la Universidad de Extremadura, Facultad de Educación y Psicología, campus de Badajoz). Estos estudiantes han participado en un programa de intervención metacognitivo y emocional, para el cual, justo antes de cursar la asignatura de Didáctica de la materia y la energía, primera asignatura relacionada con las ciencias que se imparte en el Grado de Educación Primaria, se ha recogido información referente a su dominio afectivo y cognitivo. Dos años y medio después (tres cursos académicos), se vuelve a escoger a estos mismos estudiantes, matriculados en 4º curso durante el curso 2020/2021, ya habiendo cursado las tres asignaturas que tratan contenidos científicos, para analizar el impacto de estas diferentes intervenciones en el aula. Debido a la estructura y organización de las asignaturas, no se han llevado a cabo intervenciones en todos los grupos, sin embargo, todos los docentes en formación han realizado actividades prácticas durante el aprendizaje de las ciencias y han seguido una metodología de aprendizaje activo a lo largo de su formación científica. Los docentes de educación primaria en formación fueron informados de que iban a participar en una investigación, de su duración, del procedimiento y de que sus datos iban a ser tratados de forma anónima. La participación fue voluntaria. Al tratarse de una investigación con humanos, que requiere de la recogida de datos de individuos, todas las actuaciones llevadas a cabo están de acuerdo con los estándares éticos de la declaración de Helsinki (1964). Los participantes, al rellenar los cuestionarios, consentían participar en la investigación y eran informados de todas las implicaciones y consecuencias. El estudio ha seguido los estándares de la comisión de bioética y bioseguridad de la Universidad de Extremadura. Toda la información sobre bioética y ética de la actividad investigadora en la universidad de Extremadura puede ser consultada en Universidad de Extremadura (Comisión de Bioética y Bioseguridad)¹³.

¹³ Disponible en:

<http://investigalia.unex.es/#!/page36.do?acond12=esycond3.att2=197ykcond92.att3=229>

2.5. Diseño de la investigación y temporalización de las intervenciones realizadas en la Tesis Doctoral

Se trata de una investigación de carácter mixto, en la que se han combinado técnicas de investigación y metodologías cuantitativas y cualitativas dada la naturaleza de las variables (Binda y Benavent, 2013; Pereira, 2011), de carácter aplicado (Vargas, 2009) y longitudinal, ya que se recogen los datos tomados a lo largo de tres cursos consecutivos 2018/2019, 2019/2020 y 2020/2021, antes y después de cursar las diferentes asignaturas científicas del Grado en Educación Primaria. Además, también se han recogido datos (afectivos y cognitivos) en cada una de las intervenciones realizadas durante la formación científica de los docentes en formación. En la Figura 8 se incluye una tabla resumen con las intervenciones realizadas a lo largo de la Tesis Doctoral, identificando el curso en el que se han llevado a cabo y el instrumento utilizado para recoger los datos en cada una de ellas.





Curso	Primer semestre				Segundo semestre					
	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio
2018/ 2019					Didáctica de la materia y la energía (2º curso) Intervención: ABP cohete de hidropulsión  <u>Instrumento:</u> Anexo II					
2019/ 2020					Didáctica del medio físico y los seres vivos (3º curso) Intervenciones: Aprendizaje Basado en Juegos: juego de mesa, geología y sendero de indagación botánico (confinamiento y semi-presencialidad, COVID-19)  <u>Instrumentos:</u> Anexos V, VI y VII.					
2020/ 2021	Conocimiento del medio natural en educación primaria (4º curso) Intervención: ABP fabricación de un Filtro Lento de Arena (semi-presencialidad, COVID-19)  <u>Instrumento:</u> Anexo III									
2021/ 2022	Conocimiento del medio natural en educación primaria (4º curso) Intervención: ABP cocinas solares  <u>Instrumento:</u> Anexo IV									

Figura 8. Organización temporal de las intervenciones realizadas e instrumentos utilizados

Durante el curso 2018/2019 con los estudiantes de 2º curso matriculados en la asignatura de Didáctica de la materia y la energía, se realizó una intervención que consistió en la construcción de un cohete de hidropulsión siguiendo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos ([4.3. Aprendizaje Basado en Proyectos: cohete de hidropulsión](#)), en el [Anexo II](#) se incluye el instrumento utilizado para la recogida de datos. En el curso 2019/2020, con los docentes en formación inicial que se encontraban matriculados en 3º curso se realizaron tres

intervenciones en la asignatura de Didáctica del medio físico y los seres vivos. Esas tres intervenciones se realizaron siguiendo la metodología de Aprendizaje Basado en Juegos: un juego de mesa para el estudio de los [microorganismos](#), una actividad [gamificada](#) para el estudio de geología, y un [sendero de indagación botánico](#). Estas intervenciones y las posteriores, se vieron gravemente afectadas por el confinamiento vivido tras la aparición de la pandemia por COVID-19. Finalmente, con los estudiantes durante el curso 2020/2021 que se encontraban matriculados en 4º curso en la asignatura de Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria, se realizó una intervención siguiendo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos que ha consistido en la construcción y puesta en marcha de un [filtro lento de arena](#) para la obtención de agua limpia. Los cuestionarios que se han utilizado para la recogida de datos sobre las emociones y conocimiento científico están recogidos en los anexos [V](#), [VI](#), [VII](#) y [III](#), respectivamente.

Esta misma secuencia estaba pensada ser implementada con otro grupo de estudiantes, pero la aparición de la pandemia por COVID-19 imposibilitó que se pudiera llevar a cabo la investigación en las condiciones adecuadas, pues la docencia se pasó a modalidad virtual y no fue posible la realización de actividades prácticas y manipulativas en el laboratorio. El análisis de los datos recogidos en esa fecha revela que durante el confinamiento la dimensión emocional durante el aprendizaje de las ciencias de los maestros en formación inicial se vio afectada por la situación, generando altos niveles de ansiedad, miedo, nerviosismo o preocupación. Resultados parciales de esa investigación han sido publicados como capítulo de libro (Marcos-Merino et al., 2021) y artículo (Hernández-Barco et al., 2022a). En esta Tesis Doctoral se ha incluido la descripción de una de las intervenciones realizadas con este grupo, que no pertenecía al del estudio longitudinal, y que durante el curso 2021/2022 se encontraban matriculados en 4º curso en la asignatura de Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria. Con estos estudiantes se ha llevado a cabo una intervención con cocinas solares ([4.5. Cocinas solares](#)).

2.6. Instrumentos de recogida de datos

Dada la naturaleza de la metodología de nuestro estudio y con el fin de dar respuesta a los objetivos planteados, se definió como instrumento de recogida de datos un cuestionario. Se trata de una técnica de recogida de información por escrito, a través de preguntas sobre un determinado problema, y permite recabar, cuantificar, medir, universalizar las distintas opiniones, creencias y otras informaciones de los sujetos analizados y poder comparar la información recopilada. A continuación, se describen los distintos instrumentos utilizados en esta Tesis Doctoral, en primer lugar, se describe el cuestionario del estudio longitudinal y su validación, y en

segundo lugar se describen y presentan los cuestionarios utilizados para la recogida de datos de cada una de las intervenciones implementadas.

2.6.1. Instrumento de recogida de datos del estudio longitudinal

Con respecto al cuestionario utilizado para la investigación longitudinal, hay que reiterar que es el mismo para ambos momentos de la recogida de datos: antes de realizar las intervenciones (y de que los docentes en formación inicial cursen las asignaturas de ciencias) y tras la implementación de las intervenciones y de cursar las asignaturas de ciencias. Con la finalidad de facilitar la comprensión lectora, el primer momento en el que se recogen los datos, antes de cursar las tres asignaturas de ciencias, se va a denominar pretest. De modo que, el segundo momento, tras cursar dichas asignaturas y realizar las intervenciones, se va a designar postest. El cuestionario ([Anexo I](#)) y consta de las diferentes partes:

Título del cuestionario: cuestionario sobre emociones, autoeficacia y conocimiento científico de los docentes en formación inicial sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Datos sociodemográficos

Sexo: variable dicotómica cuyos valores son hombre y mujer. El docente en formación debe señalar la opción que corresponda a cada caso.

Edad: variable abierta cuantitativa donde el sujeto debe responder la edad que posee.

Datos académicos

Acceso a la universidad. Los sujetos encuestados deben señalar de qué forma accedieron a la universidad. Las opciones posibles son: Bachillerato, FP, Prueba >25 u otra.

Especialidad de bachillerato elegida. Los estudiantes provenientes de bachillerato deben señalar qué especialidad cursaron. Las opciones posibles son: Ciencias Sociales/Humanidades/Artes o Ciencias y Tecnología.

Autoeficacia hacia la enseñanza de contenidos científicos

Para conocer la percepción de la capacidad que tienen como docentes para enseñar contenidos científicos, se les pide que valoren de forma numérica (de 0 a 10) su grado de competencia o capacidad para impartir cada uno de los contenidos científicos propuestos (Tabla 8). Estos contenidos aparecen en forma de enunciados y recogen una serie de conceptos y contenidos relacionados con las diferentes áreas científicas, en esta Tesis Doctoral se han

agrupado contenidos vinculados a la física y química y a la biología y geología. Estos contenidos fueron seleccionados teniendo en cuenta el (ya derogado) currículum de educación primaria Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículum básico de la Educación Primaria, 2014. Recientemente ha entrado en vigor el Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. En Extremadura el currículum se encuentra regulado por el Decreto 107/2022, de 28 de julio, por el que se establecen la ordenación y el currículum de la Educación Primaria para la Comunidad Autónoma de Extremadura. En general, los saberes básicos son esencialmente los mismos o similares.

Tabla 8. Contenidos científicos por área

Física y química
1 Diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo
2 Explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad
3 La flotabilidad en un medio líquido
4 Concepto de energía. Diferentes formas de energía
5 Fuentes de energía y materias primas: su origen. Energías renovables y no renovables. La luz como fuente de energía
6 Electricidad: la corriente eléctrica. Circuitos eléctricos
7 Cálculo matemático y representación gráfica
8 Separación de componentes de una mezcla mediante destilación, filtración, evaporación o disolución
9 Reacciones químicas: la combustión, la oxidación y la fermentación
Biología y Geología
1 El cuerpo humano y su funcionamiento. Anatomía y fisiología. Aparatos y sistemas
2 Organización interna de los seres vivos. Estructura de los seres vivos: células, tejidos: tipos; órganos; aparatos y sistemas: principales características y funciones
3 Los seres vivos: Características, clasificación y tipos
4 Los animales vertebrados e invertebrados, características y clasificación
5 Las plantas: La estructura y fisiología de las plantas. La fotosíntesis y su importancia para la vida en la Tierra
6 La biosfera, diferentes hábitats de los seres vivos
7 Hábitos de respeto y cuidado hacia los seres vivos
8 El planeta Tierra y la Luna, su satélite
9 La Atmósfera. Fenómenos atmosféricos
10 Rocas y minerales: Propiedades, usos y utilidades

Emociones hacia contenidos científicos

Para determinar las emociones que experimentan los docentes en formación inicial hacia los distintos contenidos científicos se incluye una tabla con los distintos contenidos y las emociones contempladas en la investigación. Los estudiantes deben señalar con una X si la sienten o no, un extracto de este apartado del cuestionario se puede ver en la Figura 9. Estos contenidos son los mismos que aparecen en la pregunta anterior, sobre la autoeficacia.

2. Señala con una "X" las emociones que te sugieren los contenidos presentes en la tabla relacionados con las materias científicas.

CONTENIDOS	EMOCIONES											
	Entusiasmo	Miedo	Confianza	Preocupación	Sorpresa	Rechazo	Diversión	Ansiedad	Alegría	Aburrimiento	Satisfacción	Nerviosismo
Diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo.												
Explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad.												
La flotabilidad en un medio líquido.												
Concepto de energía. Diferentes formas de energía.												
Fuentes de energía y materias primas: su origen. Energías renovables y no renovables. La luz como fuente de energía.												
Electricidad: la corriente eléctrica. Circuitos eléctricos.												
Separación de componentes de una mezcla												

Figura 9. Cuestionario de emociones

En la Tabla 9 se presentan las emociones utilizadas en esta Tesis Doctoral en el estudio longitudinal.

Tabla 9. Clasificación de las emociones utilizadas en el estudio longitudinal de la presente Tesis Doctoral

Activadoras		Desactivadoras	
Positivas	Negativas	Positivas	Negativas
Alegría	Nerviosismo	Confianza	Aburrimiento
Diversión	Preocupación	Satisfacción	Ansiedad
Entusiasmo			Miedo
Sorpresa			Rechazo

Los análisis se han realizado para cada contenido por separado y también distinguiendo entre áreas, física y química y biología y geología. Para trabajar por constructos de los campos científicos, se ha decidido realizar un recuento de las emociones positivas (alegría, confianza, entusiasmo, diversión, etc.), negativas (ansiedad, miedo, nerviosismo, etc.) activadoras (alegría, curiosidad, nerviosismo, etc.) y desactivadoras (confianza, satisfacción, aburrimiento, etc.) para cada uno de los contenidos y comparar las emociones sentidas según el campo científico a partir de los porcentajes. Cada alumno en su cuestionario tenía 9 contenidos para la materia de física y química y 10 para biología y geología (Tabla 8), y para cada uno de ellos podían señalar hasta 6 emociones positivas y 6 emociones negativas. Tras realizar el recuento de las emociones que cada alumno había señalado en cada contenido, para poder hacer comparaciones entre las distintas áreas científicas, se han obtenido los datos en porcentaje, que es el valor con el que se han realizado los análisis expuestos en el apartado de resultados.

Conocimiento científico

Para poder cuantificar el aprendizaje, se ha utilizado un cuestionario que recoge contenidos de las asignaturas que trabajarán a lo largo de su formación científica en el grado, a partir de las ideas previas más relevantes en cada una de las áreas, que ya fueron presentadas en el capítulo 1 (apartado 2) del presente documento. El cuestionario consiste en 15 preguntas de tipo test con una única respuesta correcta y 26 preguntas verdadero falso. Para extraer una puntuación a las pruebas de conocimiento científico se le ha asignado el valor de 1 punto a cada pregunta (15 tipo test + 26 de verdadero falso) y se ha calculado según la ecuación [1]:

$$\frac{aT+aVF}{41} \cdot 10 = NC \quad [1]$$

Donde:

aT son los aciertos en el tipo test;

aVF son los aciertos en el Verdadero/Falso;

NC es la Nota del cuestionario, sobre 10 puntos totales.

De esta forma se ha asignado una nota a la prueba global, calificándola sobre 10. También se han extraído las notas parciales de física y química [2] y de biología y geología [3]. En ese caso se ha dividido por el número de preguntas relativas a cada área, para el caso de física y química (que posee un total de 24 cuestiones en el test) se ha utilizado:

$$\frac{aT_{fq} + aVF_{fq}}{24} \cdot 10 = Nfq \quad [2]$$

Donde:

aT_{fq} son los aciertos en el tipo test para física y química;

aVF_{fq} son los aciertos en el Verdadero/Falso de física y química;

Nfq es la Nota del cuestionario en física y química, sobre 10 puntos totales.

Y para el caso de biología y geología (que existen 17 preguntas de esta área):

$$\frac{aT_{bg} + aVF_{bg}}{17} \cdot 10 = Nbg \quad [3]$$

Donde:

aT_{bg} son los aciertos en el tipo test para biología y geología;

aVF_bg son los aciertos en el Verdadero/Falso de biología y geología;
Nbg es la Nota del cuestionario en biología y geología, sobre 10 puntos totales.

Así, se puede conocer la nota media de cada docente en formación inicial para las distintas áreas y establecer diferencias según el género o según el bachillerato de procedencia. Este mismo cuestionario se ha utilizado en el postest, lo que permite identificar si se produce un incremento de conocimiento (aprendizaje).

2.6.1.1. Análisis de fiabilidad del cuestionario

Para conocer la consistencia interna del cuestionario se calculado el alfa de Cronbach (1951), que es un coeficiente que toma valores entre 0 y 1 (Soler-Cárdenas y Soler-Pons, 2012). Los valores que se encuentren por encima de 0,7 (valor mínimo aceptable) indican consistencia interna en el cuestionario (Oviedo y Campo-Arias, 2005). Para el cuestionario completo empleado para realizar el estudio longitudinal en esta Tesis Doctoral se ha obtenido un valor de $\alpha=0,847$, lo que sugiere que no se debería eliminar ningún ítem y se puede afirmar que el cuestionario elaborado posee una alta consistencia interna.

2.6.2. Instrumentos utilizados en las intervenciones

En cada una de las intervenciones realizadas se han confeccionados distintos cuestionarios según los objetivos planteados en cada investigación. A continuación, se describen los distintos instrumentos utilizados en la presente Tesis Doctoral.

2.6.2.1. Cuestionario intervenciones cohete de hidropulsión, juego de mesa y gamificación en geología

En el caso de la intervención del cohete de hidropulsión ([anexo II](#)), el juego de mesa ([anexo V](#)) y la actividad de gamificación en geología ([anexo VI](#)) el cuestionario utilizado ha permitido establecer la evolución de las emociones experimentadas por los docentes en formación que han participado en las intervenciones, pues se trata de un cuestionario anónimo de respuestas semi-abiertas que permiten la monitorización de las emociones en el momento. Se ha utilizado el mismo tanto para la recogida de datos del pretest como del postest. El cuestionario consta de las siguientes partes:

Título del cuestionario: fabricación de un cohete de agua (anexo II).

Título del cuestionario: Juego de mesa (anexo V).

Título del cuestionario: Gamificación (anexo VI).

Datos sociodemográficos

Sexo: variable dicotómica cuyos valores son hombre y mujer. El docente en formación debe señalar la opción que corresponda a cada caso.

Edad: variable abierta cuantitativa donde el sujeto debe responder la edad que posee.

Datos académicos

Bachillerato de procedencia. Las opciones posibles son: Ciencias Sociales/Humanidades/Artes, Ciencias y Tecnología, Otras.

Emociones que esperan sentir (pretest) y emociones que han sentido durante la realización de la intervención (postest)

Para determinar las emociones que esperaban sentir antes de realizar la actividad y las que realmente han experimentado, se ha incluido una tabla con las emociones contempladas en la investigación donde los estudiantes deben decir si la han sentido o no y una breve descripción de por qué la han sentido (o la esperan sentir, en el caso del pretest).

Para estas intervenciones se han recogido las emociones positivas: alegría, diversión, entusiasmo, sorpresa (como emociones activadoras), confianza y satisfacción (como emociones desactivadoras). Para el caso de las emociones negativas se han seleccionado aburrimiento, ansiedad, miedo, rechazo (como emociones desactivadoras), nerviosismo y preocupación (como emociones activadoras). Cuestionarios de emociones como el utilizado en estas intervenciones han sido validados en diferentes investigaciones (Hernández-Barco et al., 2021b; Hernández-Barco et al., 2022b).

2.6.2.2. Cuestionario cocinas solares

En el caso de la intervención con cocinas solares ([anexo IV](#)), el cuestionario utilizado consta de las siguientes partes:

Título del cuestionario: Cocinas solares.

Datos sociodemográficos

Sexo: variable dicotómica cuyos valores son hombre y mujer. El docente en formación debe señalar la opción que corresponda a cada caso.

Edad: variable abierta cuantitativa donde el sujeto debe responder la edad que posee.

Datos académicos

Bachillerato de procedencia. Las opciones posibles son: Ciencias Sociales/Humanidades/Artes, Ciencias y Tecnología, Otro.

Emociones que esperan sentir (pretest) y emociones que han sentido durante la realización de la intervención (postest)

Para determinar las emociones que esperaban sentir antes de realizar la actividad y las que realmente han experimentado, se ha incluido una tabla con las emociones contempladas en la investigación donde los estudiantes deben decir si la han sentido o no. En este caso, se han incluido las emociones positivas: alegría, curiosidad, diversión, entusiasmo, sorpresa (como emociones activadoras), confianza y satisfacción (como emociones desactivadoras). Para el caso de las emociones negativas se han seleccionado aburrimiento, ansiedad, miedo, frustración (como emociones desactivadoras), nerviosismo y preocupación (como emociones activadoras). En el informe final que entregaron de la actividad se les pedía que reflexionaran sobre la dimensión afectiva.

2.6.2.3. Cuestionario Filtro Lento de Arena

En este caso, para la intervención con el Filtro Lento de Arena ([anexo III](#)) se diseñaron dos cuestionarios para la recogida de datos, uno para el pretest y otro para el postest.

Título del cuestionario: Fabricación de Filtro Lento de Arena

El pretest consistió únicamente en dos secciones:

Datos sociodemográficos

Sexo: variable dicotómica cuyos valores son hombre y mujer. El docente en formación debe señalar la opción que corresponda a cada caso.

Edad: variable abierta cuantitativa donde el sujeto debe responder la edad que posee.

Cuestionario de conocimiento científico y ambiental

Conformado por un test de conocimiento sobre ideas previas sobre las propiedades físico-químicas del agua (Giraldo-Toro et al., 2015) y cuestiones sobre sostenibilidad (objetivos del

desarrollo sostenible, escasez hídrica...). El cuestionario está compuesto por cuatro preguntas abiertas y 5 preguntas tipo test.

Por otro lado, el postest estaba dividido en cuatro secciones: datos sociodemográficos, emociones y autoeficacia, evaluación de la intervención y cuestionario de conocimiento científico y ambiental.

Datos sociodemográficos

Sexo: variable dicotómica cuyos valores son hombre y mujer. El docente en formación debe señalar la opción que corresponda a cada caso.

Edad: variable abierta cuantitativa donde el sujeto debe responder la edad que posee.

Emociones han sentido y causas durante la realización de la intervención. Autoeficacia docente

Para determinar las emociones que los docentes en formación inicial han experimentado durante la realización del filtro lento de arena se ha incluido una tabla con una lista de emociones donde los estudiantes deben decir si la han sentido o no. En este caso, se han incluido las emociones positivas: alegría, curiosidad, diversión, entusiasmo, sorpresa (como emociones activadoras), confianza y satisfacción (como emociones desactivadoras). Para el caso de las emociones negativas se han seleccionado aburrimiento, ansiedad, apatía, frustración, miedo, rechazo (como emociones desactivadoras), inseguridad, incertidumbre, nerviosismo y preocupación (como emociones activadoras).

También se han explorado las posibles causas por las que han sentido emociones positivas o negativas. En este caso se ofrecían como respuestas cerradas la metodología seguida por el docente, el profesor, el trabajo autónomo, el contenido, la resolución de dudas y problemas que han surgido, la propia actitud del alumno ante la asignatura, factores personales o el trabajo en grupo. Se incluyó una lista de ítems que debían señalar si durante la realización de la actividad habían echado de menos: atención del profesor, más retroalimentación y diálogo, otras experiencias de ABP o ApS durante su formación como maestros, más vinculación entre teoría y práctica, más transversalidad en los contenidos o una mejor formación teórica previa.

En este mismo apartado se incluyen dos cuestiones relacionadas con la autoeficacia docente donde se les ofrece una lista de metodologías y deben elegir hacia cuál de ellas se sienten

más capacitados como docentes. También se les pregunta hacia qué contenido científico se sienten más capacitados como docentes.

Evaluación de la intervención

Consta de una lista de 13 afirmaciones relacionadas con la autoeficacia y la transversalidad de la intervención del filtro lento de arena y los participantes debían seleccionar en un rango de 1 a 5 en función del grado de acuerdo o desacuerdo con la afirmación.

Cuestionario de conocimiento científico y ambiental

Conformado por el mismo test de conocimiento sobre ideas previas sobre las propiedades físico-químicas del agua (Giraldo-Toro et al., 2015) y cuestiones sobre sostenibilidad (objetivos del desarrollo sostenible, escasez hídrica...) que se les preguntó en el pretest.

Este cuestionario ha sido validado por cinco expertos en didáctica de las ciencias experimentales, que leyeron, corrigieron e hicieron sugerencias que fueron incorporadas. El valor de omega de McDonald $\omega=0,834$ nos permite afirmar que el cuestionario tiene una alta fiabilidad (Ventura-León y Caycho-Rodríguez, 2017).

2.6.2.4. Cuestionario sendero de indagación botánico

En este caso, para la intervención del sendero de indagación botánico ([anexo VII](#)) se diseñaron dos cuestionarios para la recogida de datos, uno para el pretest y otro para el postest.

Título del cuestionario: Sendero de indagación botánico

El pretest consistió en dos secciones:

Actitudes hacia botánica

Conformado por una lista de 9 afirmaciones relacionadas con actitudes hacia las plantas donde los participantes debían elegir su grado de acuerdo o desacuerdo con las afirmaciones en una escala del 1 al 5.

Cuestionario de conocimiento botánico

Constituido por 10 preguntas abiertas sobre conocimiento científico que son trabajadas durante el sendero de indagación botánico.

Finalmente, el postest consistió exclusivamente en el cuestionario de conocimiento botánico.

2.7. Procedimiento de análisis de datos

Tras la elaboración del cuestionario del estudio longitudinal y la selección de la muestra, se pasó a los estudiantes del Grado en Educación Primaria matriculados del 2º año (curso 2018/2019), que se encontraban distribuidos en 4 grupos. Tras recoger los datos, fueron procesados con soporte digital para poder ser analizados estadísticamente a través del software libre y gratuito JASP (versión 0.17.2, Netherlands) y el paquete de Office 365 para la representación gráfica y gestión de las bases de datos

Los datos que se han recogido en cada intervención (emociones, conocimiento o autoeficacia) se han recogido justo antes de comenzar la sesión y al finalizar, utilizando los cuestionarios anteriormente descritos a través de Google Form. Las distintas intervenciones que se describen en el capítulo 4 se han desarrollado progresivamente a lo largo del transcurso de la Tesis Doctoral, en los tres cursos (divididos en grupos) con distintos docentes en formación inicial. Así, una vez conocidas las variables afectivas y cognitivas de los docentes de educación primaria en formación se diseñaron seis intervenciones para abordar contenidos de física y química y biología y geología y su didáctica.

Dado que los datos no se ajustaron a una distribución normal (p -valor $<0,05$, test de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk), a lo largo de esta Tesis Doctoral se presentan los resultados aplicando estadística no paramétrica. Para determinar si existen diferencias entre dos grupos independientes se ha utilizado la prueba U de Mann Whitney. Esta prueba, de forma análoga a la T de Student (paramétrica, para distribuciones poblacionales normales), contrasta las medianas de dos grupos independientes que no tienen distribución normal (Rivas-Ruiz et al., 2013). Esta prueba se ha aplicado para conocer si existen diferencias cuando la variable categórica está compuesta por dos grupos, por ejemplo, es posible con esta prueba explorar diferencias según el sexo (al existir dos categorías: hombre y mujer), según el bachillerato de procedencia (CCSS-H y CyT) o según el momento de recogida de datos (pretest y postest). Cuando las muestras son pareadas se ha utilizado el test de Wilcoxon.

Con las hipótesis planteadas en esta Tesis Doctoral, además de buscar diferencias entre grupos, se buscan relaciones de asociación significativas entre dos variables. Cuando se trata de dos variables cuantitativas se utiliza la correlación de Spearman. En este caso se ha utilizado para

establecer relaciones de asociación entre, por ejemplo, las emociones experimentadas por los estudiantes con su percepción de autoeficacia o para buscar relación entre el aprendizaje (nota en el test de conocimiento) y las emociones. Sin embargo, esta prueba no nos permite establecer relación de causalidad entre las variables exploradas, aunque sí indica un coeficiente de correlación (r , ρ). Esto es una medida cuantitativa que expresa lo estrecho que es el cambio de magnitud que experimenta una de las variables en función del cambio de magnitud de la otra (Zar, 2005). La correlación de Spearman prueba si esta relación es lineal o no. ρ es un valor numérico que oscila entre -1 y +1, donde cero significa que no existe correlación alguna, mientras que el 1 representa una correlación completa o perfecta. El signo de ρ indica la dirección de la correlación, un valor negativo indica que las variables correlacionan de forma inversa. La fuerza de la relación se incrementa tanto de 0 a +1 como de 0 a -1 (Akoglu, 2018).



CAPÍTULO 3

EVOLUCIÓN DE LAS EMOCIONES, AUTOEFICACIA Y CONOCIMIENTO CIENTÍFICO DE UNA MUESTRA DE MAESTROS EN FORMACIÓN

3. EVOLUCIÓN DE LAS EMOCIONES, AUTOEFICACIA Y CONOCIMIENTO CIENTÍFICO DE UNA MUESTRA DE DOCENTES EN FORMACIÓN

El Objetivo General I de esta Tesis doctoral consiste en analizar la evolución emocional y cognitiva que experimentan los docentes de educación primaria en formación tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado de Educación Primaria. En este capítulo se describen y analizan las variables afectivas y cognitivas antes y después de llevar a cabo las intervenciones en el aula de ciencias.

3.1. Resultados Objetivo Específico 1. Analizar la evolución emocional que experimentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria frente a los distintos contenidos científicos

En primer lugar, se describen las variables sociodemográficas (género, edad y resultados descriptivos de las variables académicas) tanto del pretest como del postest. Como se ha mencionado anteriormente, se trata de un estudio longitudinal, pues se recopilaban los datos de una muestra de 144 estudiantes que estaban cursando 2º curso del Grado en Educación Primaria en la Universidad de Extremadura durante el curso 2018/2019 y, posteriormente, se volvieron a recoger los datos de estos estudiantes una vez que se encontraban en 4º curso, en el año académico 2020/2021, tras haber cursado todas las asignaturas de ciencias que se imparten en Grado de Educación Primaria de la Facultad de Educación y Psicología. Tanto el pretest como el postest ha sido el mismo para todos los estudiantes que han participado en la investigación, aunque no todos los docentes en formación han participado en todas las intervenciones realizadas. Se intentó que el número de estudiantes fuera homogéneo en ambos momentos de la recogida de los datos, sin embargo, factores externos que no dependen de la investigación (fundamentalmente causados por la irrupción de la pandemia durante el curso 2019/20) provocaron que la totalidad de la muestra antes y después no fuese la misma, y esta se redujera de 144 a 98 sujetos.

3.1.1. Resultados descriptivos de las variables sociodemográficas del pretest

3.1.1.1. Género

La muestra de docentes de educación primaria en formación analizados en el primer estudio diagnóstico de la presente Tesis Doctoral está compuesta por un total de 144 sujetos. De estos el 63 % de la muestra (N=91) son mujeres, siendo hombres el 37 % restante (N=53).

3.1.1.2. Edad

La edad media de los docentes de educación primaria en formación antes de cursar las asignaturas científicas del grado es de 21 años ($\pm 3,0$), siendo la edad mínima 19 y la máxima 48.

3.1.1.3. Acceso a la Universidad

Más del 90 % de los estudiantes del Grado en Educación Primaria accedieron al Grado después de haber cursado estudios de bachillerato. Ninguno de los encuestados lo hizo a través de una prueba de mayores de 25, y el 8 % tras haber realizado Formación Profesional.

3.1.1.4. Especialidad de bachillerato elegida

De entre aquellos que accedieron mediante bachillerato, el 73 % de los estudiantes del grado cursaron el bachillerato de ciencias sociales o humanidades (de ahora en adelante CCSS-H) y el 26 % bachillerato de ciencias y tecnología (de ahora en adelante CyT).

3.1.2. Resultados descriptivos de las variables sociodemográficas del postest

3.1.2.1. Género

De los 98 estudiantes que realizaron el postest el 64 % fueron mujeres (N=63) y hombres el 36 % (N=35) restante.

3.1.2.2. Edad

Teniendo en cuenta los dos cursos y medio transcurridos entre el pretest y el postest, la edad media de los docentes en formación es de 23 años ($\pm 2,7$), siendo en este caso la edad mínima 21 y la máxima 41.

3.1.3. Análisis emocional

El Objetivo Específico I: Analizar la evolución emocional que experimentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en

Educación Primaria, está conformado por cuatro hipótesis destinadas a explorar la dimensión emocional hacia las ciencias de la muestra de estudio y determinar la existencia o no de diferencias según el género y el bachillerato de procedencia. La estructura que se sigue es, en primer lugar, la formulación de hipótesis y exposición de los resultados. La discusión de la dimensión emocional se hace al final del apartado, tras la contrastación de todas las hipótesis que conforman este primer objetivo.

3.1.3.1. Hipótesis 1. Los docentes de educación primaria en formación señalan más emociones positivas hacia los contenidos de física y química después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria

A continuación, se describen las emociones que sienten los docentes en formación antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria hacia los contenidos vinculados a física y química. Para ello se han analizado los datos recogidos en la parte del cuestionario relativa a las emociones, obteniendo el porcentaje de docentes en formación inicial que han marcado las emociones hacia cada uno de los contenidos. Para ello se ha realizado la prueba U de Mann Whitney, comparando los porcentajes de las emociones señaladas en el pretest y en el postest, en la gráfica se señala con un asterisco aquellas emociones que han experimentado una evolución significativa (** p -valor $<0,001$; ** p -valor $<0,01$; * p -valor $<0,05$).

Diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo

Con respecto al contenido “diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo”, los estudiantes experimentan una evolución significativa para algunas de las emociones investigadas (Figura 10). Inicialmente (pretest), señalaban bajos porcentajes de emociones positivas (ninguno de los encuestados manifestó sentir alegría hacia “diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo”), y altos porcentajes de emociones negativas, destacando preocupación (32 %), aburrimiento (31 %) y nerviosismo (29 %). Tras cursar las distintas asignaturas científicas del grado, los docentes en formación manifiestan sentir una mayor confianza (p -valor $<0,001$), inicialmente señalada por el 9 % de los docentes en formación inicial, y cerca del 30 % tras finalizar las intervenciones. Aumenta también la diversión (p -valor $<0,01$), de 6 % casi al 20 %; la satisfacción (p -valor $<0,01$) que inicialmente señalaban el 8 %, y en el postest el 22 % de los docentes lo señala. Por último, también aumenta el porcentaje de docentes que afirman sentir sorpresa (p -valor $<0,01$), de 4 % a 15 %. Con respecto a las emociones negativas, también existe un aumento significativo de la emoción ansiedad (p -valor $<0,05$), ya que inicialmente el 6 % de los docentes afirmaban sentirla, y tras cursar las asignaturas, cerca del 15 % manifiesta sentir ansiedad. Inicialmente la emoción más señalada fue preocupación (32 %), sin embargo, al finalizar las asignaturas, la emoción que más señalan sentir hacia “diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo” es confianza (29 %).

Hipótesis 1

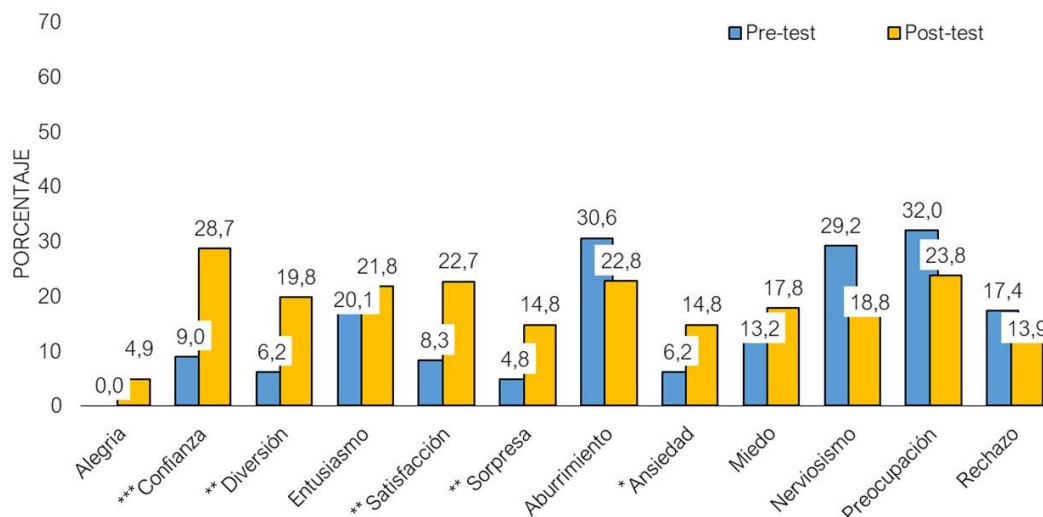


Figura 10. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo"

Explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad

Para el contenido "explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad", los docentes en formación inicial experimentan una evolución significativa para algunas de las emociones investigadas (Figura 11). Inicialmente, manifestaban sentir más emociones negativas que positivas hacia este contenido, destacando preocupación (31 %), aburrimiento (24 %), miedo (23 %) y nerviosismo (22 %). Sin embargo, tras cursar las asignaturas de ciencias, aumenta el porcentaje de emociones positivas señaladas y disminuyen las emociones negativas. Es especialmente llamativo el aumento de la confianza, que pasa de 7 % a 28 % (p -valor $<0,001$). Otras emociones positivas que experimentan una evolución significativa son la diversión (de 4 % a 12 %; p -valor $<0,001$) y la satisfacción (de 5 % a 17 %; p -valor $<0,001$). Con respecto a las emociones negativas, la preocupación desciende de 31 % a 20 % (p -valor $<0,001$). Inicialmente la emoción que más señalaron sentir hacia "explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad" este contenido fue preocupación (31 %), mientras que, al finalizar las intervenciones, la emoción que más señalan sentir hacia este contenido es confianza (28 %).

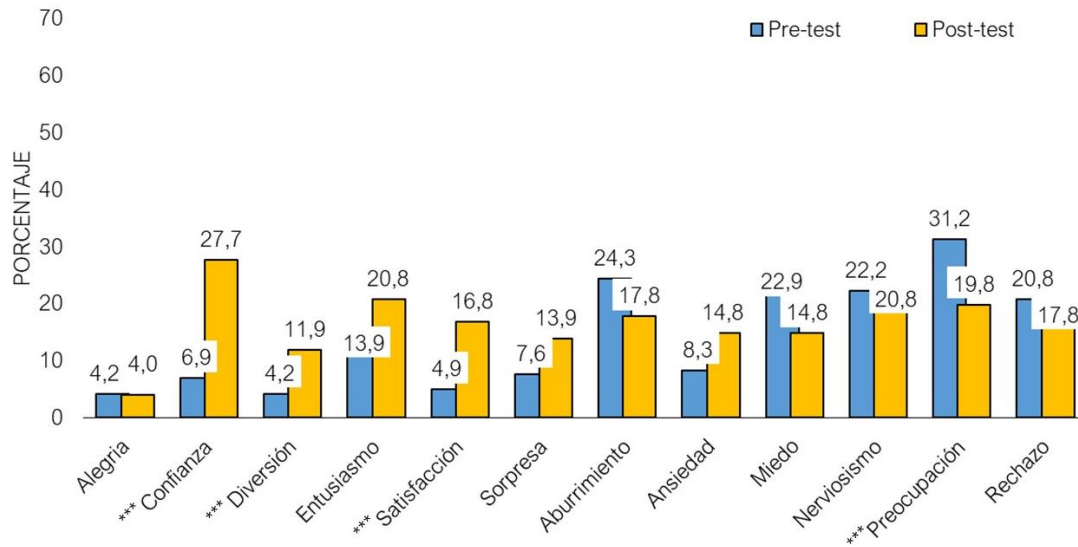


Figura 11. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad"

La flotabilidad en un medio líquido

Con respecto al contenido "la flotabilidad en un medio líquido", los docentes en formación inicial experimentan un cambio significativo para algunas de las emociones investigadas (Figura 12). Tras cursar las distintas asignaturas científicas del grado, manifiestan sentir una mayor confianza (p -valor $<0,01$), aumentando de un 12 % a un 25 %, y sorpresa (p -valor $<0,01$), que pasa de un 8 % a un 21 %. También existe un aumento significativo de la ansiedad (p -valor $<0,05$), que pasa de un 5 % a un 15 %. En el pretest la emoción señalada en mayor porcentaje fue entusiasmo (24 %) hacia este contenido, y en el posttest la emoción más destacada es confianza (25 %).

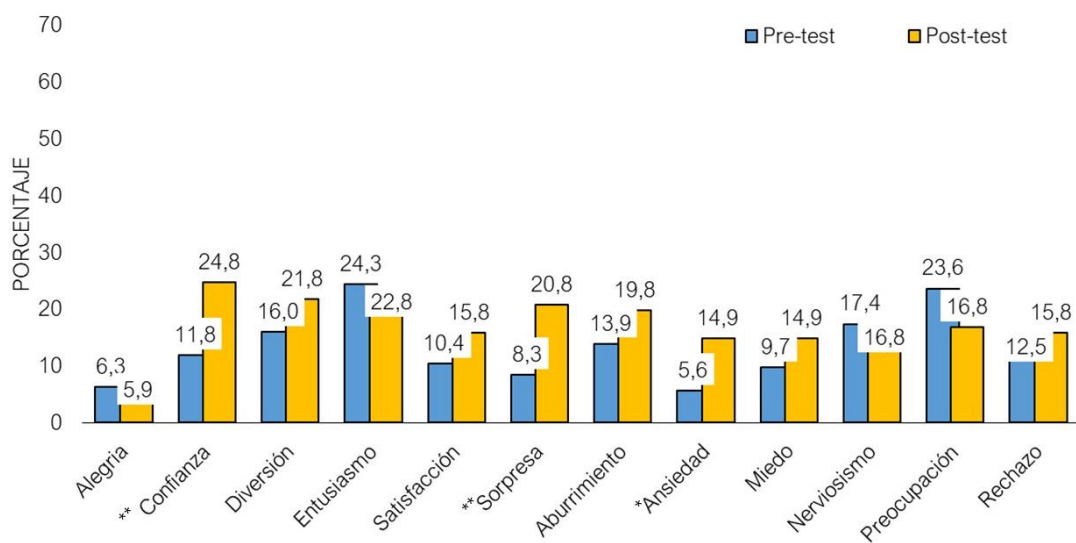


Figura 12. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "la flotabilidad en un medio líquido"

Concepto de energía. Diferentes formas de energía.

Con respecto al contenido “concepto de energía, diferentes formas de energía”, los docentes en formación inicial experimentan una evolución emocional en las emociones diversión (p -valor $<0,05$) que aumenta de 10 % a 20 %, y sorpresa (p -valor $<0,001$), que asciende del 5 % al 20 %. Se trata de un contenido que emocionalmente es un poco distinto al resto, pues manifestaban sentir una alta confianza desde el inicio (25 %) y entusiasmo (19 %). Tampoco señalan altos porcentajes de emociones negativas. La emoción que más señalaron en el pretest fue confianza (25 %), que sigue siendo la emoción más destacada tras finalizar su formación científica (32 %).

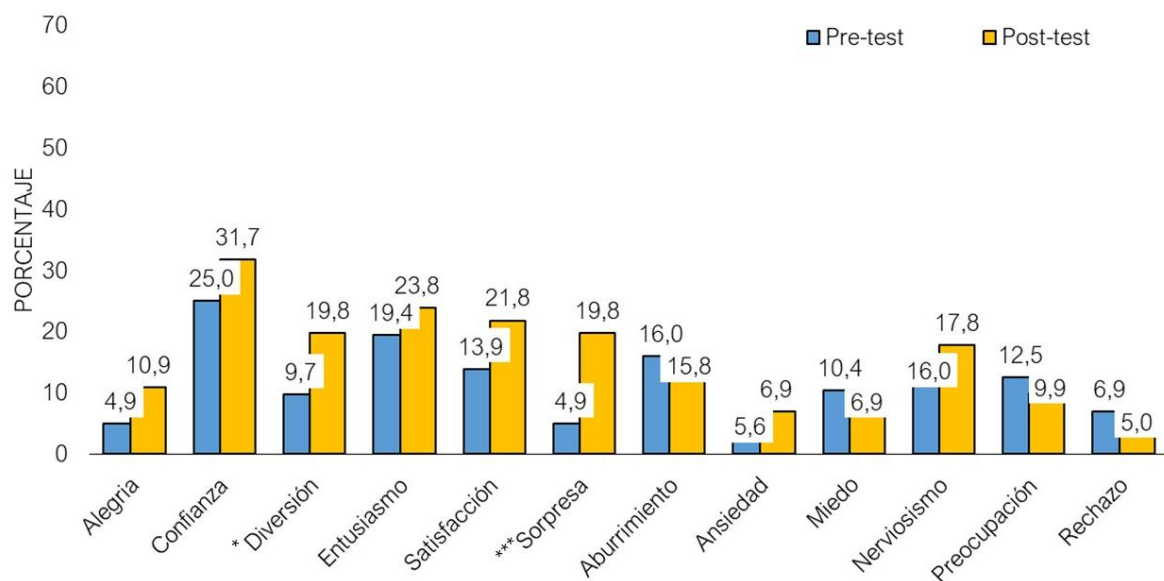


Figura 13. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido “concepto de energía. Diferentes formas de energía”

Fuentes de energía y materias primas: su origen. Energías renovables y no renovables. La luz como fuente de energía.

Al igual que el contenido anterior, también el contenido “las fuentes de energía y materias primas: su origen. Energías renovables y no renovables y la luz como fuente de energía”, presenta unos altos porcentajes de emociones positivas en el pretest (casi el 40 % manifiesta sentir confianza), mientras que los porcentajes de ansiedad, miedo, nerviosismo, preocupación o rechazo no llegan al 10 %. Se ha encontrado diferencia significativa en algunas de las emociones positivas (Figura 14). Existe una evolución significativa en la diversión (p -valor $<0,05$), que aumenta del 14 % al 24 % (p -valor $<0,05$), y sorpresa, que pasa del 6 % al 20 % (p -valor $<0,01$). “Las fuentes de energía y materias primas: su origen. Energías renovables y no renovables y la

luz como fuente de energía” es el contenido, dentro de los vinculados a física y química, hacia el que los docentes en formación inicial manifestaban sentir en el pretest más alegría (12,5 %), confianza (39,6 %), entusiasmo (33,3 %) y satisfacción (20,1 %). La emoción más señalada en el pretest fue confianza (40 %), que tras finalizar su formación sigue siendo la emoción más señalada (casi 50 % afirma sentir confianza hacia este contenido).

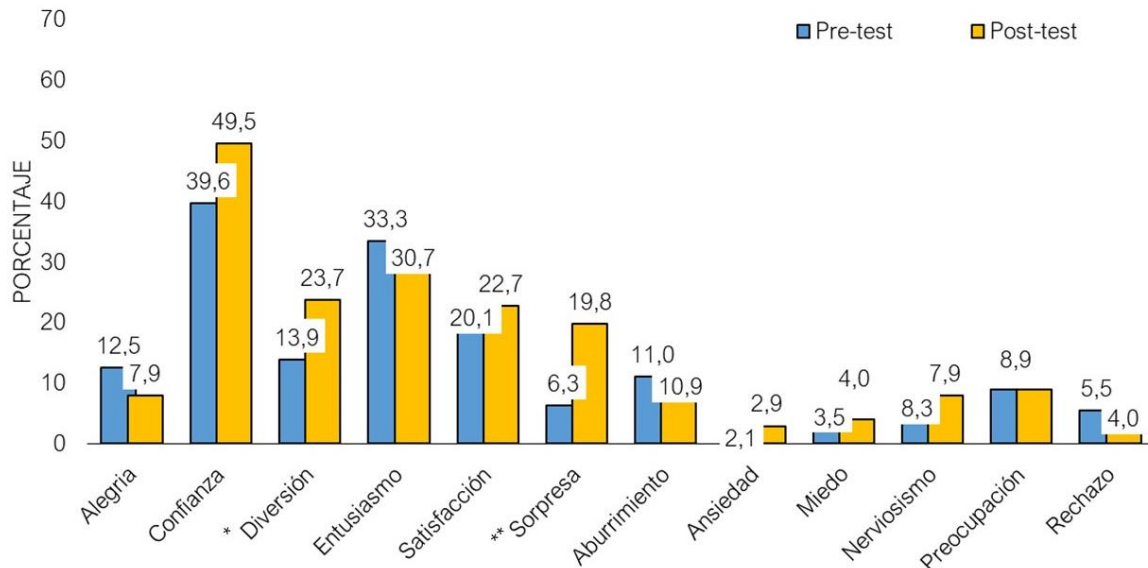


Figura 14. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido “fuentes de energía y materias primas: su origen. Energías renovables y no renovables. La luz como fuente de energía”

Electricidad: la corriente eléctrica. Circuitos eléctricos.

Con respecto al contenido “la electricidad: la corriente eléctrica. Circuitos eléctricos”, experimentan una evolución para algunas de las emociones investigadas (Figura 15). Tras cursar las distintas asignaturas científicas del grado, los docentes en formación manifiestan sentir una mayor confianza (p -valor $<0,05$), que pasan de sentirla el 11 % al 23 %, satisfacción (p -valor $<0,05$) que aumenta del 9 % al 18 % y sorpresa (p -valor $<0,01$), que aumenta del 6 % al 19 %. También aumenta de forma significativa la ansiedad (p -valor $<0,05$). Inicialmente, la emoción que más señalaban sentir hacia este contenido fue aburrimiento (23 %), tras finalizar las intervenciones la emoción que más señalan es confianza (23 %) y nerviosismo (23 %).

Hipótesis 1

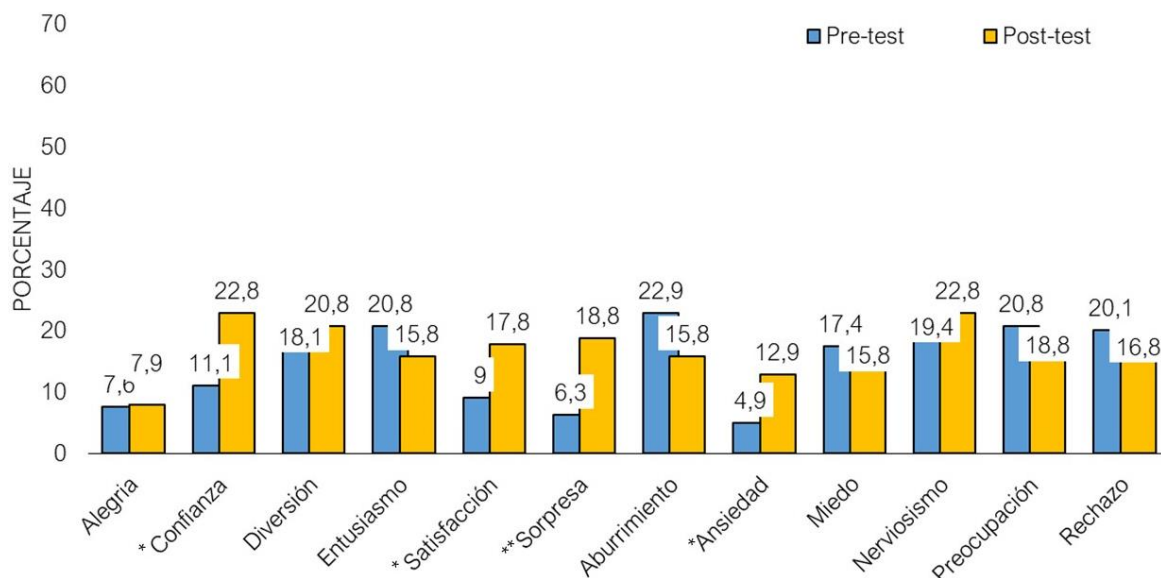


Figura 15. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "electricidad: la corriente eléctrica. Circuitos eléctricos"

Separación de componentes de una mezcla mediante destilación, filtración, evaporación o disolución.

El contenido "separación de componentes de una mezcla mediante destilación, filtración, evaporación o disolución" es el que más diversión (26 %) y sorpresa (13 %) generaba en el pretest de los contenidos de física y química. Las emociones que experimentan una evolución significativa (Figura 16) son la alegría (p -valor $<0,05$), que pasa de 4 % al 12 %, y la confianza (p -valor $<0,001$), que aumenta del 12,5 % al 31 %. La emoción que más señalaron en el pretest fue entusiasmo (31 %) y en el postest confianza (31 %).

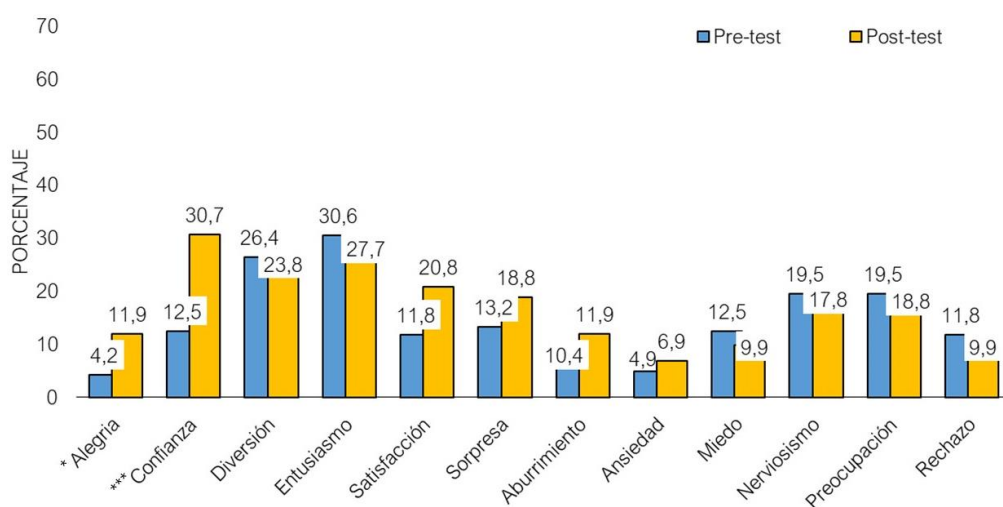


Figura 16. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "separación de componentes de una mezcla mediante destilación, filtración, evaporación o disolución"

Reacciones químicas: la combustión, la oxidación y la fermentación.

Con respecto al contenido “reacciones químicas: la combustión, la oxidación y la fermentación”, los docentes en formación inicial experimentan un cambio significativo para algunas de las emociones investigadas (Figura 17). Tras cursar las distintas asignaturas científicas del grado, se comprueba que manifiestan sentir más alegría (p -valor $<0,05$), aumenta del 2 % al 8 %; más confianza (p -valor $<0,05$), que pasa del 9 % al 20 %; más satisfacción (p -valor $<0,05$), que aumenta del 8 % al 16 %; y más sorpresa (p -valor $<0,01$), que aumenta del 9 % al 22 %. Con respecto a las emociones negativas, experimentan una disminución significativa del miedo (p -valor $<0,01$), puesto que inicialmente el 24 % afirmaban sentirlo, mientras que en el postest desciende al 11 %. Las emociones que señalaron en mayor medida en el pretest fueron miedo (24 %) y nerviosismo (24 %), sin embargo, tras cursar las asignaturas de ciencias, la emoción que más señalan hacia este contenido es entusiasmo (26 %).

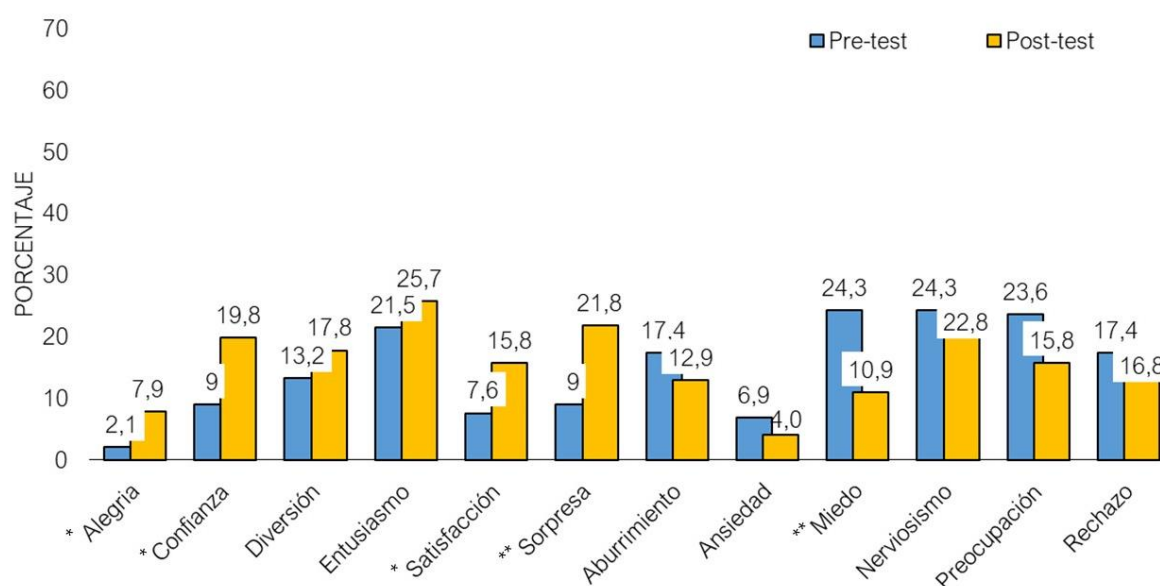


Figura 17. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido “reacciones químicas: la combustión y la fermentación”

Cálculo matemático y representación gráfica.

“Cálculo matemático y representación gráfica” es el contenido hacia el que los docentes en formación inicial han señalado más emociones negativas en el pretest, de todos los que se han contemplado en la investigación, destacando ansiedad y nerviosismo (28 %). Tras cursar las distintas asignaturas científicas del grado, los estudiantes manifiestan sentir menos sorpresa (p -valor $<0,05$); menos preocupación (p -valor $<0,05$) que desciende del 26 % al 14 %; y menos rechazo (p -valor $<0,05$) que pasa del 25 % al 14 %, siendo la ansiedad la emoción negativa que

Hipótesis 1

más desciende (Figura 18). En el postest la emoción que más señalan hacia este contenido hacia este contenido es la confianza (25 %).

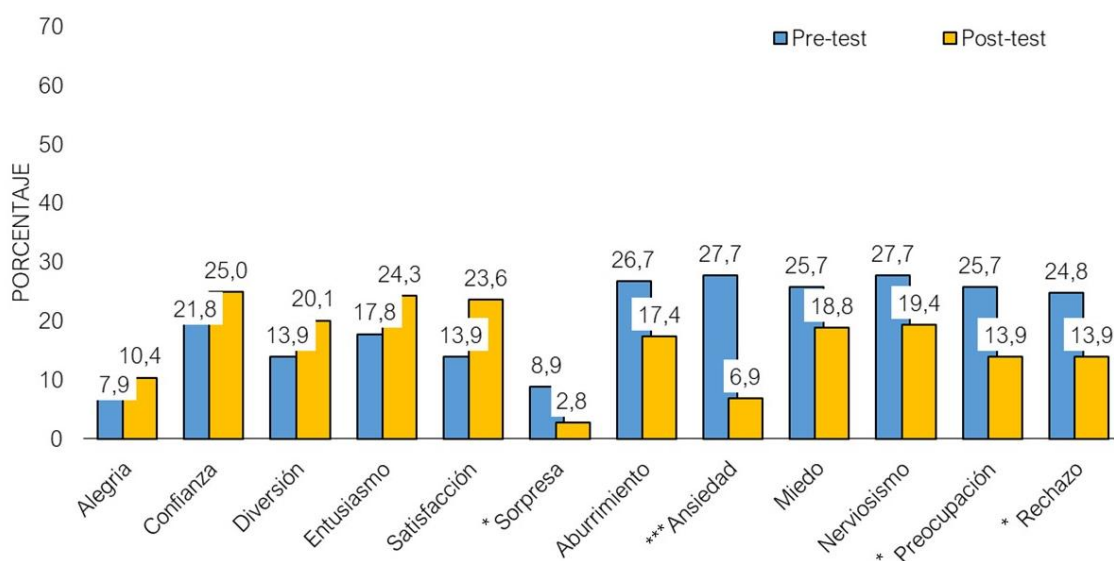


Figura 18. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "cálculo matemático y representación gráfica"

El análisis emocional pormenorizado de cada contenido permitió establecer cuáles eran los contenidos prioritarios para considerar en las intervenciones. Antes de cursar las asignaturas científicas del grado se encontraban grandes diferencias emocionales entre las distintas áreas científicas: los contenidos vinculados a la física y química presentaban altos porcentajes de emociones negativas y bajos porcentajes de emociones positivas, por lo que las intervenciones más relevantes de esta Tesis Doctoral se han centrado en contenidos de física y química, con el objetivo de modificar esa tendencia emocional y mejorar la dimensión afectiva durante el aprendizaje de las ciencias en la formación de docentes.

En la Figura 19 se muestran los porcentajes de las emociones señaladas antes y después de realizar las intervenciones hacia los contenidos de física y química. En color gris se representa el pretest y en color azul el postest. Se incluyen los grupos estadísticamente diferentes (U de Mann Whitney, *** p -valor<0,001; ** p -valor<0,01) para cada una de las emociones.

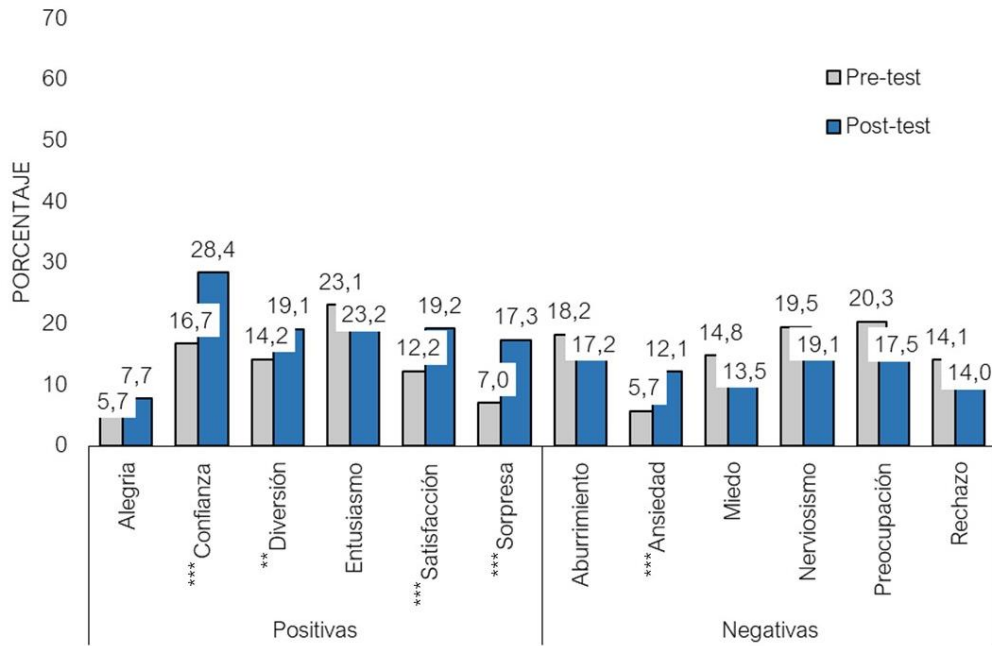


Figura 19. Porcentaje de emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación hacia los contenidos de física y química antes y después de llevar a cabo las intervenciones

Después de las intervenciones en el aula de ciencias, con respecto a los contenidos de física y química, los docentes en formación experimentan un aumento de la confianza (pasando del 17 % al 28 %) en los contenidos de física y química (p -valor $<0,001$), esta emoción está muy vinculada a la percepción de autoeficacia. También después de cursar las diferentes asignaturas los docentes sienten más satisfacción (p -valor $<0,001$) hacia los contenidos de física y química, ya que inicialmente el 12 % afirmaba sentirla mientras que en 4º curso el 19 % de los docentes sienten satisfacción. Para la emoción sorpresa también se observa un incremento significativo (p -valor $<0,001$), en el pretest el 7 % de los estudiantes manifestaron sentirla, mientras que en el postest el 17 % afirman sentirla. Finalmente, con respecto a las emociones positivas, los estudiantes también afirman sentir más diversión hacia los contenidos de física y química (p -valor $<0,01$), inicialmente el 14 % de los docentes participantes señalaron sentirla, mientras que en el postest el 19 % afirma sentir diversión. Por otro lado, con respecto a las emociones negativas se encuentra un aumento significativo de la emoción ansiedad (p -valor $<0,001$), puesto que antes de cursar las asignaturas científicas del grado el 6 % afirmaban sentirla, mientras que al terminar su formación asciende hasta el 12 %. Los resultados emocionales son discutidos más adelante, en el apartado [3.1.3.5. Discusión de los resultados relativos la Objetivo Específico 1.](#)

3.1.3.2. *Hipótesis 2. Los docentes de educación primaria en formación señalan más emociones positivas hacia los contenidos de biología y geología después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria*

A continuación, se describen las emociones que sienten los docentes en formación antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria hacia los contenidos de biología y geología. Para ello se han analizado los datos recogidos en la parte del cuestionario relativa a las emociones, obteniendo el porcentaje de docentes en formación inicial que han marcado las emociones hacia cada uno de los contenidos. Para ello se ha realizado la prueba U de Mann Whitney, comparando los porcentajes de las emociones señaladas en el pretest y en el postest, en la gráfica se señala con un asterisco aquellas emociones que han experimentado una evolución significativa (** p -valor $<0,001$; ** p -valor $<0,01$; * p -valor $<0,05$).

El cuerpo humano y su funcionamiento. Anatomía y fisiología. Aparatos y sistemas.

Hacia el contenido “el cuerpo humano y su funcionamiento. Anatomía y fisiología. Aparatos y sistemas”, los docentes en formación inicial experimentan cambios significativos para algunas de las emociones investigadas (Figura 20). Tras cursar las distintas asignaturas científicas del grado, manifiestan sentir más sorpresa (p -valor $<0,05$), que experimenta un aumento del 11 % al 22 %; y un aumento de la confianza (p -valor $<0,05$), que pasa del 33 % al 48,5 %. La emoción que manifestaban sentir en mayor porcentaje en el pretest era entusiasmo (50 %), mientras que en el postest la emoción que más señalan hacia este contenido es confianza (48,5 %).

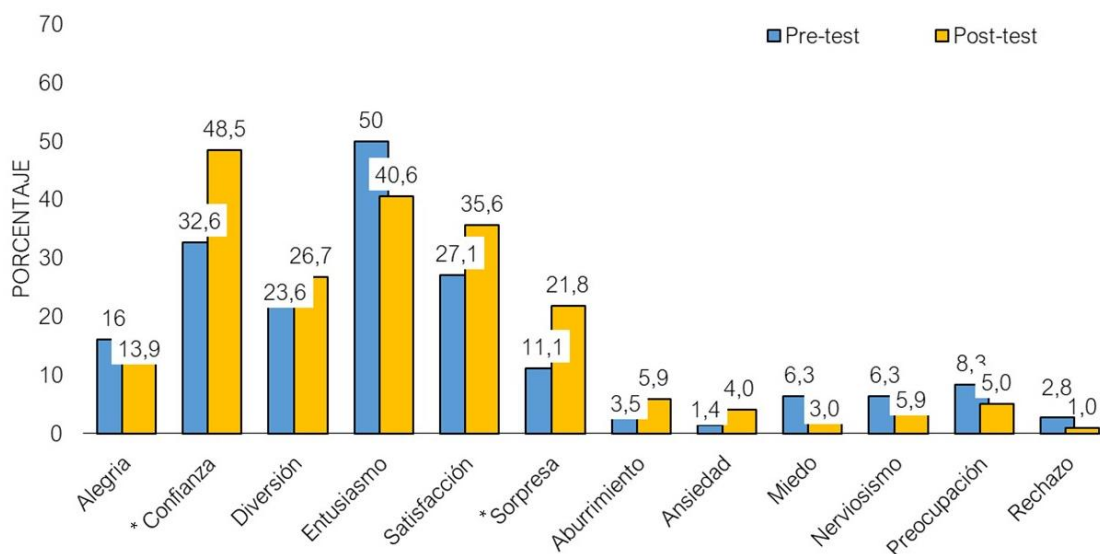


Figura 20. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido “El cuerpo humano y su funcionamiento. Anatomía y fisiología. Aparatos y sistemas”

Organización interna de los seres vivos. Estructura de los seres vivos: células; tejidos: tipos; órganos; aparatos y sistemas: principales características y funciones.

El contenido “Organización interna de los seres vivos. Estructura de los seres vivos: células; tejidos: tipos; órganos; aparatos y sistemas: principales características y funciones”, apenas experimenta evolución emocional (Figura 21). En el pretest, la emoción más señalada era entusiasmo (46 %), y en el postest la emoción más señalada es confianza (47,5 %). La diversión (p -valor $<0,05$) aumenta del 26 % al 39 %, y la sorpresa (p -valor $<0,001$), que inicialmente sólo el 4 % de los docentes afirmaba sentirla, mientras que en el postest el 18 % afirma sentir sorpresa hacia este contenido.

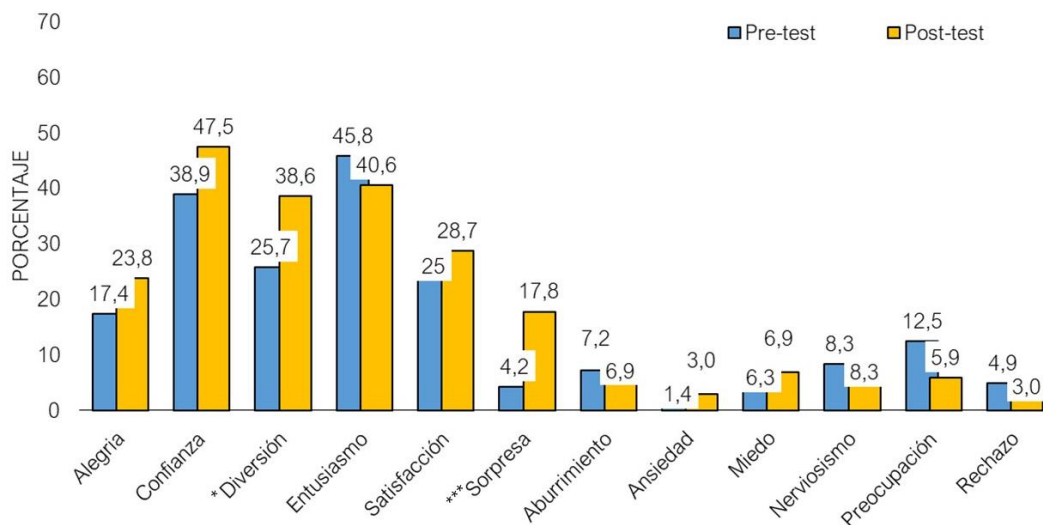


Figura 21. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido “Organización interna de los seres vivos. Estructura de los seres vivos: células; tejidos: tipos; órganos; aparatos y sistemas: principales características y funciones”

Los seres vivos: características, clasificación y tipos

El contenido “Los seres vivos, características, clasificación y tipos”, es uno de los contenidos que más emociones positivas genera a los futuros maestros y menos emociones negativas (Figura 22). Inicialmente, el 58 % afirmaba sentir entusiasmo hacia este contenido, siendo la emoción más señalada. En el postest, la emoción que más manifestaron sentir fue confianza (54 %). Tras cursar las distintas asignaturas científicas del grado, manifiestan sentir más diversión (p -valor $<0,05$), que experimenta un aumento de 28 % a 40 %, y más sorpresa (p -valor $<0,05$), que pasa del 5 % al 14 %.

Hipótesis 2

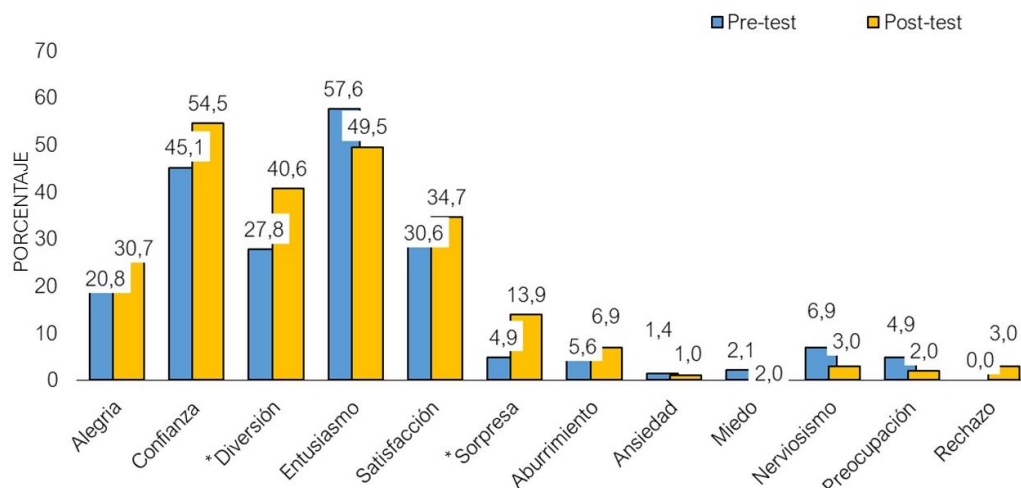


Figura 22. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido “Los seres vivos: características, clasificación y tipos”

Los animales vertebrados e invertebrados, características y clasificación

“Los animales vertebrados e invertebrados, características y clasificación”, también es uno de los contenidos donde los estudiantes han señalado más emociones positivas, siendo el entusiasmo (54 %) la más señalada (Figura 23). Por otro lado, las emociones negativas apenas son señaladas (ansiedad, miedo, nerviosismo o rechazo por debajo del 5 %). Tras cursar las distintas asignaturas científicas del grado, los docentes en formación manifiestan sentir más alegría (p -valor<0,05), que asciende del 19 % al 33 %; más diversión (p -valor<0,05), que pasa del 27 % al 45 %; y más sorpresa (p -valor<0,001), que pasa del 4 % al 17 %.

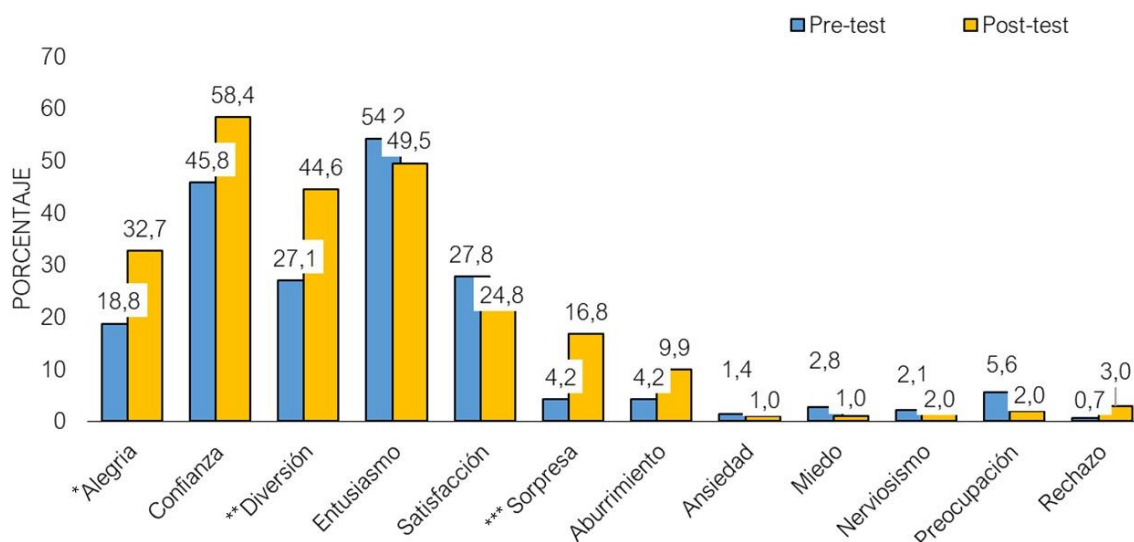


Figura 23. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido “Los animales vertebrados e invertebrados, características y clasificación”

Las plantas: la estructura y fisiología de las plantas. La fotosíntesis y su importancia para la vida en la tierra.

Con respecto al contenido “Las plantas: la estructura y fisiología de las plantas. La fotosíntesis y su importancia para la vida en la tierra”, los docentes en formación inicial experimentan una evolución para algunas de las emociones investigadas. Inicialmente, la emoción que más señalaron sentir hacia este contenido fue entusiasmo (39 %) (Figura 24). Después de cursar las distintas asignaturas científicas del grado, manifiestan sentir más confianza (p -valor $<0,01$), que asciende de 30 % a 46,5 %; más diversión (p -valor $<0,05$), que inicialmente sólo señalaban el 15 % y posteriormente el 28 % de los docentes en formación; más satisfacción (p -valor $<0,05$), que pasa de ser señalada por el 17 % al 28 % de la muestra; y más sorpresa (p -valor $<0,001$), que aumenta del 5 % al 19 % y una disminución de la preocupación (p -valor $<0,05$), del 12 % al 3 %.

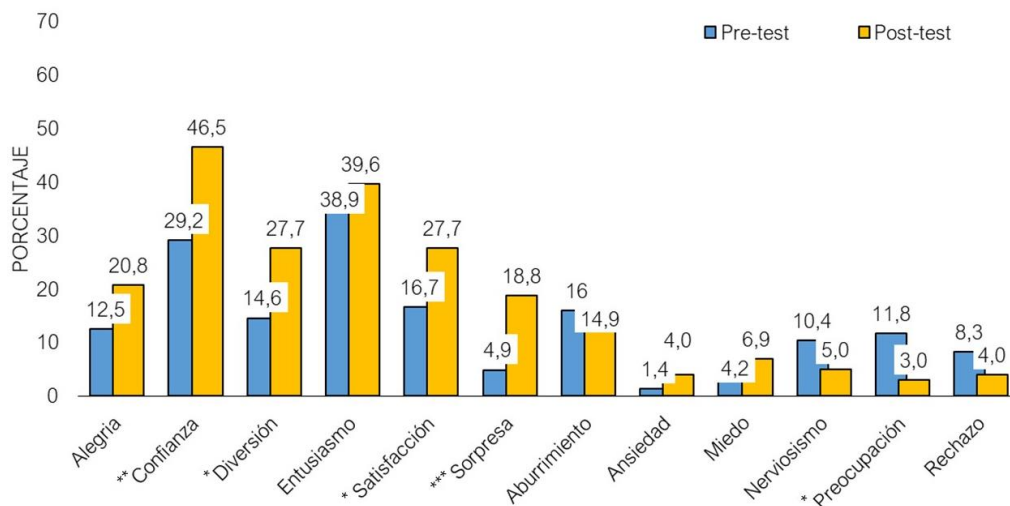


Figura 24. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido “Las plantas: la estructura y fisiología de las plantas. La fotosíntesis y su importancia para la vida en la tierra”

La biosfera, diferentes hábitats de los seres vivos

Con respecto al contenido “La biosfera, diferentes hábitats de los seres vivos”, los participantes del estudio manifiestan sentir más alegría (p -valor $<0,01$), que inicialmente señalaban el 12 % y al finalizar las intervenciones el 24 %; más confianza (p -valor $<0,05$) que asciende del 25 % al 41 %; y más sorpresa (p -valor $<0,001$) que aumenta del 6 % al 20 %. Con respecto a las emociones negativas, se encuentra una disminución de la preocupación (p -valor $<0,01$), que inicialmente señalaban el 13 % y en el postest sólo el 2 % (Figura 25). En el

pretest la emoción más señalada fue entusiasmo (46 %), mientras que, en el postest, la emoción más señalada es confianza (41 %).

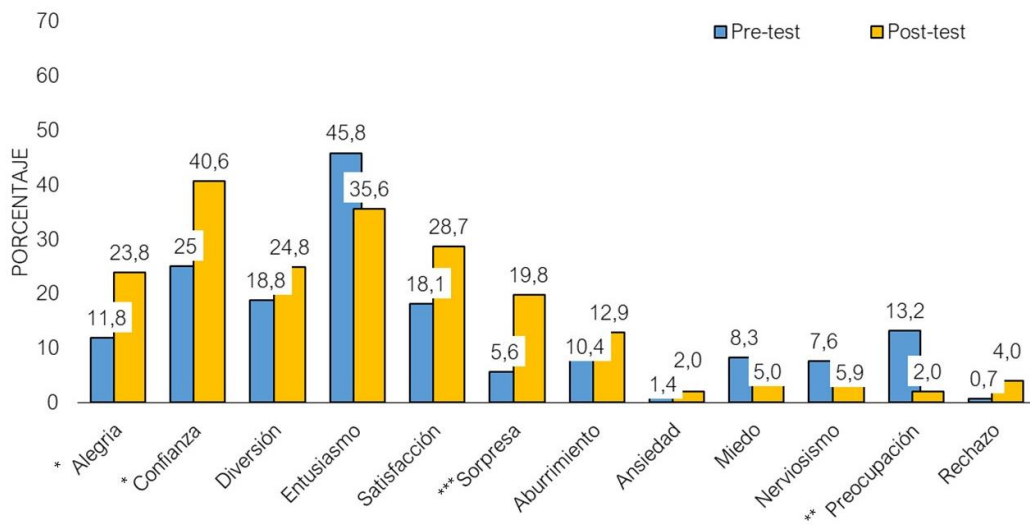


Figura 25. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "La biosfera, diferentes hábitats de los seres vivos"

Hábitos de respeto y cuidado hacia los seres vivos

Tras cursar las distintas asignaturas científicas del grado, los estudiantes manifiestan sentir más confianza (p -valor $<0,05$), que pasa de 38 % a 54 %; más diversión (p -valor $<0,001$) que inicialmente señalaban el 25 % y al finalizar las intervenciones el 45 %; y más satisfacción (p -valor $<0,001$), que pasa del 27 % al 50 % hacia el contenido "hábitos de respeto y cuidado hacia los seres vivos" (Figura 26). También experimentan una disminución significativa de la preocupación (p -valor $<0,05$).

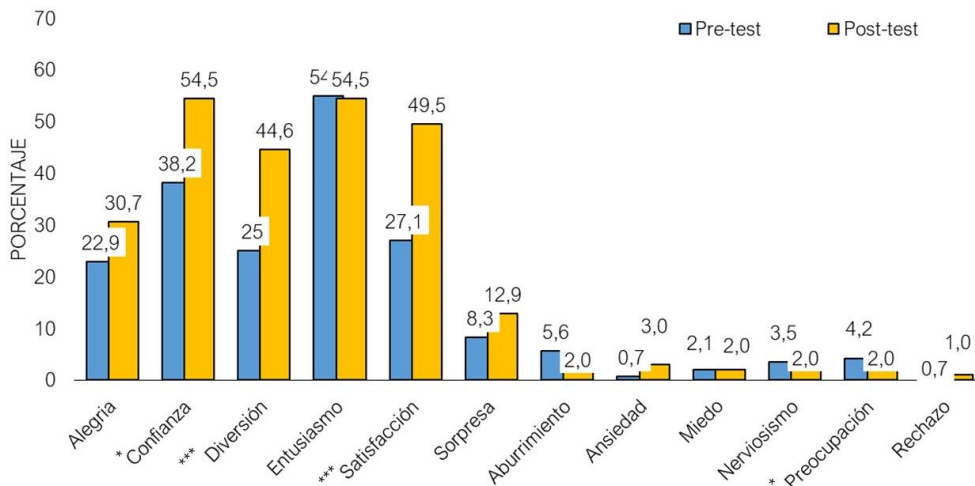


Figura 26. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "Hábitos de respeto y cuidado hacia los seres vivos"

El planeta Tierra y la Luna, su satélite

Con respecto a el contenido "El planeta Tierra y la Luna, su satélite", los docentes en formación inicial tras cursar las asignaturas de ciencias manifiestan sentir una mayor confianza (p -valor $<0,01$), señalada en el pretest por el 19 % de los participantes y en el postest por el 38 %; una mayor satisfacción (p -valor $<0,01$) que pasa del 18 % al 30 %; y más sorpresa (p -valor $<0,01$) que pasa del 12 % al 25 % (Figura 27). También experimentan una disminución significativa de la preocupación (p -valor $<0,05$) que desciende del 10 % al 3 %. En el pretest la emoción más señalada fue entusiasmo (42 %) y en el postest confianza (38 %).

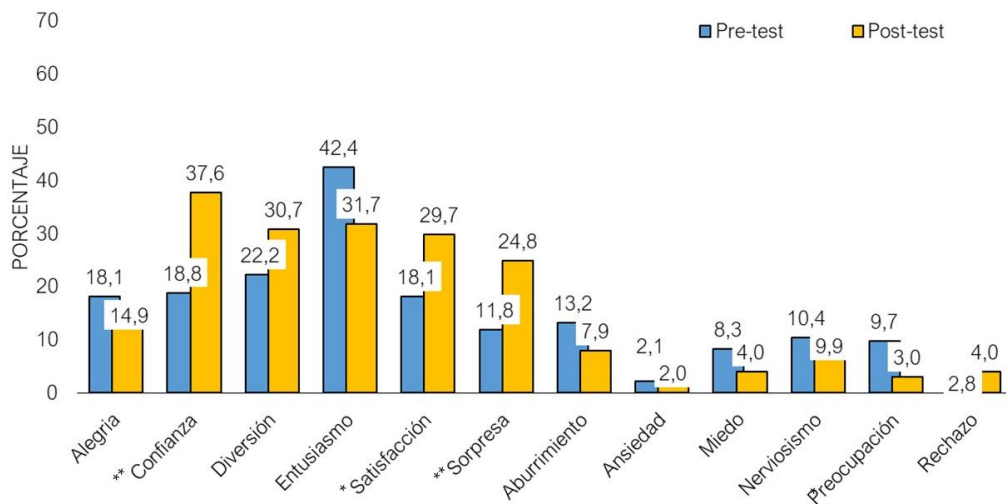


Figura 27. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "El planeta Tierra y la Luna, su satélite"

La atmósfera. Fenómenos atmosféricos

“La atmósfera. Fenómenos atmosféricos” es uno de los contenidos, vinculado a la parte de biología y geología, que más aburrimiento (20 %) genera (Figura 28). Después de cursar las distintas asignaturas científicas del grado, los docentes en formación experimentan una evolución para algunas de las emociones investigadas. Manifiestan sentir más confianza (p -valor $<0,001$), que asciende del 15 % al 42 %; más satisfacción (p -valor $<0,05$) que pasa del 12 % al 24 %; y más sorpresa (p -valor $<0,001$) señalada inicialmente por el 8 % y en el postest por el 25 % de los docentes en formación. También disminuyen el miedo (p -valor $<0,05$), pasando del 10 % al 3 %, y la preocupación (p -valor $<0,001$), que inicialmente era señalada por el 15 % y en el postest por el 2 %.

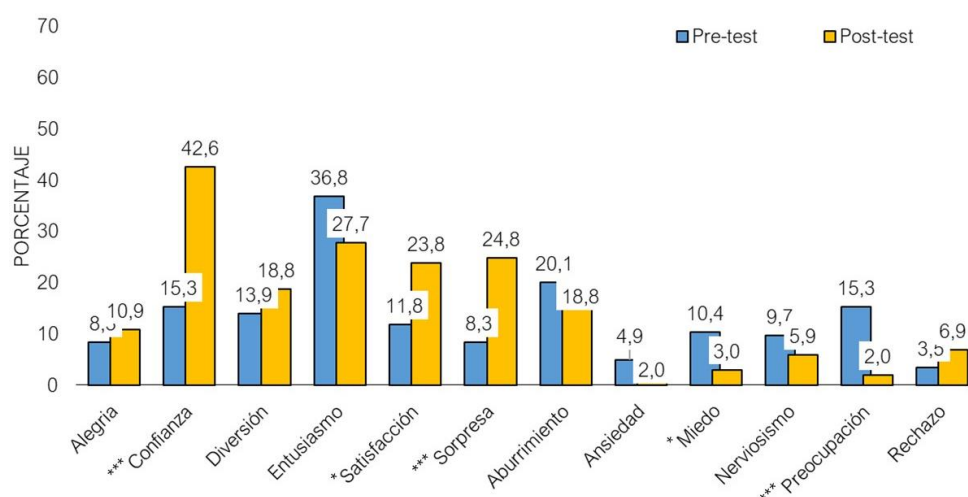


Figura 28. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido “La atmósfera. Fenómenos atmosféricos”

Rocas y minerales: propiedades, usos y utilidades

“Rocas y minerales: propiedades, usos y utilidades” es el contenido de biología y geología hacia el que los docentes en formación inicial en el pretest señalan más emociones negativas, el 35 % de los participantes afirman sentir aburrimiento, el 19 % siente miedo y el 18 % rechazo (Figura 29). Por otro lado, el porcentaje de emociones positivas es bajo, bastante distinto a los contenidos de biología, ya que sólo el 6 % señala alegría o sorpresa. Tras cursar las distintas asignaturas científicas del grado, manifiestan sentir más alegría (p -valor $<0,01$), que asciende al 18 %; más confianza (p -valor $<0,001$), señalada en el postest por el 35 %; y más sorpresa (p -valor $<0,01$) que pasa del 6 % al 17 %. Se experimenta también una disminución del miedo (p -

valor $<0,001$), que después de las intervenciones desciende al 2 %, y el nerviosismo, que desciende del 16 % al 5 % (p -valor $<0,01$).

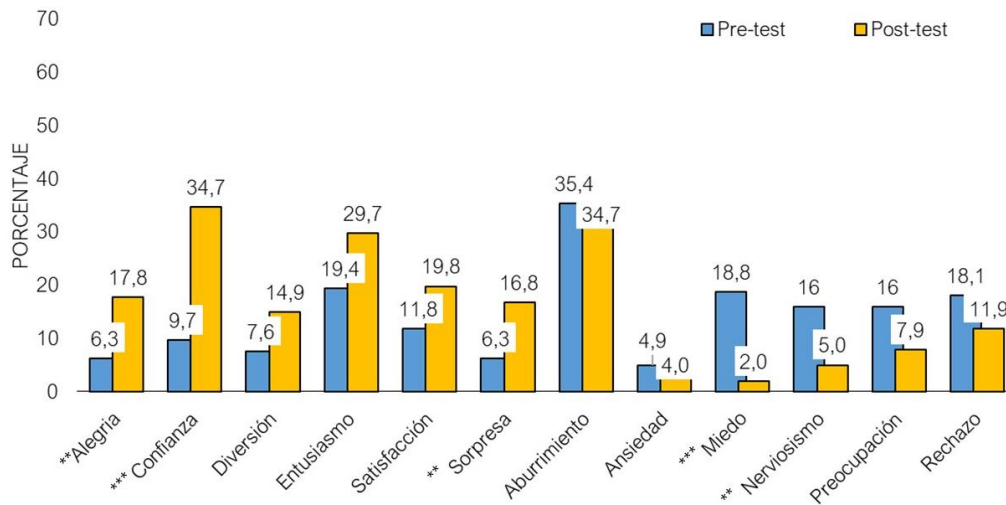


Figura 29. Evolución emocional de los docentes en formación inicial hacia el contenido "Rocas y minerales: propiedades, usos y utilidades"

Se ha comprobado que algunos contenidos de geología generan alto porcentaje de emociones negativas, como las rocas y los minerales, por lo que este contenido se seleccionó para el diseño de intervenciones. Los resultados obtenidos muestran una evolución emocional significativa. Por otro lado, se seleccionaron también contenidos relacionados con la botánica, por ser un área de la biología que no despierta el mismo interés social que despiertan otras áreas, como la anatomía o la astronomía. Y, finalmente, se ha trabajado con contenidos relacionados con la microbiología, por la cantidad de ideas previas que existen hacia los microorganismos.

En la Figura 30 se muestra la evolución emocional en porcentaje de las emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación hacia los contenidos de biología y geología. En color gris se representa el pretest y en color amarillo el postest. Se incluyen los grupos estadísticamente diferentes (U de Mann Whitney, *** p -valor $<0,001$; ** p -valor $<0,01$) para cada una de las emociones.

Hipótesis 2

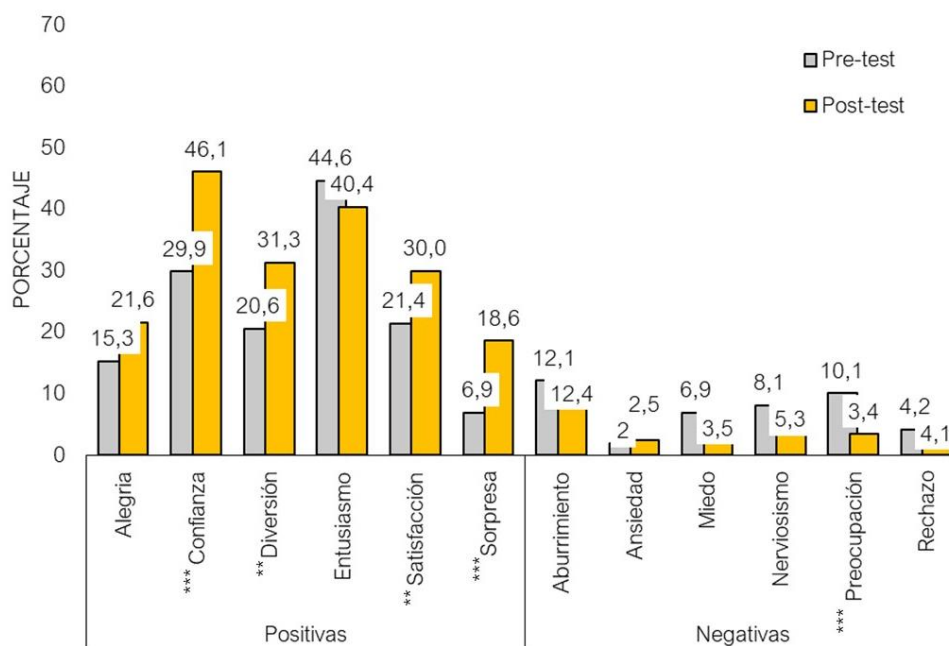


Figura 30. Porcentaje de emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación hacia los contenidos de biología y geología

Se comprueba que los futuros maestros tras cursar las asignaturas científicas del grado manifiestan sentir más diversión (p -valor $<0,01$) hacia los contenidos de biología y geología, pasando del 20 % inicialmente al 31 % en el postest. También afirman sentir más sorpresa (p -valor $<0,001$), en el pretest el 7 % la señalaban y en el postest el 19 %. Se ha obtenido un aumento significativo de la confianza (p -valor $<0,001$), en el pretest esta emoción fue señalada por el 30 % y en el postest por el 46 % de los docentes en formación inicial. Finalmente, se obtiene un aumento de satisfacción (p -valor $<0,01$) que inicialmente era señalada por el 21 % y en el postest el 30 % afirmaba sentirla. Por otro lado, también se obtiene una disminución de la preocupación (p -valor $<0,001$) que fue señalada al inicio por el 10 % de la muestra mientras que la final sólo afirmaba sentir preocupación hacia los contenidos de biología y geología el 3 % de los docentes en formación encuestados.

Los resultados obtenidos nos llevan a aceptar la Hipótesis 2, los docentes de educación primaria en formación señalan más emociones positivas hacia los contenidos de biología y geología después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria.

3.1.3.3. Hipótesis 3. El género no influye en las emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria

Inicialmente, antes de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria, se encontraron algunas diferencias emocionales significativas hacia los contenidos de física y química, sin embargo, estas diferencias no se encontraron hacia los contenidos de biología y geología. En la figura 31 se muestran los resultados obtenidos en referencia a las emociones sentidas por hombres (azul claro) y mujeres (azul oscuro) hacia los contenidos de física y química en el pretest. Se señalan las emociones para las cuales existen diferencias estadísticamente significativas (U de Mann Whitney, *** p -valor<0,001; ** p -valor<0,01; * p -valor<0,05) según el género.

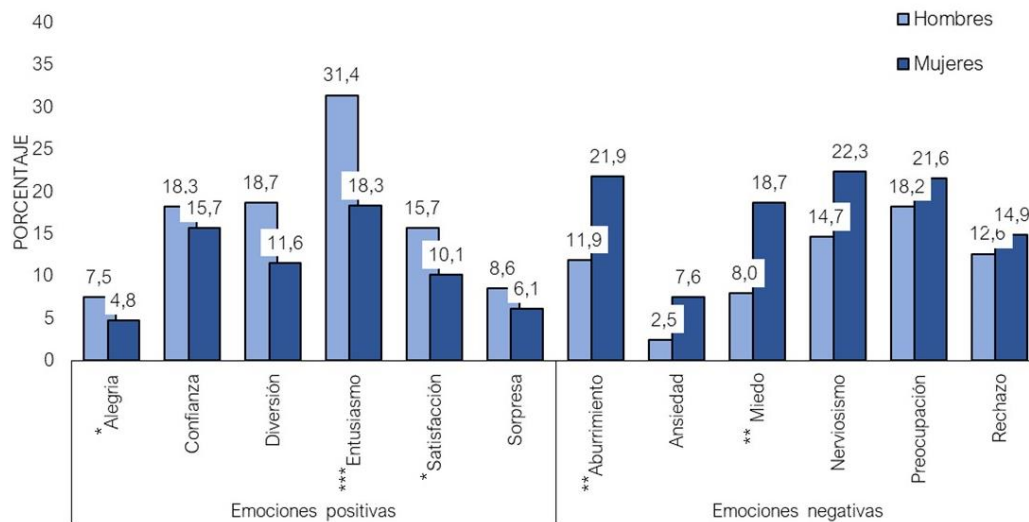


Figura 31. Porcentaje de emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación, según el género, frente a los contenidos de física y química antes de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria

Se observa que, para la física y química, los hombres manifestaban en un inicio sentir en mayor porcentaje algunas emociones positivas más que las mujeres. Para ambos géneros, la emoción positiva más señalada es el entusiasmo (señalada en un 31,4 % por los hombres y 18,3 % por las mujeres), existiendo diferencias según el género. En segundo lugar, los hombres afirman sentir diversión (18,7 %) y las mujeres confianza (15,7 %). La emoción positiva menos señalada es la alegría tanto por mujeres (4,8 %) como por hombres (7,6 %), siendo significativa esta diferencia (p -valor<0,5). Las mujeres siempre señalan en mayor porcentaje las emociones negativas (aburrimiento, ansiedad, miedo, nerviosismo, preocupación y rechazo), aunque estas diferencias sólo son significativas en el caso de las emociones miedo y aburrimiento (p -

valor $<0,01$) y para las emociones positivas alegría (p -valor $<0,05$), satisfacción (p -valor $<0,05$) y entusiasmo (p -valor $<0,001$), que son señaladas en mayor porcentaje por los hombres.

Una vez cursadas las asignaturas científicas, lo deseable es que deje de existir la brecha de género emocional que se detectó inicialmente, donde las mujeres señalaban menos emociones positivas que los hombres hacia la física y química. Para conocer si existen diferencias entre mujeres y hombres en las emociones que sienten hacia las ciencias una vez cursadas las asignaturas, se ha empleado la prueba U de Mann-Whitney. Los resultados obtenidos (p -valor $>0,05$) muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas según el género entre las emociones positivas o negativas señaladas por los docentes en formación una vez cursadas las asignaturas científicas del grado, para ninguno de los contenidos científicos analizados. En la Tabla 10 se incluyen los porcentajes según el género de las emociones señaladas por los futuros docentes hacia los contenidos de física y química y biología y geología en el posttest.

Tabla 10. Porcentaje de emociones positivas y negativas señaladas hacia las distintas áreas científicas en el posttest distinguiendo según el género

	Emociones	Física y química		Biología y geología	
		Hombres (%)	Mujeres (%)	Hombres (%)	Mujeres (%)
Positivas	Alegría	9,0	6,9	28,6	17,5
	Confianza	27,0	29,2	45,7	46,2
	Diversión	20,1	18,4	39,0	28,0
	Entusiasmo	24,6	22,4	42,4	39,2
	Satisfacción	20,4	18,4	34,6	27,4
	Sorpresa	19,5	16,3	17,6	19,2
Negativas	Aburrimiento	21,3	14,9	18,4	8,9
	Ansiedad	11,1	12,7	1,6	3,1
	Miedo	7,5	17,0	1,9	4,5
	Nerviosismo	18,6	19,4	1,9	7,1
	Preocupación	18,6	16,8	1,6	4,3
	Rechazo	14,7	14,1	2,4	5,1

Estos resultados conducen a aceptar la Hipótesis 3, el género no es una variable que influya en las emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación después de cursar las asignaturas científicas del grado.

3.1.3.4. *Hipótesis 4. El bachillerato de procedencia no afecta en las emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria*

En esta Tesis Doctoral se ha analizado si existen diferencias significativas en las emociones manifestadas por los futuros maestros que proceden de un bachillerato de Ciencias y Tecnología y los que provienen de un bachillerato de Ciencias Sociales y Humanidades.

Inicialmente, los datos obtenidos en el pretest mostraban que en todos los casos son los docentes que proceden del bachillerato de CyT los que señalaban un mayor porcentaje de emociones positivas, sin embargo, estas diferencias sólo eran significativas en el caso de la física y química en la emoción diversión (p -valor $<0,05$), señalada en mayor medida por los estudiantes de CyT (19,8 %, frente a 12,4 %). Para el área de biología y geología no se encontró ninguna diferencia significativa. Tras cursar las asignaturas científicas del grado se ha explorado de nuevo la existencia de diferencias según el bachillerato de procedencia, para ello se ha empleado el estadístico U de Mann-Whitney. Los resultados mostrados en la Tabla 11 revelan que las diferencias no son estadísticamente significativas (p -valor $>0,05$). Por tanto, tras cursar las asignaturas científicas del grado, el bachillerato de procedencia de los estudiantes parece no tener relación con la dimensión emocional hacia los distintos contenidos de ciencias.

Tabla 11. Porcentaje de emociones positivas y negativas señaladas hacia las distintas áreas científicas en el postest distinguiendo según el bachillerato de procedencia

	Emociones	Física y química		Biología y geología	
		CyT (%)	CCSS-H (%)	CyT (%)	CCSS-H (%)
Positivas	Alegría	5,9	8,4	11,9	25,2
	Confianza	35,0	26,4	43,1	47,7
	Diversión	19,8	12,4	23,8	33,9
	Entusiasmo	20,9	24,0	36,9	41,2
	Satisfacción	22,2	17,8	34,2	28,9
	Sorpresa	20,4	22,6	23,8	17,0
Negativas	Aburrimiento	17,9	17,0	10,0	13,0
	Ansiedad	4,7	14,4	1,9	2,8
	Miedo	6,8	16,0	3,8	3,5
	Nerviosismo	20,5	19,0	6,5	4,9
	Preocupación	11,5	19,8	3,8	3,2
	Rechazo	6,4	16,5	7,7	2,9

Estos resultados conducen a aceptar la Hipótesis 4, el bachillerato de procedencia no afecta en las emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria.

3.1.3.5. Discusión de los resultados relativos al Objetivo Específico 1

En la Tabla 12 se presenta un resumen de las hipótesis y las respectivas conclusiones del Objetivo Específico 1.

Tabla 12. Resumen de las hipótesis y conclusiones del Objetivo Específico I

Objetivo Específico I		
Analizar la evolución emocional que experimentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria frente a los distintos contenidos científicos		
	Hipótesis de investigación	Conclusión
OE1	H1 Los docentes de educación primaria en formación señalan más emociones positivas hacia los contenidos de física y química después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta. Los docentes de educación primaria en formación manifiestan sentir más diversión, sorpresa, confianza y satisfacción hacia los contenidos de física y química después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria
	H2 Los docentes de educación primaria en formación señalan más emociones positivas hacia los contenidos de biología y geología después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta. Los docentes de educación primaria en formación manifiestan sentir más diversión, más sorpresa, más confianza y más satisfacción hacia los contenidos de biología y geología después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria
	H3 El género no influye en las emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta. Tras cursar las asignaturas de ciencias del grado en Educación Primaria no existen diferencias en la dimensión emocional hacia los contenidos científicos según el género
	H4 El bachillerato de procedencia no afecta en las emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta. Tras cursar las asignaturas de ciencias del grado en Educación Primaria no existen diferencias en la dimensión emocional hacia los contenidos científicos según el bachillerato de procedencia

Con la Hipótesis 1 y 2 se pretende conocer la existencia o no de una evolución en la dimensión emocional hacia los distintos contenidos científicos trabajados a lo largo de la formación docente. El hecho de clasificar las emociones en positivas y negativas no tiene connotación de bueno o malo, y no debe confundirse valencia con valor: todas las emociones son buenas y necesarias, aunque el carácter que pueden tener para el sujeto que las experimenta es distinto según sean agradables (positivas) o desagradable (negativas). Individualmente, la persona que las experimenta las valora como negativas al encontrar un obstáculo, un peligro, dificultad, ofensa o por estar explícitamente en peligro la salud, el bienestar o la vida (Bisquerra, 2009, 2019; Pekrun y Stephens, 2010).

Los resultados obtenidos conducen a aceptar las hipótesis 1 y 2, pues en cuarto curso manifiestan sentir más diversión, sorpresa, confianza y satisfacción hacia los contenidos científicos, tanto en el caso de la física y química como en el caso de la biología

y geología. La diversión es considerada una emoción positiva y activadora, pero es necesaria que esté contextualizada con las actividades del aula, ya que sentir diversión en clase sin estar relacionado con los contextos de aprendizaje puede generar distracción (Pekrun, 2014). En la taxonomía de Bisquerra (2021) la diversión es incluida en la galaxia de la alegría, junto al entusiasmo y la satisfacción (muy estrechamente vinculadas a la galaxia de la felicidad). Por otro lado, la sorpresa ha sido incluida en numerosas taxonomías como una emoción básica y universal, y suele definirse como una emoción neutra, que puede desembocar tanto en una emoción positiva como negativa. Bisquerra (2021) representa la sorpresa como una galaxia aislada, capaz de desplazarse por todas las demás y la define como una reacción emocional provocada por algo imprevisto o extraño. Es la emoción más breve que después se convierte rápidamente en otra, preparando al sujeto para afrontar acontecimientos inesperados (Bisquerra, 2021, p. 105). En las clasificaciones de autores como Damásio (2010), Goleman (1995) o Casacuberta (2010), también se contempla la sorpresa como una emoción básica. Díaz y Flores (2001) sin embargo, no incluyen la sorpresa dentro de su modelo circular del sistema afectivo, sino que la integran como una emoción afín a la diversión y, por tanto, opuesta al aburrimiento. A pesar de que la sorpresa forma parte según algunas clasificaciones de emociones neutras o ambiguas (por poder ser tanto positivas o negativas) (Bisquerra, 2003), en la presente Tesis Doctoral, la sorpresa ha sido incluida en la clasificación de las emociones positivas, en base a estudios anteriores donde se ha recogido información cualitativa, y se aprecia que en la mayoría de los casos los estudiantes señalaban la emoción sorpresa haciendo alusiones a causas positiva (Dávila-Acedo et al., 2016).

La confianza para Bisquerra (2021) se encuentra dentro de la galaxia del amor, vinculada estrechamente a la autoestima y a la autoconfianza. Para Plutchik (2001) la confianza pertenece a la familia del amor, como derivada de la admiración y combinada con la alegría genera amor, mientras que combinada con miedo genera sumisión. Díaz y Flores (2001) sitúan la confianza en la familia de la certeza, que se encuentra en la coordenada de la relajación. En nuestra clasificación la confianza aparece representada en una primera aproximación como emoción positiva desactivadora, sin embargo, el contexto y el momento de recogida de los datos (antes de una intervención, durante la intervención, una vez concluida la intervención) afecta de forma decisiva al grado de activación.

Nuestros resultados concuerdan con otras investigaciones en las cuales se han realizado intervenciones en la formación científica de docentes consiguiendo modificar la

dimensión afectiva de éstos durante el aprendizaje de las ciencias (Dávila-Acedo et al., 2015; Pipitone et al., 2019; Retana-Alvarado et al., 2018, 2019). Pipitone et al. (2019) se centran en el efecto que genera la metodología de aula en el cambio emocional de una muestra de docentes en formación inicial tras cursar la asignatura de Didáctica de la Materia, la Energía y la Interacción, consiguiendo que los docentes en formación manifiesten haber sentido curiosidad, interés o diversión. También se encuentran estudios longitudinales donde se describen cambios emocionales experimentados por docentes en formación y los autores asocian ese cambio a la integración de la educación emocional en la enseñanza de las ciencias, que motiva el bienestar en las relaciones interpersonales (Retana-Alvarado et al., 2018). Es necesario que los profesionales de la educación generen emociones positivas hacia la enseñanza de las ciencias, pues tienen una enorme responsabilidad en crear habilidades emocionales en sus estudiantes, tanto a través del ejemplo en el trato directo, como de la utilización de la inteligencia emocional en las clases de ciencias, contribuyendo así a crear un clima institucional emocionalmente saludable. El desarrollo de actitudes positivas en los estudiantes, a través del fomento de sentimientos y emociones favorables, facilitará un cambio en las creencias y expectativas hacia la materia, favoreciendo su acercamiento a las ciencias (Dávila-Acedo et al., 2015).

Por otro lado, nuestros resultados muestran que los docentes en formación inicial manifiestan sentir más ansiedad hacia los contenidos de física y química tras recibir su formación académica. Esta emoción está en las antípodas del bienestar emocional. El miedo, la ansiedad o el estrés constituyen emociones que afectan a muchas personas y son una de las principales causas principales de malestar. Aprender a tomar consciencia de estas emociones es el primer paso para poder regularlas y puede contribuir a prevenir trastornos emocionales y potenciar el bienestar (Bisquerra, 2021, p. 73).

Con respecto al incremento de ansiedad que se observa hacia los contenidos de física y química, cabe decir que esta Tesis Doctoral se ha desarrollado durante la aparición de la pandemia COVID-19, donde se impusieron unas medidas de confinamiento para limitar su propagación obligando a que la docencia pasara a ser (a todos los niveles) virtual impactando gravemente en la dimensión emocional de los jóvenes. Éstos afirmaban tener dificultad para dormir, sentir depresión y estar desesperanzados por la situación (Tamayo et al., 2020). También nosotros recogimos datos de la dimensión afectiva de los estudiantes del Grado de Educación Primaria encontrando resultados similares: los futuros maestros aludían sentirse solos, debido al estudio individual y no poder asistir a clases,

manifestando haber sentido durante el confinamiento con la enseñanza virtual de las asignaturas científicas preocupación, incertidumbre, nerviosismo, frustración e inseguridad (Hernández-Barco et al., 2022a). Algunos investigadores, en esta línea, apuntaban que es posible disminuir el sentimiento de soledad con una comunicación eficaz entre el docente y el alumnado (Alvarado, 2014). Cerca de la mitad de los estudiantes universitarios que participaron en la investigación de Roxana et al. (2020) declaraban haber tenido ataques de ansiedad durante este periodo. Un sentimiento generalizado en la población de miedo y preocupación por la situación que estábamos viviendo en esos momentos también ha podido afectar a los resultados obtenidos en esta Tesis Doctoral. Las investigaciones de Niño-Carrasco et al. (2021) indican que aquellos estudiantes universitarios que han asistido a una enseñanza remota derivada de la emergencia sanitaria viven experiencias diferentes a las que viven los estudiantes universitarios con enseñanza en línea programada, existiendo diferencias en la valoración general de la experiencia, en el diseño de actividades y en la evaluación. Distintos estudios ya alertaban del aumento de crisis de ansiedad en la población (O'Brien et al., 2020; Wang et al., 2020), mientras que otros autores vieron el confinamiento como una oportunidad y un desafío para dar el salto final a la virtualización de la enseñanza (Donitsa-Schmidt y Ramot, 2020; Robyn-Jenia, 2020).

La ansiedad y los trastornos derivados de ésta son uno de los problemas de salud mental actuales que más preocupan, generalmente, aquellas personas que manifiestan ansiedad tienden a evitar el exponerse frente a esas situaciones, desarrollando conductas de “evitación poco adaptativa” (Flores et al., 2018). Jegede (2007) trabajó en las causas generadoras de ansiedad en una muestra de estudiantes hacia el aprendizaje de la química y las principales que encontró estaban relacionadas con el currículum, que consideran demasiado denso, la necesidad de realizar operaciones matemáticas o la dificultad en la comprensión de conceptos químicos. Otras de las causas que destaca están centradas en el docente, el 82 % de los estudiantes encuestados pensaban que la química era abstracta para ellos debido a cómo era enseñada, y el 80 % consideraba que el docente carecía de interés en la materia que enseñaba, motivación o que los recursos eran insuficientes. También la ansiedad la generaba la ausencia de prácticas de laboratorio, excursiones... y el mal estado de los laboratorios escolares. Wang et al. (2015) sostiene que niveles moderados de ansiedad pueden ser más beneficiosos que perjudiciales para aquellos estudiantes que tienen motivación intrínseca, esa combinación de ansiedad con motivación

puede impulsar a los estudiantes a esforzarse más en el estudio de las ciencias disfrutando del proceso al mismo tiempo.

Tobin et al. (2016) investigaron la expresión emocional y la relación con los cambios fisiológicos de una profesora que manifestaba sentir altos niveles de ansiedad durante la enseñanza de las ciencias. La investigación se realizó en una sesión de un curso de enseñanza de las ciencias para futuros docentes; utilizando un pulsioxímetro pudieron analizar distintos eventos que generaban cambios en su frecuencia cardiaca y la oxigenación en sangre, la sesión fue grabada para el análisis de la expresión de sus emociones, y además al finalizar la docente realizó una narración donde expresaba cómo se había sentido. Esta docente, antes de iniciar la sesión, manifestó sentir ansiedad, nerviosismo y preocupación por la existencia de contenidos hacia los que ella no se sentía preparada y por si la sesión se desviaba de lo que tenía planeado. La sesión contemplaba tres intervenciones distintas, en su narración cuenta que cuando una de las actividades no funcionó sintió vergüenza y decepción. Sin embargo, estas emociones se modificaron cuando los maestros en formación estaban trabajando en grupo, en ese caso la docente afirmó sentirse relajada, feliz e incluso habla de diversión escuchando a los alumnos discutir y trabajar en clase. Observar que el grupo trabaja de forma autónoma y satisfactoria genera en la docente orgullo, que va produciendo una sensación de confianza y tranquilidad que perdura hasta el final de la sesión. Una reflexión a la que invita la lectura del artículo es al reconocimiento de la enorme variabilidad y la existencia de un vasto espectro emocional que puede ocurrir en una única práctica de aula y que estas emociones se atribuyen a eventos concretos, dependiendo del propio evento el carácter de la emoción (positiva/negativa, activadora/desactivadora).

A lo largo de esta Tesis Doctoral se exploran diferencias según el género, tanto en la dimensión emocional como cognitiva. La existencia de una brecha de género en las áreas de las ciencias y tecnologías es innegable (aunque también son llamativas las desigualdades en otras áreas, como geografía, historia o las artes). Análisis realizados en la población española encuentran diferencias significativas en el interés hacia la ciencia entre hombres y mujeres que se encuentran entre los 15 y 24 años (Ministerio de Ciencia e Innovación, 2021). Reducir estas desigualdades es responsabilidad de los docentes de hoy y del futuro.

Investigadores de la Universidad de Queensland (Australia) realizaron recientemente una ambiciosa revisión internacional de la literatura (1979-2017) analizando los vínculos existentes entre la gestión emocional y el género en la profesión docente, donde hallan que las profesoras utilizan estrategias de actuación más profundas, aunque éstas les generen más agotamiento, mientras que los profesores intervienen de forma más superficial (Olson et al., 2019). En cualquier caso, los investigadores destacan la complejidad de comprender la gestión emocional de un docente de manera aislada del contexto: es necesario contemplar el entorno educativo, las identidades de los docentes y las limitaciones (presión laboral, inestabilidad...).

En algunos estudios donde analizan las emociones según el contenido, las mujeres manifiestan sentir más emociones negativas hacia física y química que los hombres, que afirman sentir más emociones positivas, mientras que, en el caso de la biología y geología, son las mujeres las que manifiestan sentir más emociones positivas (Borrachero, 2015; Dávila-Acedo, 2018). Aunque también se encuentran investigaciones realizadas con docentes en formación de educación primaria donde no se encuentran diferencias significativas en las emociones que sienten hombres y mujeres hacia los contenidos científicos (Brígido et al., 2009, 2010).

Los estudios de Frenzel et al. (2007) concluyen que a pesar de que chicos y chicas reciben una formación similar, las chicas expresan sentir menos diversión que los chicos y más ansiedad durante el aprendizaje de las matemáticas, y asocian estos resultados a tradicionales patrones de bajas creencias y competencia de las chicas en el rendimiento académico.

En el trabajo de Dávila-Acedo et al. (2015), se analiza la evolución de las emociones manifestadas por distintos grupos de estudiantes de secundaria de diferentes cursos durante el aprendizaje de Física y Química, los autores encuentran que las alumnas experimentan con mayor frecuencia emociones negativas (preocupación, miedo o nerviosismo). En el trabajo de Borrachero (2015) no se encuentran diferencias por género para la biología y la geología, pero sí en algunas emociones hacia la física y la química.

Diferentes investigaciones con docentes en activo ponen en relieve la importancia de la dimensión emocional en la profesión docente explorando diferencias según el género. Las investigaciones cualitativas de O'Connor (2008), realizadas con profesores en activo, muestran que las profesoras describen su papel con un rol más cuidadoso y emotivo

mientras que los profesores se distancian emocionalmente de los alumnos. Sin embargo, son más las investigaciones en las que no se encuentran diferencias en la gestión emocional de los docentes según el género. Llego (2017) analizó la inteligencia emocional en una muestra de docentes de secundaria y concluye que no existen diferencias significativas según el género en la regulación emocional durante la enseñanza de las ciencias. Salim et al. (2012) analizaron, en una muestra de 1200 docentes (740 mujeres) de educación primaria y secundaria en activo, la satisfacción profesional y la inteligencia emocional, encontrando una asociación significativa y positiva entre ambas variables y sin encontrar diferencias significativas en la gestión emocional de los docentes. A pesar de que inicialmente en la presente Tesis Doctoral se encontraron algunas diferencias (los hombres manifestaron sentir más alegría, más entusiasmo, más satisfacción mientras que las mujeres manifestaron sentir más aburrimiento y más miedo) estas diferencias desaparecen tras cursar las asignaturas científicas del grado.

Finalmente, se ha analizado si el itinerario académico para acceder a los estudios de Grado influye en las emociones hacia los distintos contenidos científicos estudiados. En nuestro caso, se ha comprobado que el bachillerato de procedencia no es una variable que afecte significativamente en la dimensión emocional de los docentes en formación inicial. Sin embargo, Cañada-Cañada et al. (2018) encuentran en un contexto similar cómo el bachillerato de procedencia de los docentes en formación inicial sí es un factor que influya en las emociones que sienten hacia el aprendizaje de las ciencias, en su estudio encuentran que los alumnos procedentes de un bachillerato de Humanidades y Ciencias Sociales sienten más emociones positivas y menos negativas hacia el aprendizaje de las ciencias (utilizando la metodología *flipped classroom*).

Borrachero et al. (2011) y Costillo et al. (2010) analizaron las emociones de futuros profesores de secundaria según sus estudios de procedencia al impartir contenidos científicos y obtuvieron que aquellos estudiantes provenientes de titulaciones de ciencias sociales y humanidades manifestaban sentir un mayor porcentaje de emociones negativas al impartir contenidos científicos.

Que el alumnado conozca sus emociones es el primer paso para poder actuar y realizar las modificaciones pertinentes sobre sus actitudes, por medio de la reflexión (Gargallo y Bargalló, 2011) y que den importancia a su actuación en el aula como docentes, haciéndoles responsables a través de su implicación social del desarrollo humano y

científico, a través de la implementación en el aula de ciencias de estrategias didácticas promotoras de experiencias positivas en el alumnado de primaria.

3.2. Resultados Objetivo Específico 2. Analizar la evolución de la percepción de autoeficacia de los docentes en formación de educación primaria después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria

En este apartado se describen los resultados obtenidos para el Objetivo Específico 2: analizar la evolución de la percepción de autoeficacia de los docentes en formación después de cursar las asignaturas de ciencias. Para cumplir este objetivo se han formulado cuatro hipótesis que se prueban a continuación. La discusión de las hipótesis que conforman este objetivo se hace al final del apartado.

3.2.1. Hipótesis 5. Los docentes de educación primaria en formación aumentan su percepción de autoeficacia de forma significativa después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria

En la Figura 32 se muestran las diferencias en la percepción de autoeficacia antes y después de cursar las asignaturas científicas del grado: a la izquierda (pretest en naranja, postest en verde) hacia la física y química, y a la derecha hacia la biología y geología. El diagrama de violín muestra la densidad de los datos en diferentes valores. Las cajas en horizontal representan la distribución de los resultados. La recta vertical dentro de cada caja representa la mediana, los límites a derecha e izquierda de cada caja corresponden a los percentiles 25 y 75, y la terminación inferior y superior de las líneas verticales se aproximan a los percentiles 5 y 95. Los valores brutos se representan en forma de "lluvia" bajo cada gráfico. Las líneas que unen las cajas señalan los grupos significativamente diferentes (U de Mann Whitney, *** p -valor<0,001) del pretest y postest.

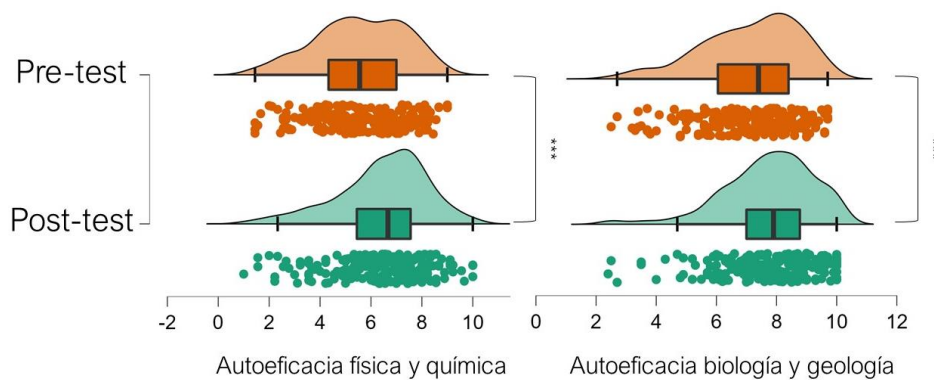


Figura 32. Distribución de la percepción de autoeficacia de los docentes de educación primaria en formación hacia la física y química y hacia la biología y geología

Tras cursar las asignaturas de ciencias, los futuros docentes tienen una percepción de autoeficacia hacia la física y química de $6,5 (\pm 1,6)$ (inicialmente un $5,2 \pm 1,8$), y hacia la biología y geología de $7,6 (\pm 1,4)$ (inicialmente un $6,7 \pm 1,6$). Para conocer si las diferencias son

significativas, se ha aplicado la U de Mann Whitney. Los resultados muestran (p -valor $<0,001$) que existen diferencias estadísticamente significativas entre la percepción de autoeficacia que tenían hacia los contenidos científicos antes y después de cursar las asignaturas del grado. Se han explorado las diferencias entre los grupos (pretest y postest) para cada uno de los contenidos analizados en la percepción de autoeficacia. En la Tabla 13 se muestra el valor medio de la autoeficacia percibida para cada uno de los contenidos científicos analizados, la desviación típica y el p -valor (U de Mann-Whitney).

Tabla 13. Evolución de la autoeficacia hacia cada uno de los contenidos científicos contemplados en la investigación

	Contenido	Autoeficacia pretest	Autoeficacia postest	p -valor
	Diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo	5,02 ($\pm 2,38$)	6,69 ($\pm 1,95$)	$<0,001^{***}$
	Explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad	4,43 ($\pm 2,44$)	6,07 ($\pm 1,98$)	$<0,001^{***}$
	La flotabilidad en un medio líquido	4,88 ($\pm 2,33$)	6,33 ($\pm 2,14$)	$<0,001^{***}$
	Concepto de energía. Diferentes formas de energía	5,86 ($\pm 2,20$)	6,86 ($\pm 2,01$)	$<0,001^{***}$
Física y química	Fuentes de energía y materias primas: su origen. Energías renovables y no renovables. La luz como fuente de energía	6,98 ($\pm 1,85$)	7,52 ($\pm 1,75$)	0,020*
	Electricidad: la corriente eléctrica. Circuitos eléctricos	4,86 ($\pm 2,49$)	5,88 ($\pm 2,06$)	0,004**
	Separación de componentes de una mezcla mediante destilación, filtración, evaporación o disolución	4,87 ($\pm 2,58$)	6,94 ($\pm 4,87$)	$<0,001^{***}$
	Reacciones químicas: la combustión, la oxidación y la fermentación	4,02 ($\pm 2,58$)	6,13 ($\pm 1,98$)	$<0,001^{***}$
	Cálculo Matemático y representación gráfica	6,16 ($\pm 2,00$)	6,32 ($\pm 2,27$)	0,527
	El cuerpo humano y su funcionamiento. Anatomía y fisiología. Aparatos y sistemas	6,95 ($\pm 1,77$)	7,56 ($\pm 1,78$)	0,005**
	Organización interna de los seres vivos. Estructura De los seres vivos: células, tejidos: tipos; órganos; aparatos y sistemas: principales características y funciones	6,70 ($\pm 2,22$)	7,47 ($\pm 1,72$)	0,014*
	Los seres vivos: Características, clasificación y tipos	7,53 ($\pm 1,78$)	7,89 ($\pm 1,70$)	0,107
	Los animales vertebrados e invertebrados, características y clasificación	7,66 ($\pm 1,79$)	8,07 ($\pm 1,73$)	0,058
Biología y geología	Las plantas: La estructura y fisiología de las plantas. La fotosíntesis y su importancia para la vida en la Tierra	7,00 ($\pm 2,06$)	7,67 ($\pm 1,69$)	0,017*
	La biosfera, diferentes hábitats de los seres vivos	6,47 ($\pm 2,23$)	7,45 ($\pm 1,71$)	$<0,001^{***}$
	Hábitos de respeto y cuidado hacia los seres vivos	7,59 ($\pm 1,95$)	8,16 ($\pm 1,49$)	0,046*
	El planeta Tierra y la Luna, su satélite	6,86 ($\pm 1,84$)	7,54 ($\pm 1,65$)	0,008**
	La Atmósfera. Fenómenos atmosféricos	6,18 ($\pm 2,14$)	7,25 ($\pm 1,57$)	$<0,001^{***}$
	Rocas y minerales: Propiedades usos y utilidades	5,02 ($\pm 2,34$)	6,84 ($\pm 1,80$)	$<0,001^{***}$

Hipótesis 5

Se observa que para los contenidos contemplados del área de física y química los maestros en formación inicial aumentan la percepción de autoeficacia de manera significativa en todos los casos, excepto en el contenido de “cálculo matemático y representación gráfica”. Para el caso de biología y geología los futuros maestros experimentan un aumento de la percepción de autoeficacia en todos los contenidos, excepto en “los seres vivos, características, clasificación y tipos” y “los animales vertebrados e invertebrados”.

Los docentes de educación primaria en formación aumentan su percepción de autoeficacia de forma significativa después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria, por tanto, se acepta la Hipótesis 5.

3.2.2. Hipótesis 6. El género no influye en la percepción de autoeficacia después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria

Para conocer si existen diferencias en la percepción de autoeficacia entre las mujeres y los hombres una vez que han cursado las asignaturas de ciencias se ha empleado la prueba U de Mann-Whitney. Los resultados obtenidos (p -valor $>0,05$) muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas según género en la percepción de autoeficacia que tienen los docentes en formación para ninguna de las áreas científicas. Los hombres manifiestan una percepción de autoeficacia mayor ($6,8 \pm 1,6$) que las mujeres ($6,3 \pm 1,6$) tanto para la enseñanza de la física y química, como para la enseñanza de la biología y geología ($7,7 \pm 1,3$ frente a un $7,5 \pm 1,3$) pero estas diferencias no son estadísticamente significativas.

En la Figura 33 se muestra la percepción de autoeficacia manifestada por los docentes en formación hacia las ciencias tras cursar las asignaturas científicas del grado, distinguiendo entre hombres (rosa) y mujeres (azul). 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, y la terminación inferior y superior de las líneas verticales se aproximan a los percentiles 5 y 95. El diagrama de violín muestra la densidad de los datos en diferentes valores.

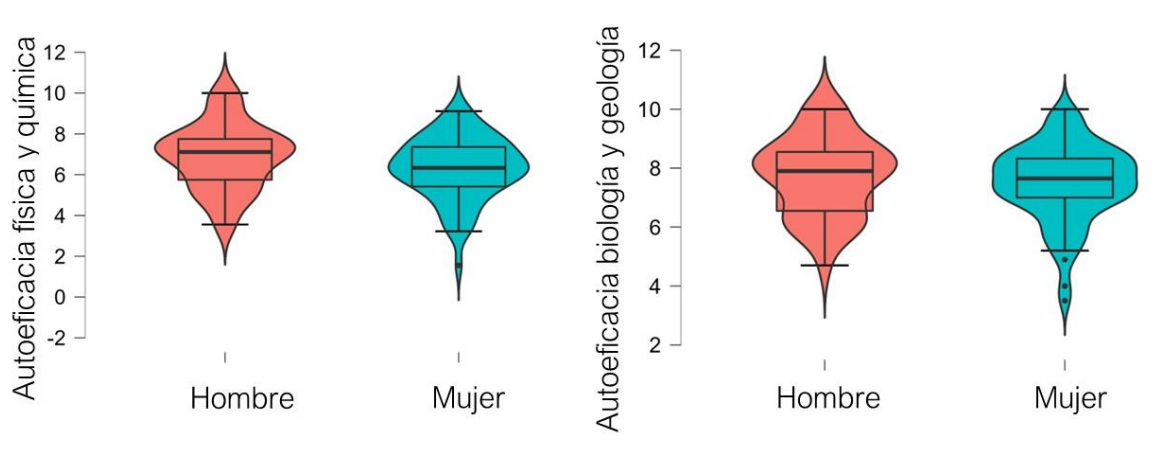


Figura 33. Percepción de autoeficacia manifestada por los docentes en formación hacia las ciencias tras cursar las asignaturas científicas del grado según el género

Inicialmente tampoco se encontraban diferencias significativas según el género. Al finalizar su formación sigue sin encontrarse diferencia en la percepción de autoeficacia según el género. Estos resultados llevan a aceptar la Hipótesis 6. El género no es una variable que influya en la percepción de autoeficacia de los docentes de educación primaria en formación, ya que ambos géneros se sienten igualmente capacitados para la enseñanza de los distintos contenidos científicos.

3.2.3. *Hipótesis 7. El bachillerato de procedencia no influye en la percepción de autoeficacia después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria*

Inicialmente, los docentes de educación primaria en formación provenientes de un bachillerato de CyT presentaban una mayor percepción de autoeficacia hacia la física y química que aquellos que provenían de un bachillerato de CCSS-H. Con esta hipótesis se quiere contrastar que, una vez cursadas las asignaturas científicas, ya no existe influencia del bachillerato. Para conocerlo se ha representado en la Figura 34 la autoeficacia percibida por los docentes de educación primaria en formación antes y después de llevar a cabo las intervenciones hacia las diferentes áreas científicas según el bachillerato de procedencia.

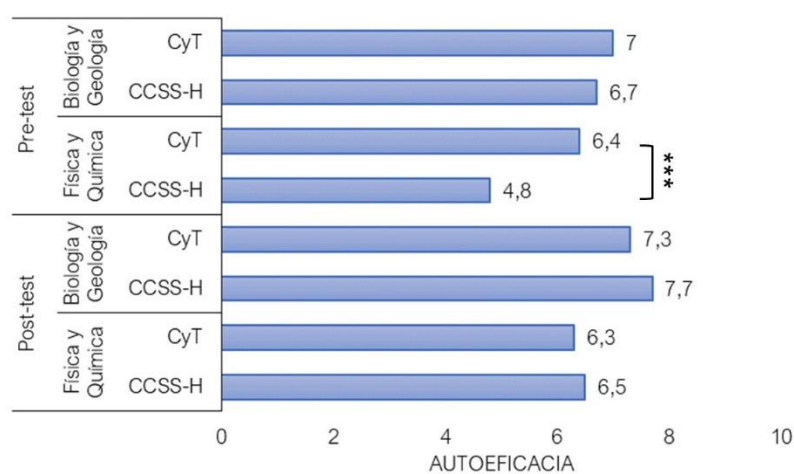


Figura 34. Autoeficacia percibida por los docentes de educación primaria en formación hacia las ciencias según el bachillerato de procedencia antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del grado

Para comprobar si existen diferencias entre la percepción de autoeficacia de los docentes en formación según el bachillerato de procedencia una vez han cursado las asignaturas de ciencias se ha aplicado la prueba U de Mann-Whitney y se ha obtenido que inicialmente, los maestros que se encontraban en 2º curso y que provenían de un bachillerato de CyT tenían una mayor percepción de autoeficacia frente a los contenidos de física y química que aquellos que provenían de un bachillerato de CCSS-H (p -valor $<0,001$). Una vez cursadas las asignaturas científicas del grado, no existen diferencias significativas ni para los contenidos de física y química (p -valor $>0,05$) ni para los contenidos de biología y geología (p -valor $>0,05$), por lo que se acepta la Hipótesis 7: el bachillerato de procedencia no influye en la percepción de autoeficacia docente hacia las ciencias tras llevar a cabo el programa de intervención emocional.

3.2.4. Hipótesis 8. Los docentes de educación primaria en formación con una mayor percepción de autoeficacia manifiestan sentir mayor número de emociones positivas

Con esta hipótesis se pretende determinar la existencia de asociación entre la autoeficacia percibida de los estudiantes del grado de Educación Primaria frente a las ciencias y sus emociones experimentadas frente a los contenidos científicos, para ello se ha utilizado la correlación de Spearman. En la Tabla 14 se muestran los coeficientes de correlación de Spearman y la significatividad obtenida para cada una de las emociones analizadas en esta Tesis Doctoral y la autoeficacia percibida hacia la física y química y la biología y geología. Es posible observar una correlación positiva ($r > 0$) y significativa ($p < 0,05$) en todas las emociones positivas (excepto sorpresa) experimentadas por los estudiantes del Grado en Educación Primaria y su percepción de autoeficacia frente a los contenidos científicos tanto de biología y geología como de física y química. Para las emociones negativas también se encuentran algunas correlaciones significativas e inversas ($r < 0$) con la percepción de autoeficacia, sobre todo en el área de física y química; es decir, existe una asociación entre sentir emociones negativas hacia la física y química y tener una baja percepción de autoeficacia. Esto ocurre tanto para física y química como para biología y geología.

Tabla 14. Coeficientes de correlación de Spearman para el valor de la autoeficacia percibida hacia los distintos contenidos científicos y sus emociones

		Emociones positivas					
Área científica	Coefficiente	Alegría	Confianza	Diversión	Entusiasmo	Satisfacción	Sorpresa
Física y química	r	0,362***	0,581***	0,502**	0,416***	0,420***	0,123
	p -valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,223
Biología y geología	r	0,503***	0,501***	0,516***	0,409***	0,294***	0,085
	p -valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,403
		Emociones negativas					
		Aburrimiento	Ansiedad	Miedo	Nerviosismo	Preocupación	Rechazo
Física y química	r	-0,260**	-0,335***	-0,382***	-0,289**	-0,343***	-0,376***
	p -valor	0,009	<0,001	<0,001	0,004	<0,001	<0,001
Biología y geología	r	-0,322**	-0,179	-0,259**	-0,318**	-0,316**	-0,212*
	p -valor	0,001	0,074	0,009	0,001	0,001	0,034

Finalmente, es posible concluir que existe una asociación entre tener una alta percepción de autoeficacia frente a la enseñanza de las ciencias y sentir emociones positivas hacia los distintos contenidos científicos. De igual forma, existe también una correlación inversa entre la autoeficacia y las emociones negativas, los docentes de educación primaria en formación que manifiestan una menor percepción de autoeficacia sienten más emociones negativas.

3.2.5. Discusión de los resultados relativos al Objetivo Específico 2

En la Tabla 15 se presenta un resumen de las hipótesis y las respectivas conclusiones del Objetivo Específico 2.

Tabla 15. Resumen de las hipótesis y conclusiones del Objetivo Específico II

Objetivo Específico II		
Analizar la evolución de la percepción de autoeficacia de los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria		
	Hipótesis de investigación	Conclusión
OE2	H5 Los docentes de educación primaria en formación aumentan su percepción de autoeficacia de forma significativa después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta. Tras realizar las intervenciones, los docentes de educación primaria en formación aumentan su percepción de autoeficacia hacia las ciencias, tanto hacia los contenidos de física y química como de biología y geología
	H6 El género no influye en la percepción de autoeficacia después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta. El género no influye en la percepción de autoeficacia de los docentes de educación primaria en formación
	H7 El bachillerato de procedencia no influye en la percepción de autoeficacia después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta. El bachillerato de procedencia no influye en la percepción de autoeficacia de los docentes de educación primaria en formación
	H8 Los docentes de educación primaria en formación con una mayor percepción de autoeficacia manifiestan sentir mayor número de emociones positivas	Se acepta. Existe una relación de asociación positiva y significativa entre sentir emociones positivas y tener una alta percepción de autoeficacia

Después de estudiar la importancia de que un docente se sienta preparado para la enseñanza de la materia para que se transmitan de forma exitosa los contenidos y mejorar la confianza en sí mismo, García-Ruiz y Sánchez (2006) mostraron que el problema es que los docentes en general no se sienten bien preparados ni seguros para la enseñanza de las ciencias, poniendo de relevancia la necesidad de que los docentes posean una sólida formación científica que debe ser proporcionada durante el Grado. En nuestro caso, obtenemos que, frente a la enseñanza de las ciencias, los docentes en formación declaran sentir una baja autoeficacia, especialmente hacia la física y la química. Klassen y Chiu (2011) determinan que la autoeficacia es modificada con la experiencia, siendo menor en las etapas iniciales y en la formación docente. Künsting et al. (2016) afirman que esta va aumentando conforme van cogiendo experiencia hasta que llega un momento en el que se estabiliza, sin que sufra muchas fluctuaciones.

Los resultados obtenidos en la Tesis Doctoral sugieren que los docentes de educación primaria en formación experimentan un incremento significativo en la percepción de autoeficacia hacia los distintos contenidos científicos analizados. Para que exista un relativo éxito durante la formación de los docentes en el área de ciencias es necesario que exista un equilibrio entre los diferentes componentes personales de la motivación: sus expectativas, su autoconcepto, su

autoeficacia, sus creencias y sus emociones. La autoeficacia es determinante para su comportamiento como futuros docentes (Klassen y Tze, 2014): que los docentes se sientan preparados para enseñar ciencias es necesario para generar un cambio en la didáctica de las ciencias, ya que sólo aquellos que confían en sus capacidades estarán dispuestos a arriesgar en las metodologías de aula, alejándose de las tradicionales clases siguiendo el libro de texto (Borrachero et al., 2013). Los estudios Aguilera y Perales (2019) encuentran una asociación entre la percepción de autoeficacia de los estudiantes con la labor del profesor. Los estudiantes reconocen la importancia de estudiar ciencias y se sienten confiados durante su aprendizaje.

Las variables afectivas, las emociones, la motivación, la autorregulación o la autoeficacia y su repercusión en el bienestar profesional son indudables, el efecto que puede ejercer el género en estos factores ha sido investigado previamente. La literatura científica aporta numerosos estudios donde se muestra que existen diferencias por género en la percepción de autoeficacia (Wilson et al., 2008), y que estas diferencias se basan en los roles tradicionales que se atribuían a los diferentes géneros (Lent y Hackett, 1987; Vianello et al., 2013). Estudios realizados con estudiantes de educación primaria revelan que las chicas muestran más motivación hacia el aprendizaje de las ciencias (Sevinç et al., 2011). Los resultados obtenidos en la presente Tesis Doctoral muestran que la percepción de autoeficacia es una variable que no depende del género: no es posible hacer distinciones entre los docentes en formación del Grado de Educación Primaria en cuanto a su percepción de autoeficacia frente a las ciencias según el género. Esto contradice las investigaciones de Brígido et al. (2009) realizadas con docentes de educación primaria en formación, donde los hombres manifestaban tener una mayor confianza en sí mismos en relación con las mujeres y otros estudios donde se encuentran diferencias según el género, donde las docentes en formación reportan sentir una mayor satisfacción (Klassen y Chiu, 2011).

Mazas y Bravo (2018) concluyen que la formación de origen tiene importancia a la hora de impartir ciencias para los docentes de educación primaria en formación que fomenta una actitud más positiva y mejora sus sensaciones en aquellos que cursaron ciencias en su formación previa. En nuestro caso, tras explorar las diferencias emocionales entre los docentes en formación provenientes de los distintos bachilleratos, concluimos que, tras cursar las asignaturas científicas del grado, el bachillerato de procedencia no influye en la percepción de autoeficacia de los docentes en formación inicial (inicialmente se encontraban diferencias significativas, pero éstas desaparecen).

Finalmente, con el planteamiento de la Hipótesis 8 se han buscado correlaciones entre las dos variables afectivas analizadas en esta investigación: emociones y autoeficacia. Numerosos estudios previos prueban la asociación que existe entre estas dos dimensiones (Barni et al., 2019; Borrachero et al., 2019; Brígido et al., 2012; Caroli y Sagone, 2014; Code, 2020; Ghaderi y Salehi, 2011; Klassen y Tze, 2014; Mega et al., 2014; Menon y Sadler, 2016; Nuutila et al., 2020; Oloo et al., 2019; Pitzer y Skinner, 2016). Nuestros resultados sugieren que existe una relación de asociación significativa entre las emociones y la percepción de autoeficacia de los docentes en formación inicial, sentir emociones positivas correlaciona con tener una alta percepción de autoeficacia. De igual manera, se encuentra una relación de asociación significativa entre tener una baja percepción de autoeficacia y sentir emociones negativas hacia los contenidos científicos. Estos resultados son compartidos con Stephanou y Oikonomou (2018) quienes encuentran fuertes correlaciones entre sentir emociones negativas (como ansiedad o miedo) con tener una baja percepción de autoeficacia. Sevinç et al. (2011) encuentran correlaciones entre sentir emociones positivas y tener una mayor percepción de autoeficacia.

Klassen y Chiu (2011) comparan la percepción de autoeficacia entre docentes en formación y docentes en activo y encuentran diferencias entre ellas, siendo significativamente mayor la autoeficacia en los docentes en activo, sin embargo, estos también reportan mayores niveles de estrés general e intenciones de abandonar la profesión, mientras que los docentes en formación presentan niveles más altos de compromiso con la profesión.

Bellová et al. (2018) estudiaron cómo aumentar la eficacia de la enseñanza de las asignaturas de ciencias naturales, y revelaron que entender el funcionamiento de la ciencia implica una síntesis del (a) contenido -el conocimiento de los hechos, los conceptos, las ideas y las teorías-, (b) del procedimiento -los procedimientos que utilizan los científicos para establecer el conocimiento científico- y del (c) conocimiento epistémico -que se refiere a la comprensión del papel de los constructos específicos y las características definitorias que son esenciales para el proceso de construcción del conocimiento en la ciencia-. El reto es estimular emociones positivas y hacer de la experiencia una vivencia emocionante, iniciando algunos de estos principios científicos durante la instrucción de los futuros profesores y formar a los futuros profesores que sepan hacer ciencia.

3.3. Resultados Objetivo Específico 3. Analizar la evolución del nivel de conocimiento que presentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria

En este apartado se presentan los resultados relativos al nivel de conocimiento que tienen los docentes de educación primaria en formación antes y después de cursar las asignaturas científicas del Grado. En este caso, se analizan las preguntas de conocimiento científico que conforman el Anexo I. Estas preguntas engloban las dos áreas científicas analizadas: biología y geología y física y química, y están basadas en los conocimientos que se trabajan en las distintas asignaturas de ciencias del Grado. De igual forma que los apartados anteriores, se van a mostrar los resultados obtenidos para el contraste de las hipótesis y la discusión se hará al final.

3.3.1. *Hipótesis 9. Existen diferencias en el nivel de conocimiento científico de los docentes en formación antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria*

Para poder dar respuesta a esta hipótesis, en cada caso se va a mostrar el ítem estudiado (pregunta del cuestionario), donde aparece subrayada la respuesta correcta, a continuación, se explica la respuesta correcta y después se describen los resultados. En las figuras se muestra el porcentaje de alumnos que ha señalado las diferentes posibles respuestas antes de cursar las asignaturas de ciencias del Grado y tras cursar las asignaturas. Cuando existe una diferencia significativa entre el pretest y el posttest, se señala con * si p -valor $<0,05$, ** si p -valor $<0,01$ o *** si p -valor $<0,001$.

Ítem 1.- Las rocas están formadas por:

- a) Minerales
- b) Piedras
- c) Arena

Las rocas son agregados de minerales, normalmente constituidas por más de un tipo de mineral, pero también los hay de un solo mineral (por ejemplo, el mármol blanco es calcita pura recristalizada, CaCO_3). La designación de “piedras” es una mala evolución del lenguaje y una inconsistencia científica. Las rocas son conjuntos de minerales enlazados en una matriz de distintos componentes, mientras que por piedra se entiende el material ya procesado y pulido (piedra preciosa). Por otro lado, la arena es un conjunto de partículas finas de rocas y minerales que están sueltas.

En la Figura 35 se muestra que, inicialmente, más del 70 % de los docentes de educación primaria en formación responde de forma acertada a la pregunta. El 15 % responde que las rocas están formadas por piedras. Alrededor del 8 % considera la arena el material que compone las rocas. Estos datos son muy similares a los resultados obtenidos en el postest, donde cerca del 90 % de los docentes de educación primaria en formación respondieron de forma acertada a la pregunta. Sin embargo, disminuye el número de estudiantes (del 8 al 5 %) que responde que las rocas están formadas por arena.

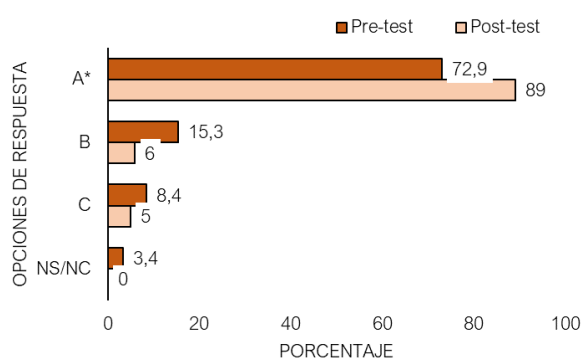


Figura 35. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el Ítem 1

Para saber si estas diferencias son significativas se ha aplicado el test U de Mann Whitney. Con un p -valor $> 0,05$ se concluye que no existen diferencias significativas en el aprendizaje de este contenido.

Ítem 2.- ¿Qué utilizan las plantas para obtener energía?

- a) Agua y suelo
- b) Agua, sales minerales y luz del sol
- c) CO₂, sales minerales, agua y luz solar

Las plantas son capaces de fabricar su propia materia orgánica a partir del agua y las sales minerales (que toman por las raíces), el dióxido de carbono (que obtienen por las hojas y otras zonas verdes) y la luz solar, liberando oxígeno como desecho. Es necesario el dióxido de carbono para producir materia orgánica y aportar el carbono necesario en la fabricación de carbohidratos. Las plantas constituyen un contenido que, como docentes, trabajarán a lo largo de diferentes cursos de educación primaria.

En la Figura 36 se observa que inicialmente, cerca del 60 % de los docentes de educación primaria en formación responden adecuadamente a esta pregunta. En contra de lo esperado,

después de las intervenciones realizadas, en el postest es menor el número de aciertos en esta pregunta, y cerca de la mitad de los docentes en formación, tras finalizar su formación creen que las plantas sólo necesitan agua, sales minerales y luz del sol, olvidando la función esencial del CO₂. Para saber si estas diferencias son significativas se ha aplicado el test U de Mann Whitney. Con un p -valor > 0,05 se concluye que no existen diferencias significativas en el aprendizaje de este contenido.

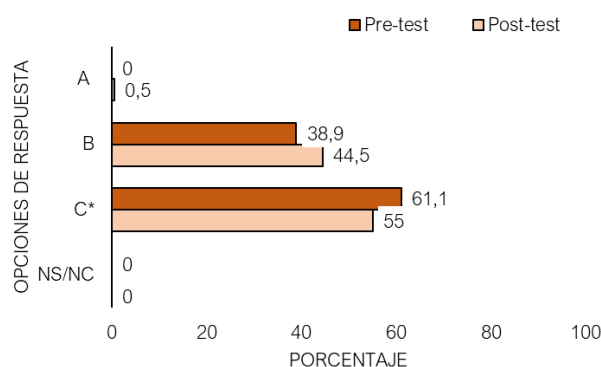


Figura 36. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el Ítem 2

Ítem 3.- Señala los elementos químicos esenciales para los seres vivos:

- Cloro, hidrogeno, carbono, selenio
- Carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrogeno
- Sodio, hierro, calcio, fosforo

Los bioelementos primarios, como elementos indispensables para la formación de las biomoléculas orgánicas, constituyen un conocimiento básico de las ciencias de la vida, debido a sus propiedades fisicoquímicas. Se han identificado tradicionalmente el carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno.

En la Figura 37 se observa que cerca del 90 % de los docentes de educación primaria en formación señalan de forma adecuada la respuesta correcta. Un 8 % considera que son el sodio, el hierro, el calcio y fósforo los elementos esenciales para los seres vivos. Apenas hay diferencias entre el pretest y el postest y, como demostró la prueba U de Mann Whitney, estas no son significativas (p -valor > 0,05).

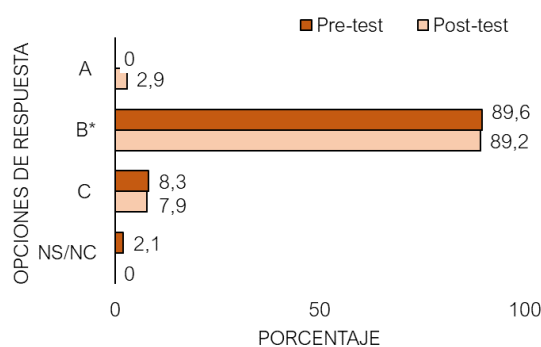


Figura 37. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el Ítem 3

Ítem 4.- Los antibióticos actúan frente a:

- a) Virus, bacterias y protozoos patógenos
- b) Virus
- c) Bacterias patógenas

Comprender el funcionamiento de los antibióticos es elemental y necesario para los docentes en formación. Estos agentes solo actúan frente a bacterias patógenas, no frente a virus. Los antibióticos impiden que las bacterias crezcan, se reproduzcan y se multipliquen. Por el contrario, los virus no están vivos, por lo que sólo crecen y se reproducen una vez han entrado en las células. El abuso de antibióticos puede producir efectos indeseables, como la aparición, por mera selección natural, de bacterias multirresistentes y refractarias a las medicaciones habituales. De ahí la importancia de su empleo consciente y medido. El informe de percepción social de la ciencia y la tecnología (FECYT, 2020) recoge esta cuestión; en el año 2020 el 35 % de la población señaló erróneamente que los antibióticos curan infecciones causadas tanto por virus como por bacterias. Sin embargo, desde el año 2006 han mejorado bastante las cifras, pues el 60 % de la población conocía que los antibióticos curan únicamente infecciones por bacterias.

En el pretest, más del 60 % de los docentes de educación primaria en formación señalan una respuesta errónea. Tan sólo el 36,8 % manifiesta que los antibióticos sólo actúan frente a bacterias patógenas (Figura 38). En el postest aumenta el número de aciertos, ya que más de la mitad de los docentes en formación ahora parecen conocer que los antibióticos solo actúan frente a bacterias patógenas. Para saber si estas diferencias son significativas se ha aplicado una U de Mann Whitney. Con un p -valor $< 0,001$ se concluye que es un contenido sobre el que los docentes de educación primaria en formación experimentan un aprendizaje significativo, antes y después de cursar las asignaturas de contenido científico dentro del plan de estudios del Grado en

Educación Primaria. Este es uno de los contenidos en los que se ha incidido durante la formación y que hemos trabajado a través de una intervención de aprendizaje basado en juegos.

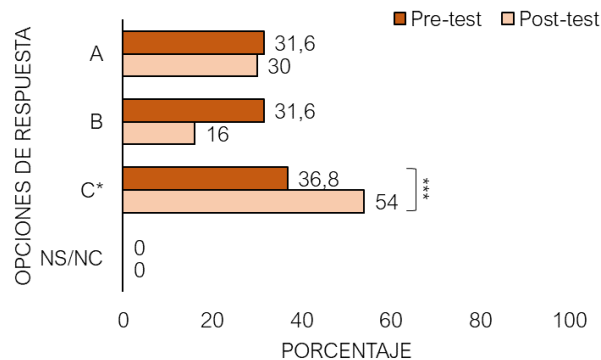


Figura 38. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el Ítem 4

Ítem 5.- Señala cuál es el único método anticonceptivo capaz de prevenir las Enfermedades de Transmisión Sexual (ETS):

- a) Preservativo
- b) Pastillas anticonceptivas
- c) Los dos anteriores

La educación para la salud de los profesores en formación implica también ciertos conocimientos sobre planificación familiar y enfermedades de transmisión sexual (ETS). En este sentido, existe confusión acerca del propósito y utilidad de los anticonceptivos orales como las llamadas “píldoras” basadas en la combinación de estrógenos y progestina. Estas solo evitan los embarazos no deseados, no tienen efecto sobre la prevención de ETS. Las respuestas en el pretest y en el postest son muy parecidas (Figura 39), hay una disminución en el porcentaje de aciertos y un incremento en las respuestas erróneas, más docentes en formación piensa que las pastillas anticonceptivas también previenen de ETS. Para saber si estas diferencias son significativas se ha aplicado la prueba U de Mann Whitney. Con un p -valor $> 0,05$ se concluye que no existen diferencias significativas en el aprendizaje de este contenido.

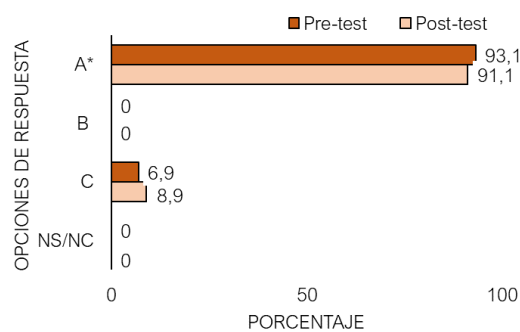


Figura 39. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 5

Ítem 6.- En el sistema Tierra-Sol-Luna, cuál es el que tiene mayor tamaño:

- a) Tierra
- b) Sol
- c) Luna

El Sistema Solar es un contenido que está presente a lo largo de la educación primaria. Sin embargo, los informes (FECYT, 2020) muestran que el 10 % de la población señala la Tierra o la Luna como el cuerpo con mayor tamaño (en comparación con el Sol). El Universo, el Sistema Solar, el Sol y los planetas es un contenido que se imparte desde el primer curso. Los docentes deben enseñar a los estudiantes a explicar la sucesión de días y noches y las estaciones como consecuencia de los movimientos celestes. Deben poder explicar las estaciones basándose en la inclinación del eje terrestre y en la posición relativa de la Tierra con respecto al Sol en el movimiento de traslación, mientras que los días y las noches se deben explicar como consecuencia de la rotación terrestre. Pero el concepto más básico es la descripción de las características de los astros del sistema solar.

En la Figura 40 se puede apreciar cómo en el pretest más del 90 % de los docentes de educación primaria en formación señalan acertadamente la respuesta, sin embargo, hay docentes de educación primaria en formación que creen que la tierra o la luna son más grandes que el sol. En el postest continúa existiendo un pequeño porcentaje (5 %) de docentes en formación que señalan que la tierra es de mayor tamaño que el sol. Para saber si estas diferencias son significativas se ha aplicado una U de Mann Whitney. Con un p -valor $> 0,05$ se concluye que no existen diferencias significativas en el aprendizaje de este contenido.

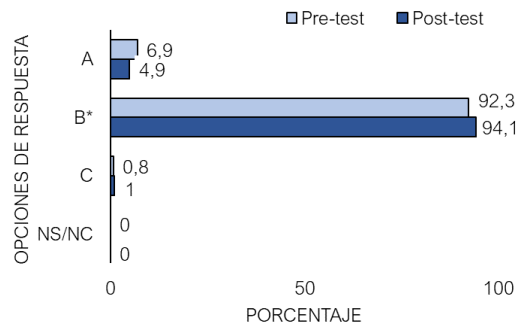


Figura 40. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 6

Ítem 7.- ¿A cuánto equivale 0,10 kg?

- a) 100 g
- b) 100 g.
- c) 100 gr

La metrología es la ciencia de la medida que engloba el estudio de las mediciones. El sistema métrico decimal, que surgió en la Revolución Francesa con el metro y el kilogramo, ha ido incorporando nuevas unidades, siendo hoy siete las establecidas en el Sistema Internacional de Unidades: longitud (metro, m); masa (kilogramo, kg); tiempo (segundo, s); corriente eléctrica (amperio, A); temperatura termodinámica (grado Kelvin, K); cantidad de sustancia (mol, mol) e intensidad luminosa (candela, cd). El resto son magnitudes derivadas. Las abreviaturas con carácter científico suelen estar formadas con la primera letra de las palabras que representan, precedida por la primera letra del prefijo que indica el orden (k para kilo, m para mili, etc). También tienen algunas reglas fijas en su escritura, entre ellas que se escriben siempre sin punto, nunca en plural y no llevan tilde. Cuando hablamos de gramos debemos escribirlo sin punto (salvo que sea fin de frase), sin mayúscula y sin -r ni -s, simplemente se escribe g. Los docentes en formación inicial deben conocer cómo se escriben las abreviaciones de las diferentes unidades, pues lo trabajarán a lo largo de todos los cursos de educación primaria.

Inicialmente cerca del 70 % de los docentes en formación señalaban la respuesta adecuada. Sin embargo, 1 de cada 4 docentes en formación confundía la abreviatura de gramo, señalando gr. (Figura 41). Tras cursar las asignaturas de ciencias los docentes de educación primaria en formación mejoran sus porcentajes de acierto en esta pregunta. Para saber si estas diferencias son significativas se ha aplicado una U de Mann Whitney. Con un p -valor $> 0,05$ se concluye que no existen diferencias significativas en el aprendizaje de este contenido.

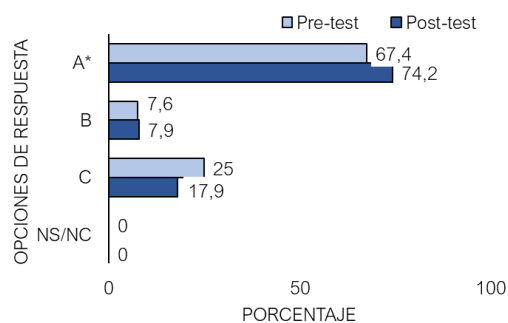


Figura 41. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 7

Ítem 8.- Si ponemos una bola de hierro en la superficie de un recipiente lleno de agua y la dejamos caer la bola se hunde, esto se debe a que

- El hierro es más pesado que el agua
- El hierro es más denso que el agua
- El hierro tiene más masa que el agua

El concepto de densidad genera graves problemas en el aprendizaje y el entendimiento de los docentes en formación inicial, sin embargo, está muy presente en el aprendizaje de las ciencias a lo largo de toda la educación primaria. La densidad del hierro es $7,86 \text{ g/cm}^3$, mientras que la del agua es 1 g/cm^3 , por lo que el hierro es casi 8 veces más denso que el agua.

Antes de cursar las asignaturas científicas del Grado, casi el 70 % de los docentes de educación primaria en formación señalan la respuesta correcta (Figura 42). Por otro lado, el 15 % consideraba que el hierro es más pesado que el agua, y casi el 15 % que el hierro tiene más masa que el agua. Para saber existen diferencias significativas se ha aplicado la prueba U de Mann Whitney. Con un $p\text{-valor} > 0,05$ se concluye que no existen diferencias significativas en el aprendizaje de este contenido.

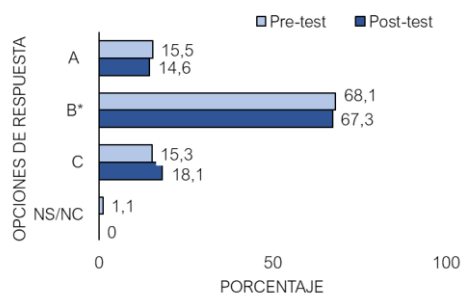


Figura 42. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 8

Ítem 9.- Imagina que posees un microscopio lo suficientemente potente para observar moléculas. Si miramos una gota de agua, ¿qué encontraríamos entre las moléculas el agua?

- a) Aire
- b) Nada, las partículas están muy juntas unas a otras
- c) Vacío

El interés por describir la materia y sus componentes da comienzo con los filósofos de la naturaleza en la Grecia clásica, siendo Demócrito (400 a.C.) el considerado como el primero en utilizar la palabra átomo. Posteriormente, a partir del siglo XVIII, ha habido numerosos intentos de explicar la estructura atómica. Los nombres que jalonan este camino suelen ser Dalton (1766-1844), Thomson (1856-1940), Rutherford (1871-1937) y Bohr, en el periodo pre-cuántico. El átomo se fue concibiendo como la unidad más básica de materia y adquiriendo los elementos del modelo que ayudaron a entender y explicar los fenómenos fisicoquímicos. En 1926, en el ámbito del surgimiento de la física cuántica, se publicó el modelo atómico de Schrödinger, que propone una visión probabilista donde se incluyen conceptos tan importantes y relevantes como la función de onda. En este modelo, además, se incorporó después el principio de incertidumbre de Heisenberg, que va a revolucionar la manera de entender el conocimiento científico.

Como se muestra en la Figura 43, antes de cursar las asignaturas científicas del grado, el 80 % de los docentes de educación primaria en formación fallaban la respuesta, ya que consideran que lo que existe entre las gotas de agua es aire (en un 47,9 %) y nada (27,1 %). Tras finalizar su formación mejoran los resultados de la pregunta, en este caso y 1 de cada 3 responde que entre moléculas hay vacío. Para saber si estas diferencias son significativas se ha aplicado el test U de Mann Whitney. Con un p -valor < 0,01 se concluye que es un contenido sobre el que los docentes de educación primaria en formación aciertan en mayor porcentaje después de cursar las asignaturas de ciencias del grado.

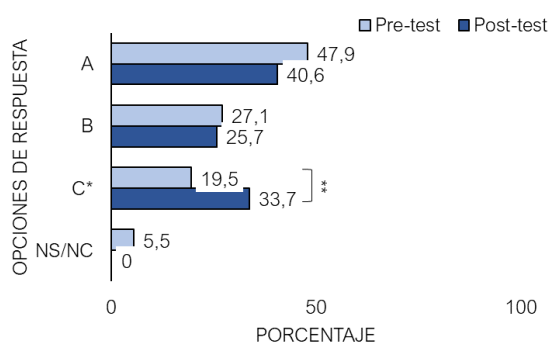


Figura 43. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 9

Ítem 10.- Cuando calentamos un recipiente con agua, antes de que esta llegue a hervir se forman unas burbujas en el fondo del recipiente. ¿De qué están hechas esas burbujas?

- a) Aire
- b) Oxígeno (O₂)
- c) H₂O

La mayoría de los estudiantes suelen tener grandes dificultades para entender la materia en términos moleculares y tienden a describir las moléculas como si tuvieran las mismas propiedades que las sustancias observables (Lee et al., 1993). Las burbujas que se forman en la base del recipiente son de agua (pues es lo único que hay en el recipiente), que en forma gaseosa y debido a su menor densidad van a ascender hacia la superficie en forma de burbuja. En el pretest, tan sólo 1 de 5 docentes señaló la respuesta correcta, mientras que en el postest son 1 de cada 3 los que conocen que las moléculas que se forman al hervir el agua son de agua. Para saber si estas diferencias son significativas se ha aplicado una U de Mann Whitney. Con un p -valor > 0,05 se concluye que no existen diferencias significativas en el aprendizaje de este contenido (Figura 44).

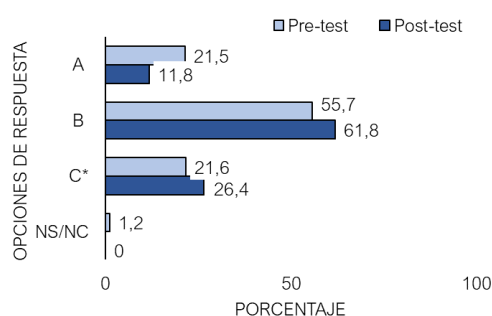


Figura 44. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 10

Ítem 11.- Un cambio del estado de agregación de una sustancia es:

- a) Una transformación química
- b) Un cambio en su configuración electrónica
- c) Una transformación física

La principal diferencia entre los cambios físicos y químicos de la materia tiene que ver con la modificación de la composición de las sustancias. En el caso de un cambio de estado, las sustancias son idénticas antes y después de dicho fenómeno. Inicialmente, más del 65 % de los docentes de educación primaria en formación identificaban los cambios de estado con reacciones

químicas. Tras el trabajo en el Grado de Educación Primaria, ese porcentaje disminuye, y más del 40 % lo identifica correctamente con un cambio físico (Figura 45).

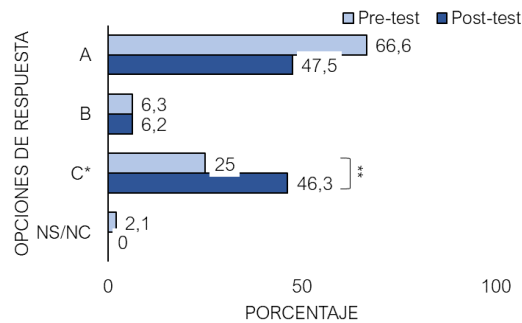
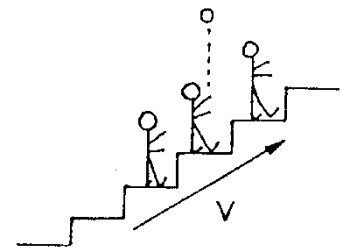


Figura 45. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 11

Para saber si estas diferencias son significativas se ha aplicado una U de Mann Whitney. Con un p -valor $< 0,01$ se concluye que es un contenido sobre el que los docentes de educación primaria en formación experimentan un aprendizaje significativo, antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del grado.

Ítem 12.- Tres personas se encuentran en tres escalones sucesivos de una escalera mecánica que se desplaza con movimiento uniforme. La persona que va en el medio lanza una pelota verticalmente y hacia arriba. ¿Sobre quién caerá la pelota?

- Sobre el de detrás
- Sobre el que lanza la pelota
- Depende de la velocidad



Para responder adecuadamente a esta pregunta han de conocerse los principios dinámicos de un sistema inercial de referencia. La manera más sencilla de explicar el fenómeno es entender que el movimiento de la pelota es rectilíneo y uniformemente acelerado en su componente vertical (el lanzamiento de la persona), pero es rectilíneo y uniforme en su componente horizontal (la escalera mecánica), por lo que no tendrá desplazamiento con respecto al lanzador y volverá a su mano una vez haya concluido el ascenso y el descenso. Dentro del bloque de materia y energía, los estudiantes de educación primaria deben saber hacer predicciones en los cambios de movimiento por efecto de las fuerzas.

Inicialmente tan sólo el 10 % de los docentes de educación primaria en formación respondió acertadamente a la cuestión (Figura 46). El 50 % de los docentes en formación inicial consideraba que la pelota cae sobre el que va detrás, y alrededor del 40 % que depende de la

velocidad. En este caso, se observa un incremento en los aciertos de la respuesta, 1 de cada 3 responde de forma adecuada que la pelota caerá sobre el que lanza la pelota.

Para saber si estas diferencias son significativas se ha aplicado una U de Mann Whitney. Con un p -valor $<0,01$ se concluye que es un contenido sobre el que los docentes de educación primaria en formación experimentan un aprendizaje significativo, antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado.

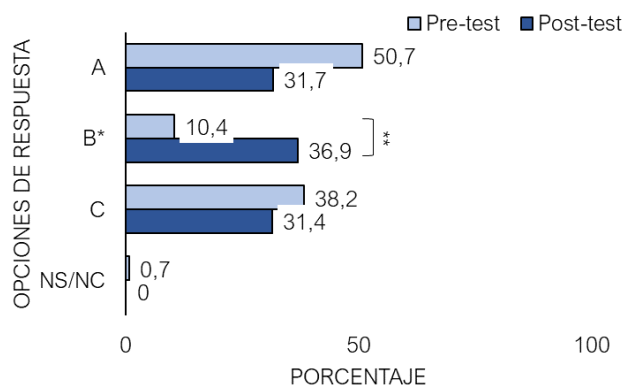


Figura 46. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 12

Ítem 13.- Un avión vuela a 5000 m de altura y a una velocidad de 800 km/h. Podemos decir que el avión tiene:

- Energía potencial gravitatoria
- Energía gravitatoria y cinética
- No tiene energía

El avión tiene energía cinética debido a su movimiento y energía potencial gravitatoria debido a su altura. En la Figura 47 se puede comprobar cómo en el pretest, cerca del 70 % de docentes en formación inicial respondió adecuadamente la pregunta. El 20 % consideraba que sólo tiene energía potencial gravitatoria. El 5 % cree que no tiene energía. En el postest disminuye del 22 % al 13 % aquellos que consideran que sólo tiene energía potencial gravitatoria, y asciende hasta el 81 % los aciertos. Para saber si estas diferencias son significativas se ha aplicado la prueba U de Mann Whitney. Con un p -valor $<0,001$ se concluye que los docentes de educación primaria en formación responden a esta pregunta de forma correcta en mayor porcentaje después de cursar las asignaturas de ciencias del grado.

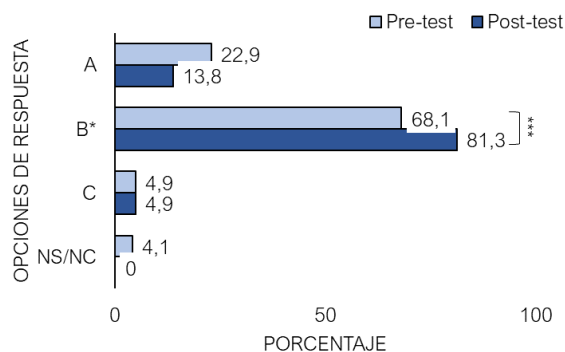


Figura 47. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 13

Ítem 14.- ¿En cuál de los siguientes procesos crees que se conserva la energía?

- Cuando botamos una pelota
- Cuando calentamos agua en la cocina
- En todos los procesos anteriores

El principio de conservación de la energía indica que la energía no se crea ni se destruye, se transforma en otras formas de energía. En esas transformaciones, la energía total es la misma antes y después de cada transformación.

En la Figura 48 se observa que inicialmente, el 65 % de los docentes de educación primaria en formación responde de forma adecuada a la pregunta. En el posttest, a pesar de que existe un pequeño incremento en los aciertos en esta pregunta, estas diferencias no son significativas (U de Mann Whitney, p -valor > 0,05).

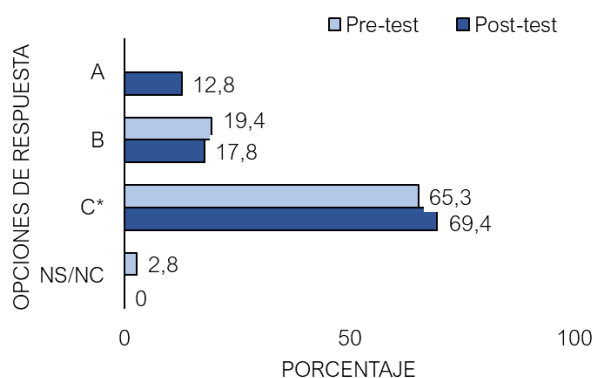


Figura 48. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 14

15.- Un tomate se ve rojo porque

- Posee y emite luz roja
- Le llega luz roja y la refleja

c) Le llega luz roja y la absorbe

Todas las superficies naturales están compuestas por pigmentos que absorben parte de la radiación electromagnética de la luz, reflejando la no absorbida. Por ejemplo, un objeto se ve negro cuando el material absorbe toda la radiación visible, sin embargo, se ve blanco cuando refleja toda la radiación visible que le llega. El tomate se ve rojo porque absorbe toda la radiación visible excepto la correspondiente al rojo, que es reflejada. Fue Isaac Newton quien descubrió que, al pasar un rayo de luz blanca por un prisma, se descomponía en haces monocromáticos de, en apariencia, siete colores (los del arcoíris). Las longitudes de onda dentro del espectro visible oscilan entre 700 nm (color rojo) hasta 400 nm (color violeta).

Inicialmente, como se observa en la Figura 49, alrededor del 35 % de los docentes de educación primaria en formación respondían de forma adecuada a esta pregunta. Sin embargo, el 65 % no sabía por qué un tomate se ve rojo. Tras finalizar su formación, casi el 60 % señalan la respuesta correcta. Sin embargo, aún hay un 20 % que considera que un tomate posee y emite luz roja. Tras finalizar su formación, los futuros docentes señalan de forma correcta en mayor porcentaje esta pregunta (U de Mann Whitney, p -valor $<0,001$).

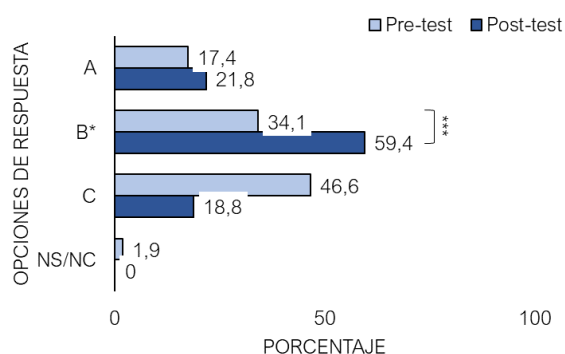


Figura 49. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en el ítem 15

A continuación, en la Tabla 16 se muestra el porcentaje de acierto de las preguntas de tipo test. Como se explicó en el [Capítulo 1, apartado 2](#), se trata de afirmaciones relativas a las áreas de física y química y biología y geología que conforman el cuestionario de contenidos. Entre paréntesis aparece si se trata de una afirmación falsa o verdadera. Para cada afirmación se indica el porcentaje de acierto antes de realizar las intervenciones (pretest) y tras realizar las intervenciones (postest), y se ha incluido una columna final donde aparece la variación porcentual. Se incluye el valor del p -valor de la prueba U de Mann Whitney. Los asteriscos indican *** p -valor $<0,001$; ** p -valor $<0,01$; * p -valor $<0,05$.

Tabla 16. Evolución del porcentaje de aciertos en el test de conocimientos antes y después de cursar las asignaturas científicas del grado

Area	Afirmación	Pretest % aciertos	Postest	p-valor	Variación %
Física y química	El Sol gira alrededor de la Tierra (Falso)	94,4	93	0,661	-1,4
	El peso es una fuerza (Verdadero)	69,4	80	0,089	10,6
	En invierno hace más frío porque la Tierra está más lejos del Sol (Falso)	66,0	71	0,381	5
	Un cambio del estado de agregación de una sustancia es una transformación química (Falso)	29,9	38	0,154	8,1
	El Dióxido de Carbono es imprescindible para la vida (Verdadero)	78,5	87	0,083	8,5
	La fuerza de rozamiento es necesaria para poder movernos (Verdadero)	61,1	70	0,139	8,9
	La fuente de energía más utilizada en los hogares es la electricidad (Falso)	10,4	14	0,413	3,6
	Cuando dormimos reponemos energía (Falso)	18,1	39	<0,001***	20,9
	El sonido se transmite en cualquier medio sólido, líquido, gaseoso y en el vacío (Falso)	61,1	57	0,564	-4,1
	Cuando el butano arde se desprende vapor de agua (Verdadero)	24,3	42	0,003*	17,7
	La masa no cambia durante una reacción química (Verdadero)	36,8	57	0,001**	20,2
	La leche de vaca es una sustancia pura (Falso)	39,6	54	0,032*	14,4
	La velocidad de un cuerpo en movimiento depende de su masa (Falso)	26,4	75	<0,001***	48,6
	Se puede mover un objeto aplicando una fuerza menor que su peso (Verdadero)	50,0	42	0,253	-8
	Biología y geología	Las estaciones del año se producen por la rotación de la Tierra (Falso)	47,2	35	0,032
Las plantas tienen reproducción sexual (Verdadero)		32,6	77	<0,001***	44,4
El ser humano es la especie más evolucionada en el planeta (Falso)		13,9	19	0,302	5,1
Las bacterias no tienen células (Falso)		77,1	79	0,694	1,9
La diferencia entre alimento transgénico y no transgénico es que los primeros contienen genes (Falso)		57,6	71	0,044*	13,4
La Tierra tiene varios satélites naturales (Falso)		67,4	56	0,059	-11,4
Las algas pertenecen al reino de los vegetales (Falso)		46,5	62	0,015*	15,5
Las sustancias de origen vegetal son las más saludables (Falso)		38,9	46	0,300	7,1
La dehesa es un tipo de bosque mediterráneo de origen natural (Falso)		29,2	36	0,220	6,8
El interior de la Tierra está formado por lava (Falso)		41,7	51	0,173	9,3
La Tierra se está calentando como resultado de una mayor entrada de radiación a través del agujero en la capa de ozono (Falso)		18,8	22	0,561	3,2
Los fuertes vientos son los causantes de las corrientes marinas (Falso)		59	61	0,831	2

En general se observa una mejora en cuanto al porcentaje de aciertos de los docentes de educación primaria en formación. Inicialmente existen multitud de ideas alternativas en los

docentes de educación primaria en formación, tanto en el área de física y química, como en biología y geología. Destaca por ejemplo la confusión entre fuente de energía y tipos de energía (90 %), considerar que al dormir reponemos energía (80 %), o identificar los cambios de estado como reacciones químicas (70 %). En cuanto a la biología y geología, cerca de la mitad de los docentes en formación encuestados cree que las estaciones se producen por la rotación de la Tierra y casi el 60 % cree que el interior de la Tierra está formado por lava. Por otro lado, relacionan el calentamiento global con el agujero de la capa de ozono (80 %).

A continuación, se muestran las notas de conocimiento hacia las distintas áreas que han obtenido los docentes de educación primaria en formación tras cursar las asignaturas científicas del grado. Sin distinguir entre géneros ni bachilleratos, los docentes de educación primaria en formación obtienen un 5,72 ($\pm 0,9$) en física y química, y un 5,82 ($\pm 1,5$) en biología y geología, existiendo una evolución en el conocimiento significativa, pues inicialmente los docentes en formación inicial tuvieron una calificación de 4,74 ($\pm 1,1$) en física y química y un 5,27 ($\pm 1,4$) en biología y geología.

En el cuestionario en general, sin separar por áreas, los estudiantes obtienen en el pretest un 4,96 ($\pm 0,9$) y en el posttest un 5,77 ($\pm 0,9$), para saber si estas diferencias entre las áreas son significativas se ha aplicado la U de Mann Whitney (Figura 50). El diagrama de violín muestra la densidad de los datos en diferentes valores. Las cajas en horizontal representan la distribución de los resultados. La recta vertical dentro de cada caja representa la mediana, los límites a derecha e izquierda de cada caja corresponden a los percentiles 25 y 75, y la terminación inferior y superior de las líneas verticales se aproximan a los percentiles 5 y 95. Los valores brutos se representan en forma de "lluvia" bajo cada gráfico.

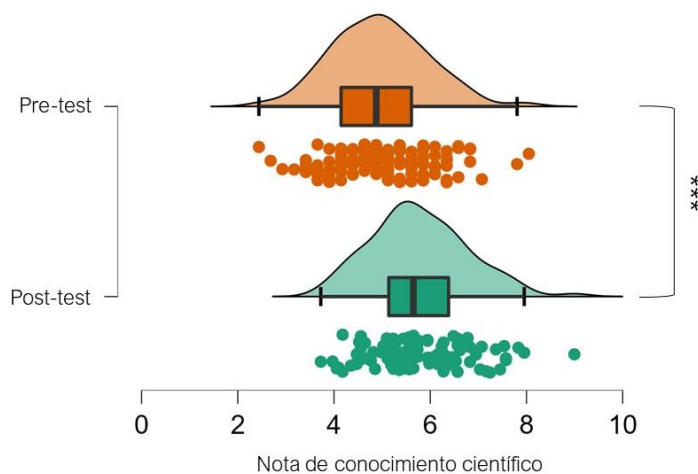


Figura 50. Evolución de la calificación numérica obtenida por los docentes de educación primaria en formación antes y después de cursar las asignaturas científicas del grado

Tras cursar las asignaturas de ciencias, los docentes en formación inicial mejoran significativamente el nivel de conocimiento científico, sin embargo, estas diferencias a pesar de ser significativas aún tienen mucho margen de mejora. Estos resultados nos llevan a aceptar la Hipótesis 9, existen diferencias en el nivel de conocimiento manifestado por los docentes en formación antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria.

3.3.2. *Hipótesis 10. Los docentes en formación que presentan mayor nivel de conocimiento científico son los que señalan más emociones positivas después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria*

Para poder contrastar esta hipótesis se han buscado correlaciones entre la dimensión afectiva y la dimensión cognitiva de los docentes de educación primaria en formación. Para ello, en primer lugar, se ha obtenido el porcentaje de emociones positivas y negativas hacia la física y la química y la biología y la geología. En segundo lugar, se ha calculado la nota para cada uno de los docentes de educación primaria en formación en el cuestionario de conocimientos. En tercer lugar, se ha utilizado la correlación de Spearman para explorar posibles asociaciones entre las variables. En la Figura 51 se representa un mapa de calor que indica, según el color representado, la intensidad de las asociaciones encontradas entre las emociones (positivas y negativas) y las notas de conocimiento. En rojo se representan las asociaciones negativas y en morado las positivas, colores más fuertes indican mayor grado de correlación. El valor muestra las correlaciones de Spearman (** p -valor $<0,001$; * p -valor $<0,05$).

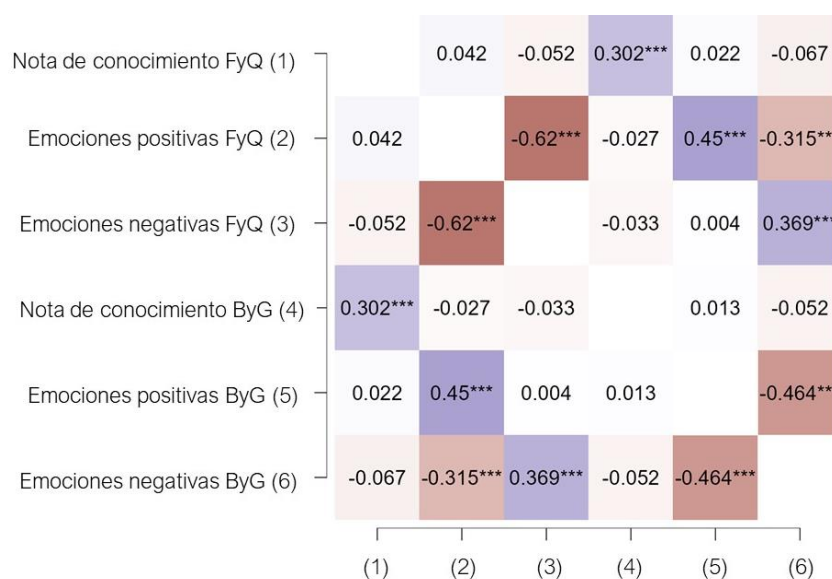


Figura 51. Mapa de calor que muestra la ausencia de correlación entre el dominio afectivo y el dominio cognitivo

Los resultados muestran la ausencia de correlaciones entre el dominio afectivo de los docentes en formación con las notas de conocimiento científico obtenido en los cuestionarios. Las correlaciones se dan entre las propias variables del dominio afectivo, sin embargo, no existe ninguna relación de asociación o interdependencia entre emociones y conocimiento científico. Por tanto, no se puede afirmar que aquellos docentes de formación inicial que manifiesten sentir emociones positivas tendrán una mejor calificación en contenidos científicos, esto nos lleva a

rechazar la Hipótesis 10: los docentes de educación primaria en formación que manifiestan sentir más emociones positivas no tienen una mejor calificación en contenidos científicos. No se encuentran correlaciones entre la dimensión afectiva y cognitiva de los docentes en formación inicial: manifestar sentir emociones positivas no tiene asociación con la calificación final que obtenga el estudiante.

3.3.3. *Hipótesis 11. Los docentes en formación que presentan más nivel de conocimiento científico manifiestan mayor percepción de autoeficacia después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria*

Para comprobar si existen una relación significativa entre la nota de conocimiento científico de los docentes en formación y la autoeficacia, una vez han cursado las asignaturas de ciencias, se ha utilizado la correlación de Spearman. En la Figura 52 se muestra el valor de la correlación de Spearman entre la nota de conocimiento científico del test general, la nota de conocimientos en física y química, la nota de conocimientos de biología y geología y la percepción de autoeficacia manifestada hacia los contenidos de física y química y biología y geología por los docentes de educación primaria en formación una vez cursadas las asignaturas de ciencias del Grado. En morado se representan las asociaciones positivas, colores más fuertes indican mayor grado de correlación. El valor muestra las correlaciones de Spearman (***) p -valor<0,001).

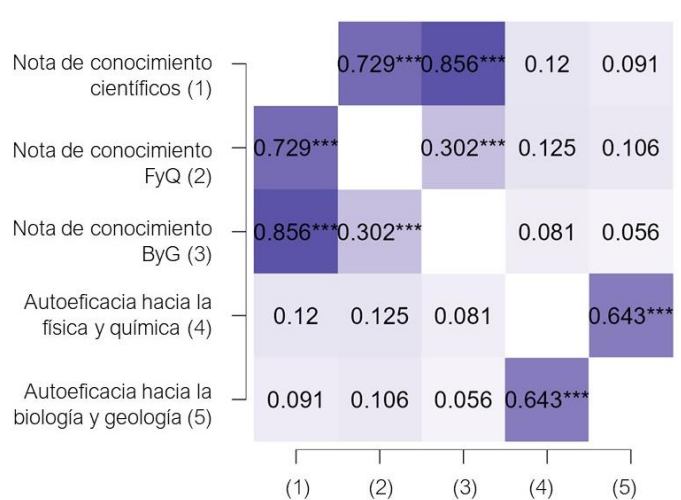


Figura 52. Valor de la correlación de Spearman entre el nivel de conocimiento científico y la percepción de autoeficacia

La Figura 52 muestra que no son significativas las correlaciones entre tener una percepción alta de autoeficacia y tener una calificación alta (p -valor>0,05), por tanto, no existe correlación entre la percepción de autoeficacia y el conocimiento, lo que lleva a rechazar la Hipótesis 11.

3.3.4. Hipótesis 12. No existen diferencias significativas según el género en el conocimiento científico después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria

Se plantea esta hipótesis con el objetivo de analizar si existe alguna diferencia a nivel de conocimiento científico en los docentes de educación primaria en formación, en función de su género. Para dar respuesta a esta hipótesis se ha realizado la prueba U de Mann Whitney. En primer lugar, se muestran los estadísticos descriptivos de la muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Nota media de conocimiento científico según el área científica y el género tras cursar las asignaturas científicas del grado

	Nota de conocimientos científicos		Física y química		Biología y geología	
	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre
Nota media del test	5,3	5,3	5,0	5,2	5,5	5,4
Desviación estándar	1,0	1,0	1,2	1,1	1,4	1,5

Al realizar la prueba U de Mann Whitney los resultados obtenidos (p -valor $>0,05$) llevan a afirmar que el género no es una variable que afecte al nivel de conocimiento científico que presentan los docentes de educación primaria en formación una vez finalizan las asignaturas científicas del grado. Por lo tanto, se acepta la Hipótesis 12: no existen diferencias significativas según el género en el conocimiento científico después de cursar las asignaturas científicas del Grado en Educación Primaria.

3.3.5. Hipótesis 13. El bachillerato de procedencia no influye en el conocimiento científico después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria

Para dar respuesta a esta hipótesis se ha realizado la prueba U de Mann Whitney, comparando la nota que han obtenido los docentes en formación inicial en la prueba de conocimiento científico según el bachillerato de procedencia tras cursar las asignaturas de ciencias del grado en Educación Primaria. Los estadísticos descriptivos se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18. Nota media del conocimiento según el bachillerato de procedencia

	Nota de conocimientos científicos		Física y química		Biología y geología	
	CCSS-H	CyT	CCSS-H	CyT	CCSS-H	CyT
Nota media del test	5,24	5,45	5,13	5,17	5,39	5,81
Desviación estándar	1,12	0,88	1,20	1,09	1,48	1,31

Se observa que en general, son los docentes en formación inicial provenientes de un bachillerato de CyT los que obtienen mejores puntuaciones en conocimientos científicos, sin embargo, estas diferencias no son significativas (U de Mann Whitney, p -valor $>0,5$).

Por tanto, esto nos lleva a aceptar la Hipótesis 13, una vez finalizan el grado en Educación Primaria, el bachillerato de procedencia que haya cursado el docente en formación inicial no afecta a su nivel de conocimientos científico.

3.3.6. Discusión de los resultados del Objetivo Específico III

En la Tabla 19 se presenta un resumen de las hipótesis y conclusiones del Objetivo Específico III.

Tabla 19. Resumen de las hipótesis y las conclusiones del Objetivo Específico III

Objetivo Específico III			
Analizar la evolución del nivel de conocimiento que presentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria			
	Hipótesis de investigación	Conclusión	
OE3	H9	Existen diferencias en el nivel de conocimiento científico de los docentes en formación antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta. Tras cursar las asignaturas de ciencias, los docentes en formación inicial mejoran significativamente su nivel de conocimiento científico
	H10	Los docentes en formación que presentan mayor nivel de conocimiento científico son los que señalan más emociones positivas después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se rechaza. No se encuentra relación de asociación entre la dimensión afectiva y cognitiva de los docentes en formación inicial
	H11	Los docentes en formación que presentan más nivel de conocimiento científico manifiestan mayor percepción de autoeficacia después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se rechaza. No se encuentra relación de asociación entre la percepción de autoeficacia y el conocimiento científico de los docentes en formación inicial
	H12	No existen diferencias significativas según el género en el conocimiento científico después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta. No existen diferencias significativas según el género en el conocimiento científico después de cursar las asignaturas científicas del Grado en Educación Primaria
	H13	El bachillerato de procedencia no influye en el conocimiento científico después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta. El bachillerato de procedencia que haya cursado el docente en formación inicial no afecta a su nivel de conocimientos científico

En el Objetivo Específico III se analiza la evolución de la dimensión cognitiva y exploran posibles vínculos entre el dominio afectivo y el dominio cognitivo. La inclusión de las emociones en las investigaciones sobre didáctica ha supuesto un cambio de rumbo que convierte al estudiante en el centro de los procesos de enseñanza y aprendizaje, y promueve las construcciones personales propias de cada alumno considerando, además, sus conocimientos previos (Anđelković et al., 2018). La mejora de la formación científica de los estudiantes de maestro de educación primaria viene siendo objeto de estudio desde hace más de dos décadas, tanto en España como en otros países, con el propósito de fundamentar planes de formación docente encaminados a *qué* ciencia enseñar en educación primaria y *cómo* hacerlo de forma efectiva (García-Carmona y Cruz-Guzmán, 2016). Cortés et al. (2012) analizan las necesidades formativas expresadas por los propios docentes en formación tanto en las clases como en las prácticas en los centros y ellos mismos consideran tener una baja cultura científica. La formación del profesorado en ciencias es una cuestión preocupante, ya que si bien un correcto conocimiento

didáctico del contenido debe integrar distintos aspectos (estrategias didácticas, estrategias de evaluación, conocimiento del currículum, gestión del aula...) sin duda, un conocimiento básico y adecuado del contenido disciplinar es absolutamente fundamental para una enseñanza eficaz de las ciencias (Kind, 2009). En nuestro caso, hemos analizado la evolución cognitiva que experimentan los estudiantes del grado en educación primaria a lo largo de su formación científica y vemos que existe un aumento en el nivel de conocimiento científico.

A lo largo de la Tesis Doctoral se sostiene el indudable efecto que ejercen las emociones en el aprendizaje y hemos querido conocer si existe una vinculación entre las variables afectivas, emociones y autoeficacia, sin embargo, los resultados muestran que no existe relación entre el nivel de conocimiento científico y las emociones, ni entre el conocimiento científico y la percepción de autoeficacia de los docentes en formación. En las últimas décadas, investigadores del área de la psicología de la educación han comenzado a investigar las funciones y consecuencias que implica el sentir emociones (tanto positivas como negativas) durante el aprendizaje. En estas investigaciones no se reduce el efecto de la emoción, sino que se trabaja con el constructo del "afecto", que es una especie de paraguas conceptual que abarca los estados de ánimo y las emociones, donde importa la valencia y el nivel de activación (Russell y Carroll, 1999). En diferentes investigaciones relacionan variables de la dimensión afectiva con la dimensión cognitiva, Rogaten y Moneta (2015) encuentran una relación recíproca entre afectos positivos y el uso de una cognición creativa. Hechos probados de distintas investigaciones muestran que una disposición afectiva positiva predice un mejor rendimiento académico y que afectos positivos predicen mejor el aprendizaje que los afectos negativos (Rogaten et al., 2013; Saklofske et al., 2012). Las teorías de la cognición y la emoción, como la teoría del control-valor de Pekrun (2006) sostienen cómo las emociones están cercanas y vinculadas a los antecedentes cognitivos, motivacionales y sus efectos, esta teoría supone que situaciones de aprendizaje que favorecen estados emocionales positivos favorecen el aprendizaje; mientras que la existencia de estados emocionales negativos dificulta el aprendizaje. Existen evidencias de que variables motivacionales y emocionales pueden predecir el rendimiento académico de los estudiantes, los estudios de Cho y Heron (2015) realizados con estudiantes de una asignatura online de matemáticas, encuentran diferencias en la motivación y en las emociones de los estudiantes según aprueben o suspendan la asignatura, los alumnos que aprueban muestran niveles significativamente más bajos de ansiedad, aburrimiento y frustración que los que suspenden. Pekrun (2006) establece que emoción, motivación y cognición son perfectamente separables y deben ser tratados conceptualmente por separado, tanto por razones psicológicas como neurológicas. Los

resultados de esta Tesis Doctoral no permiten concluir que exista una asociación entre emoción y aprendizaje, el resto de los artículos analizados y discutidos a lo largo del cuerpo del trabajo encuentran asociaciones entre variables cognitivas (metacognición, cuestionarios autoinformes de resolución de problemas, estrategias cognitivas) y afectivas (emociones, autoeficacia, motivación...) pero no entre conocimiento (medido como constructo extraído de un test *ad hoc* como el utilizado en esta Tesis Doctoral) y emociones. El papel de las emociones en el aprendizaje viene determinado por la relación que tiene con otros aspectos esenciales en los procesos de enseñanza y aprendizaje, como la curiosidad, la atención, la motivación o la toma de decisiones (Mora, 2011). Estos resultados encontrados nos permiten reflexionar sobre un hecho interesante: las emociones no condicionan la nota final del estudiante, eso puede traducirse en que alumnos con emociones negativas puedan lograr obtener una buena calificación en la asignatura. Si se hubieran encontrado esas relaciones entre emoción y nota de conocimiento, no haría falta hacer exámenes, bastaría con preguntar qué emociones sienten y de ahí establecer la nota. Si sienten emociones negativas, notas bajas y si son emociones positivas, notas altas.

García-Carmona y Cruz-Guzmán (2016) intentaron ahondar en las posibles causas de las emociones de los maestros en formación ante la educación científica recibida. Para ello, centraron el análisis en las vivencias con el aprendizaje y la evaluación de la ciencia escolar. La mayoría había recibido una enseñanza poco útil, donde se evaluaban aprendizajes superficiales basados en la memorización; asimismo, se autoestimaban con baja cultura científica. El 76 % de los docentes en formación encuestados en las investigaciones de García-Carmona y Cruz-Guzmán (2016) destacan la necesidad de tener un buen conocimiento de contenidos disciplinares, mientras que también le confieren gran importancia a saber relacionar con teoría con la práctica en sus clases. Por este motivo, y dada la diversidad de bagajes académicos de los docentes en formación, autores como Barberá y Valdés (1996) consideran que conjugar una formación básica en la didáctica de la ciencia con un conocimiento del contenido disciplinar, quizás sea un objetivo demasiado ambicioso en la formación de este colectivo de profesorado.

Las diferencias según el género en el aprendizaje de las ciencias han sido exploradas por diferentes autores (Kahle et al., 1993; Makarova et al., 2019; Steegh et al., 2019; Stoilescu y Egodawatte, 2010; Tiedemann, 2000), y se encuentran diferencias a nivel internacional, por ejemplo en la participación de las olimpiadas científicas de chicos y chicas (a excepción de las olimpiadas de biología), las mujeres prefieren contenidos relacionados con esa área, mientras que los hombres prefieren temas relacionados con la física. Los resultados de nuestra

investigación sugieren que, tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado, no existen diferencias según el género en el nivel de conocimiento científico que presentan los docentes de educación primaria en formación. Algunas investigaciones revelan que las ciencias con estereotipos de género más fuertes correlacionan con las áreas donde las mujeres tienen un autoconcepto más débil, dándole una relevancia decisiva al autoconcepto y a la vinculación que este tiene con el rendimiento real de los alumnos en las áreas de ciencias (Cvencek et al., 2015). Los patrones de género en el interés por el estudio de las ciencias surgen en la infancia, se desarrollan con el tiempo y se fijan cuando tienen que elegir cursos de educación superior (Steegh et al., 2019). Dávila-Acedo et al. (2015) encuentran diferencias significativas en las emociones experimentadas por las y los estudiantes de educación secundaria durante el aprendizaje de contenidos de física y química, los estudiantes experimentan en mayor medida emociones positivas como alegría, diversión, felicidad y entusiasmo, mientras que las estudiantes experimentan en mayor medida preocupación, miedo o aburrimiento.

Susumu Tonegawa (premio Nobel de medicina en 1987) descubrió que cuando una persona recuerda algo con intensidad, el recuerdo de esa imagen activa los mismos mecanismos en el cerebro que cuando estaba ocurriendo en la realidad (placentera o de sufrimiento) (Liu et al., 2012). En muchos casos, los docentes en formación asocian experiencias negativas en el aprendizaje de la ciencia a los contenidos escolares, que afirman que eran difíciles de comprender, a la implementación de metodologías de enseñanza poco atractivas o eficaces, a la falta de utilidad de los contenidos aprendidos e insatisfacción con los sistemas de evaluación (García-Carmona y Cruz-Guzmán, 2016). Que los docentes conozcan el contenido que enseñan es fundamental, pero, además de comprensión, debe haber voluntad e intención, normalmente, los docentes enseñan mejor lo que más valoran por lo que lo deseable es que exista esa conjugación de factores en los docentes en formación inicial (Martín-Díaz, 2006). La formación previa es una variable que parece tener cierta influencia en la importancia que se les concede a los diferentes aspectos que componen la naturaleza de la ciencia y donde se encuentran diferencias según si los docentes provienen de una formación científica o humanista (Martín-Díaz, 2006). Nuestros resultados revelan que, una vez finalizan su formación los futuros docentes, el bachillerato de procedencia no tiene ningún impacto en el nivel de conocimiento científico. Cuando comienzan su formación como docentes de educación primaria, muchos de ellos presentan una baja percepción de autoeficacia hacia las ciencias y afirman que “no se les dan bien las ciencias” haciendo alusión a que “son de letras”. Esta oposición al estudio de las ciencias determina su actitud en el aula en muchos casos, sin embargo, aunque inicialmente sea una

condición indeseable, vemos que al finalizar su formación el bachillerato de procedencia no repercute en el nivel de conocimiento científico.



CAPÍTULO 4

INTERVENCIÓN METACOGNITIVA Y EMOCIONAL CON DOCENTES EN FORMACIÓN DURANTE EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS: DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES IMPLEMENTADAS

4. INTERVENCIÓN METACOGNITIVA Y EMOCIONAL CON DOCENTES EN FORMACIÓN DURANTE EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS: DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES IMPLEMENTADAS

Una vez realizado el diagnóstico inicial del dominio afectivo y cognitivo de la muestra de estudio, se procedió al diseño e implementación de un programa metacognitivo y emocional que ha sido llevado a cabo a través de distintas estrategias didácticas y metodológicas, a lo largo de las distintas asignaturas científicas del grado, para comprobar posteriormente el impacto emocional y cognitivo de éstas. En el capítulo anterior se mostró la evolución emocional y cognitiva que ha experimentado la muestra de docentes en formación analizada: los resultados muestran cómo los contenidos de física y química son aquellos hacia los cuales los docentes de educación primaria en formación manifestaron sentir más emociones negativas, como ansiedad, preocupación, aburrimiento o rechazo. Por eso las intervenciones principales se han centrado en el trabajo de conceptos relacionados con la física y la química (ver apartado [Bloque I. Intervenciones con contenido de física y química](#)). Por otro lado, “rocas y minerales: propiedades, usos y utilidades” es el contenido hacia el que más aburrimiento manifiestan sentir, por lo que también se ha trabajado la geología dentro de las intervenciones. Inicialmente, los docentes en formación inicial manifestaban una baja percepción de autoeficacia y un bajo nivel de conocimiento científico hacia las ciencias, por lo que las intervenciones también se han centrado en mejorar tanto la percepción de autoeficacia como en promover un aprendizaje significativo. En el presente capítulo se describen las diferentes propuestas didácticas que se han llevado a cabo con el fin de favorecer una evolución positiva de la dimensión emocional, la percepción de autoeficacia y modificar los errores conceptuales de los docentes de educación primaria en formación.

4.1. Temporalización de las intervenciones

Debido a la configuración y organización académica, no ha sido posible implementar todas las intervenciones con todos los estudiantes y sólo se ha trabajado con algunos grupos. Sin embargo, en general, la enseñanza de las ciencias en el grado de Educación Primaria en la Universidad de Extremadura tiene como punto de encuentro que los docentes se preocupan por

esta dimensión afectiva y metodológica en el aula, siendo una enseñanza alejada de lo tradicional y dándole un papel protagonista al alumno.

En la [Tabla 2](#) se describieron las asignaturas científicas del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Extremadura donde se ha llevado a cabo las intervenciones incluyendo las asignaturas donde se han llevado a cabo las distintas intervenciones incluyendo el curso, los créditos y el temario resumido de cada una de ellas. Las intervenciones que se presentan en esta Tesis Doctoral se han implementado en las horas prácticas de laboratorio. En la Tabla 20 se mencionan brevemente las intervenciones que se han realizado según el curso y el número de estudiantes que han participado.

Tabla 20. Descripción de las intervenciones realizadas en esta Tesis Doctoral

Curso	Asignatura	Intervención realizada	Nº de estudiantes
2018/2019	Materia y energía (2º curso)	*Recogida de datos pretest. Emociones, autoeficacia, actitudes, conocimiento (diagnóstico)	144
		ABP: cohete de hidropulsión	29
2019/2020	Didáctica del medio físico y los Seres vivos (3º curso)	Microbios (Juego de mesa)	25
		Gamificación de geología	120
		Sendero de indagación botánico	66
2020/2021	Conocimiento del medio natural (4º curso)	Filtro Lento de Arena	69
		*Recogida de datos postest. Emociones, autoeficacia, actitudes, conocimiento (análisis final)	98
2021/2022	Conocimiento del medio natural (4º curso)	Cocinas solares	46

Uno de los factores que han demostrado tener un impacto clave en la dimensión emocional durante el aprendizaje de las ciencias es la metodología utilizada por el docente (Dávila-Acedo et al., 2021). En esta Tesis Doctoral se ha contemplado la importancia de la metodología, pero también del contenido trabajado. El Objetivo General II de la presente Tesis Doctoral es diseñar, aplicar y evaluar propuestas metodológicas que promuevan una enseñanza y aprendizaje de las ciencias emocionalmente positiva de los docentes de educación primaria en formación en las asignaturas de ciencias del Grado de Educación Primaria. Este objetivo general se concreta en dos objetivos específicos:

-Objetivo Específico 4: Analizar la valoración afectiva que realizan los docentes en formación de educación primaria hacia las distintas estrategias didácticas implementadas

-Objetivo Específico 5: Analizar la evolución del nivel de conocimiento que experimentan los docentes de educación primaria en formación frente a distintas estrategias didácticas implementadas

En virtud de la coherencia en el texto, se ha decidido seguir para el presente capítulo la siguiente estructura: dividir las seis intervenciones según si se trabajan contenidos de física y química o biología y geología, obteniendo así los bloques I y II. En el bloque I se detallan las intervenciones donde se ha trabajado con contenidos de física y química, hacia los que los docentes en formación inicial manifestaron sentir mayor número de emociones negativas, una menor percepción de autoeficacia y menor nivel de conocimiento. En este apartado se describen tres intervenciones: (1) la fabricación de un cohete de hidropulsión, (2) la construcción y puesta en marcha de un filtro lento de arena y (3) uso de cocinas solares. En el bloque II se incluyen las intervenciones donde se ha trabajado contenido de biología y geología, son también tres: (1) juego de mesa, (2) actividad de gamificación en geología y (3) sendero de indagación botánico. Generalmente, los contenidos de biología y geología suelen despertar emociones más positivas, por lo que se han seleccionado los contenidos hacia los que los docentes en formación han manifestado sentir más aburrimiento (rocas y minerales), tienen un mayor número de ideas alternativas (microorganismos) o son áreas de la biología que tienen menor aceptación social (botánica). En todas las intervenciones se describe la muestra con la que se ha trabajado, se muestran los materiales y recursos necesarios para su puesta en práctica, se describe la experiencia y se muestra la valoración emocional que realizan los docentes en formación hacia la actividad. Los objetivos específicos están dirigidos a analizar la dimensión afectiva (OE 4) y cognitiva (OE 5) de las estrategias didácticas implementadas. La discusión de las hipótesis se hace al final, una vez presentadas todas las intervenciones y mostrados los resultados. A continuación, se describen las actividades que se han llevado a cabo con los docentes de educación primaria en formación.

4.2. Resultados Objetivo Específico 4. Analizar la valoración afectiva que realizan los docentes de educación primaria hacia las distintas estrategias didácticas implementadas

Bloque I. Intervenciones con contenido de física y química

En este bloque se describen las tres intervenciones que se han llevado a cabo para mejorar el componente emocional y cognitivo de los futuros maestros durante el aprendizaje de la física y química. En todos los casos se han realizado en el contexto de una sostenibilidad integral, dándole un papel protagonista al alumnado y considerando su dimensión afectiva durante los procesos de enseñanza y aprendizaje.

4.3. Aprendizaje Basado en Proyectos: cohete de hidropulsión

Esta actividad constituye la primera intervención llevada a cabo en esta Tesis Doctoral con los docentes de educación primaria en formación matriculados en el 2º curso del Grado en Educación Primaria, en la asignatura Didáctica de la materia y la energía. La intervención se llevó a cabo en el curso 2018/2019 con una muestra de 29 docentes en formación (78,9 % mujeres) y donde el 84 % de los participantes provenía de un bachillerato de ciencias sociales.

Los seres humanos son indagadores por naturaleza y la astronomía es una disciplina que despierta interés general en la población: el desarrollo de los cohetes es un ejemplo de cómo la curiosidad es un rasgo humano que ha garantizado nuestra supervivencia como especie y cómo continúa la evolución cultural (Dow, 1999). El desarrollo de los cohetes demuestra la necesidad humana de explorar y descubrir mediante la experimentación. La investigación del universo siempre ha sido un propósito del ser humano y desde pequeños, muchos niños y niñas sueñan con ser astronautas, el espacio (los planetas y las galaxias) es un contenido muy atractivo y emocionante para estudiar.

Newton resumió la ciencia que hay detrás de los cohetes en tres leyes del movimiento publicadas en "*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*" (Newton, 1687). La epistemología, la ontología, el método científico y la filosofía e historia de la ciencia pueden ser enseñadas a través de esta experiencia ABP. Además, otros contenidos pueden ser trabajados de forma explícita e implícita, tanto vinculados con la actividad como con los conocimientos CTS, pues se trata de una actividad interdisciplinar que aporta a los futuros docentes una experiencia educativa donde podrán desarrollar no solo conocimientos científicos sino también habilidades que están

en la frontera de las disciplinas y que sólo trabajándose de forma integrada permitirá formar a los estudiantes para resolver los retos del día de mañana.

El primer satélite artificial, Sputnik I, fue lanzado el 4 de octubre de 1957. A través de esta actividad es posible integrar contenidos de historia moderna y contemporánea y el cambio de paradigma en el pensamiento científico. Hay muchas anécdotas recientes que vinculan el desarrollo científico y económico: la carrera espacial para ser el primer colonizador de la Luna, o la Guerra Fría entre Estados Unidos y la Unión Soviética que paralizó el mundo. La bioética y el modo en que la ciencia se ve influida por la moral y la economía también pueden dar pie a la reflexión a través de esta actividad. Meses después del lanzamiento del Sputnik, Estados Unidos también lanzó con éxito el Explorer 1 el 31 de enero de 1958. Finalmente, el 20 de julio de 1969, fue la primera vez en la historia que el ser humano pisó la Luna. Sin embargo, la ciencia no siempre trae buenos fines: la Primera y la Segunda Guerra Mundial han favorecido el desarrollo de la ciencia y no en beneficio de la humanidad, haciéndonos reflexionar sobre cuestiones éticas.

Por otro lado, además del indudable componente tecnológico y científico de la intervención, también se valora el diseño del cohete, trabajando el arte y el desarrollo del sentido estético. Los alumnos a los que el aprendizaje de las ciencias les resulta poco interesante o aburrido, al utilizar el arte, pueden encontrar los atractivos de la física más allá de sólo dificultades. Izadi (2017) reflexiona sobre cómo guiar a los estudiantes para que aprendan ciencias a partir de su propia creatividad en el arte, sugiriendo que los profesores pueden diseñar talleres de indagación centrados en el desarrollo de las habilidades de los estudiantes para la resolución de problemas y luego los estudiantes pueden aportar soluciones utilizando su creatividad.

Con este proyecto, los futuros docentes se introducen en el estudio del método científico y comienzan a manipular material de laboratorio. La fabricación de un cohete ofrece la inclusión de la tecnología en el proyecto, que debe realizarse involucrando aspectos relacionados con la conciencia ambiental. El hecho de elegir un cohete de hidropulsión, en lugar de un cohete de gas licuado de petróleo (GLP) o de combustión, da al docente la oportunidad de argumentar sobre la necesidad de tecnologías ecológicas. Además, al trabajar con materiales reciclados, se pueden incluir en la clase conceptos como el de residuo 0, economía circular o las 3R.

4.3.1. Materiales y recursos necesarios para la implementación de esta intervención

Para poder realizar el cohete de hidropulsión se les pidió a los participantes que trajeran 2 botellas de plástico, vacías y limpias, de 2 volúmenes diferentes (2 L y 1,5 L) ya que es interesante que se experimente con diferentes cantidades. Además de las botellas, también trajeron un tapón de corcho, una cinta métrica y una bomba. Se facilitaron gafas de protección a los participantes, así como algunos materiales para la fabricación de la base del cohete: una teja, tijeras o cinta de carrocero. Para la plataforma de lanzamiento del cohete se les sugería para su elaboración algún soporte de madera. Además, se les suministró una hoja de Excel para realizar el registro de los lanzamientos. El agua estaba disponible en las inmediaciones.

4.3.2. Descripción de la experiencia *de ABP*

Esta intervención se llevó a cabo en las actividades prácticas de laboratorio y tuvo una duración de 9 horas: tres sesiones de tres horas cada una que se desarrollaron a lo largo de tres semanas. El proyecto consistió en un concurso de lanzamiento de cohetes, diseñados y contruidos por los propios docentes en formación, utilizando materiales reciclados.

Sesión 1: Organización, información y tiempo de búsqueda

En esta primera sesión se les presentó el proyecto a los futuros docentes, dando detalles de todas las etapas, las actividades a desarrollar y lo que deberían realizar en todas las sesiones. Por un lado, los docentes en formación inicial debían construir el cohete en sí, que consiste en una botella de plástico reciclada parcialmente llena de agua y presurizada con una bomba y, por otro lado, la construcción de una base de lanzamiento diseñada específicamente para sostener el cohete mientras es presurizado (cuando la presión precisa es alcanzada, el cohete sale disparado de la base).

De forma autónoma, los docentes en formación se organizaron formando grupos de 3 o 4 miembros (Figura 53). En esta primera fase, se documentaron para darle una dirección general al trabajo, diseñando un plan de experimentación y decidiendo el modelo de cohete a construir en base a la búsqueda bibliográfica realizada (en YouTube, blogs o artículos científicos). Más tarde, los docentes en formación decidieron qué tipo de plataforma iban a utilizar para sus lanzamientos, incluyendo gráficos o dibujos que hubieran encontrado durante su búsqueda. A continuación, diseñaron la secuencia de experimentos a probar, en base a los criterios elegidos como variables determinantes en la construcción del cohete: cuánta cantidad de agua van a

utilizar, qué tipo de botellas, qué ángulo de inclinación será el más adecuado para la base, etc. Finalmente, todos estos datos fueron incluidos en informes.



Figura 53. Primera sesión durante la elaboración del cohete

Sesión 2: Toma de decisiones y resolución de problemas

Durante la segunda sesión, cada equipo construyó su cohete, la base de lanzamiento (Figura 54) y comenzaron con las primeras pruebas de lanzamiento. Cada grupo trajo los materiales que decidieron utilizar para su propio cohete.



Figura 54. Las alumnas trabajan en la construcción de su cohete

La fase de construcción se llevó a cabo en el laboratorio y los lanzamientos en el exterior, en el pinar de la Universidad de Extremadura frente a la facultad de Educación y Psicología. Había diferentes tareas que desarrollar en cada grupo: uno de los miembros actuaba como lanzador, otro medía el tiempo y la distancia alcanzada por el cohete, y otro recogía el cohete y lo devolvía

a la base de lanzamiento para el siguiente tiro. Los participantes podían repetir los lanzamientos una y otra vez, modificando las variables. Las variables experimentales que considerar y optimizar son el ángulo de lanzamiento y el volumen de agua (Figura 55). Las distancias recorridas por los cohetes fueron recogidas en la hoja de lanzamientos y promediadas, según el ángulo de lanzamiento y el volumen de agua incluido en la hoja de lanzamientos. Los estudiantes no tenían que completar un mínimo o máximo de lanzamientos, pero deberían determinar cuál era el mejor ángulo para obtener la mayor distancia desde su base de lanzamiento. Durante esta etapa de experimentación deberían llegar a la conclusión de que los mejores lanzamientos serán aquellos que se lancen con 45° de inclinación.



Figura 55. Estudiantes trabajando en el cohete de hidropulsión

Sesión 3: Concurso de lanzamiento de cohetes

Finalmente, el tercer día se celebró la competición de lanzamientos. Al principio tuvieron tiempo para tomar decisiones y pensar sobre cómo mejorar los modelos que habían elegido inicialmente. El concurso final (Figura 56) se celebró en unas pistas de fútbol abandonadas

cercanas a la universidad¹⁴. Contamos con tres jueces externos que observaron la competición, en la que se midieron dos aspectos:

-Por un lado, los cohetes se lanzaron en vertical. Para conocer el ganador se midió el tiempo que había pasado en el aire, el que tardara más tiempo en caer se consideró el que llegó más alto (despreciando las corrientes de aire), siendo el cohete ganador de esta primera prueba.

-Por otro lado, los estudiantes debían conseguir que su cohete recorriera la máxima distancia horizontal posible. Esto dependía de cuatro variables: el ángulo de lanzamiento (menos de 90 grados), que es la variable independiente; la aceleración de la gravedad, que es la misma para todos los lanzamientos (y, por lo tanto, se ignora); la velocidad inicial, que los estudiantes desconocen; y la resistencia, que afectará al tiempo de vuelo. El cohete que llegase más lejos sería también premiado.



Figura 56. Concurso de lanzamientos

Esta experiencia ha sido descrita y publicada (Hernández-Barco et al., 2021b).

¹⁴ Algunos lanzamientos pueden visionarse en el siguiente enlace: <https://youtu.be/SLTXBLk09Bs>
197

4.3.3. Análisis del rendimiento emocional de la actividad

Para analizar la evolución emocional experimentada por los docentes en formación inicial participantes en esta actividad, se recogieron datos relativos a las emociones que esperaban sentir inicialmente durante la elaboración del cohete de hidropulsión (pretest) y, posteriormente, una vez llevada a cabo la actividad, se les preguntó cómo se habían sentido realmente (postest) (Anexo II).

Además de las emociones, se les preguntó cuánto les gustaba la asignatura, en una escala de 1 a 10. Inicialmente los docentes en formación inicial dijeron que la asignatura les gustaba un 6,8 ($\pm 1,8$) de media, mientras que al final de la actividad la media ascendió a un 7,1 ($\pm 2,1$). Con respecto a la dimensión emocional, en la Figura 57 se muestran los resultados obtenidos referente al porcentaje de emociones señaladas por los docentes involucrados en esta actividad, antes y después de la misma.

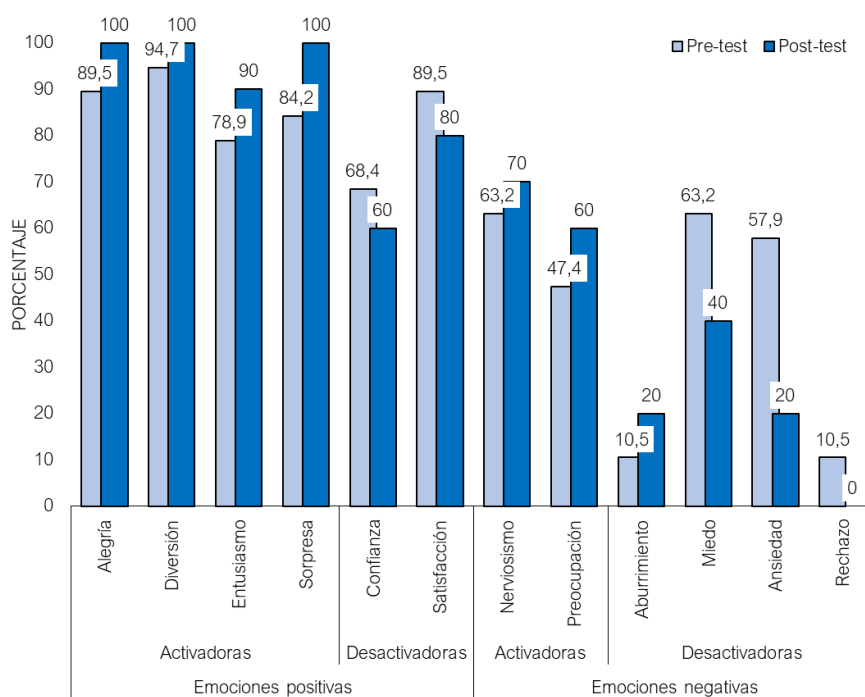


Figura 57. Porcentaje de emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación antes y después de la implementación de un ABP

Inicialmente, como se observa en la Figura 57, los estudiantes ya señalaban un alto porcentaje de emociones positivas y activadoras hacia la actividad, destacando diversión y alegría. En un inicio, los futuros docentes expresaron sentir alegría (89,5 %) y en las causas, los que dijeron que sí la sentían, argumentaban que “*los cohetes molan*”, que “*nunca lo habían*

hecho” o que la realización del cohete supone un reto que al terminar les provocaría alegría. La mayoría esperan sentir durante la elaboración del cohete diversión, entusiasmo y satisfacción, lo consideran una actividad innovadora, señalan la metodología y el trabajo en grupo. La emoción positiva menos señalada es la confianza, esta emoción ha sido incluida en nuestra clasificación como desactivadora por la sensación control sobre la tarea que puede favorecer conductas poco activas en el aula y de relajación, los docentes en formación que afirman sentirla, dicen que tienen confianza en ellos mismos, y que sienten seguridad a la hora de realizar el cohete; una alumna afirma sentir confianza “*por el docente que imparte la asignatura y su metodología*”. Los que no sienten confianza consideran que es una actividad difícil (que puede ser motivo de comprometerse con la actividad). Algunos esperan sentir satisfacción por aprender y hacer un buen trabajo. Las emociones negativas desactivadoras son las menos señaladas en la actividad. El 42 % de los docentes en formación inicial manifiestan que esperaban sentir *ansiedad* durante la implementación de la actividad, no todos explican por qué, una alumna afirma que “*siempre la siento*” cuando trabaja con contenidos científicos, y otra lo justifica diciendo “*si no me sale, a pesar de intentarlo, puede que me agobie*”, otros docentes en formación señalan sentir *ansiedad* por enfrentarse a una actividad desconocida, por las dificultades que puedan surgir y el poco tiempo que tienen para realizar el cohete.

Aumenta el porcentaje de aburrimiento (del 10,5 % al 20 %), aquellos que señalan aburrimiento dicen haberlo sentido al tener que repetir en tantas ocasiones los lanzamientos. La toma de datos en el método científico se trata de una parte que no se puede omitir del proceso, que en ocasiones puede ser tediosa, pero es absolutamente imprescindible. Cuando declaran sentir emociones negativas (como nerviosismo, preocupación o ansiedad) hacen alusión a las posibles dificultades planteadas durante el desarrollo y la presión que les ha generado el concurso. Si nos fijamos en la evolución emocional antes y después de la intervención, se observa cómo los docentes en formación inicial manifiestan haber sentido más alegría, más entusiasmo, más diversión y más sorpresa del que inicialmente pensaban que iban a sentir, en el caso de alegría, la diversión y la sorpresa, los porcentajes llegan al 100 %, todas estas emociones positivas y activadoras. Sin embargo, manifiestan haber sentido menos confianza y menos satisfacción de la esperada, a pesar de que “*con la práctica perfeccionaban los lanzamientos*” algunos docentes en formación sintieron que no sabían cómo realizarlo y el resultado “*no ha sido el esperado*” y creen que “*podría haber salido mejor*”.

Tras finalizar la intervención los futuros docentes manifiestan sentir en mucho menor porcentaje que al inicio *ansiedad*, esta disminución quizás se deba al darse cuenta de que podrían completar con éxito la tarea propuesta. Previamente a la intervención, los docentes en formación manifestaron tener una baja percepción de autoeficacia declarando que “*se les da mal todo lo relacionado con la química*” y con bajas esperanzas y expectativa de éxito. Sin embargo, durante el desarrollo de la práctica, por medio de observación participante se les ve motivados y entusiasmados con la construcción del cohete, entregados y disfrutando del diseño.

Para la construcción del cohete de hidropulsión se ha utilizado la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos, una estrategia didáctica consolidada que ya ha demostrado numerosos beneficios en la formación de maestros derivados de su multidisciplinariedad, por ser valorada positivamente por los estudiantes que participan en él y por el desarrollo de competencias transversales como la creatividad, la comunicación o el trabajo en equipo (Aguirregabiria y García-Olalla, 2020). Se encuentran descritos numerosos ABP's en educación superior y en diferentes áreas, como la ingeniería (Fernandes, 2014), medicina (Prince et al., 2000), ciencias sociales, economía (Tejedor et al., 2019), geografía, arquitectura y marketing (Hedden et al., 2017). Aunque en la bibliografía no se encuentra la descripción ni análisis de ninguna experiencia como la descrita en este apartado, la NASA (2011) recomienda la fabricación de cohetes en el colegio para fomentar actitudes científicas entre los escolares en edades tempranas. La fabricación y el diseño del cohete de hidropulsión es una actividad hacia la cual los docentes en formación inicial reportan sentir, en su mayoría, emociones positivas y activadoras. Los resultados muestran que las emociones negativas desactivadoras son las emociones que menos declaran haber sentido tras la práctica. Aunque se observa un aumento en el porcentaje de aburrimiento (aumenta del 10,5 % al 20 %), estos alumnos señalan haberlo sentido durante la repetición de los lanzamientos. Cuando declaran sentir emociones negativas (como nerviosismo, preocupación o ansiedad) hacen alusión a las posibles dificultades planteadas durante el desarrollo y la presión que les ha generado el concurso.

4.4. Filtro Lento de Arena

Esta intervención se ha llevado a cabo con 69 estudiantes matriculados en la asignatura de Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria (4º curso) durante el curso 2020/2021 cuyo contenido está relacionado con los retos actuales de la enseñanza de las ciencias (interdisciplinariedad y proyección didáctica en relación con la ciencia, la tecnología y la sociedad, el aprendizaje de las ciencias en educación primaria a través de las distintas metodologías y los contenidos de ciencias de educación primaria). En esta intervención, los docentes en formación inicial diseñan y construyen un Filtro Lento de Arena (FLA) para la obtención de agua purificada. Se trata de una actividad que permite integrar las distintas áreas de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM). Al mismo tiempo se trabajan otras dimensiones relacionadas con la escasez hídrica, justicia social o distribución de los recursos en el planeta. En muchas zonas que sufren de escasez hídrica, se utiliza como recurso para obtener agua limpia la filtración lenta con arena (Islam et al., 2013). Se trata del sistema de tratamiento de aguas más antiguo utilizado por la humanidad. La filtración lenta con arena imita el proceso de purificación que se da de forma espontánea en la naturaleza cuando el agua brota de algún manantial, o el agua proveniente de lluvias se filtra a través de los distintos estratos de la corteza terrestre para llegar a acuíferos y aguas subterráneas. En la naturaleza esto se llama *percolación*. Los docentes de educación primaria en formación deben aprender e incluir dentro de sus clases de ciencias prácticas de laboratorio *low-cost*, en lugar de utilizar caros equipamientos de laboratorio, para mejorar las habilidades científicas de sus futuros estudiantes (Hırça, 2013).

4.4.1. Materiales y recursos necesarios para la implementación del filtro lento de arena

Para la construcción del FLA los materiales necesarios son (Figura 58):

- Una botella de agua de 1L, que servirá como contenedor del filtro de arena. Es necesario cortar la parte inferior de forma transversal permitiendo manipular el interior de la botella. Cuanto más rígido sea el plástico de la botella, más resistente será el filtro
- 500 gramos de arena, cualquier tipo de arena es válida para realizar esta actividad, después se separarán las diferentes capas (gruesa, media y fina) utilizando un colador para poder ordenarlas de menor grosor a más grosor (de abajo a arriba)
- Un aparato de sujeción para el filtro, en este caso se ha utilizado un soporte de laboratorio con pinza, anillo y nuez

- Una bomba peristáltica de agua, en esta experiencia se ha utilizado una bomba peristáltica de flujo variable (Modelo Dykson D21V-50-2r)¹⁵, de la cual calcularán el caudal en sus diferentes velocidades
- Mangueras, para extraer el agua sucia, verterla en el filtro, recoger el agua filtrada y verterla en un recipiente
- Agua sucia, que será extraída con la bomba de un tanque
- 3 cedazos o coladores, que permitirá separar las diferentes capas de arena
- Tubos de ensayo, para recoger las muestras de agua filtrada
- Pipeta Pasteur, será necesario cortar una sección para unir el tapón de la botella con la manguera que saca el agua y la vierte fuera
- Un taladro, necesario para agujerear el tapón de la botella y unir con una pipeta a una manguera para la salida de agua
- Una báscula, para conocer la masa de arena utilizada (y conociendo su volumen es posible estimar el volumen que ocupará en el filtro)



Figura 58. Materiales necesarios para la construcción del filtro lento de arena

4.4.2. Descripción de la experiencia de realización del filtro lento de arena

Esta actividad tuvo lugar en un laboratorio escolar, dentro de la Facultad de Educación y Psicología de la Universidad de Extremadura. Se ha desarrollado en dos sesiones de tres horas cada una, donde el grupo-clase, dividido en equipos de tres personas, debía realizar las siguientes seis actividades, organizándose de forma autónoma:

¹⁵Se pueden consultar las características técnicas de la bomba aquí:
http://www.dilabo.com/producto_27863_NombreProd.html

Actividad 1. Introducción

¿Por qué el agua? Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos es el objetivo que se contempla en el ODS 6: agua limpia y saneamiento. El acceso a agua, saneamiento e higiene es un derecho humano, sin embargo, miles de millones de personas se enfrentan a diario a enormes dificultades para acceder a los servicios más elementales: la escasez hídrica afecta a más del 40 % de la población mundial (UNESCO, 2019). En esta primera actividad se les pidió a los docentes en formación el diseño de actividad didáctica destinada a sensibilizar a estudiantes de 8 a 10 años (de educación primaria) sobre la problemática del agua. La intención era también comenzar por sensibilizarlos a ellos, hacer una búsqueda sobre los diferentes recursos que ya están disponibles en internet y diseñar una actividad apropiada para sus estudiantes. Esta actividad podían realizarla fuera o dentro del aula.

Actividad 2. Principios científicos del funcionamiento de un filtro

¿Cómo funciona un filtro? En esta actividad se les pidió elaborar material audiovisual (un vídeo corto) para explicar a estudiantes de primaria los fundamentos científicos de la filtración (cómo se produce y qué se consigue con ello). Esta actividad podían realizarla fuera o dentro del aula.

Actividad 3. Tipos de filtro

Existen multitud de filtros diferentes, según su flujo (lentos o rápidos) y según su composición (de papel, de algodón, textil, de carbón activado, etc.) cada uno con unas potencialidades de aplicación ajustadas a sus distintos usos. Igualmente, el rango de precios varía entre unos materiales y otros, además muchos requieren de un conocimiento técnico para poder manejarlo. En esta actividad se les pedía elaborar un esquema con los diferentes tipos de filtros, características de cada uno, estimaciones económicas y dificultad de operación. La intención era hacerles reflexionar sobre la idoneidad de trabajar con filtros lentos de arena, pues son accesibles en todas las localizaciones del planeta, además no requieren sustancias químicas ni reactivos para su correcto funcionamiento, pero precisan de un buen diseño y un mantenimiento adecuado para evitar la colmatación del filtro y no reducir su eficiencia. Esta actividad podían realizarla fuera o dentro del aula.

Actividad 4. Caudalometría

El FLA tiene dos puntos clave: por una parte, que es lento (tiene un caudal pequeño) y por otro, que es de arena. En esta primera actividad manipulativa trabajaban con el caudal. Una

importante variable que considerar en el diseño operacional de un filtro lento es la velocidad de flujo o caudal. Como el FLA opera en un estado estacionario (es decir, tanto volumen entra en el filtro, tanto sale de manera constante) es necesario fijar el caudal de trabajo de la bomba. Para ello, inicialmente es necesario conocer qué relación hay entre las velocidades de la bomba y el volumen de agua que mueve. La actividad consiste en medir volúmenes y caudales de una bomba, permitiendo conocer las relaciones que hay entre las velocidades de la bomba con el volumen de agua que mueve (caracterizar el caudal de bombeo). Para ello, los docentes en formación debían ir rellenando una hoja de Excel según la velocidad de la bomba seleccionada y el tiempo el volumen bombeado, extrayendo de ahí el caudal ($caudal = \frac{volumen\ bombeado\ (mL)}{tiempo\ (s)}$). Una vez conseguidos los datos, debían representar gráficamente la variación de volumen bombeado por tiempo, y la variación de caudal medio bombeado (mL/s) en cada una de las velocidades. En la Figura 59 se observa cómo los docentes en formación inicial trabajan midiendo los volúmenes bombeados en diferentes recipientes y utilizando el teléfono móvil para registrar el tiempo.

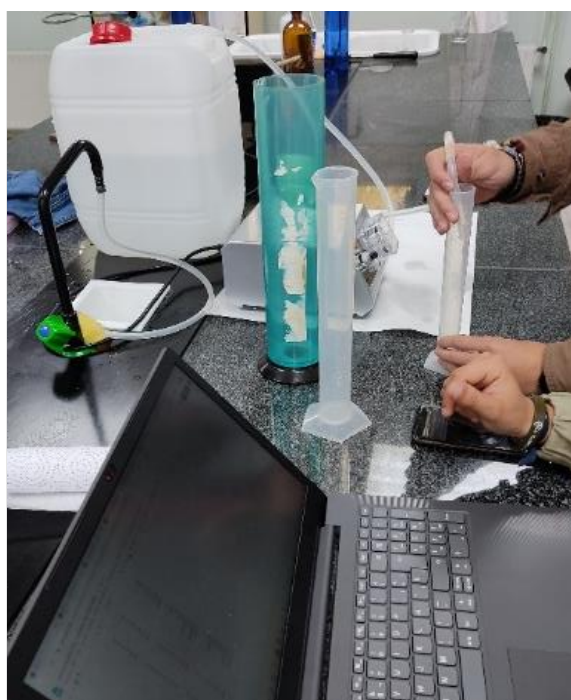


Figura 59. Docentes de educación primaria en formación trabajando en la medida del volumen bombeado y recogiendo sus datos en una Tabla de Excel

Actividad 5. Granulometría

En esta actividad las tareas están destinadas a diseñar el lecho filtrante. La granulometría es la medida del tamaño de las partículas que conforman el lecho. Es importante porque

determina también el tipo de depuración que se va a conseguir. Por tanto, en el proceso de construcción del filtro, se deben fijar varias variables: 1) número de capas de filtración y 2) espesor total del lecho filtrante. En general, no hace falta un lecho muy grueso para conseguir un buen filtrado, ya que la mayor parte de las impurezas se retienen en la zona exterior. No obstante, hay que diseñarlas.

Primero es necesario separar las tres fracciones de arena (capa gruesa, media y fina) utilizando tres cedazos distintos y calcular el volumen total de la arena (y cada una de sus fracciones, en cc). Para ello, hay que conocer la masa de cada una de las fracciones de arena utilizadas para la construcción del filtro (Figura 60). Utilizando el diámetro y el área de la botella ($\text{área botella} = \pi r^2$), es posible estimar la altura prevista del lecho filtrante. Finalmente, compararlas con las alturas reales (medidas utilizando una regla).



Figura 60. Docentes de educación primaria en formación pesando y separando las distintas fracciones de arena que utilizarán para construir su filtro

Actividad 6. Construcción del filtro, puesta en marcha

Finalmente, una vez determinado el caudal y diseñado el lecho filtrante, se procede a la construcción del filtro. El filtro se construye sobre una botella de agua vacía, instalada en un soporte. Es necesario cortar la base de la botella (Figura 61), y colocarla en el soporte boca abajo, después añadir la arena por capas (la más fina en la capa inferior y la más gruesa en la parte superior para reducir la colmatación del filtro). Es preciso perforar el tapón de la botella e introducir una cánula (se ha utilizado en este caso una pipeta Pasteur) para empalmar con las tuberías para la salida de agua limpia.



Figura 61. Alumno cortando la base de la botella y comenzando a verter la arena en el filtro

Una vez está la instalación completada, se comienza a verter el agua turbia utilizando la bomba peristáltica, que caerá por gravedad (Figura 62) y será vertida en un recipiente. Posteriormente, se compara cualitativamente con tres muestras de diferente turbidez.



Figura 62. Instalación final del filtro lento de arena y comparación cualitativa de dos muestras de agua

En la figura de la izquierda se observa el montaje de dos FLA. En la figura de la derecha se observan dos muestras de agua, una turbia (ensuciada con caolín) y una limpia (tras pasar por

el FLA). Durante los seminarios, se les animó a compartir y difundir a través de redes sociales (Instagram, Tik Tok, Twitter, etc.)¹⁶ la experiencia.

4.4.3. Análisis del rendimiento emocional de la actividad

La realización del FLA aborda los contenidos hacia los cuales los docentes en formación inicial manifestaron sentir más emociones negativas y una menor percepción de autoeficacia, estos contenidos están relacionados con los fluidos, flotabilidad, procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo, separación de componentes de una mezcla mediante destilación, filtración evaporación o disolución. En esta intervención, se ha recogido información previa sobre conocimientos científicos y ambientales relacionados con la construcción del filtro (Anexo III). Tras finalizar la intervención, se recogió información sobre las emociones sentidas durante la realización de la práctica, de la percepción de autoeficacia, se les pidió que realizaran evaluación de la actividad y repitieron el cuestionario de conocimientos científicos y ambientales vinculados a la fabricación del FLA. Las emociones que los docentes en formación manifestaron sentir durante la realización del FLA se muestran en la Figura 63.

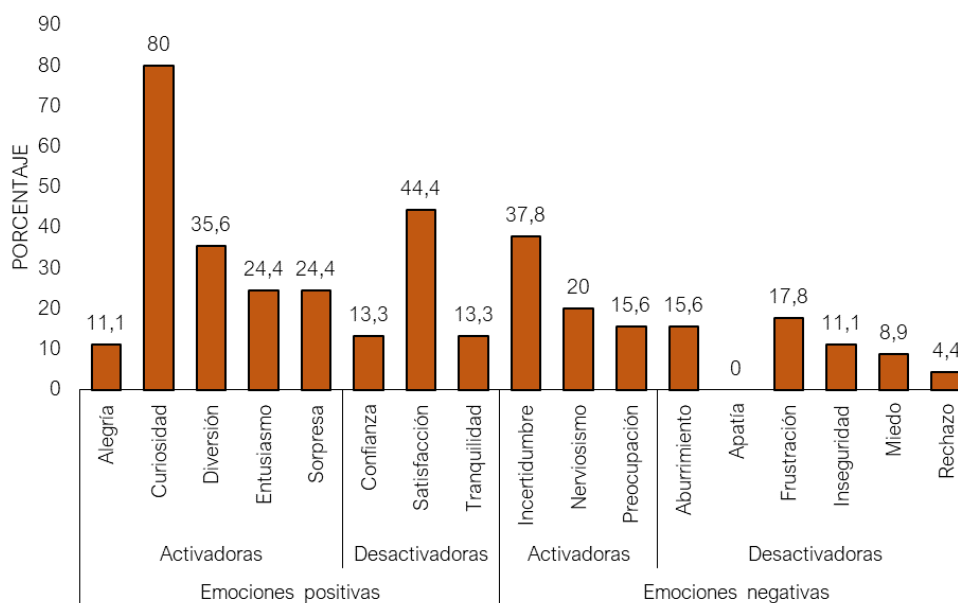


Figura 63. Porcentaje de emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación durante la construcción de un filtro lento de arena

¹⁶ Algunas de las experiencias se pueden consultar en:

<https://twitter.com/carlosmancha11/status/1341030671888896003>

En general, tras la implementación, los futuros docentes señalan más emociones activadoras (65 %) que desactivadoras (35 %). Destaca curiosidad (80 %) como emoción más señalada por los docentes en formación durante el transcurso de la actividad, que corresponde según la taxonomía empleada a una emoción positiva y activadora. La emoción positiva desactivadora más señalada es la satisfacción (44,4 %). Por otro lado, como emoción negativa activadora destaca incertidumbre (37,8 %), y aburrimiento (15,6 %) como emoción negativa desactivadora.

El porcentaje de rechazo (4,4 %) es insignificante a pesar de que es una emoción que suele ser habitual hacia estos contenidos. Cuando se le pregunta por las causas, los futuros docentes señalan como principal causa generadora de emociones negativas el *contenido trabajado* (35,6 %) y *factores personales* (35,6 %), y como causas generadoras de emociones positivas señalan *el trabajo en grupo* (64,4 %), la *metodología implementada* (40 %) y la *propia actitud* de los estudiantes (40 %). Cuando se les pregunta si han echado de menos algo durante la intervención, el 35,6 % declaró haber echado de menos una mejor formación teórica previa, mientras que el 28,9 % echó de menos haber realizado más experiencias de ABP durante su formación como docentes.

El *contenido trabajado* es seleccionado como causa de emociones negativas, el tener conocimientos de la materia que se va a enseñar es clave para poder tener una alta percepción de autoeficacia. Tras la intervención, se preguntó hacia qué contenidos científicos se sentían más capacitados para enseñar y qué metodología de enseñanza preferían como docentes. Las *clases tradicionales* (33,3 %) y las *salidas al medio natural* (31,1 %) fueron las metodologías preferidas señaladas por los docentes en formación encuestados. Mientras que las *prácticas de laboratorio* (4,4 %) fue la metodología menos señalada (Figura 64). Biología (46,7 %) y geología (24,4 %) son los contenidos hacia los que los docentes en formación manifestaron sentirse mejor preparados para su enseñanza. Química (4,4 %) y física (8,9 %) fueron los contenidos hacia los que manifestaron sentirse menos preparados para su enseñanza.

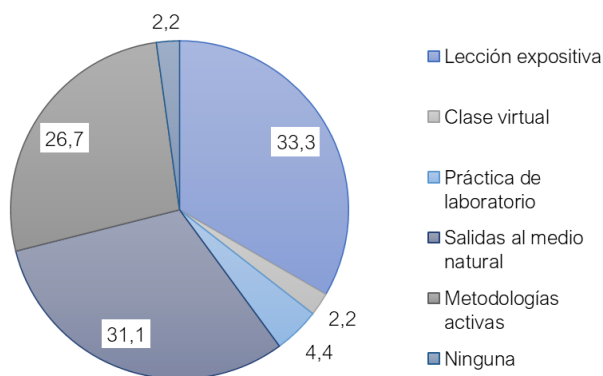


Figura 64. Metodologías hacia las que se sienten más capacitados

Además, se ha querido profundizar en cuáles de las actividades propuestas ([4.3.2. Descripción de la experiencia de realización del filtro lento de arena](#)) habían disfrutado más. En primer lugar, el 62,2 % los docentes en formación eligen la *construcción del filtro y puesta en marcha*, destacando su utilidad práctica en la vida real. Se han seleccionado dos respuestas de los docentes participantes explicando por qué esa actividad es la que más les ha gustado:

Respuesta 1:

“Porque ha sido una actividad dinámica en la que teníamos que estar pendiente en todo momento del filtro y debíamos de realizar todos los pasos correctamente. Me ha parecido una actividad bastante divertida para hacerla con alumnos de primaria, en el que ellos serían los partícipes de su filtro. Tengo que decir que el momento de poner en marcha el filtro ha sido un momento de incertidumbre, en el que no sabíamos si iba a funcionar, pero si, funcionó”

Respuesta 2:

“Porque ha sido la parte más práctica del seminario y en la que hemos estado haciendo las cosas nosotros. Esto ha hecho que nos sintamos más conectados con el ABP y nuestras actitudes hayan sido más positivas”

En segundo lugar, la actividad preferida por los estudiantes ha sido la *medida de caudales y separación de las fracciones de arena* (22 %), en ese sentido la mayoría destaca el haber podido trabajar en grupo, el dinamismo de la actividad o que fuera la parte más práctica.

Por otro lado, la actividad que menos les ha gustado ha sido la *realización de un esquema con los tipos de filtro*, a pesar de que reconocen la importancia de tener ese conocimiento

Respuesta 3:

“pienso que si conoces bien los principios de filtración tienes conocimientos necesarios para sacar el seminario hacia adelante”.

4.5. Cocinas solares

Es indudable que el ser humano hoy se enfrenta al mayor desarrollo científico-tecnológico que nunca había conocido y la ciudadanía debe irse adaptando a los cambios que se van incorporando en nuestro día a día, cada vez más especializado. Para una adecuada participación de los ciudadanos y una toma de decisiones apropiada y consciente, es necesario que la ciudadanía posea un adecuado nivel de alfabetización científica. Pues son las generaciones de hoy y las futuras las que deberán además resolver probablemente uno de los mayores retos ambientales a los que hará frente la especie humana. En este trabajo se ofrece el uso de la cocina solar como un recurso en el aula de ciencias para promover la alfabetización científica de los docentes de educación primaria en formación. Así, además, se pretende generar un clima de aula confortable que permita a los docentes de educación primaria en formación sentirse capacitados y dispuestos a incluir la sostenibilidad integral como principio vertebrador en el día a día de sus aulas en educación primaria: y ese es el gran reto.

Desde el año 2015 las Naciones Unidas fijaron los ODS comprometiendo a los Estados miembro a acometerlos sin dejar a nadie atrás (UNESCO, 2019). Entre ellos el Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante, pues más del 40 % de la población mundial dependen de combustibles contaminantes para cocinar. La utilización de cocinas solares contribuye a alcanzar los ODS, produciendo beneficios ambientales, sociales y económicos (SCI, 2018). La energía solar es un recurso gratuito libre de emisión de gases contaminantes, que ha sido utilizado desde la antigüedad para el cocinado de alimentos. La actividad se ha llevado a cabo con 46 estudiantes (75 % hombres) matriculados en la asignatura de Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria durante el curso 2021/2022. En este caso, se trata de una actividad manipulativa y experiencial donde debían trabajar con cocinas solares para estudiar conceptos relacionados con la física: calor específico, calor latente, cambios de estado, etc.

Las cocinas solares tienen forma paraboloide, que es lo que permite que se pueda cocinar en ellas. Una parábola es una curva de la familia de las cónicas que se obtiene cortando un cono de distintas formas. Si se corta en un plano perpendicular al eje del cono, se obtiene una circunferencia. Si se corta por un plano inclinado, pero más que el lado del cono, se obtiene una elipse. Si se corta por un lado paralelo al lado del cono, se obtiene una parábola y si se corta por un plano menos inclinado que el lado del cono, se obtiene una hipérbola (Figura 65).

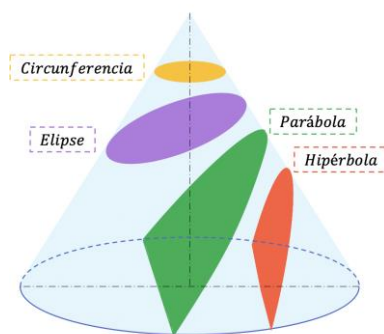


Figura 65. Cónicas

La parábola es una curva muy estudiada (pues permite explicar, por ejemplo, el movimiento de un proyectil lanzado al aire) y tiene varias características distintivas. Tiene un eje que la separa en dos partes simétricas, tiene una línea directriz y un foco. Los puntos de la parábola son todos los que están a la misma distancia de la directriz que del foco. Cualquier rayo paralelo al eje que incida sobre la parábola refleja en dirección al foco. Si viene en dirección paralela al eje al reflejarse sobre la superficie lo hace en dirección al foco, y eso sólo pasa con la parábola. Ni con una circunferencia, ni con una recta¹⁷. En una cocina solar, los rayos solares que incidan sobre la parábola serán reflejados en dirección al foco, que será el lugar donde se coloque la sartén o la olla y hará posible cocinar los alimentos.

4.5.1. Materiales y recursos necesarios para realizar la práctica con cocinas solares

Para poder llevar a cabo esta actividad es necesario:

- Cocina solar (Figura 66), en nuestro caso hemos utilizado el modelo de cocina solar portátil ofrecido la empresa Solar Brother (2021)
- Probeta, para medir volúmenes
- Termómetro de mercurio
- Balanza, para pesar el aceite
- Metro o cinta métrica, para medir la superficie de la cocina solar
- Cacerola negra, para conocer las diferencias de las capacidades caloríficas de cada una de las cacerolas

¹⁷ ¿Por qué las antenas parabólicas son parabólicas? <https://www.youtube.com/watch?v=YJ-cttC6aSM>

- Cacerola no negra
- 1L de aceite de oliva, para calcular su calor específico
- 1L de agua, para calcular su calor específico
- Gafas de sol, para protegerse de los rayos solares.



Figura 66. Montaje de una cocina solar

4.5.2. Descripción de la experiencia trabajando con cocinas solares

La experiencia tuvo lugar en el exterior de la Facultad de Educación y Psicología. Se trata de una actividad centrada en el alumno donde es el propio constructor de su aprendizaje, un aprendizaje donde además de contenidos permite desarrollar competencias y habilidades, diseñada desde la sostenibilidad y orientada a sensibilizar y ofrecer alternativas para la mitigación del cambio climático.

La cocina solar aprovecha la energía del sol para procesar alimentos y que puedan estar listos para el consumo humano. Además de trabajar con contenidos, actitudes y habilidades relacionados con la sostenibilidad, también permite explorar distintos contenidos científicos:

Termodinámica. Deben manejar los conceptos relacionados con los cambios de temperatura (calor específico y sus unidades) aplicando la fórmula $Q = m \cdot C_e \cdot (T_f - T_0)$.

Geometría. Se trabaja con una forma paraboloides y deben calcular la superficie de la cocina solar.

Energía. Conceptos relacionados con la potencia (W), la radiación (la energía que nos llega del sol: directa difusa o global, en nuestro caso hemos trabajado con la directa) y el rendimiento (%), la relación entre la radiación que llega y la que verdaderamente se aprovecha.

Con esta actividad se ofrecen alternativas para superar algunos de los retos que se plantean en la formación de docentes: mejorar su formación científica y su dimensión emocional (Retana-Alvarado et al., 2018) incluyendo la sostenibilidad como principio de la actividad (Marcos-Merino et al., 2020). Esta intervención se sustenta en la implementación de metodologías activas para generar experiencias emocionales positivas y un aprendizaje significativo, alejado del modelo de enseñanza tradicional integrando aspectos afectivos y cognitivos, fomentando un aprendizaje autónomo y colaborativo.

La actividad se desarrolla en una única sesión de 3 horas y se ha llevado a cabo durante tres semanas (octubre de 2021), con tres grupos diferentes (46 docentes en formación inicial), durante los seminarios prácticos de la asignatura (Figura 67), en horario de 11:00 a 14:00 h (es necesario que haya sol).



Figura 67. Montaje en el exterior de las cocinas

Al comenzar la sesión se dan las instrucciones de montaje de la cocina solar y las directrices de trabajo (30 minutos). Los estudiantes se organizan en grupos de 3 y, tras medir y pesar en la balanza del laboratorio los volúmenes de agua y aceite, los grupos salen al exterior y montan la cocina solar donde llevan a cabo las siguientes experiencias:

- Calentar 200 gramos de agua en una cacerola negra durante 30 minutos registrando la temperatura cada 2 minutos (Figura 68). Guardar los datos en una Tabla de Excel.
- Calentar 200 gramos de agua en una cacerola no negra durante 30 minutos registrando la temperatura cada 2 minutos. Guardar los datos en una Tabla de Excel.

- Calentar 200 gramos de aceite en una cacerola negra durante 30 minutos registrando la temperatura cada 2 minutos. Guardar los datos en una Tabla de Excel.
- Calentar 200 gramos de aceite en una cacerola no negra durante 30 minutos registrando la temperatura cada 2 minutos. Guardar los datos en una Tabla de Excel.



Figura 68. Estudiantes midiendo la temperatura del agua en una cacerola no negra

Para el correcto funcionamiento de las cocinas es necesario comprobar su orientación al sol cada cierto tiempo. Con los datos de la masa del agua y el aceite y la variación de la temperatura, debían calcular el calor implicado (cal) y el calor específico del aceite y del agua ($\text{cal}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{g}$).

Se les pide además calcular el rendimiento de la cocina solar, para ello cuentan con los datos de la radiación global (W/m^2), directa (W/m^2) y difusa (W/m^2) de un día similar en la región. Es necesario calcular la energía que incide en la cocina conociendo el diámetro y superficie de la cocina y el tiempo de utilización. Con esto es posible calcular el rendimiento total: con la energía implicada en el calentamiento de agua en la cacerola negra obtenida de aplicar la fórmula $Q = m \cdot C_e \cdot (T_f - T_0)$, y conociendo la energía que le llega a la cocina en el experimento. Estos datos son incluidos en un informe final que es entregado por cada grupo, junto con una reflexión sobre la experiencia, donde deben incluir de forma opcional y voluntaria, sus sensaciones y percepciones

emocionales durante la práctica con cocina solar. El informe final podía ser entregado en cualquier formato y soporte (vídeo, documento escrito, audio, infografía...).

4.5.3. Análisis del rendimiento emocional de la actividad

Para analizar la evolución emocional experimentada por los docentes en formación inicial participantes en esta actividad, se recogieron datos relativos a las emociones que esperaban sentir durante la realización del seminario trabajando con cocinas solares (pretest) y, posteriormente, una vez finalizada la actividad, se les preguntó cómo se habían sentido realmente (postest). Los cuestionarios utilizados se han incluido como Anexo IV. En la Figura 69 se muestra un gráfico con los porcentajes de las emociones señaladas antes y después de llevar a cabo la intervención. Inicialmente, los docentes en formación inicial manifestaban sentir curiosidad (83 %) y entusiasmo (48 %), y es muy bajo el porcentaje de emociones negativas señaladas al inicio. Una vez finalizada la intervención, se preguntó a los docentes en formación qué emociones habían sentido durante el aprendizaje de las ciencias con cocinas solares. Se observa que las emociones positivas activadoras son las más señaladas por los docentes de educación primaria en formación, siendo especialmente reseñable la emoción curiosidad (cerca del 73 % de los docentes en formación manifiestan haberla sentido), seguida de sorpresa (63 %), alegría (48 %), y entusiasmo (37 %).

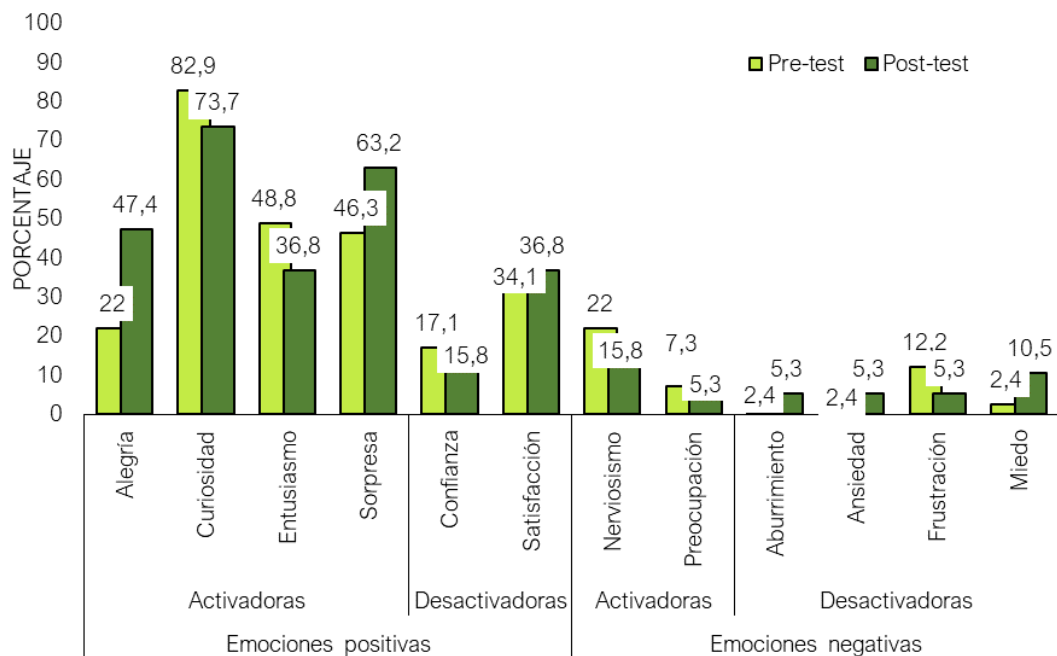


Figura 69. Emociones señaladas por los docentes en formación después de trabajar con cocinas solares

Con respecto a las emociones negativas, destaca la emoción nerviosismo (16 %). Analizando la justificación que dan los estudiantes a las emociones sentidas durante la práctica, comentan que el tener que esperar algunos minutos mientras asciende la temperatura del agua o el aceite se les hacía pesado. La fase de toma de datos en el método científico es una etapa crucial, que en muchos casos no es agradable, sin embargo, sin esa etapa no hay resultados. En general, la actividad tiene una evolución emocional positiva y los estudiantes compartieron en sus informes de las prácticas buenas sensaciones de su experiencia cocinando con energía solar. Incluso, algunos de ellos se animaron a publicarlo en Twitter ¹⁸ (Figura 70).



Figura 70. Ejemplo de hilo de Twitter de estudiantes tras realizar la experiencia de la cocina solar

Otras experiencias y comentarios de los estudiantes se recogen en las Figuras 71 y 72. En este caso, los estudiantes realizaron un vídeo explicando el funcionamiento y al final incluyeron unas conclusiones indicando cómo se habían sentido y una valoración global de la asignatura. En ella destacan la interdisciplinariedad de la práctica y la utilidad que le ven en las aulas de educación primaria.

¹⁸ Disponible en: https://twitter.com/Elenuu_/status/1458544277227769862

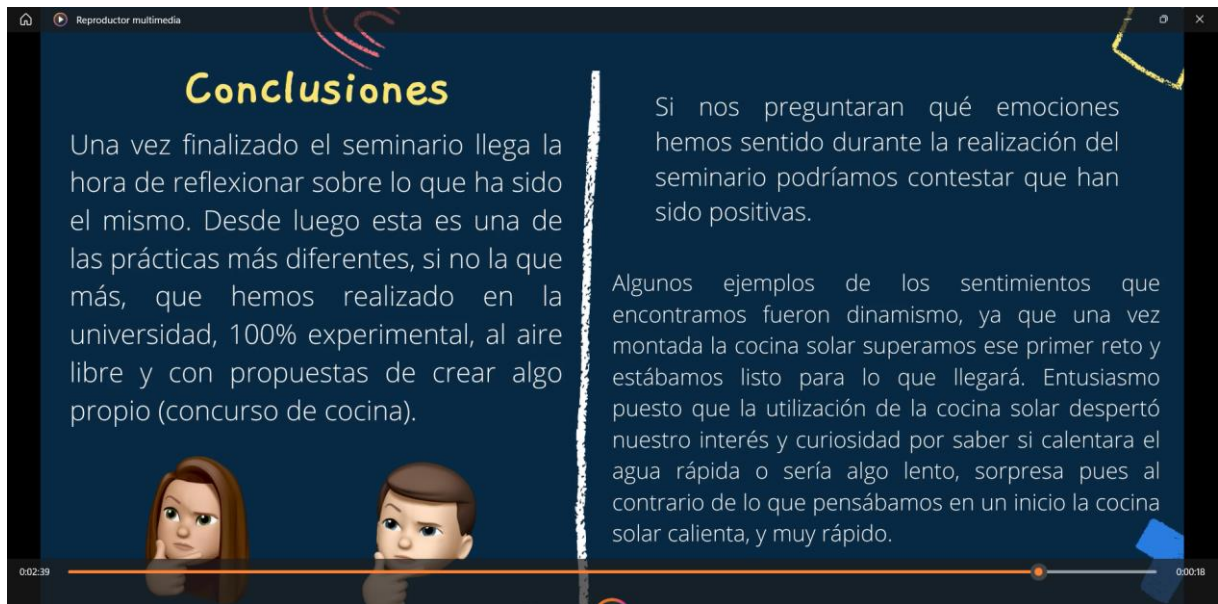


Figura 71. Reflexiones de los estudiantes sobre el seminario con cocinas solares

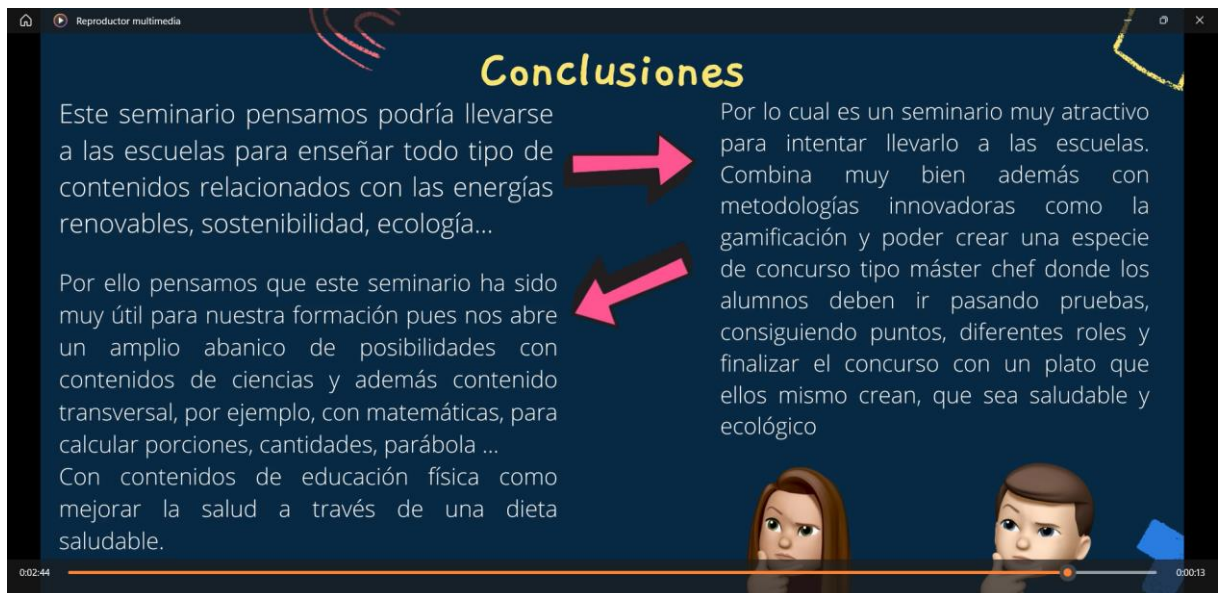


Figura 72. Reflexiones de los estudiantes sobre el seminario con cocinas solares

Sin embargo, la intervención también ha recibido críticas, en la Figura 73 nos cuentan las dificultades que encuentran de cara a su implementación en educación primaria.

7 REFLEXIÓN

Este seminario ha sido una experiencia llamativa. Ya que nos ha permitido estar al aire libre y probar el uso de la cocina solar, que para muchos ha sido una nueva experiencia. No obstante, hemos llegado a la conclusión de que el seminario se ha sentido demasiado pasivo a ratos. Más allá del inicio donde se tuvo que colocar la cocina solar y preparar las cacerolas el resto del experimento consistió en esperar en intervalos de cinco minutos para poder obtener los datos. Es un hecho que la actividad del seminario consistía precisamente en eso, pero sentimos que podría haberse mejorado la experiencia de haber recibido un mayor feedback durante el proceso.

Por otro lado, observamos que a modo de posibles contras a la hora de realizar este tipo de experiencias en el aula, nos podemos encontrar con falta de espacio necesario y adecuado para realizar la práctica, la temporalidad (estación del año), los materiales necesarios (disponer de cocinas solares) y tener una adecuada organización docente. Para terminar, podemos decir que esta actividad ha tenido un carácter innovador y dinamizador diferente a otro tipo de clases.



Figura 73. Reflexiones de los estudiantes sobre el seminario con cocinas solares

Por otro lado, y relativo a la taxonomía de emociones, los alumnos de la Figura 74, manifiestan haber sentido incertidumbre, una emoción, que curiosamente la incluyen en la categoría de emociones positivas.

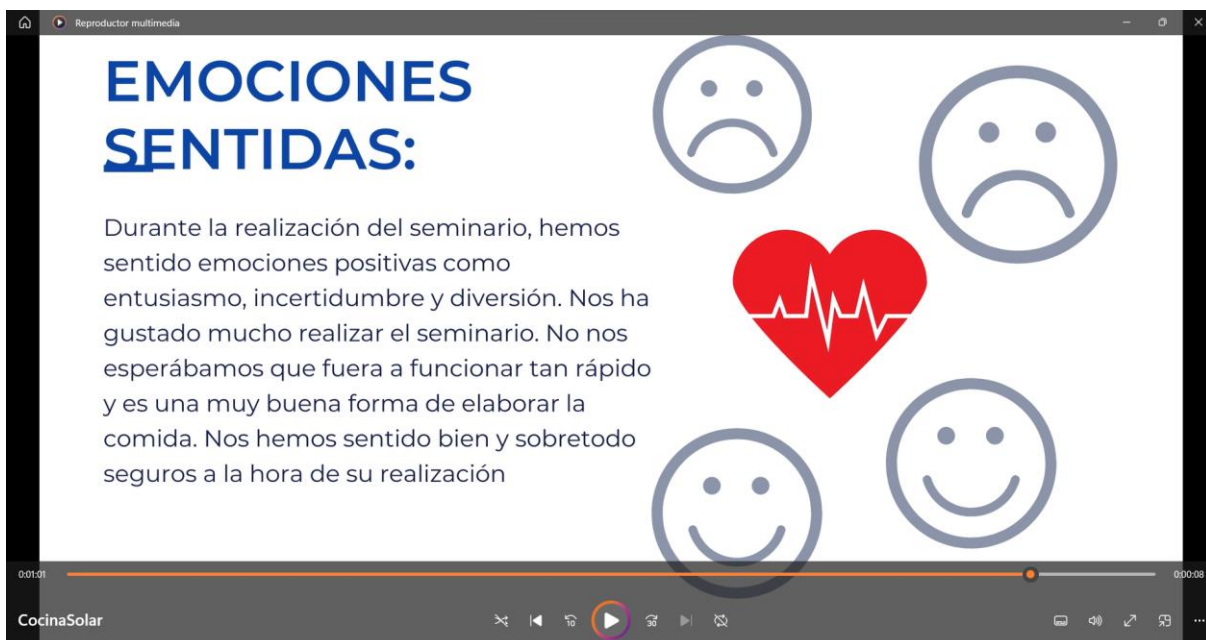


Figura 74. Emociones sentidas por un grupo de estudiantes durante la realización de la práctica con cocinas solares

A continuación, se describen las intervenciones donde se ha trabajado con contenido de biología y geología. La discusión de los resultados se hará en conjunto al final de la siguiente sección.

Bloque II. Intervenciones con contenido de biología y geología

En este bloque se describen tres intervenciones que se han llevado a cabo para trabajar contenido de biología y geología.

4.6. Aprendizaje basado en juegos: Juego de mesa

Esta actividad fue realizada con 25 estudiantes de la asignatura de Didáctica del medio físico y los seres vivos (del 3º curso) durante el curso 2019/2020. En la literatura se encuentran numerosos ejemplos de juegos desarrollados para enseñanza de la biología (biología celular, genética, ecología, etc.) (González-Robes y Vázquez-Vilchez, 2022; Melo-Herrera y Hernández, 2014; Sanz et al., 2021). En este caso se trata de un juego de mesa que puede utilizarse como instrumento para la enseñanza de la microbiología, y que es posible adaptarlo para todos los niveles educativos.

4.6.1. Materiales y recursos necesarios para la implementación de esta intervención

Esta intervención es producto de la puesta en práctica a lo largo de los últimos años en la formación de docentes. La propuesta original giraba en torno al juego de mesa como eje central, el cual se acompañaba de una presentación como actividad introductoria de contextualización, y de una exposición en una vitrina como actividad de finalización. Para la elaboración de la primera versión del juego de mesa se tomó como inspiración el juego “*Gut Check: The Microbiology Game*”, de David Coil, el cual se encuentra bajo una licencia Creative Commons de Atribución (CC BY). El juego de Coil incluía conceptos complejos para la enseñanza de la microbiología en la educación superior como plásmidos, transferencia lateral de genes, resistencias a diferentes antibióticos, trasplante fecal, etc. aspectos muy complejos de abordar con el alumnado al que originalmente estaba destinada la propuesta. Por tanto, partiendo de la propuesta de Coil, y conservado algunos aspectos del juego original, se reelaboraron la mayor parte de los contenidos.

La versión actual del juego de mesa “*Los microorganismos en nuestra vida*” es lo suficientemente versátil para ser utilizada con estudiantes de educación primaria, educación secundaria o de educación superior. Para ello, sólo es necesario elegir las tarjetas más apropiadas al nivel y madurez de los estudiantes, y realizar una actividad de contextualización y

de discusión final adaptadas y dirigidas al grupo con el que se vaya a utilizar el juego. Los materiales y recursos necesarios son el tablero de juego y las cartas de juego ¹⁹.

El tablero de juego (Figura 75) consta de un recorrido con 50 casillas, incluyendo una casilla de *Salida* (casilla 1) al principio, y una de *Meta* o llegada al final (casilla 50). En la zona central del tablero se encuentran dos espacios denominados *Tomar* y *Soltar*. En el primero se colocará un montón de cartas (del cual los participantes tienen que ir cogiendo según avance el juego), mientras que en el segundo se irán colocando las cartas que se vayan descartando. En la versión inicial, la decoración del tablero incluía caricaturas antropomórficas de microorganismos que han sido sustituidas por siluetas de distintas morfologías de microorganismos (más neutras).

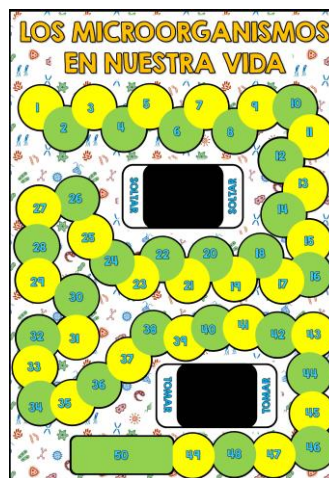


Figura 75. Vista general del tablero de juego

El juego se compone de un total de 130 cartas, con dos tipos de cartas distintas: microorganismos (103 cartas) y eventos (27 cartas). Todas las cartas de microorganismos están ilustradas con una imagen (de dominio público) del microorganismo al que representan; la palabra “beneficioso”, “patógeno” u “oportunista” según su carácter; una breve descripción de su importancia o de su acción beneficiosa y/o perjudicial para el ser humano; y un símbolo con una puntuación. Esta puntuación indica que, según las reglas del juego, los microorganismos patógenos implican la pérdida de 2 puntos (-2), los beneficiosos implican la ganancia de 1 punto (+1), y los oportunistas pueden suponer ganancia o pérdida de puntos según se indique durante el juego (+1, o -1). Las cartas correspondientes a microorganismos beneficiosos son de color verde, las de los microorganismos patógenos de color rojo, y las de los microorganismos

¹⁹ Los materiales necesarios para llevar a cabo esta actividad están disponibles en: <https://microbe.net/gutcheck/download-the-game/>

oportunistas son de color amarillo (Figura 76). Asimismo, se incluyen cartas de microorganismos importantes desde el punto de vista de la biotecnología y la microbiología industrial (de color azul) y microorganismos de importancia ambiental (en color verde-marrón) (Figura 76).

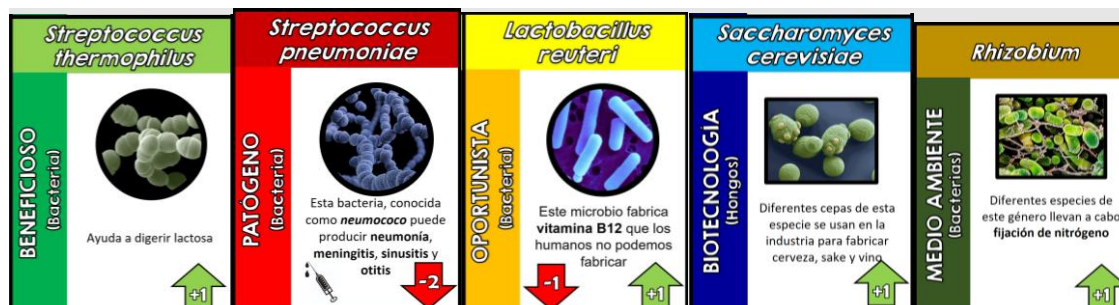


Figura 76. Ejemplos de cartas de microorganismos

Con relación a las cartas de eventos (27 cartas), a través de una imagen sencilla y un texto corto, se describen situaciones cotidianas en las que están implicados los microorganismos, así como la repercusión que este evento tiene para el jugador: intercambios de cartas, penalizaciones, gratificaciones, etc. Es importante resaltar que las cartas de eventos no sólo son un elemento dinamizador del juego, sino que se plantean como un elemento vertebrador e integrador de los contenidos de microbiología, permitiendo introducir conceptos relevantes como:

- Vacunas: para incidir en la importancia de la vacunación, sobre qué tipos de microorganismos protegen, sobre los movimientos antivacunas y bulos relacionados (como que ciertas vacunas pueden producir otras enfermedades), sobre la inmunización colectiva, etc.
- Antibióticos: para recordar su función sólo contra infecciones bacterianas, su efecto tanto en bacterias patógenas como en bacterias de nuestra microbiota y los efectos de su uso inadecuado (abordando la problemática de la resistencia a antibióticos).
- Flora intestinal: trabajando los beneficios que aporta (digestión de fibra y lactosa, síntesis de vitaminas, defensa frente a patógenos, etc.) y el efecto en ella de nuestra alimentación.
- Probióticos y prebióticos: conceptos habitualmente presentes en la publicidad de productos alimentarios y dietéticos.
- Principales intoxicaciones alimentarias provocadas por microorganismos patógenos

- Sexo seguro/no seguro: abordando una correcta educación sexual que muestre los riesgos del sexo no seguro a través de las principales enfermedades de transmisión sexual, y las razones por las cuáles es importante utilizar la protección correcta más allá de prevenir embarazos no deseados.
- Higiene y el efecto de una higiene excesiva o con productos con alcohol (geles antibacterianos o colutorios bucales) en la microbiota.
- Eventos de intercambio de microorganismos entre seres humanos (reuniones familiares, viajes, trabajo...) o con mascotas (Figura 77).



Figura 77. Tarjetas de evento

El objetivo final del juego es alcanzar la meta con la microbiota más saludable, lo que significa tener más puntos positivos (debidos a microorganismos beneficiosos) que negativos (debidos a patógenos).

4.6.2. Descripción de la experiencia de ABJ: Juego de mesa

Este ABJ tiene una duración de una única sesión de 3 horas. Es preciso dividir la sesión en tres momentos. Antes de comenzar con el juego se proyecta una presentación que introduce a los participantes en el mundo de los microorganismos, cuya finalidad es contextualizar el juego de mesa, así como acercarse a sus ideas previas de microbiología. Bajo la guía del docente, se busca detectar y abordar preconceptos erróneos, enriqueciendo las ideas que ya puedan tener los participantes, así como repasar los principales grupos de microorganismos y hacer un balance somero de los aspectos positivos y negativos relativos a cada grupo. En el caso de los docentes de educación primaria en formación, esta presentación introductoria también aborda a los juegos didácticos como herramientas educativas, incluyendo sus potencialidades y algunos aspectos básicos sobre su diseño e implementación en educación primaria.

Para jugar se confeccionan grupos de entre 3 y 6 jugadores por cada tablero y conjunto de cartas. Antes de comenzar se barajan las cartas de microorganismos y se reparten 5 a cada

jugador, que las colocará sobre la mesa agrupando beneficiosos y patógenos. Los microorganismos oportunistas se consideran beneficiosos mientras no se indique lo contrario. Las cartas restantes de microorganismos se barajan de nuevo, esta vez junto con las de eventos, y se colocan boca abajo en el espacio *Tomar* del tablero (Figura 78²⁰).



Figura 78. Estudiantes del Grado en Educación Primaria siguiendo la metodología de ABJ

Antes de iniciar la primera ronda, cada jugador leerá en voz alta y mostrará a sus compañeros las cartas que ha obtenido de partida, comentando los microorganismos y sus características. Una vez hecho esto, y por turnos, los participantes van lanzando un dado, avanzando con una ficha tantas casillas como indique este. Después toman una carta del montón *Tomar* y la leen en voz alta. En este punto pueden darse varias situaciones:

- Cuando el jugador obtenga una carta correspondiente con un microorganismo beneficioso o con un patógeno, la colocará junto con sus cartas, en el grupo que corresponda
- Si la carta obtenida es un microorganismo oportunista, el jugador tendrá la opción de quedársela (y lo colocará junto con los beneficiosos), o entregársela a cualquier otro jugador (que deberá considerarla como patógeno).
- Cuando se obtenga una carta de *evento* los jugadores deberán seguir las instrucciones indicadas en ellas, pudiéndose producir diferentes escenarios. Por ejemplo, la carta de *Infección hospitalaria* obligará al jugador a tomar una carta específicamente de patógeno

²⁰ El tablero que aparece en la figura 78 se corresponde con una versión anterior al actual, que aparece en la figura 75.

del montón de *Tomar*, mientras que la carta de *Lácteos* permite que el jugador avance dos casillas si tiene algún microorganismo que ayude a digerir la lactosa. El juego continúa hasta que todos los jugadores alcancen la casilla final. En ese momento, se hace recuento de las cartas que tiene cada uno y se calcula la puntuación final. Por tanto, no gana el jugador que antes llegue a la meta, sino el que más puntos tenga (es decir, el que posea una microbiota más saludable).

Dado que se trata de un juego didáctico, es muy importante resaltar el papel del docente durante el desarrollo y la implementación del juego. Además de guiar el progreso del juego, velando porque se cumplan las reglas establecidas y resolviendo las dudas de los grupos de estudiantes, el papel del docente es crucial a la hora de abordar los diferentes contenidos de microbiología incluidos en el juego (los tipos de microorganismos y su relación con los seres humanos). De este modo, cuando los estudiantes leen en voz alta el contenido de su carta (ya sea de microorganismo o de evento), y/o hablan o discuten entre ellos sobre los contenidos incluidos en las diferentes cartas, los docentes deben aprovecharlo desde el punto de vista educativo. Para ello, deben profundizar en el tratamiento de los distintos conceptos microbiológicos, realizando diferentes explicaciones y/o preguntas a los estudiantes, así como matizar o refutar las posibles ideas alternativas y errores conceptuales que puedan surgir.

4.6.3. Análisis del rendimiento emocional de la actividad

Para analizar la evolución emocional experimentada por los docentes en formación inicial participantes en esta actividad se recogieron datos relativos a las emociones que esperaban sentir durante el juego (pretest) y, posteriormente, una vez finalizada la actividad, se les preguntó cómo se habían sentido realmente (postest). Los cuestionarios utilizados se han incluido como Anexo V. En la Figura 79 se muestra el porcentaje de las emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación antes y después de realizar la intervención con el juego de mesa.

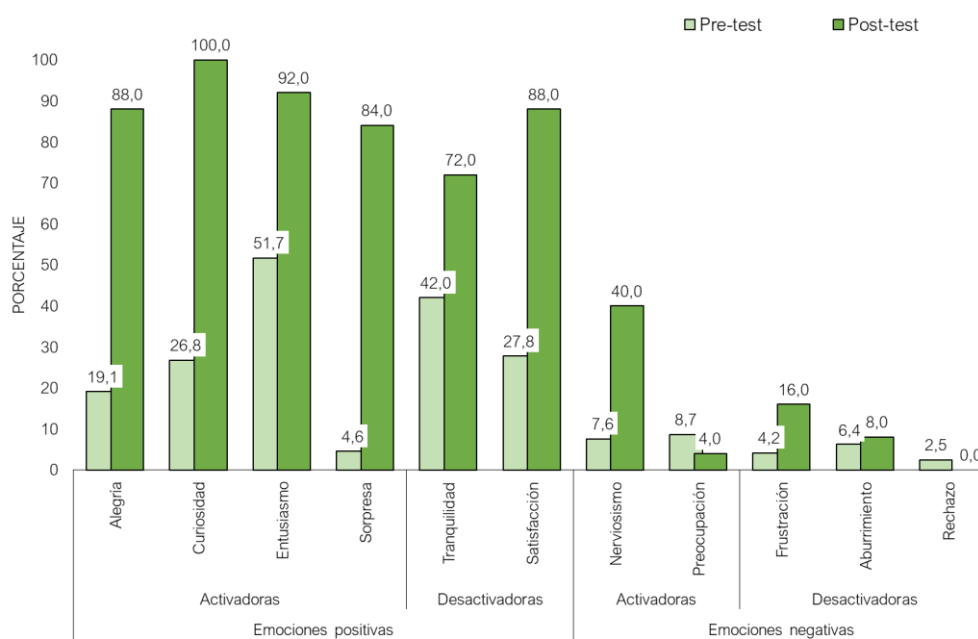


Figura 79. Porcentaje de emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación durante la realización de una actividad de aprendizaje basado en juegos utilizando un juego de mesa

Inicialmente, los docentes en formación inicial esperaban sentir sobre todo entusiasmo (51 %) y tranquilidad (42 %), mientras que las emociones negativas son señaladas en muy bajo porcentaje en el pretest. Sin embargo, tras finalizar la intervención, los docentes en formación manifiestan sentir en mayor medida emociones activadoras positivas, como curiosidad (100 %), entusiasmo (92 %) o alegría (88 %) que son señaladas en un alto porcentaje.

Los docentes de educación primaria en formación explican que han sentido esas emociones porque encuentran en el juego de mesa un buen recurso para favorecer la atención del alumnado. Indican que es un juego divertido, que les ha despertado curiosidad por saber más acerca de los patógenos y las enfermedades. Sugieren la facilidad de llevar a cabo procesos de enseñanza y aprendizaje desde otro enfoque, alejado de las tradicionales clases con el libro de texto, y además muchos afirman haber desterrado preconcepciones sobre los microorganismos (consiguen diferenciar y comprender sus funciones más allá de causar enfermedades).

Esta intervención se diseñó para la enseñanza de los microorganismos que debe abordarse desde la educación primaria, ya que estos suelen estar relacionados con numerosas ideas alternativas que refuerzan la visión negativa de los microorganismos como agentes patógenos y obvian su importancia en la naturaleza y en la salud de los seres humanos, o su relevante papel en numerosos procesos biotecnológicos, económicos e industriales (Ballesteros et al., 2018; Timmis et al., 2019).

Además de la presencia de estos errores conceptuales, los microorganismos no son un contenido motivante: generan emociones negativas en la mayoría de los estudiantes, que los relacionan con términos como “agresividad”, “maldad”, “enfermedad” o “peligro” (Karadon y Şahin, 2010). Ante esta situación, es necesario diseñar recursos motivantes para la enseñanza de los microorganismos, como las actividades desarrolladas bajo enfoques prácticos y activos (Faccio et al., 2013; Harms, 2002). En este sentido, el juego de mesa utilizado en esta intervención se ofrece también como un recurso que los docentes de distintos niveles pueden utilizar para luchar contra estas ideas alternativas, resaltar las aplicaciones de microorganismos en vida cotidiana de sus estudiantes y mejorar las actitudes de estos hacia este grupo de seres vivos tan relevante para la vida de los seres humanos.

Las investigaciones de Liévano y Leclercq (2013) hacen alusión a que los estudiantes que participan en juegos de mesa muestran cambios positivos en sus niveles de conocimiento científico. De acuerdo con Pérez (2011) existen multitud de opciones de juegos de mesa, y sus potencialidades de uso son también inmensas, y que además de enseñar contenidos, reforzar actitudes, también es importante la diversión. Los juegos de mesa se presentan como una adecuada herramienta educativa por las habilidades que desarrollan y el ejercicio mental que estimulan, además cuenta con la enorme ventaja de poder encontrar un juego de mesa adecuado para cada área temática en cualquier programación (Pérez, 2011). En concreto, se ha comprobado que los juegos de mesa son estrategias eficaces para la enseñanza de contenidos de diversas disciplinas (Kirikkaya et al., 2010), también para la enseñanza de la biología (Melo-Herrera y Hernández, 2014; Melo-Herrera, 2016; Spiegel et al., 2008) y áreas afines como la ecología (González-Robles y Vázquez-Vílchez, 2022).

Legerén y Rada (2014) defienden que el juego es una manifestación cultural que permite el aprendizaje a través de la diversión y el placer, aunque no sea un fin en sí mismo, sino sólo un medio para alcanzar una meta final. Los estudiantes aprecian trabajar en grupo y poder ser ayudados, al mismo tiempo que discuten y comparten información con sus compañeros y disfrutan de la actividad (Tran y Lewis, 2012). Diferentes investigaciones educativas han comprobado, con estudiantes de distintas etapas, que el uso de juegos como recurso didáctico puede potenciar el desarrollo afectivo, cognitivo y comunicativo de los estudiantes (Melo-Herrera y Hernández, 2014). Esta influencia del juego en los procesos cognitivos y en el aprendizaje justifica su uso en ambientes académicos como recurso de enseñanza, así Piaget (1978) y

Vygotski (1978) han sido grandes defensores del uso de juegos en la enseñanza por sus potencialidades y por facilitar la adquisición de aprendizajes.

4.7. Gamificación

El interés por la geología en estudiantes de primaria y secundaria suele ser muy bajo, y lo que interesa son aquellos fenómenos vinculados al día a día, como los terremotos, el cambio climático y las mareas (Hemmer et al., 2007). Generalmente los estudiantes subestiman otros aspectos relacionados con la geología que tienen más impacto aún en sus vidas porque durante su formación escolar no se le presta atención: el aire y el agua para los seres humanos, la producción de alimentos y el suelo, las fuentes de energía (petróleo, carbón), los materiales de construcción o la mayoría de la tecnología presente hoy en día (Orion, 2019). La importancia y la relevancia de la geología en la vida humana no está valorada como merece en la sociedad, lo que sitúa en un bajo estatus el aprendizaje de la geología debido a un “círculo vicioso de despreocupación” (Betzner y Marek, 2014; Orion, 2019).

Esta intervención fue llevada a cabo con 120 estudiantes de la asignatura de Didáctica del medio físico y los seres vivos (del 3º curso), durante el curso 2019/2020. En este caso, los estudiantes se convierten en aspirantes de una ficticia Escuela de Policía Científica, cuya prueba de acceso es un examen de habilidades prácticas en el que se les pide que resuelvan un crimen utilizando conocimientos y técnicas básicas propias del estudio de la geología. Para el desarrollo de la propuesta se habilita un lugar de trabajo, de manera que los estudiantes (aspirantes) disponen de diferentes herramientas y recursos, y se les permite buscar en Internet más información cuando lo necesiten. Antes de comenzar, el profesor presenta el caso diciéndoles que se ha producido un asesinato, y que a través de los análisis preliminares y los interrogatorios se ha obtenido alguna información. Se les habla del trabajo de la víctima y de sus relaciones con los compañeros de trabajo, de las diferentes observaciones que han hecho los compañeros y de las hipótesis que se barajan, hasta el momento.

4.7.1. Materiales y recursos necesarios para la implementación de esta intervención

Una de las principales ventajas de esta propuesta es que no se necesitan recursos o materiales costosos o técnicos. El material más importante es una colección de rocas y minerales escolares comunes, disponible en casi todos los laboratorios de ciencias de las escuelas. Puede incluir: aragonito, barita, basalto, biotita, calcita, cinabrio, conglomerado, sílex, fluorita, galena, granito, yeso, halita, hematita, lava, magnetita, mármol, piedra pómez, pirita, cuarzo, cuarcita, arenisca, pizarra, azufre, silvina y talco. En esta propuesta, sólo se necesitan 6 minerales y 6

rocas, pero el número de muestras puede aumentarse o reducirse en función del nivel de los estudiantes y del tiempo disponible.

Además de esto, se necesitan algunas herramientas y elementos de *atrezzo* para la correcta ambientación. Antes de que los estudiantes entren en el laboratorio, hay que preparar un lugar de trabajo para cada pareja y equiparlo con los siguientes elementos: una guía básica de identificación de rocas y minerales, una lente de aumento, un clavo, un imán, una moneda de cobre y un trozo de porcelana sin esmaltar (Figura 80).

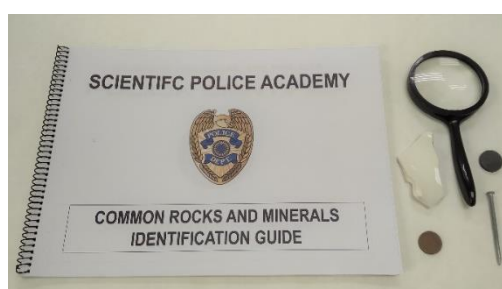


Figura 80. Materiales necesarios para realizar la gamificación

Además, se les proporciona una hoja de resultados, que sería el "Informe Final". El objetivo de cada elemento es:

- Guía básica de identificación de rocas y minerales: normalmente, las colecciones escolares de minerales y rocas traen una guía de identificación. En esta intervención, esta guía se personalizó añadiendo unos anagramas policiales simulados en su portada, para emular una guía de identificación policial oficial. La guía debe incluir información esencial como el color, el color de la raya, la dureza, el peso relativo, el brillo, la composición, el hábito, etc.

- Lupa: para observar más de cerca la estructura de la muestra, para determinar, por ejemplo, si está compuesta por fragmentos más pequeños.

- Clavo de acero y moneda de cobre: los estudiantes deben determinar, aproximadamente, la dureza de las muestras, para poder identificarlas. Si la muestra se puede rayar con una uña, su dureza (en la escala de Mohs) debe ser inferior a 2,5. Cuando una uña no puede rayar la muestra, pero una moneda de cobre sí, la dureza está entre 2,5 y 3,5. Si la moneda de cobre no es lo suficientemente dura para rayar la muestra, se puede utilizar un clavo de acero. Si raya la muestra, la dureza debe estar entre 3,5 y 6,5, de lo contrario debe ser superior a 6,5.

- Imán: para detectar propiedades magnéticas en las muestras.

- Trozo de porcelana sin esmaltar: para realizar la prueba del color de la raya, un método utilizado para determinar el color de un mineral en polvo. No es necesario utilizar placas de

porcelana profesionales (y caras), por lo que se puede utilizar un trozo de una taza de café de porcelana común rota.

- Hoja de informe final: en este informe, los aspirantes (docentes de educación primaria en formación inicial) deben registrar sus descubrimientos y, finalmente, su opinión sobre la hipótesis de la muerte, basándose en sus hallazgos.

4.7.2. Descripción de la experiencia de gamificación en geología

Los participantes deben agruparse, preferiblemente, en parejas. Por lo general, la actividad requiere aproximadamente tres horas para completarse, pero la duración puede reducirse fácilmente, si se desea (por ejemplo, seleccionando menos muestras para identificar). En primer lugar, los docentes en formación son informados por el instructor (profesor) de que, a partir de ese momento, se convierten en aspirantes a la Escuela de Policía Científica, que van a participar en una prueba de acceso, y sólo los mejores candidatos serán admitidos (Figura 81). La prueba de acceso consiste en resolver un caso de asesinato, en el que tendrán que demostrar su capacidad de razonamiento y sus conocimientos de Geología.

Evidentemente, la trama del caso que se describe a continuación se puede personalizar, y/o adaptar, para que se ajuste al nivel y a los intereses de los participantes. Con la ayuda de una presentación visual, el profesor deberá presentar el caso.

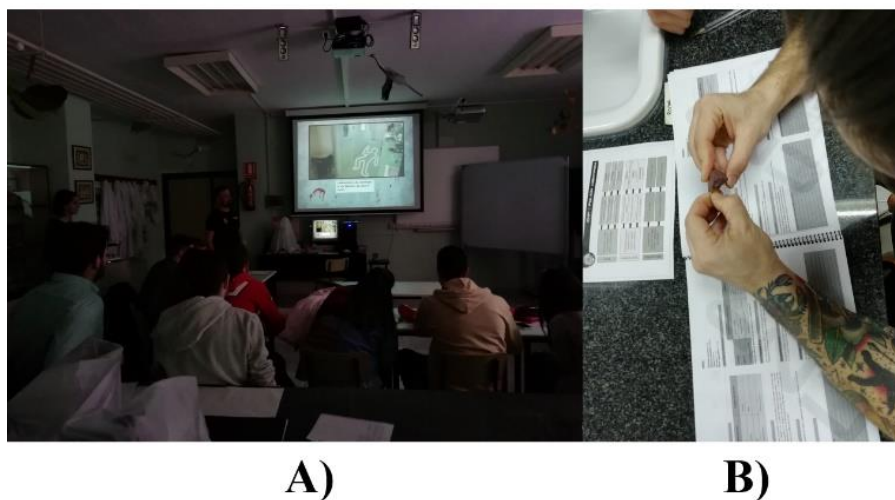


Figura 81. Gamificación en geología. A) Ambientación del crimen B) Un alumno tratando de averiguar de qué mineral se trataba²¹

²¹ Fotografías tomadas por los autores (2019).

Las diferentes diapositivas mostradas podrían incluir anagramas policiales ficticios para ayudar a crear la atmósfera adecuada. El instructor cuenta a los aspirantes que hace dos días se encontró un cadáver en el laboratorio de geología. La investigación ha descubierto que la víctima era un geólogo que trabajaba allí. Todos los compañeros de trabajo fueron convenientemente interrogados y se han recogido algunas informaciones: (a) la víctima había estado trabajando varios meses en algunas muestras de rocas y minerales (todas las muestras se han colocado en bolsas de pruebas, etiquetadas como Prueba nº 1, Prueba nº 2, etc.); (b) algunos de los compañeros de trabajo de la víctima describieron síntomas llamativos en él [el profesor debe proporcionar los síntomas de acuerdo con la solución deseada del caso, como se ha explicado anteriormente]; (c) el informe forense preliminar ha indicado que la causa de la muerte parece ser el envenenamiento, tal vez de metales pesados, y que no se han encontrado signos de violencia o lucha; (d) los compañeros de trabajo revelaron que había una enemistad abierta entre la víctima y un colaborador cercano; (e) ese colaborador, el principal sospechoso, no tiene coartada, y declaró que la víctima podría haber muerto por envenenamiento accidental.

Después de la explicación del caso, se les dice a los aspirantes que van a tener una hora para analizar todas las pruebas con el fin de identificarlas, para evaluar si esas muestras podrían ser la causa de un autoenvenenamiento accidental, o de lo contrario se requiere un asesino. A continuación, se pone en marcha un temporizador de cuenta atrás. Se les pide que trabajen en parejas, en colaboración. Pero, dado que está en juego su acceso a la escuela de policía, la información no debe fluir entre las parejas; de lo contrario, los competidores podrían beneficiarse de ella. Para identificar cada muestra de las bolsas de pruebas, los estudiantes tienen que utilizar la *Guía de Identificación de Rocas y Minerales de la Policía* y tienen que averiguar: la dureza aproximada (utilizando un clavo de cobre, una moneda de cobre y un clavo de acero), el color de la raya (con porcelana sin esmaltar), el peso relativo, las propiedades magnéticas, etc. Se les permite buscar en Internet información adicional, si es necesario. Si se identifica la muestra, hay que buscar su composición química para buscar metales pesados. Las muestras sin metales pesados, u otros compuestos potencialmente tóxicos, deben descartarse como causa de autoenvenenamiento. Toda la información sobre la identificación debe registrarse en el informe final. Durante el análisis, el profesor puede estar alrededor supervisando cómo los estudiantes realizan las diferentes pruebas, y resolviendo problemas o preguntas.

Cuando el temporizador de la cuenta atrás termina, se indica a los aspirantes que ya no tienen más tiempo para el análisis de las muestras y se retiran todas las pruebas. A partir de ese

momento disponen unos 15 minutos para rellenar el apartado de conclusiones del informe final. Este es el momento de resumir toda la información que han recogido y decidir si, de acuerdo con ella, la hipótesis del autoenvenenamiento podría ser factible o, por el contrario, debe ser rechazada. Finalmente, el profesor/instructor recoge todos los informes rellenados.

Luego se pueden comentar los resultados en los informes, analizando cada una de las muestras/evidencias, y las respuestas de los estudiantes/aspirantes. Por último, la identificación y la discusión de los resultados deben hacerse en conjunto, dando a los estudiantes la oportunidad de defender y explicar sus hallazgos. Para terminar, con todas las muestras correctamente identificadas, se revela la hipótesis correcta. Los estudiantes capaces de resolver el caso reciben insignias y pueden pasar a la siguiente prueba. Los estudiantes incapaces de resolver el caso son rechazados, y no entrarán en la Escuela de Policía Científica.

4.7.3. Análisis del rendimiento emocional de la actividad

El análisis emocional inicial ya mostraba que el contenido de “las rocas y minerales” era hacia el que manifiestan sentir más aburrimiento, más ansiedad, más miedo, nerviosismo, preocupación y rechazo de todos los contemplados en la investigación (ver [3.1.3.1. Hipótesis 1](#)). Para analizar la evolución emocional experimentada por los docentes en formación inicial participantes en esta actividad se recogieron datos relativos a las emociones que esperaban sentir durante la actividad de gamificación (pretest) y, posteriormente, una vez finalizada la actividad, se les preguntó cómo se habían sentido realmente (postest). Los cuestionarios utilizados se han incluido como Anexo VI.

Una vez finalizada la actividad, se les pidió a los docentes en formación que señalaran qué emociones habían sentido durante la intervención y explicaran por qué. En la Figura 82 se observa que, y encontrando grandes diferencias entre el pretest y el postest, los docentes en formación inicial señalan en su mayoría emociones positivas activadoras, destacando curiosidad (97,5 %), sorpresa (93 %) o alegría (92,5 %) durante la realización de la actividad, en sus discursos hacen alusión al contexto y ambientación que se había creado. La emoción que más señalan en el pretest es aburrimiento (35 %), como ya se ha comentado previamente, el interés en la geología en estudiantes es muy bajo y tradicionalmente ha sido una ciencia poco valorada (Calonge, 2010; Hemmer et al., 2007; Orion, 2019).

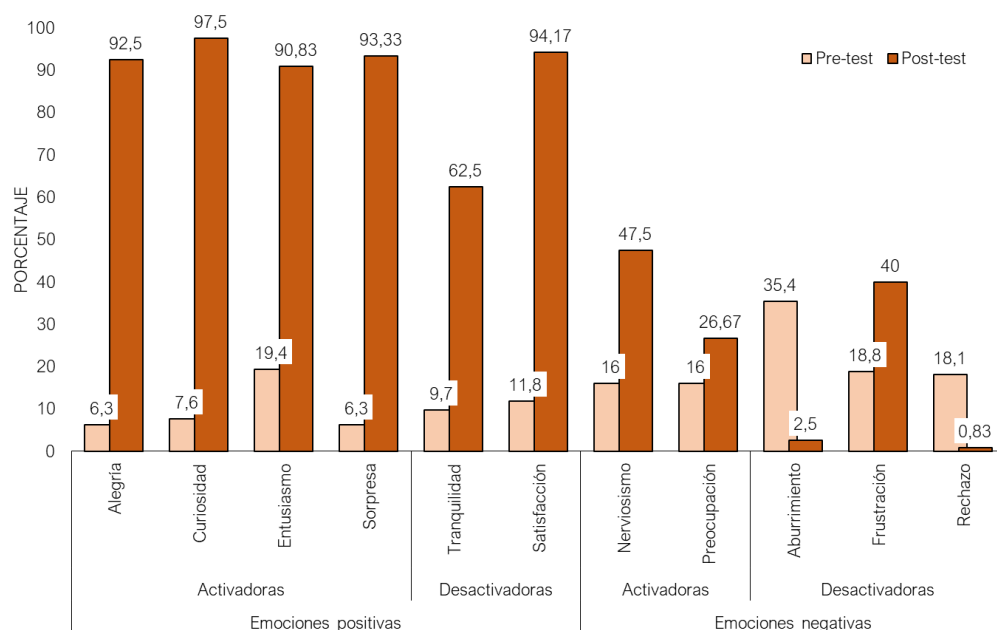


Figura 82. Porcentaje de emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación durante la realización de una actividad de gamificación en geología

Subrayan lo novedoso y sorprendente por no haber sido “*la típica clase aburrida de geología*”, y por poder manipular en físico rocas y minerales que nunca habían tocado. Afirman sentir curiosidad por encontrar las pistas para “*averiguar el caso*”. Destacan que es una idea original y útil para implementar con sus futuros estudiantes y les sorprende haber descubierto que puede gustarles y entretenerles el estudio de minerales y rocas. Enfatizan que fuera una actividad cooperativa y valoran el aporte de ideas didácticas para su futura labor docente.

Con respecto a las emociones desactivadoras, los docentes de educación primaria en formación indican en un alto porcentaje haber sentido satisfacción (94,2 %), asociada al final de la actividad tras resolver el caso. En referencia las desactivadoras negativas, a pesar de que la geología tradicionalmente se ha considerado un tema aburrido, cuando realizamos el análisis de las emociones sentidas, es prácticamente inexistente la presencia de aburrimiento (2,5 %) y rechazo (0,8 %), un alumno dice “*nunca he tenido una clase similar a esta y menos aún de un tema tan aburrido*”, por tanto, a pesar de que los estudiantes siguen percibiendo la geología como una ciencia aburrida, aprecian que su enseñanza sea innovadora. La justificación a la respuesta de las emociones negativas sentidas como frustración (40 %) están vinculadas al ser conscientes del desconocimiento sobre las propiedades de rocas y minerales, y a la presión por tener un límite de tiempo para completarlo. Confiesan además sentir este tipo de emociones negativas activadoras al no alcanzar los objetivos de la actividad o no saber identificar “*ni una roca*”, hecho

que según sus justificaciones afirman les despierta un mayor interés por aprender geología y superarse.

Docentes y estudiantes no suelen presentar una actitud positiva frente a la geología por eso es necesario implementar metodologías activas y motivadoras, como la gamificación (Zamalloa y Sanz, 2020). Simular situaciones criminales es una forma de hacer que las ciencias sean más accesibles, motivadoras y atractivas para estudiantes y profesores, por lo que la geología forense puede utilizarse como estrategia, aprovechando el avance de diferentes programas de televisión de éxito, como *Crime Scene Investigation (CSI)* (Pirrie, 2009). Aunque la representación de la geología y los geólogos en estos dramas televisivos puede no parecerse a la realidad con exactitud (como ocurre con todos los demás papeles científicos representados), es cierto que ha ayudado a concienciar sobre la importancia de la geología en la medicina forense real, que trabaja en la identificación y el análisis de los materiales geológicos (sedimentos, suelos, rocas y minerales) implicados en un crimen, o en la escena del mismo, utilizando técnicas geológicas (di Maggio et al., 2017; Pirrie, 2009; Ruffell, 2010).

En comparación con la biología, la geología es indudablemente peor valorada por los estudiantes en todos los niveles educativos (Betzner y Marek, 2014; Sherman-Morris y McNeal, 2016). Normalmente, los estudiantes asocian esta disciplina a contenidos aburridos y difíciles y no suelen relacionar los contenidos de geología con su vida diaria, siendo incapaces de apreciar que existe un rol esencial de la geología en nuestra actividad, por lo que un acercamiento a la geología puede favorecer que los futuros maestros se preocupen por el planeta (Calonge, 2010). Pero no sólo los estudiantes tienen en baja estima a la geología, sino que también los propios docentes no consideran que sea tan importante su enseñanza como otras ciencias (Betzner y Marek, 2014). Es clave que los docentes puedan modificar estas conductas y mejoren el interés en la geología de sus futuros estudiantes, por ejemplo, a través de la implementación de actividades como la descrita.

4.8. Sendero de indagación botánico

El sendero de indagación botánico que se presenta a continuación se ha creado a partir de las bases pedagógicas de las salidas al medio natural, experiencias fuera del aula que ayudan a los estudiantes a alcanzar los objetivos didácticos de la asignatura al mismo tiempo que favorecen la interacción con el medio natural y generan experiencias positivas de aprendizaje. En la propuesta de González-Robles y Vázquez-Vilches (2022) se demuestra que, con un diseño adecuado, es posible fomentar la motivación y el compromiso pro-ambiental en los participantes. Que los futuros maestros conozcan la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos los sensibilizará para proteger nuestros ecosistemas y fomentar una educación para la sostenibilidad (ODS 15: vida de ecosistemas terrestres). Resaltar la aplicabilidad de los contenidos científicos impartidos tiene también un fuerte componente motivador para el alumnado. Incluir este tipo de actividades en la formación inicial de los docentes puede favorecer aspectos cognitivos y afectivos, ya que durante las salidas los participantes comprenden y expresan sus emociones, que son mejoradas en este tipo de experiencias. Esta actividad se ha llevado a cabo en el 3º curso y participaron 66 docentes de educación primaria en formación matriculados en la asignatura de Didáctica del medio físico y los seres vivos durante el curso 2020/2021. La muestra está compuesta en su mayoría por alumnas de género femenino, un 75 %, mientras que el 25 % restante son hombres.

4.8.1. Materiales y recursos necesarios para la implementación del sendero de indagación botánico

Esta actividad está diseñada para ser realizada en el Campus Universitario de Badajoz de la Universidad de Extremadura. Para poder implementarla es necesario conocer con qué tipo de especies vegetales se cuentan en el espacio en el que se quiere desarrollar el sendero de indagación. Tras compartir con ellos un mapa del campus, con un itinerario marcado y una serie de paradas, los participantes deben realizar el recorrido y completar las actividades que se describen en el siguiente apartado. Es necesario que cada grupo pueda contar con un *smartphone* con acceso a internet y un lector de código QR. Esta actividad debe realizarse en época de floración o donde sea posible la observación de todas las partes de la planta que se hayan incluido en las preguntas.

4.8.2. Descripción de la experiencia del sendero de indagación botánico

Antes de comenzar la actividad, se reúne a los estudiantes y se les explica que realizarán un sendero de indagación botánico por el campus universitario. Como ya se ha indicado, se les facilita un plano del campus con un recorrido marcado y una guía donde se indican las paradas a realizar y un pequeño texto de situación. Además, se les explica que tienen un tiempo total de 3 horas para realizarlo, que deben ir andando, y que deben ir buscando los códigos QR por las diferentes zonas marcadas. En la Figura 83 se observa un grupo de alumnas leyendo el código QR para realizar la actividad correspondiente.




Figura 83. Alumnas utilizando su smartphone para leer el código QR y realizar la actividad

A continuación, se describen las diferentes pruebas en las que consiste el sendero de indagación. El texto en negro es el que tienen disponible los participantes en la guía que se les facilita. El texto en azul es el que encuentran al capturar el código QR.

Parada 01: Sauce


Este árbol de ramas y hojas colgantes, comúnmente llamado sauce o llorón es *Salix babylonica*. El sauce se suele utilizar como árbol ornamental debido a su bello porte. En muchas ocasiones lo encontramos en el entorno de las piscinas. Este árbol es una especie **dioica**, lo que significa que hay “árboles macho” y “árboles hembra”. Las especies **monoicas** son aquellas hermafroditas.



La corteza de este árbol tiene propiedades medicinales conocidas desde hace siglos. De hecho, un conocido medicamento se obtuvo por primera vez a partir de cortezas de sauce. ¿Sabrías cuál es?

Parada 02: Almendro

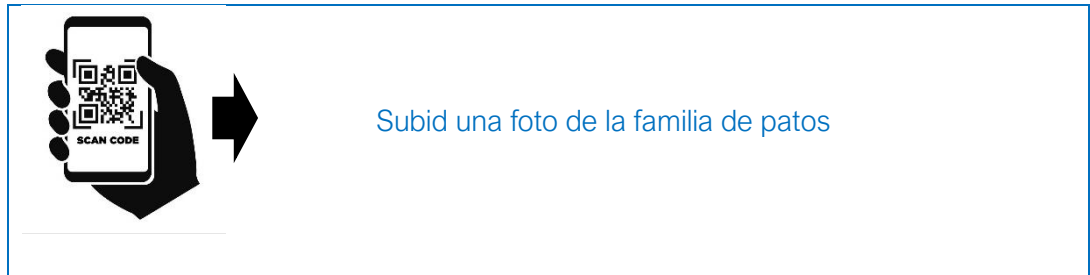
¿A quién no le ha pasado? Estamos comiendo almendras y, de pronto, una, que suele ser la última, nos sale amarga. ¿Por qué hay almendras amargas? Las almendras amargas proceden de lo que los agricultores llaman “almendros bordes”, que crecen de vez en cuando en las plantaciones de almendros. Las almendras amargas contienen una sustancia llamada amigdalina que, al mezclarse con el agua de la saliva, se descompone en glucosa (azúcar), benzaldehído (que da el sabor amargo) y ácido cianhídrico o cianuro de hidrógeno; sí, el veneno. Como los almendros, hoy en día, se cultivan por injerto, puede ocurrir que el crecimiento del árbol se produzca desde el pie en lugar de producirse desde el injerto; si el pie es un almendro silvestre, el resultado es un almendro borde.



¿Por qué las almendras de los almendros silvestres son amargas? ¿Qué propósito tendrá?

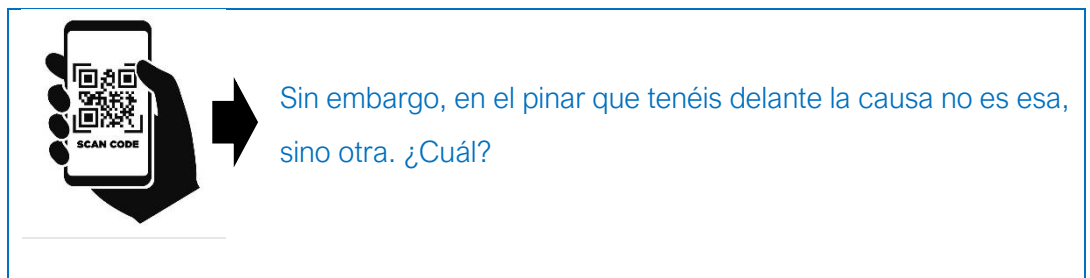
Parada 03: Arroyo

En este pequeño embalse formado en el arroyo que atraviesa el campus ha anidado una mamá pato con sus patitos...



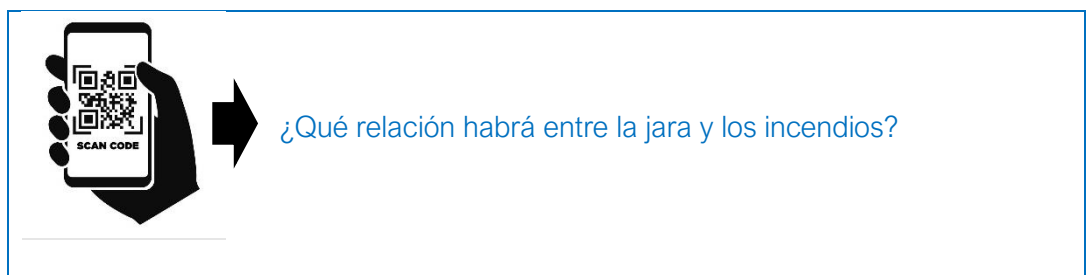
Parada 04: Pinar

Estáis en un pinar, con especies del género *Pinus*. Recordad que los pinos son gimnospermas, del tipo conífera. Ya vimos en clase sus piñas y sus frutos. Pero ahora fijaos que bajo el pinar apenas crece vegetación. Una de las causas es que las hojas de pino, cuando caen al suelo, lo acidifican, lo que puede inhibir el crecimiento de otras plantas.




Parada 05: Jara pingosa

Esta planta se conoce como jara pingosa (*Cistus ladanifer*), por el ládano, un aceite fuertemente oloroso que les da un aspecto brillante y se adhiere fácilmente a las manos y ropa. La jara pingosa es muy típica en Extremadura. Pero es curioso que cuando nos encontramos una zona plagada de jaras, donde no hay casi ninguna otra planta, normalmente se trata de una zona que fue destruida por un incendio.



Parada 06: Chumbera

Quizás no sepas que la chumbera (*Opuntia ficus-indica*) es una planta originaria de América, que trajeron los conquistadores a la península hace unos 500 años. Ha convivido con nosotros desde entonces, aunque en los últimos años ha sido declarada “especie invasora”, y, por tanto, no deseada.



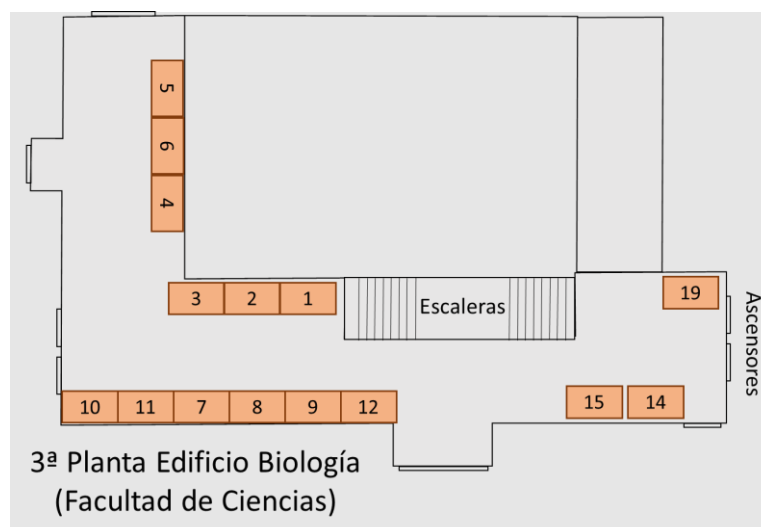
¿Qué forma tienen las hojas?

El colorante alimentario rojo cochinilla (E-120) tiene una estrecha relación con la chumbera. ¿Cuál es?

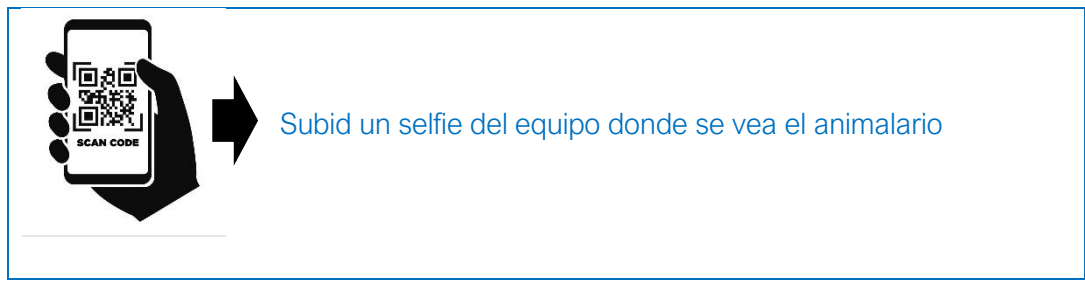
Parada 07: Animalario



En la tercera planta del Edificio de Biología se encuentran una serie de vitrinas con una variada colección de animales vertebrados e invertebrados. Como futuros docentes de Ciencias Naturales de Primaria, quizás algún día queráis aprovechar esta colección con vuestros estudiantes

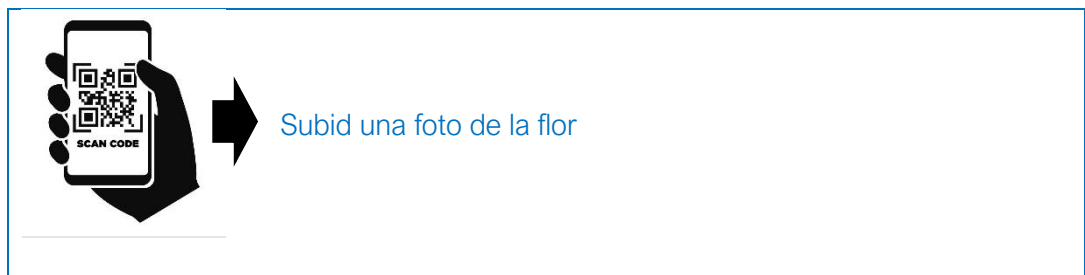


Vitrina	Contenido	Vitrina	Contenido
1	Mamíferos	9	Aves
2	Mamíferos	10	Aves
3	Reptiles y Anfibios	11	Aves
4	Peces	12	Aves
5	Peces	14	Equinodermos y Crustáceos
6	Peces	15	Insectos
7	Aves	19	Moluscos
8	Aves		



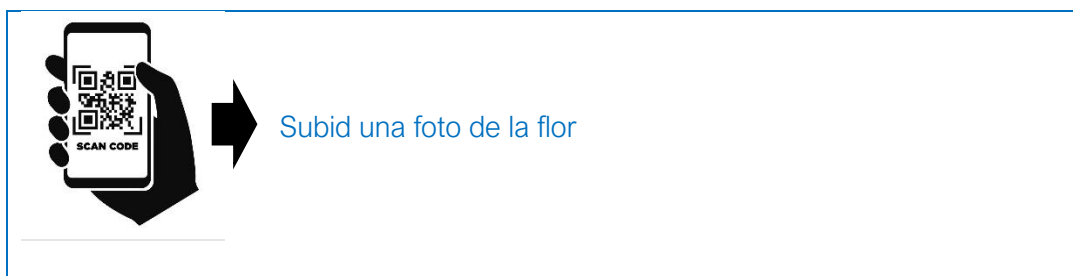
Parada 08: Catalpa

Estos bonitos árboles ornamentales son catalpas (*Catalpa bignonioides*) y son originarios de América del Norte. Sus espectaculares flores están especialmente diseñadas para ser polinizadas por insectos. Como los árboles del campus no han florecido aun os he dejado una ramita con flores para poder ver cómo son.



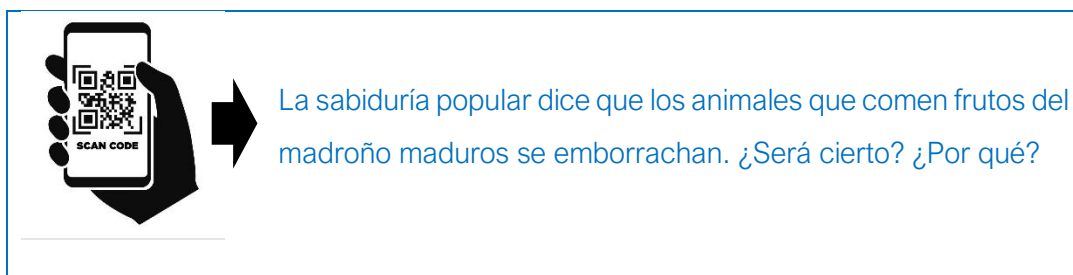
Parada 09: Orquídeas

Estas bonitas flores son orquídeas silvestres, de la especie *Serapias lingua*. No tenemos que irnos a ningún país tropical para poder disfrutar de bellas especies de orquídeas. Os sorprendería saber cuántos tipos de orquídeas silvestres tenemos en Extremadura. **NO ARRANQUÉIS NI CORTÉIS NINGUNA DE LAS FLORES, ¡¡ES UNA PLANTA PROTEGIDA!!**



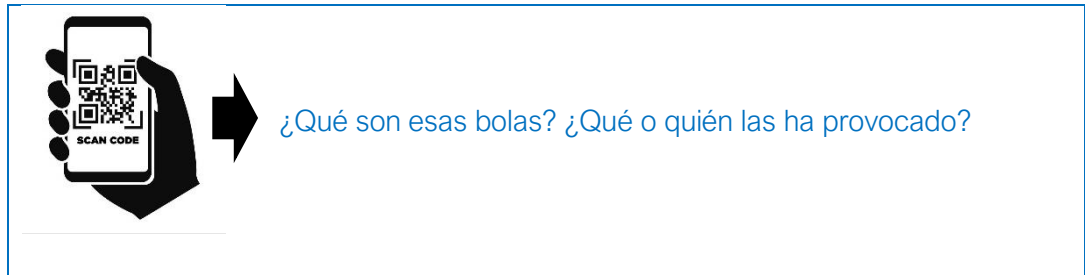
Parada 10: Madroño

Estos arbustos con bolitas de color amarillo o rojo son madroños (*Arbutus unedo*). Son muchos los usos del madroño, pero quizás el uso comestible de sus frutos sea el más conocido. Se hacen con ellos mermeladas y confituras de madroño. Los frutos también pueden aprovecharse para obtener bebidas alcohólicas por fermentación y de ellos se extrae, por ejemplo, el «licor de madroño» alicantino.



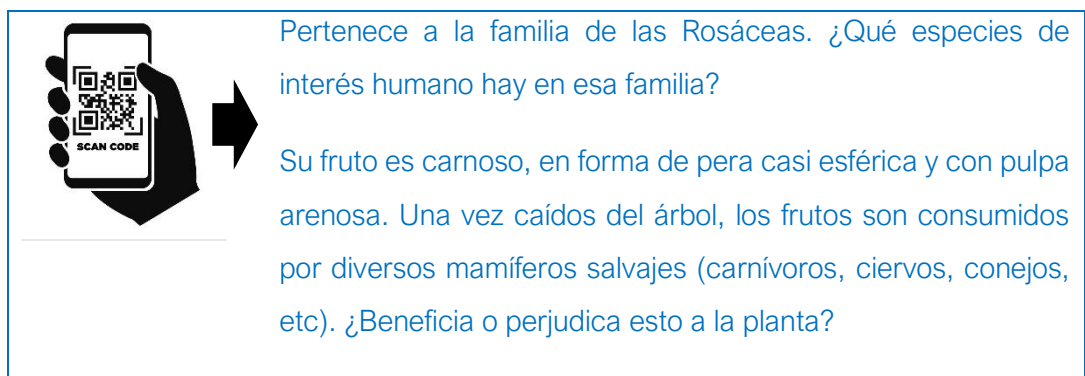
Parada 11: Roble

Estáis delante de un roble, del género *Quercus*, como las encinas. El fruto del roble, igual que el de la encina, es tipo bellota. Sin embargo, si os fijáis en las ramas se ven unas bolas marrones que pudieran parecer frutos, pero no lo son.



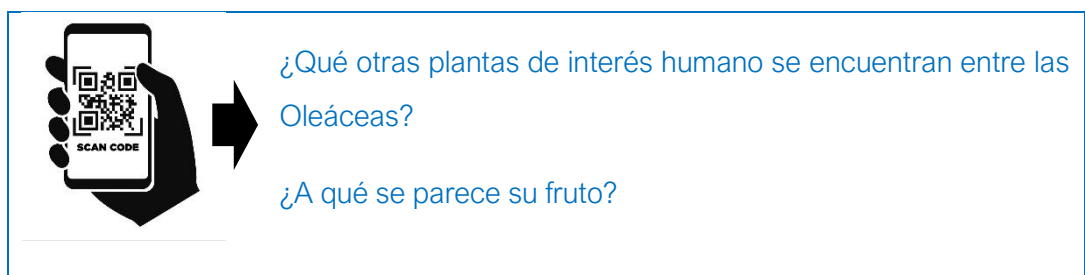
Parada 12: Piruétano

El piruétano, o *Pyrus bourgaeana*, es un árbol típico del bosque mediterráneo y se encuentra acompañando a las encinas, y frecuentemente en los márgenes de cursos de agua.




Parada 13: Labiérnago

El labiérnago u olivilla (*Phillyrea angustifolia*) es un arbusto de la familia de las **Oleáceas**. Se puede encontrar por el Mediterráneo occidental (Italia, España y Francia). En España se encuentra en casi todas las provincias, mezclado con encinas, coscojas o alcornoques.



Parada 14: Lentisco

El lentisco, o *Pistacia lentiscus*, es una especie muy típica del área mediterránea que crece en comunidades con mirto, coscoja, palmito, aladierno, zarzaparrilla y sirve de protección y alimento a pájaros y otra fauna exclusivos de este ecosistema. Es una especie pionera muy rústica dispersada por los pájaros y abundante en ambientes secos mediterráneos.




Antiguamente se obtenía una sustancia a partir de la resina de este arbusto. ¿Cuál?

Esta planta es pariente de otras que utilizamos para alimentarnos en forma de frutos secos. ¿Cuáles son?

Parada 15: Castaño

Actualmente el principal uso del castaño (*Castanea sativa*) es la obtención de su madera, muy valorada para fabricar muebles, entarimados de suelo, instrumentos musicales, etc. Otro de los aprovechamientos es la utilización del fruto que tradicionalmente se empleó como fuente energética para la población campesina, tanto mediante el consumo directo como en diversas recetas gastronómicas, y también como alimento para los animales domésticos (fundamentalmente cerdos), pero perdió su lugar de importancia en la dieta europea con la llegada de la patata de América.




Subid una foto de los frutos del árbol que tenéis delante (no vale de internet)

Parada 16: Tejo

El tejo o *Taxus baccata* es una conífera (y por tanto una gimnosperma) de la familia de las Taxáceas, grupo primitivo ampliamente difundido ya desde el Jurásico y del que actualmente el tejo es el único representante europeo. Este árbol florece a finales de invierno o inicio de primavera. Los conos están modificados, cada uno contiene una única semilla de 4–7 milímetros de longitud, parcialmente rodeada por una escama carnosa, blanda y roja que le da forma similar


a la una de baya, llamada **arilo**. El arilo tiene 8-15 mm de longitud y está abierto en su extremo. Los arilos maduran entre finales de verano y mediados de otoño del mismo año y son consumidos, junto con la semilla, por los zorzales y otras aves, que las dispersan en sus excrementos. Las semillas son venenosas y amargas, pese a lo cual son abiertas por algunas especies de aves, como el picogordo, el verderón común y el carbonero común.



Excepto los arilos, todas las partes del árbol contienen una sustancia tóxica llamada taxina: una mezcla de alcaloides que tienen un efecto cardiotoxico que produce parálisis en el corazón en dosis elevadas. Sin embargo, a partir del tejo también se obtiene un potente fármaco anticanceroso: ¿Cuál?.

Parada 17: Tomillo

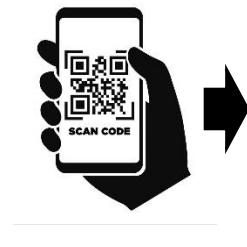
El tomillo (*Thymus vulgaris*) es una hierba aromática bastante habitual en la cocina mediterránea. Debido a su intenso olor y característico sabor se utiliza en diferentes elaboraciones, y es un elemento familiar en estofados, parrillas, escabeches, adobos, marinados y aliños (por ejemplo, para las aceitunas), que aporta, además de sus características organolépticas, propiedades digestivas.



El tomillo pertenece a la familia de las Lamiáceas, que se caracterizan, entre otras cosas, por tener tallos con una forma especial, ¿Cuál?.

Parada 18: Santolina

Este grupo de plantas son del género *Santolina*, y son originarias del sur de Europa. Se parece mucho a la manzanilla o camomila (*Chamaemelum nobile*). Las santolinas se utilizan para evitar las polillas poniéndolo dentro de los cajones de ropa, como tratamiento para los gusanos intestinales, para problemas estomacales y como antibiótico y desinfectante.

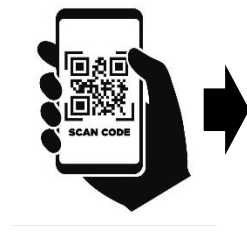


Las flores de la santolina y de la manzanilla pertenecen a un tipo de flor que vimos en el Seminario 4, el de la lupa. ¿A qué tipo de flores nos referimos?

¿En qué se diferencia la de la santolina de la de la manzanilla?

Parada 19: Romero


Rosmarinus officinalis, conocida popularmente como romero, es una especie del género *Rosmarinus*, cuyo hábitat natural es la región mediterránea. Como todos sabemos el romero tiene innumerables utilidades como planta aromática, decorativa, culinaria y medicinal.



El romero pertenece a la familia de las Lamiáceas (Lamiaceae), que tienen una serie de características particulares. Con respecto a la flor de las plantas de esta familia, ¿qué tipo de flores es? ¿a qué recuerda su forma?

Parada 20: Cantueso

Lavandula stoechas, llamado comúnmente cantueso o tomillo borriquero, es un arbusto ramoso, muy aromático, de hasta un metro de altura de la familia de las Lamiáceas. Es una especie nativa de la cuenca mediterránea. A parte de su uso en jardinería, también se usa como antiséptico, digestivo, antiespasmódico, cicatrizante y antibacteriano. Sus flores se utilizan en aromaterapia, para preparar infusiones y aceites esenciales.



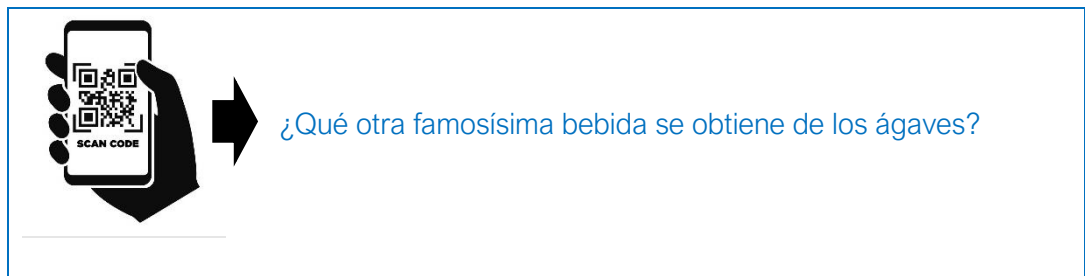
Las flores de esta planta tienen un papel ecológico muy importante relacionado con unos insectos muy especiales y valiosos que son los encargados de polinizarlas. ¿De qué insectos estamos hablando?

¿Por qué es tan importante para ellos?

Parada 21: Ágaves

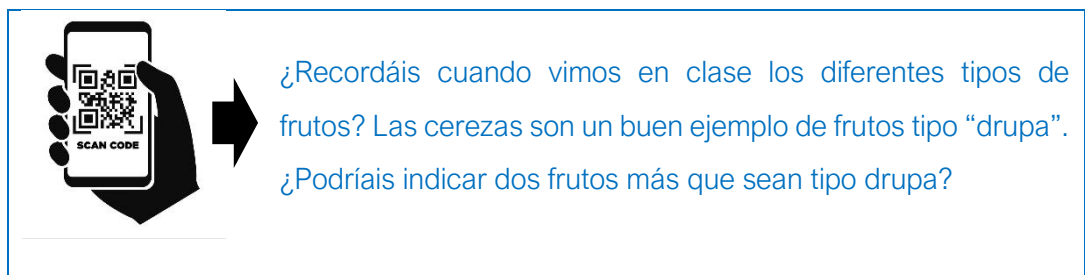
Agave es un género de plantas monocotiledóneas suculentas originarias de América Central y del Norte. Su crecimiento es muy lento y tarda de 8 a 10 años en alcanzar la madurez. La floración se produce una sola vez, en un largo tallo de casi 10 m de altura (puede ser ramificado) que nace del centro de la roseta de hojas, con numerosos grupos de pequeñas flores tubulares. **BUSCAD EL CÓDIGO QR EN EL ÁGAVE CON FLOR.** La planta muere tras desarrollar el fruto, pero por lo general produce retoños en su base.

De las distintas especies de *Agave* se obtienen multitud de productos de interés para los humanos. Algunos de los más famosos son edulcorantes (sirope de ágave) y bebidas fermentadas (aguamiel y pulque).



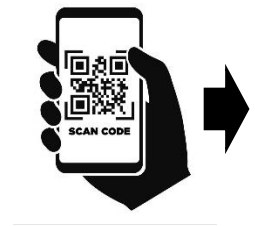
Parada 22: Cerezos

La cereza, también conocida como guinda, es el nombre del fruto de varios árboles del género *Prunus*, aunque comercialmente se aproveche un número limitado de especies. Al árbol se le conoce como cerezo o guindo. Si bien todos los cerezos son del género *Prunus*, a éste pertenecen especies que no lo son, como el ciruelo, el almendro, el albaricoquero y el melocotonero. En España se distingue como guinda al fruto de *Prunus cerasus* y como cereza al de *Prunus avium*.



Parada 23: Retama negra

Esta planta de flores amarillas se conoce como retama negra (*Cytisus scoparius*). Pertenece a la familia de las Fabáceas. ¡¡NO TOQUÉIS LAS REDES Y MALLAS QUE ESTÁN COLOCADAS EN ALGUNAS RAMAS!!




Como todos los miembros de la familia, ¿qué forma tiene la corola de la flor?

¿Y el fruto?

Parada 24: Adelfas

La adelfa (*Nerium oleander*) es una planta muy común de todo el Mediterráneo. Se ha utilizado mucho como planta ornamental o decorativa por sus llamativas flores. Pero también es famosa por ser fuertemente venenosa si se consume. Sin embargo, las flores de las adelfas NO producen néctar, por lo que los miedos hacia mieles contaminadas con néctar tóxico de adelfa son infundados.



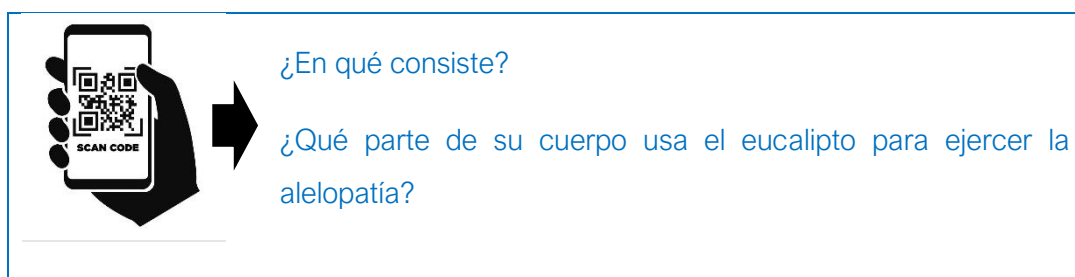
Se suele usar mucho como adorno en las medianas de las autopistas y autovías, no solo en España, también en todos los países mediterráneos; e incluso en California. ¿Por qué crees que usará esta especie para eso?

Parada 25: Eucaliptos

Estáis delante de un grupo de árboles de la especie *Eucalyptus camaldulensis*. Seguramente sabréis que es una planta originaria de Australia, y que alguna vez habréis visto la imagen de un koala comiendo hojas de eucalipto.

¿Os habéis fijado alguna vez que debajo de los eucaliptos no suele crecer ninguna otra planta?
¿Os habéis preguntado alguna vez por qué? Los eucaliptos tienen un gran impacto sobre el

terreno en el que se asientan. Por un lado, tienen raíces capaces de absorber toda el agua de la zona, sin dejar nada al resto de plantas. Por otro lado, existe un fenómeno llamado **alelopatía**.



4.8.3. Análisis del rendimiento emocional de la actividad

Tal y como se observó en el análisis diagnóstico inicial de las emociones que los docentes en formación inicial manifiestan sentir hacia los distintos contenidos de ciencias, el mundo animal genera una mayor atracción que los contenidos relacionados con las plantas (ver apartado [3.1.3.1. Hipótesis 1](#)). Sin embargo, las plantas son un recurso muy poderoso para despertar vocaciones científicas tempranas en los estudiantes y por lo general, se encuentran disponibles diferentes medios para realizar salidas en entornos naturales seguras e interesantes (Mayoral, 2019).

Previamente a la realización del sendero se les pasó un cuestionario de actitudes hacia las plantas y botánica, el cuestionario (Anexo VII) constituye una serie de afirmaciones donde los estudiantes debían responder en una escala Likert de 1 (completamente en desacuerdo) a 5 (completamente de acuerdo) según el grado de conformidad con la afirmación. En la Tabla 21 se muestra el porcentaje de los alumnos que han seleccionado cada nivel de escala Likert, se incluye el valor medio y la desviación típica para cada afirmación.

Tabla 21. Pretest de actitudes hacia las plantas

	1	2	3	4	5	Valor medio	Desviación típica
Me gusta leer sobre plantas	12,7	39,7	33,3	7,9	6,3	2,4	1,0
Me gustaría cultivar plantas	14,3	22,2	30,2	25,4	7,9	2,7	1,1
Me gusta visitar parques, jardines botánicos, etc. donde pueda ver muchas plantas	4,8	12,7	33,3	36,5	12,7	3,1	1,0
Me gusta pasar parte de mi tiempo libre disfrutando de la naturaleza	0	3,2	22,2	41,3	33,3	3,8	0,8
Me gustaría tener un pequeño jardín	1,6	9,5	17,5	31,7	39,7	3,7	1,1
Las plantas me relajan	15,9	9,5	34,9	19	20,6	2,9	1,3
Deberíamos haber aprendido más sobre la importancia de las plantas en la escuela	0	7,9	20,6	41,3	30,2	3,7	0,9
Me gusta ver vídeos o programas sobre plantas	30,2	31,7	31,7	3,2	3,2	2,0	1,0
Me gusta caminar por el bosque/campo	1,6	1,6	9,5	28,6	58,7	4,1	0,8

Sólo el 6,3 % de los docentes en formación que realizaron el pretest señala que está completamente de acuerdo en que *les gusta leer sobre plantas*, más de la mitad de ellos están completamente en desacuerdo (12,7 %) o en desacuerdo (39,7 %) en que *les gusta leer sobre plantas*. Sin embargo, alrededor del 30 % están de acuerdo (25,4 %) o muy de acuerdo (7,9 %) en que *les gustaría cultivar plantas*. Casi al 50 % de los docentes en formación *les gusta visitar parques donde puedan ver muchas plantas* y a más del 70 % de ellos *les gusta pasar parte de su tiempo libre disfrutando de la naturaleza*. Williams et al. (2015) han analizado la influencia que tiene la visita a los jardines botánicos y aunque no pueden establecer una relación de causalidad entre el conocimiento de los visitantes con tener actitudes positivas, encuentran que tras la visita a un jardín botánico los visitantes incrementan de forma significativa sus actitudes ambientales. El 40 % de los participantes está completamente de acuerdo en que *les gustaría tener un pequeño jardín* y el 20 % están completamente de acuerdo en que *las plantas les relajan*. El 70 % de los docentes están completamente de acuerdo (30 %) o de acuerdo (41,3 %) en que *deberían haber aprendido más sobre la importancia de las plantas en la escuela*. Los beneficios de estar en contacto con la naturaleza han sido explorados en diferentes investigaciones y se asume que ese contacto es fundamental para la salud humana y el bienestar (Özgüner y Kendle, 2006). Tan sólo el 6 % de los docentes en formación inicial están totalmente de acuerdo (3,2 %) o de acuerdo (3,2 %) en que *les gusta ver vídeos sobre plantas*. No obstante, el 58,7 % está totalmente de acuerdo en que *les gusta caminar por el bosque/campo*.

Inicialmente se les preguntó qué emociones les despertaba saber que van a participar en una actividad de naturaleza al aire libre donde pueden aprender sobre ciencias naturales. En la Figura 84 se muestra un gráfico con los porcentajes de las emociones señaladas antes y después de realizar la actividad. En el posttest se les preguntó que emociones les había despertado el haber participado en una actividad de naturaleza al aire libre para aprender sobre ciencias naturales. Inicialmente los futuros docentes esperaban sentir diversión (74 %), entusiasmo (63 %), alegría (53 %) y sorpresa (53 %), todas emociones positivas y activadoras.

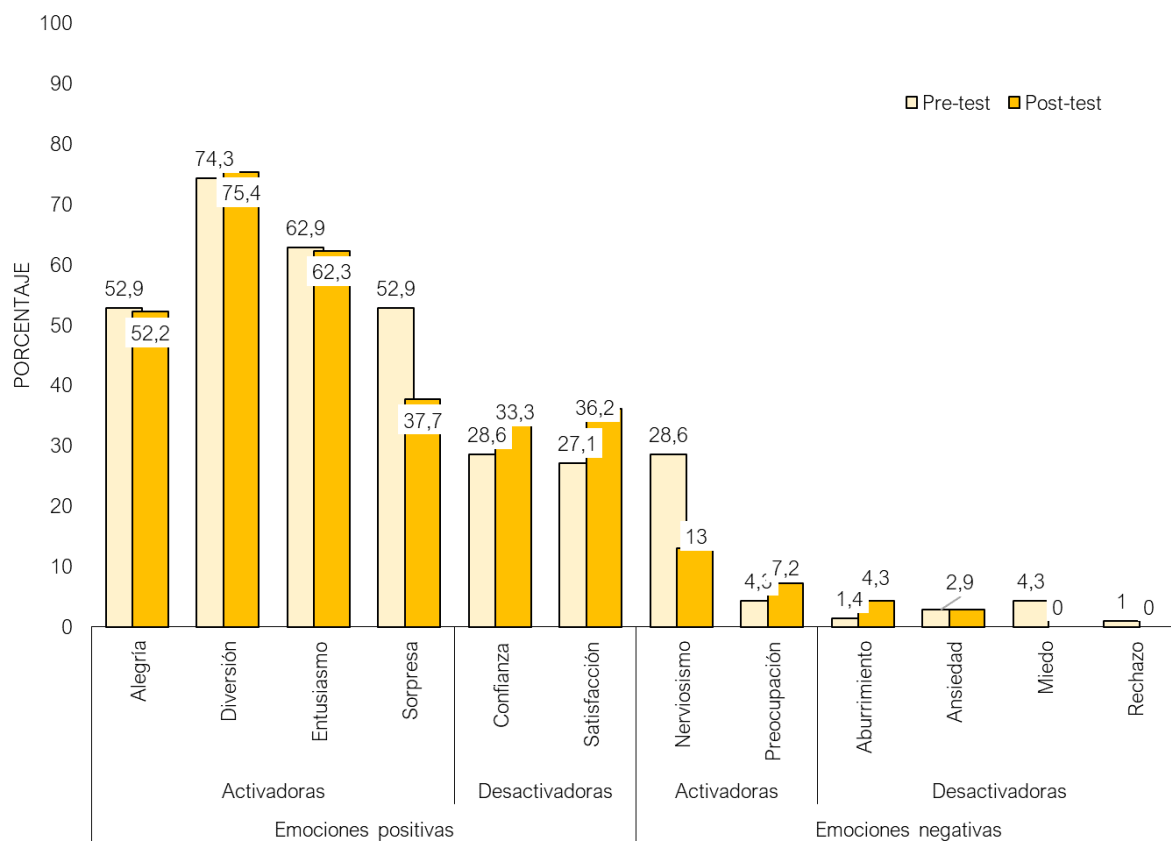


Figura 84. Porcentaje de emociones que esperaban sentir y las sentidas por los docentes de educación primaria en formación tras la realización del sendero de indagación botánico

Una vez finalizada la actividad, se observa que las emociones positivas activadoras son las más señaladas por los docentes de educación primaria en formación, siendo especialmente reseñable la emoción diversión (75 %), seguida por entusiasmo (62 %) y alegría (52 %). Los docentes en formación inicial afirman que esta actividad *fomenta el interés de los participantes* y que el punto de competitividad que tiene motiva para seguir realizando la actividad.

Con respecto a las emociones negativas, el porcentaje es bastante bajo en general, excepto el nerviosismo, que fue la emoción negativa señalada en mayor porcentaje hacia el contenido antes de llevar a cabo la actividad (28,6 %) y al final, señalada por el 13 % de los estudiantes. En general, apenas señalan emociones negativas, ninguno de ellos manifiesta haber sentido miedo o rechazo.

Al final de la actividad también se les pidió a los docentes en formación inicial que realizaran una evaluación de la actividad, el 98,6 % de los docentes en formación inicial consideran que los alumnos de Educación Primaria podrían aprender mejor utilizando esta

actividad. Argumentan que el sendero de indagación botánico *“es un buen método para recordar la información de forma autónoma”*, en general destacan y encuentran bastante provechoso hacerlo en grupo, considerando enriquecedor la colaboración con los compañeros. Se han seleccionado algunas respuestas de los participantes:

Respuesta 1:

“Porque se sale de la norma y resulta entretenida, por lo que se activa la dopamina y para el ser humano resulta más fácil recordar los momentos placenteros”

Respuesta 2:

“Porque es una actividad práctica en la que nos hemos divertido y resulta muchísimo más motivadora que actividades de clase con las que al final te aburres, además de que así retienes mejor la información”

Respuesta 3:

“Porque el hecho de ir avanzando, siguiendo un mapa, resolviendo pistas, da una motivación que no se consigue con las clases tradicionales”

El único maestro en formación que considera que los alumnos de educación primaria no aprenderían mejor utilizando esta actividad, expone que los alumnos *“estarían más pendientes de llegar a la meta que de aprender”*.

En los estudios de Sierra y Fernández-Sánchez (2019) sobre los efectos emocionales que genera la implementación de metodologías activas en educación superior, concluyen que los estudiantes manifiestan sentir diversión, alegría, placer, estrés, ansiedad y en menor medida frustración. Al igual que en nuestra experiencia, los participantes lo consideran motivador y divertido, destacan el trabajo en grupo y la puesta en práctica de los contenidos teóricos. También estos estudiantes hablan de la competitividad sana que se crea en el aula. Lázaro (2019) defiende que la implementación de metodologías donde el alumno tiene un papel protagonista debería ser una parte indispensable en la formación pedagógica de los futuros docentes, consiguiendo un aprendizaje significativo a través de actividades motivadoras y voluntarias. De acuerdo con Lázaro (2019) la implementación de esta metodología fomenta la cohesión del grupo, facilita la inmersión en el aprendizaje y una evaluación alternativa.

4.9. Discusión de los resultados del Objetivo Específico IV

En la Tabla 22 se presenta un resumen de las hipótesis y conclusiones de los Objetivos Específicos IV. Este Objetivo Específico pretende abordar parte del Objetivo General II: diseñar, aplicar y evaluar propuestas metodológicas que promuevan una enseñanza y aprendizaje de las ciencias emocionalmente positiva de los docentes de educación primaria en formación en las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria.

Tabla 22. Resumen de las hipótesis y las conclusiones del Objetivo Específico IV

Objetivo Específico IV		
Analizar la valoración afectiva que realizan los docentes en formación de educación primaria hacia las distintas estrategias didácticas implementadas		
	Hipótesis de investigación	Conclusión
OE4	H14 El uso de metodologías activas durante la formación científica de docente genera emociones activadoras	Se acepta. Los docentes en formación inicial manifiestan sentir mayormente emociones activadoras cuando trabajan a través de metodologías activas
	H15 La percepción de autoeficacia hacia la enseñanza de las ciencias de los docentes en formación aumenta después de implementar metodologías activas	Se acepta. La percepción de autoeficacia docente aumenta después de trabajar en el aula de ciencias a través de metodologías activas

A continuación, se contrastan las hipótesis y se discuten los resultados.

4.9.1. Hipótesis 14. El uso de metodologías activas durante la formación científica de docentes genera emociones activadoras

De acuerdo con Zabalza (2021), los profesores y la forma en la que se construye su rol y cómo se concibe su actuación está impregnada de emociones, emociones construidas a partir de ideas, sensaciones, vivencias personales, etc. muy lejos de ser una cuestión puramente técnica, sino muy personal y que tiene un impacto directo en su percepción de autoeficacia. Zabalza (2021) reivindica una formación de docentes y un desarrollo de innovaciones que cubran la dimensión afectiva (emociones y autoeficacia), partiendo de las experiencias vividas particulares (en ocasiones desaprendiendo y rompiendo tópicos). En la presente Tesis Doctoral esto tiene una especial relevancia, y se ha pretendido ofrecer a estos docentes en formación inicial de experiencias emocionalmente positivas durante su formación a través de distintas metodologías y estrategias didácticas, conociendo que las emociones que sienten los docentes

en formación inicial hacia las ciencias predeterminan las emociones que ellos transmitirán a sus futuros estudiantes y condiciona su actuación en el aula (Borrachero et al., 2013).

La taxonomía empleada en la presente Tesis Doctoral contempla, por un lado, la *valencia* de las emociones (*positiva o negativa*) y, por otro, el *grado de activación* (emociones *activadoras* o *desactivadoras*). El uso de esta taxonomía responde a demandas detectadas en el campo de investigación y a la necesidad de discutir las diferencias encontradas en las investigaciones didácticas. En general, en las intervenciones realizadas en esta Tesis Doctoral, los docentes en formación inicial manifiestan sentir más emociones activadoras que desactivadoras. En la Tabla 23 se muestra el porcentaje de emociones activadoras y desactivadoras para cada una de las intervenciones realizadas.

Tabla 23. Emociones activadoras y desactivadoras hacia las distintas metodologías implementadas en la Tesis Doctoral

Intervención	Emociones activadoras	Emociones desactivadoras	p-valor
Cohete de hidropulsión	86,7	36,7	<0,001
FLA	31,1	14,3	<0,001
Cocinas solares	40,4	13,2	<0,001
Juego de mesa	68,0	36,8	<0,001
Gamificación en geología	74,7	40,0	<0,001
Sendero de indagación botánico	41,3	12,8	<0,001

Se ha realizado la prueba U de Mann Whitney para comprobar si se han señalado más emociones activadoras que desactivadoras, los resultados muestran que los docentes en formación inicial señalan más emociones activadoras que desactivadoras en todas las intervenciones. Dentro de las emociones activadoras se recogen las emociones alegría, curiosidad, diversión, entusiasmo y sorpresa (con valencia positiva) y nerviosismo, incertidumbre, inseguridad y preocupación (con valencia negativa). Por otro lado, dentro de las emociones desactivadoras se han incluido aburrimiento, ansiedad, apatía, frustración, miedo y rechazo (con valencia negativa) y confianza, satisfacción y tranquilidad (con valencia positiva).

Esta clasificación no está lo suficientemente discutida en la bibliografía y existen algunas emociones que, especialmente, generan debate. Estas son, por ejemplo, el aburrimiento, la ansiedad, la frustración, la confianza o la satisfacción. Si atendemos a las clasificaciones tradicionales de emociones, basadas en si generan sensaciones agradables o desagradables, las primeras emociones nombradas son clasificadas como emociones negativas, y las últimas, confianza y satisfacción, como emociones positivas. Sin embargo, si atendemos a los estados de activación fisiológica en el aula, vemos que la ansiedad, la frustración o el aburrimiento, a pesar

de ser emociones negativas, quizás en algunos momentos de la construcción de conocimiento científico no ejercen efectos tan negativos. De igual forma, sentir confianza o satisfacción, puede entorpecer el aprendizaje. Y aquí entra el debate, ¿sentir aburrimiento durante el aprendizaje, promoverá actitudes en el alumnado que ocasione un aprendizaje activo? ¿O, por el contrario, hará que desconecten y será un disruptor en el funcionamiento del aula? ¿Y sentir confianza? ¿los alumnos que se sienten confiados en la tarea están más motivados o relajados? En nuestro caso, acorde a los resultados que hemos obtenido en nuestras investigaciones, hemos incluido el aburrimiento como emoción desactivadora (o que dificultan el aprendizaje) (Barrett, 2020, p. 102). Sin embargo, otros autores no la consideran así. Jiménez-Liso et al. (2022) han analizado las emociones que sienten los estudiantes cuando desarrollan una tarea relacionada con contenidos de física y química distinguiendo entre las emociones reportadas por los estudiantes hacia la experiencia en general y las emociones sentidas en cada una de las partes de una intervención basada en la indagación para el aprendizaje de contenidos relacionados con las reacciones ácido-base. En esta intervención, los estudiantes reportan bajos porcentajes de aburrimiento, inseguridad, rechazo o insatisfacción, emociones que los autores no consideran negativas si el análisis pormenorizado de las emociones se hace teniendo en cuenta cada una de las partes de la intervención donde los estudiantes han manifestado sentirlas. Por ejemplo, las mayores tasas de aburrimiento se encuentran en la creación de hipótesis y en el análisis de los datos mientras que la mayoría de ellos afirma sentir interés (67,5 %) y concentración (45 %) durante la recolección de datos, donde se encuentran los porcentajes más bajos de aburrimiento (5 %).

Referida a las emociones que puede generar una actividad en la teoría del control-valor de Pekrun (2006), si la actividad que se está llevando a cabo en el aula carece de interés o incentivos (tanto positivos como negativos), los alumnos experimentarán aburrimiento. Para Pekrun (2006), el grado de aburrimiento experimentado puede depender de la capacidad de control percibida por los estudiantes, pudiendo sentir aburrimiento tanto por no sentirse capacitados porque la tarea supera sus capacidades (falta de control sobre la actividad), como por la baja exigencia de las tareas demandadas (alto control). Bisquerra (2021, p. 81) incluye el aburrimiento en la galaxia de la tristeza y, para el autor, es ineludible en algunos momentos de la vida. La tristeza puede producir una pérdida en la sensación de bienestar, no se encuentra placer en actividades que hasta entonces habían sido satisfactorias, y no suele comportar ningún tipo de acción. Sin embargo, otros autores cuestionan el hecho de que el aburrimiento conduzca de forma irremediable a consecuencias negativas (Park et al., 2019). Atendiendo a la taxonomía

empleada en esta Tesis Doctoral, el aburrimiento es considerado como una emoción negativa y desactivadora.

En la investigación realizada por Sánchez-Martín et al. (2018) con estudiantes del grado en Educación Primaria, se centran en analizar el rendimiento emocional tras llevar a cabo distintos métodos de enseñanza y estrategias didácticas (presentación oral, con y sin soporte visual; investigación guiada; gamificación y actividades manipulativas) durante el aprendizaje de las ciencias. En la taxonomía sólo contemplan cuatro emociones; dos positivas y dos negativas: rechazo (activadora) y aburrimiento (desactivadora) como emociones negativas y sorpresa (activadora) y satisfacción (desactivadora) como emociones positivas. Los autores encuentran que las metodologías manipulativas son las que reportan mayores porcentajes de sorpresa, una emoción dinámica y positiva que implica una actitud proactiva en los estudiantes hacia la materia. Los futuros docentes que manifiestan sentir sorpresa experimentan sensaciones agradables y probablemente quieran más del profesor porque les gusta lo que están aprendiendo. Según Sánchez-Martín et al. (2018) para sentir satisfacción una motivación mínima es necesaria, tan sólo para seguir la explicación o la actividad, pero sin la necesidad de ninguna implicación personal. La satisfacción es la emoción más señalada por los docentes en formación inicial hacia la metodología didáctica donde sólo se emplea presentación oral: una emoción positiva pero desactivadora. De igual forma, en nuestra taxonomía la satisfacción la hemos categorizado como una emoción desactivadora, por su carácter estático: es una emoción positiva porque en general te sientes bien, pero no esperas ni tienes la ambición de superarte, implica una posición estática durante el aprendizaje. Reeve (2013) señala como un indicador del compromiso emocional la presencia de emociones que facilitan la tarea (entusiasmo, curiosidad, interés) o la ausencia de emociones que la dificultan, como el miedo, la frustración, la ansiedad o la rabia.

Otra emoción que en esta Tesis Doctoral ha sido incluida en la clasificación como desactivadora pero que está sujeta a múltiples interpretaciones es la frustración. En la teoría de control-valor de Pekrun (2006) esta emoción aparecerá en los procesos de enseñanza y aprendizaje durante la realización de tareas desafiantes frente a la que los estudiantes no se sienten suficientemente preparados. Las personas que son capaces de dominar su frustración tienen un estilo de vida más agradable y con menos estrés (Bisquerra, 2021, p. 133). La tolerancia a la frustración se puede entrenar: la capacidad de afrontar una situación adversa de manera adaptativa, mostrando capacidad de aguante y sin responder con agresividad o excesiva tristeza. La frustración es la emoción que se experimenta cuando un obstáculo se interpone en el camino

y nos impide lograr nuestros objetivos. Es no conseguir lo esperado, con normalidad despertando posteriormente la ira o la tristeza. En la clasificación de Díaz y Flores (2001) la frustración está representada en el eje opuesto a la satisfacción y es catalogada por los autores como una emoción negativa, oscura y regresiva, alejada de la excitación. Park et al. (2019) consideran la frustración, la ira y el aburrimiento emociones negativas activadoras. En cualquier caso, una misma emoción pueden tener ese doble carácter activador/desactivador, según el contexto en que se dé y en el momento concreto de la actividad.

Las metodologías activas se sustentan en la idea de que los estudiantes aprenden mejor cuando aplican directamente sus conocimientos en situaciones de la vida real, de esta forma se fomenta una enseñanza que conecte con otros contenidos del currículum y que permitan ser aplicados en otros contextos que también puedan ser útiles, además de desarrollar otro tipo de competencias específicas de la profesión y transversales (Sánchez-Martín et al., 2020). Asimismo, estas técnicas también son utilizadas para mejorar la motivación de los estudiantes, y son buenas estrategias para que mejoren sus relaciones sociales y la confianza en sí mismos (Pérez, 2011). Ignacio Morgado (2010) en su obra *Emociones e inteligencia social*, revela que existen formas de eliminar y cambiar las emociones negativas: creando otras emociones más fuertes y antagónicas a las que sentimos para desterrar esa emoción negativa frente a algo. Con esa intención, durante la formación de docentes se han pretendido generar experiencias de aprendizaje de las ciencias emocionalmente positivas a través de metodologías activas. Es importante trabajar el componente afectivo durante el aprendizaje de las ciencias en los docentes en formación, y el reto es generar emociones positivas más fuertes que reviertan las emociones negativas que sintieron durante su etapa como escolares y que les impide que el aprendizaje de las ciencias sea motivacional y entusiasta (Dávila-Acedo et al., 2015) y, cuando ejerzan su profesión, consigan mantener un clima emocional en el aula que fomente las vocaciones científicas desde una edad temprana. En otros estudios realizados con docentes en formación en la que se ha trabajado el cambio emocional que supone cursar la asignatura Didáctica de la materia y la energía (Pipitone et al., 2019) también se observa un cambio emocional y de actitudes frente a las ciencias, asociando esa mejora emocional a la metodología (impartición de clases donde el alumno asume gran parte del protagonismo, mostrando la conexión de la ciencia con su día a día, etc.); a aspectos afectivos, como el vínculo que se crea entre los docentes de la asignatura y los docentes en formación; a mejorar su autoeficacia.

En la presente Tesis Doctoral se han descrito distintas intervenciones que se han realizado utilizando diversas metodologías activas (aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje basado en juegos, salidas al medio natural, aprendizaje por indagación...). Para conocer si estas intervenciones generan emociones activadoras, se han recogido datos sobre las emociones que experimentan los docentes en formación tras su implementación. El análisis emocional de cada una de las intervenciones ha sido mostrado en el apartado correspondiente. Los resultados obtenidos nos permiten aceptar la hipótesis y concluir que este tipo de actividades y metodologías activas generan un estado de activación en el alumno que desemboca en un mayor compromiso con la tarea.

4.9.2. *Hipótesis 15. La percepción de autoeficacia hacia la enseñanza de las ciencias de los docentes en formación aumenta después de implementar metodologías activas*

Para dar respuesta a esta hipótesis, se han considerado los datos recogidos antes y después de realizar la intervención del FLA. La percepción de autoeficacia ha sido explorada a través de diferentes afirmaciones relacionadas con cómo ha influido esta experiencia a sus capacidades como docentes, estas afirmaciones están recogidas en la Tabla 24 y corresponden al tipo Autoeficacia (AE). Para poder agrupar estas afirmaciones en un único constructo se ha calculado la ω de McDonald's obteniendo un valor de $\omega=0,834$, que es considerado un valor aceptable al encontrarse entre 0,70 y 0,90 (Ventura-León y Caycho-Rodríguez, 2017). La tabla ofrece los resultados del porcentaje señalado por los docentes en formación inicial para cada escala donde 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo.

Tabla 24. Evaluación de la intervención del FLA

	Tipo	1	2	3	4	5
Tras la experiencia me siento mucho más capacitado para enseñar ciencias	AE	2,2	11,1	42,2	33,3	11,1
Tras la experiencia me siento mucho más capacitado para llevar a cabo un ABP o un ApS como docente	AE	0	11,1	31,1	44,4	13,3
El haber realizado un ABP como alumno influirá de forma decisiva mi forma de enseñar ciencias cuando sea maestro	AE	0	2,2	15,6	44,4	37,8
Haber podido filtrar agua con un FLA elaborado por mí mismo ha aumentado mi motivación en ciencias	AE	0	2,2	22,2	42,2	33,3
Con este Proyecto me he dado cuenta de que soy capaz de realizar experiencias científicas con éxito	AE	2,2	4,4	22,2	48,9	22,2
En mi grupo de trabajo hemos sabido organizar el tiempo y el trabajo durante las horas de seminario	AE	0	2,2	24,4	33,3	40
Pienso que yo, personalmente, he sabido organizarme y desempeñar correctamente las tareas propuestas	AE	0	6,7	28,9	42,2	22,2
A través de la construcción de un Filtro Lento de Arena es fácil tratar la cuestión de la escasez hídrica	T	0	2,2	31,1	40	26,7
Es fácil la inclusión y tratamiento de los ODS a través de esta actividad	T	0	0	40	42,2	17,8
Creo que trabajar a través de metodologías activas te prepara mejor y adquieres más competencias como docente que a través de las clases tradicionales	T	0	4,4	2,2	44,4	48,9
Tratar contenidos sociales, económicos y políticos de forma transversal en el aula de ciencias es importante	T	0	0	24,4	53,3	22,2
A través del Aprendizaje Basado en Proyectos se pueden desarrollar competencias y actitudes en los estudiantes que no es posible con metodologías tradicionales	T	0	2,2	11,1	46,7	40
Trabajar con la perspectiva CTS: Ciencia, Tecnología y Sociedad es más enriquecedor hacerlo por ABP que en las clases expositivas	T	0	2,2	20	48,9	28,9

Los resultados obtenidos muestran que los docentes en formación están de acuerdo (33,3 %) o totalmente de acuerdo (11,1 %) en que *tras la experiencia se sienten mucho más*

capacitados para enseñar ciencias, y están de acuerdo (44,4 %) y totalmente de acuerdo (13,3 %) en que tras la experiencia se sienten mucho más capacitados para llevar a cabo un ABP o ApS como docentes. Alrededor del 80 % de los docentes en formación están de acuerdo o totalmente de acuerdo en que esta experiencia influirá de forma decisiva en su manera de enseñar ciencias y que ha incrementado su motivación hacia las ciencias. Alrededor del 70 % de los docentes en formación están de acuerdo o totalmente de acuerdo en que la elaboración del FLA les ha hecho darse cuenta de que son capaces de realizar experiencias científicas con éxito. Otra dimensión de la autoeficacia percibida analizada tiene que ver con cómo se han sentido ellos durante la actividad, los docentes en formación están totalmente de acuerdo (40 %) y de acuerdo (33,3 %) en que su grupo de trabajo ha sabido organizar el tiempo y el trabajo durante las horas de seminario, y están totalmente de acuerdo (22,2 %) y de acuerdo (49 %) en que ellos, individualmente han sabido llevar a cabo las tareas propuestas.

Además, se ha evaluado la intervención desde el punto de vista de la transversalidad que implica la realización del FLA (Tabla 24, afirmaciones Tipo T). Sólo el 26,7 % de los docentes que han participado en la actividad están totalmente de acuerdo en que *el tratamiento de la escasez hídrica a través de ésta es fácil*, y sólo el 17,8 % está totalmente de acuerdo en que *es fácil la inclusión y el tratamiento de los ODS a través de esta actividad*. Por otro lado, casi la totalidad los docentes en formación inicial están totalmente de acuerdo y de acuerdo en que *trabajar a través de metodologías activas te prepara mejor y adquieres más competencias como docente que a través de las clases tradicionales*. De igual forma, casi el 90 % de los docentes en formación que han participado en la actividad están totalmente de acuerdo o de acuerdo en que *a través del ABP se pueden desarrollar competencias y actitudes en los estudiantes que no es posible a través de las metodologías tradicionales*. Sin embargo, tan sólo el 22 % está totalmente de acuerdo en que *el tratamiento de contenido social, económico y político en el aula de ciencias es importante*. Cerca del 80 % de los docentes están totalmente de acuerdo o de acuerdo en que *trabajar con la perspectiva CTS es más enriquecedor hacerlo a través de una metodología de ABP que en clases expositivas*.

Con la hipótesis 15 se ha analizado el impacto que tiene en la percepción de autoeficacia docente una intervención que puede ser definida como una actividad manipulativa (*hands-on*) como la descrita por Sánchez-Martín et al. (2017) en la enseñanza de la tecnología, centrada en el “aprender haciendo”, generando un aprendizaje significativo que influye verdaderamente en el dominio afectivo de los estudiantes. Los resultados mostrados permiten aceptar la hipótesis 15,

la percepción de autoeficacia hacia la enseñanza de las ciencias de los docentes en formación se ve afectada tras implementar metodologías activas. Los docentes en formación asocian el modelo didáctico transmisivo con emociones negativas y han construido su modelo de ciencia y de cómo enseñarla a partir de las clases que han tenido a lo largo de su escolarización, que en muchos casos supone un obstáculo para el cambio de modelo didáctico que deben vivir durante su formación como docentes (Gargallo y Bargalló, 2009). En general, las metodologías centradas en el alumno consiguen generar más emociones positivas y menos negativas que aquellas con un enfoque de enseñanza tradicional (Jeong et al., 2019). Implementarlas en su formación docente puede propiciar ese cambio y tener repercusiones en el dominio afectivo de los docentes en formación inicial, pues el éxito en las experiencias directas vividas será razón para fortalecer la autoeficacia personal (Bandura, 1997). La autoeficacia es una variable que está muy relacionada con la confianza. En nuestra clasificación la confianza aparece representada en una primera aproximación como emoción positiva desactivadora, sin embargo, el contexto y el momento de recogida de los datos (antes de una intervención, durante la intervención, una vez concluida la intervención) afecta de forma decisiva al grado de activación; sin duda, es una de las cuestiones que debemos seguir explorando y discutiendo. Jiménez-Liso et al. (2022) analizan de forma pormenorizada las emociones que dicen sentir los estudiantes en cada una de las distintas etapas de una intervención en el aula de ciencias y categorizan la confianza como emoción activadora del aprendizaje ya que los estudiantes que manifiestan sentir confianza también reportan concentración e interés y bajos niveles de aburrimiento y rechazo. De igual forma, en esta Tesis Doctoral, tanto la confianza como la ansiedad, analizando cómo afectaba a la resolución de tareas durante el aprendizaje, fueron incluidas en la categoría de desactivadoras, aunque es necesario conocer el contexto, las actividades desempeñadas, las causas y en qué momento de la actividad se siente la emoción, pues existen circunstancias en que estas emociones pueden actuar como emociones activadoras del aprendizaje (Pekrun, 2016). Esta intervención, su impacto afectivo, emocional y vinculación con la sostenibilidad integral han sido descritos y publicados en Hernández-Barco et al. (2022c).

4.10. Resultados Objetivo Específico 5. Analizar la evolución del nivel de conocimiento que experimentan los docentes de educación primaria en formación frente a distintas estrategias didácticas implementadas

Con respecto a la evolución de conocimiento científico, en esta Tesis Doctoral se ha recogido información de dos intervenciones: la realización del Filtro Lento de Arena (ver apartado [4.4. Filtro Lento de Arena](#)) y la implementación del sendero de indagación botánico (Ver apartado [4.8. Sendero de indagación botánico](#)). En el apartado anterior se describió a nivel emocional lo que los docentes en formación sintieron durante su realización, en este apartado mostramos los resultados de la dimensión cognitiva. En primer lugar, se presentan los datos relativos a la intervención del FLA y en segundo lugar el sendero de indagación.

4.10.1. Hipótesis 16. El uso de metodologías activas influye en el conocimiento ambiental de los estudiantes que aprenden con ellas

La prueba de conocimientos consistió en 4 preguntas abiertas y 5 preguntas cerradas, las 4 primeras preguntas abiertas contenían información sobre el conocimiento ambiental y las 5 preguntas cerradas sobre contenido químico trabajado en el aula. El cuestionario completo se ha incluido como Anexo III. En la Tabla 25 se muestra el porcentaje de aciertos para cada una de las preguntas de conocimiento analizadas, antes y después de la realización del FLA.

Tabla 25. Porcentaje de aciertos en el cuestionario de conocimiento científico y ambiental

	Porcentaje de aciertos		U de Mann Whitney
	Pretest	Posttest	
1.- ¿Qué significan las siglas ODS? ¿Podrías mencionar alguno de ellos?	42 % 2 %	88 % 46 %	<0,001
2.- ¿Crees que existe algún ODS relacionado con el agua? ¿Cuál?	5,7 %	42 %	<0,001
3.- ¿Para qué crees que puede servir un filtro lento de arena?	43 %	95 %	<0,001
4.- ¿Cuál crees que es el porcentaje de agua dulce disponible en el planeta?	47,8 %	75 %	0,002
5.- ¿Cuáles de los siguientes procesos, en los que interviene el agua, son químicos?	49,3 %	53,3 %	0,513
6.- ¿Qué es lo que ocurre al añadir un detergente al agua?	11,6 %	13,3 %	0,941
7.- Al comparar el agua embotellada con el agua del grifo	62,3 %	62,2 %	0,994
8.- En los ríos se desarrolla la vida de los seres vivos. En verano, al aumentar la temperatura, los ríos contienen	55,1 %	62,2 %	0,667
9.- Al añadir cloro al agua	63,8 %	75,6 %	0,143
Puntuación total	4,3 ± 2,2	5,2 ± 2,1	0,034

A continuación, se explica cómo se han analizado y puntuado las preguntas abiertas.

1.- ¿Qué significan las siglas ODS? ¿Podrías mencionar alguno de ellos?

Los docentes en formación debían escribir “Objetivos de Desarrollo Sostenible”, considerándose como única respuesta correcta (y contabilizado como 1 punto). Se han dado como buenas “Objetivos del Desarrollo Sostenible”, “Objetivos y metas de desarrollo sostenible” y “Objetivo Desarrollo Sostenible”.

En el pretest 29 docentes en formación de los 69 encuestados escribieron de forma correcta la respuesta, siendo el 42 % de los encuestados. De los que fallaron, 28 dijeron que no sabían la respuesta y el resto probaron combinaciones erróneas donde decían que la *D* era de *Didáctica*. Solo 8 (11 %) menciona un ODS, aunque ninguno exactamente como están planteados, sino que son afirmaciones del tipo “cuidar el medio ambiente”, “consumo de agua” o “disminuir la pobreza”, 2 de los docentes reconocen “Educación” como un ODS.

En el postest, tan sólo 5 docentes en formación dijeron que no sabían qué significan las siglas ODS, siendo el 88 % de los encuestados quienes respondieron de forma adecuada a la pregunta. Por otro lado, 21 (46 %) docentes en formación son capaces de enunciar algún ODS, 5 de ellos reconocen la “educación de calidad” como un ODS, también mencionan “fin de la pobreza” (ODS 1), “hambre cero” (ODS 2), “salud y bienestar” (ODS 3), “igualdad de género” (ODS 5), “agua limpia y saneamiento” (ODS 6).

Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de aciertos antes y después de llevar a cabo la intervención, se ha utilizado la prueba U de Mann Whitney, que muestra que existe un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de aciertos después de construir el FLA (p -valor $<0,001$).

2.- ¿Crees que existe algún ODS relacionado con el agua? ¿Cuál?

En el pretest, 30 de los docentes en formación encuestados afirman desconocer la existencia de algún ODS relacionado con el agua. 4 de ellos escriben “saneamiento del agua”, que se ha considerado como respuesta correcta. El resto de las respuestas se han considerado erróneas, los docentes escriben cuestiones relacionadas con el agua, pero no enuncian un ODS, escriben por ejemplo “las presas y los pantanos”, “cerrar el grifo cuando nos lavamos los dientes” o “relacionado con el consumo”.

En el postest, el 12 % de los docentes en formación responden que no saben, mientras que el resto (88 %) responden que sí existe. El 42 % consigue enunciar algunos de los ODS vinculados directamente con el agua, ODS 6 “agua limpia y saneamiento” o el ODS 14 “vida submarina”.

Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de aciertos antes y después de llevar a cabo la intervención, se ha utilizado la prueba U de Mann Whitney, la cual indica que existe un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de aciertos después de construir el FLA (p -valor $<0,001$).

3.- ¿Para qué crees que puede servir un filtro lento de arena?

Se trata de una respuesta abierta donde los docentes en formación debían escribir que puede servir para limpiar el agua, eliminar contaminación microbiana o purificar aguas; cualquier respuesta de este tipo se ha dado por correcta, contabilizando 1 punto. También se han considerado acertadas las respuestas “para depurar el agua”, “para limpiar impurezas del agua”, “para limpiar residuos que contenga el agua”, “para filtrar agua”.

En el pretest, 30 docentes en formación de los 69 encuestados escribieron de forma correcta la respuesta, siendo el 43 % de los encuestados. 5 afirmaron que no sabían para qué podía servir. 5 dijeron que para medir el tiempo. El resto pensaba que podría servir para filtrar la arena, separar los componentes de la arena o para separar la arena de los líquidos.

En el posttest, tan sólo 2 docentes dicen que el uso del filtro lento de arena es separar las distintas de arenas, respondiendo de forma adecuada el 95 % de los docentes encuestados.

Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de aciertos antes y después de llevar a cabo la intervención, se ha utilizado la prueba U de Mann Whitney, que muestra que existe un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de aciertos después de construir el FLA (p -valor $<0,001$).

4.- ¿Cuál crees que es el porcentaje de agua dulce disponible en el planeta?

Inicialmente, más de la mitad (36 de los docentes entrevistados) desconocen el porcentaje de agua dulce disponible en el planeta, afirmando que incluso llega al 80 %, y sólo 33 docentes en formación se aproximan al 2 %. Se han contemplado como aciertos las respuestas entre 1 y 5 %.

En el posttest, el 75 % de los docentes en formación responden de forma correcta la pregunta. Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de aciertos antes y después de llevar a cabo la intervención, se ha utilizado la prueba U de Mann Whitney, indicando que existe un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de aciertos después de construir el FLA (p -valor $<0,05$).

5.- ¿Cuáles de los siguientes procesos, en los que interviene el agua, son químicos?

a) Fotosíntesis

- b) Calentar agua hasta evaporarla
- c) Disolver sal en agua
- d) Filtrar agua con arena

De todos los procesos indicados, sólo la fotosíntesis es un proceso químico. El resto constituyen cambios físicos. En la Figura 85 se muestran los porcentajes de alumnos que han elegido cada una de las opciones del ítem. Inicialmente, el 49,3 % seleccionó de forma adecuada la fotosíntesis como proceso químico. La idea de que una sustancia se desvanezca hace pensar que se ha convertido en otra distinta, de esta forma el 37,7 % creyó que calentar agua hasta evaporarla y disolver sal en agua eran procesos químicos. En comparación con los resultados del artículo original de Giraldo-Toro et al. (2015), los docentes en formación responden de forma acertada en un porcentaje inferior a los estudiantes de secundaria. En concreto, el 59 % de los alumnos de tercero de la E.S.O. que participan en el estudio eligen la respuesta correcta. El 30 % de los estudiantes de secundaria también creen que calentar agua hasta evaporarla es un proceso químico, considerando esta respuesta el mejor distractor. Por tanto, a pesar de conocer las diferencias que existen entre cambios físicos y químicos los estudiantes desconocen las implicaciones de esos cambios (de la Mata y Bernardo, 2011). En el postest, se observa un ligero incremento en la respuesta correcta, sin embargo, no hay diferencias estadísticamente significativas entre el número de aciertos del pretest y del postest (U de Mann Whitney, p -valor $>0,05$).

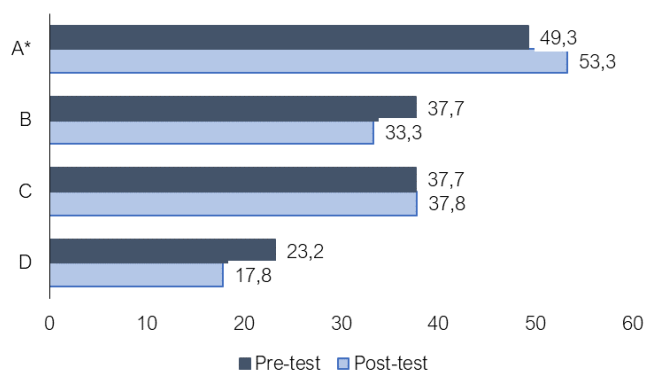


Figura 85. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en la pregunta 5 por los docentes de educación primaria en formación del cuestionario de conocimiento del FLA en el pretest y postest

6.- ¿Qué es lo que ocurre al añadir un detergente al agua?

- a) Reacciona con el agua y se produce espuma

- b) El detergente es más concentrado y denso, no se mezcla
- c) El detergente descompone el agua formando burbujas de hidrógeno y oxígeno
- d) **No reacciona, se mezcla**

Las moléculas de detergente están constituidas por una cola de hidrocarburos hidrófoba, que se orienta hacia la grasa y suciedad de la ropa y por una cabeza hidrófila orientada a las moléculas de H₂O, de esta forma el detergente arrastra la grasa de la ropa, sin producirse ninguna reacción química, simplemente, mezclándose. Comparando los resultados con el artículo original de Giraldo-Toro *et al.* (2015), al igual que los estudiantes de secundaria (9 %), los docentes en formación señalan en menor medida (13 %) la respuesta correcta (d). Cuando suceden cambios que se pueden considerar visualmente, los estudiantes piensan que ha ocurrido una reacción química, sobre todo si se han mezclado dos sustancias distintas. Los estudiantes tienen problemas para entender las diferencias entre mezclas y reacciones químicas (López-González y Vivas-Calderón, 2009). En la Figura 86 se observa que en el postest existe un ligero incremento en el porcentaje de alumnos que señalan la respuesta correcta, sin embargo, no hay diferencias significativas en el número de aciertos del pretest y del postest (U de Mann Whitney, p -valor>0,05).

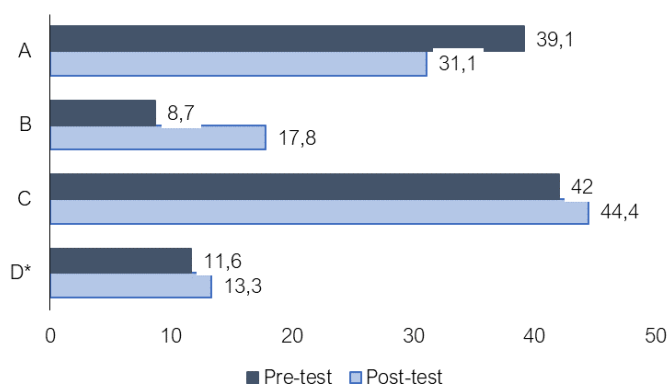


Figura 86. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en la pregunta 6 por los docentes de educación primaria en formación del cuestionario de conocimiento del FLA en el pretest y postest

7.- Al comparar el agua embotellada con el agua del grifo

- a) El agua del grifo es más potable
- b) Ambas son puras
- c) El agua embotellada es pura y la del grifo no
- d) **Ambas no son puras**

Tanto el agua embotellada como el agua del grifo contienen sales disueltas, por lo que no son sustancias puras, sino disoluciones, siendo la respuesta correcta la *d*. En la Figura 87 se muestran los porcentajes de alumnos que han elegido cada una de las opciones del ítem. El porcentaje de acierto es, tanto en el pretest como en el postest, del 62 %. Curiosamente, el artículo de Giraldo-Toro et al. (2015) donde recogen las respuestas para este cuestionario en alumnos de secundaria, el 70 % de los alumnos de 4º de la E.S.O. señala la respuesta correcta en esta pregunta. Para los alumnos de secundaria la mejor respuesta distractora es la *c* “*el agua embotellada es pura y la del grifo no*”, que representa el 41 % de la muestra, sin embargo, para los docentes en formación el mejor distractor es la respuesta *b* “*ambas son puras*”. En el mundo cotidiano se entiende como “puro” aquello que es “natural”, sin embargo, desde el punto de vista químico algo puro es que está constituido por un único elemento. Esta confusión en los términos es la que lleva en ocasiones a las personas a considerar la leche o el aire como sustancias puras. No hay diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de aciertos entre el pretest y el postest (U de Mann Whitney, p -valor>0,05).

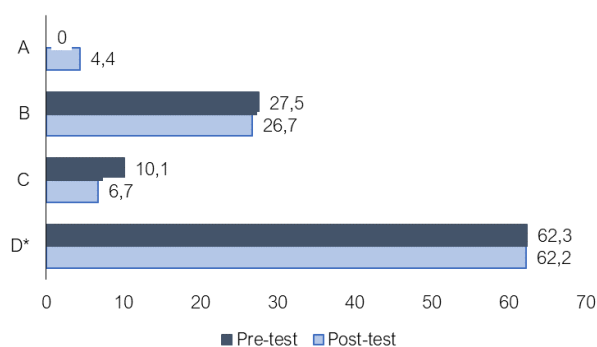


Figura 87. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en la pregunta 7 por los docentes de educación primaria en formación del cuestionario de conocimiento del FLA en el pretest y postest

8.- En los ríos se desarrolla la vida de los seres vivos. En verano, al aumentar la temperatura, los ríos contienen

- a) Mayor cantidad de oxígeno disuelto
- b) Menor cantidad de oxígeno disuelto**
- c) El agua no contiene gases
- d) Los seres acuáticos no necesitan oxígeno

En las disoluciones líquido-gas, un aumento de la temperatura supone una disminución de la cantidad de soluto presente en la disolución, a diferencia de las disoluciones líquido-sólido, en las que un aumento de temperatura favorece una mayor disolución del soluto. En la figura 88

se observa que inicialmente, el 55 % de los docentes en formación inicial responden de forma correcta, de igual forma en el artículo original de Giraldo-Toro et al. (2015), donde el 50 % de los alumnos de segundo de la E.S.O. responden correctamente este ítem. El 51 % de los alumnos de secundaria poseen la idea alternativa de que al aumentar la temperatura del río contiene mayor contenido en oxígeno y es considerada la respuesta como mejor distractor; en el caso de los docentes en formación inicial alrededor del 40 % tiene esta idea alternativa. En el postest, se observa un ligero incremento en la respuesta correcta, sin embargo, no hay diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje de aciertos del pretest y del postest (U de Mann Whitney, p -valor $>0,05$).

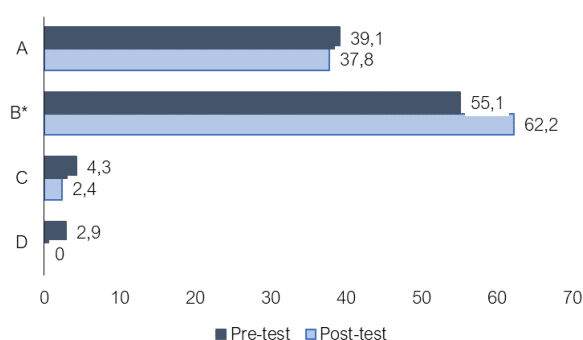


Figura 88. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en la pregunta 8 por los docentes de educación primaria en formación del cuestionario de conocimiento del FLA en el pretest y postest

9.- Al añadir cloro al gua

- Se contamina porque se añaden sustancias extrañas al agua y no se puede beber
- Da lugar a una sustancia que se llama amoniaco y tiene un olor fuerte
- No contamina porque el agua también es un producto químico

d) El cloro es utilizado para potabilizar el agua dentro de unos límites de concentración

El cloro cuando es añadido al agua (en unos determinados límites de concentración) actúa como desinfectante, capaz de reducir los microorganismos y el crecimiento de algas potabilizando así el agua. En la Figura 89 se observa que los docentes en formación inicial eligen en su mayoría la respuesta correcta, la *d*. Los resultados obtenidos son muy similares a los obtenidos en el artículo original de Giraldo-Toro et al. (2015), en el cual alrededor del 20 % de los estudiantes de secundaria considera que el agua se está contaminando al añadir cloro, un porcentaje similar al obtenido en el pretest de los docentes en formación. Mientras que el 80 % de los alumnos de 4º de la E.S.O. seleccionan la respuesta correcta. En el postest, se observa un ligero incremento en la respuesta correcta, sin embargo, no hay diferencias estadísticamente

significativas entre el porcentaje de aciertos del pretest y del posttest (U de Mann Whitney, p -valor $>0,05$).

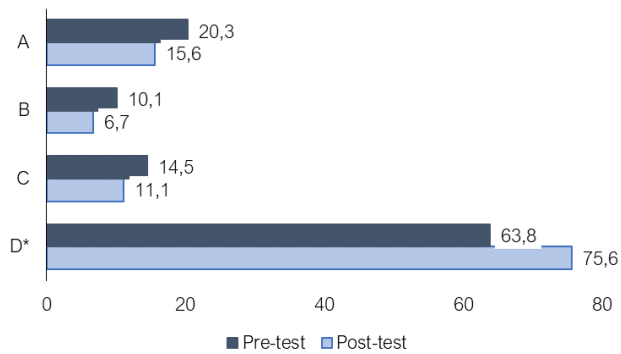


Figura 89. Evolución en el porcentaje de respuestas señaladas en la pregunta 9 por los docentes de educación primaria en formación del cuestionario de conocimiento del FLA en el pretest y posttest

La hipótesis inicial planteada se orientó a analizar la evolución en el conocimiento ambiental, los resultados mostrados en la Tabla 25 (p -valor $<0,05$) muestra que tras la intervención existe una mejora significativa del test de conocimiento ambiental, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis 16, el uso de metodologías activas influye en el conocimiento ambiental de los estudiantes.

4.10.3. *Hipótesis 17. El conocimiento científico de los docentes en formación mejora después de implementar intervenciones basadas en el aprendizaje activo*

En este caso, la información referente al conocimiento científico se ha extraído de la actividad del sendero de indagación botánico. En el cuestionario se incluyeron preguntas de contenido científico relacionadas con las actividades desarrolladas durante el sendero de indagación botánico. En la tabla 26 se muestran los resultados del porcentaje de acierto de cada una de las preguntas. Para dar respuesta a esta hipótesis se ha utilizado el test de Wilcoxon (por ser muestras pareadas).

Tabla 26. Porcentaje de respuestas correctas en el cuestionario de conocimiento científico relacionado con el sendero de indagación botánico

	Porcentaje de respuestas correctas		Test de Wilcoxon
	Pretest	Postest	
1.- ¿Podrías decir algún mecanismo de las plantas para evitar ser comidas por herbívoros?	34,1 %	65,9 %	<0,001
2.- ¿Podrías decir algún mecanismo de las plantas para evitar la competencia de otras plantas?	3,9 %	30,2 %	<0,001
3.- ¿Crees que las plantas pueden hacer algo para modificar su entorno más próximo? ¿Por qué?	41,1 %	79,4 %	<0,001
4.- ¿Cómo son las hojas de los cactus o de las chumberas?	24,8 %	35,7 %	0,08
5.- ¿Las plantas pueden tener tumores?	62,0 %	88,1 %	<0,001
6.- ¿Los insectos pueden producir tumores?	61,0 %	94,7 %	<0,001
7.- ¿Conoces alguna familia de plantas de interés para el ser humano?	3,1 %	54,7 %	<0,001
8.- ¿Conoces alguna planta de la que se extraiga algún medicamento para luchar contra el cáncer?	0 %	60,3 %	<0,001
9.- ¿Los tallos de las plantas son siempre redondos? ¿Conoces algún caso donde el tallo tenga otra forma?	79,7 %	87,7 %	0,332
10.- Hay flores que imitan la apariencia de insectos, ¿por qué crees que es así?	22 %	28,1 %	0,178
Puntuación total	33,2± 21,4	62,5 ± 25,2	<0,001

A continuación, se explica cómo se han analizado y puntuado las preguntas.

1.- ¿Podrías decir algún mecanismo de las plantas para evitar ser comidas por herbívoros?

Se han considerado como respuestas correctas aquellas que indicasen que el desarrollo de espinas, de compuestos amargos o tóxicos son mecanismos para evitar la depredación. En el pretest el 34,1 % de los docentes en formación escribieron de forma correcta la respuesta. En el postest casi el 66 % de los encuestados quienes respondieron de forma adecuada a la pregunta. Algunas de las respuestas erróneas que se han encontrado en el análisis hacían alusión a que las plantas buscan refugios, producen semillas y esporas o que se camuflan.

Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el conocimiento científico antes y después de llevar a cabo la intervención, se ha utilizado el test de Wilcoxon, que muestra que existe un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de respuestas correctas después realizar el sendero de indagación botánico (p -valor $<0,001$).

2.- ¿Podrías decir algún mecanismo de las plantas para evitar la competencia de otras plantas?

Las respuestas correctas indicaron mecanismos como crecer más rápido y producir toxinas para las otras plantas (alelopatía). Al inicio, tan solo el 4 % de los docentes encuestados respondieron de forma correcta, la mayor parte de ellos dijeron que no sabían o probaron con cosas como el color, tener tropismos, olores... indicando que no entendían a qué se refería la pregunta. Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el conocimiento científico antes y después de llevar a cabo la intervención se ha utilizado el test de Wilcoxon, que muestra que existe un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de respuestas correctas en este ítem después realizar el sendero de indagación botánico (p -valor $<0,001$).

3.- ¿Crees que las plantas pueden hacer algo para modificar su entorno más próximo? ¿Por qué?

La respuesta correcta es sí. En algunos casos, los estudiantes aportan ejemplos como acidificar el suelo, secretar compuestos alelopáticos indicando que lo hacen para asegurar su supervivencia y eliminar competidores. Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el conocimiento científico antes y después de llevar a cabo la intervención, se ha utilizado el test de Wilcoxon, que muestra que existe un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de respuestas correctas después realizar el sendero de indagación botánico (p -valor $<0,001$).

4.- ¿Cómo son las hojas de los cactus o las chumberas?

Se ha considerado como respuesta correcta aquellas que indican que los cactus no tienen hojas o que sus hojas han quedado reducidas a una espina. Algunas de las respuestas incorrectas encontradas fueron que las hojas de un cactus o una chumbera son aplanadas, con formas ovaladas y espinas (lo cual es una descripción del tallo). Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el conocimiento científico antes y después de llevar a cabo la intervención, se ha utilizado el test de Wilcoxon, que muestra que existe un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de respuestas correctas después realizar el sendero de indagación botánico (p -valor $<0,001$).

5.- ¿Las plantas pueden tener tumores? y 6.- ¿Los insectos pueden producir tumores?

Son preguntas de sí o no. Sólo alguno de los que respondieron sí dieron ejemplos como “sí, porque tienen células y estas pueden mutar”. En el caso de los insectos, algunos estudiantes mencionaron las agallas de los robles.

Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el conocimiento científico antes y después de llevar a cabo la intervención, se ha utilizado el test de Wilcoxon, que muestra que existe un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de respuestas correctas después realizar el sendero de indagación botánico (p -valor $<0,001$).

7.- ¿Conoces alguna familia de plantas de interés para el ser humano?

En esta pregunta se han considerado correctas las respuestas que indicasen familias verdaderas de plantas con cierto interés para los humanos, como es el caso de las gramíneas (única que dieron como respuesta en el pretest), rosáceas, asteráceas, oleáceas y solanáceas (que aparecieron el postest). Entre las respuestas incorrectas más típicas se encuentran la marihuana, las infusiones, los frutales y las especias.

Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el conocimiento científico hacia este ítem antes y después de llevar a cabo la intervención, se ha utilizado el test de Wilcoxon, que muestra que existe un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de respuestas correctas después realizar el sendero de indagación botánico (p -valor $<0,001$).

8.- ¿Conocer alguna planta de la que se extraiga algún medicamento para luchar contra el cáncer?

En el pretest ningún estudiante dio una respuesta correcta, incluyendo entre las respuestas la marihuana, el ajo, paracetamol o muérdago. Sin embargo, en el postest los estudiantes que respondieron de forma adecuada todos hicieron alusión al tejo (*Taxus baccata*) del cual se extrae el taxol. Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el conocimiento científico antes y después de llevar a cabo la intervención, se ha utilizado el test de Wilcoxon, que muestra que existe un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de respuestas correctas después realizar el sendero de indagación botánico (p -valor $<0,001$).

9.- ¿Los tallos de las plantas son siempre redondos? ¿Conoces algún caso donde el tallo tenga otra forma?

Las respuestas correctas son las que indicaron que no, pero ejemplos en el pretest sólo apareció uno, el cactus. En el posttest ya aparece más variedad de respuestas y mencionan que pueden existir tallos cuadrados como la menta o el romero. Sin embargo, desde el inicio ya hubo un porcentaje elevado de respuestas correctas. Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de respuestas correctas antes y después de llevar a cabo la intervención, se ha utilizado el test de Wilcoxon, que muestra que no existe un aumento estadísticamente significativo en el porcentaje de aciertos en este ítem después realizar el sendero de indagación botánico (p -valor $>0,05$).

10.- Hay flores que imitan la apariencia de insectos, ¿por qué crees que es así?

Las respuestas correctas son las que indicaron que era para atraer insectos y facilitar la polinización. Las incorrectas indicaban que era para ahuyentar a los insectos o depredadores o para camuflarse. Inicialmente, el 22 % respondió de forma adecuada a la pregunta, mientras que en el posttest este porcentaje asciende hasta el 28 %, se ha utilizado el test de Wilcoxon para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de respuestas correctas antes y después de llevar a cabo la intervención, los resultados obtenidos botánico (p -valor $>0,05$) muestran que no existe un aumento estadísticamente significativo en nivel de conocimiento científico en este ítem después realizar el sendero de indagación.

Los resultados obtenidos sugieren que, tras realizar el sendero de indagación, los futuros docentes mejoran sus conocimientos científicos sobre contenido botánico, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis 17, el conocimiento científico de los docentes en formación mejora después de implementar intervenciones basadas en el aprendizaje activo.

4.11. Discusión de los resultados del Objetivo Específico V

Finalmente, las hipótesis del Objetivo Específico V (Tabla 27) conducen a analizar la evolución de conocimiento que experimentan los docentes de educación primaria en formación frente a distintas estrategias didácticas implementadas.

Tabla 27. Resumen de las hipótesis y las conclusiones del Objetivo Específico V

Objetivo Específico V		
Analizar la evolución del nivel de conocimiento que experimentan los docentes de educación primaria en formación frente a distintas estrategias didácticas implementadas		
	Hipótesis de investigación	Conclusión
OE5	H16 El uso de metodologías activas influye en el conocimiento ambiental de los estudiantes	Se acepta. Tras implementar un aprendizaje basado en proyectos, los docentes en formación inicial mejoran sus conocimientos ambientales
	H17 El conocimiento científico de los docentes en formación mejora después de implementar intervenciones basadas en el aprendizaje activo	Se acepta. Los docentes en formación mejoran su conocimiento científico después de hacer una actividad de indagación

Durante la formación de docentes no puede faltar una educación explícita sobre competencias emocionales, porque reporta beneficios tanto en su propio bienestar como a nivel académico (Frenzel et al., 2009). Bisquerra (2021) dentro de su clasificación emocional distingue también una dimensión profesional de las emociones, a las que se refiere como “estéticas” y tiene que ver con la pasión que genera un trabajo bien hecho o la satisfacción que produce observar una excelente realización profesional. Estas emociones estéticas también se pueden vivir durante la construcción y aprendizaje de conocimiento científico, pues puede provocar en los docentes en formación inicial, y en cualquier persona, un regocijo interior que es fuente de gran satisfacción personal, que puede comprender la mezcla de emoción y cognición, son emociones asociadas a procesos estéticos de carácter intelectual. La formación de maestros requiere de un aprendizaje creativo, reflexivo, que promueva oportunidades para criticar y revisar sus propios procesos de enseñanza (Craft et al., 2007) y considere no sólo el progreso en los conocimientos científicos, sino, también contemple y valore sus ideas, sus actitudes y su dominio afectivo.

En las dos intervenciones donde se ha medido el nivel de conocimiento científico, se observa un incremento. Wilhelm et al. (2019) demandan el desarrollo de conocimiento pedagógico y también didáctico durante la formación científica de los maestros, ya que los maestros en formación inicial deben aprender conocimiento científico al mismo tiempo que deben estar orientados a un aprendizaje pedagógico. Las tradicionales clases basadas en libros de texto

aburren a los estudiantes (Breidenstein, 2007): es necesario reflexionar sobre la urgencia de un cambio metodológico en las clases de colegio. La creación del FLA supone una oportunidad para los docentes en formación inicial de aprender a través de la aplicación del método científico integrando lo ST²EAM (Science, Technology, Transformative learning, Engineering, Arts, and Mathematics²²) (Hernández-Barco et al., 2021b) apostando también por la inclusión de la sostenibilidad, contribuyendo así con la educación superior en el desarrollo sostenible (Laurie et al., 2016). Por otro lado, con esta actividad también se fomenta el desarrollo de las competencias requeridas por el plan Bolonia relacionadas con la gestión del tiempo, la resolución de problemas o aprendizaje colaborativo. Las grandes teorías de la psicología y pedagogía que justifican y explican el aprendizaje cooperativo son las de Piaget y Vigotsky. Piaget (1978) afirmó que los estudiantes son sujetos activos en su aprendizaje, que conocen el mundo actuando sobre él. Son constructores de su propio conocimiento como un proceso de interacción entre lo que conocen y lo que está por conocer. Surge entonces el aprendizaje como un proceso continuo de interacción entre iguales donde aparece la confrontación de puntos de vista divergentes.

A través de intervenciones como las descritas en esta Tesis Doctoral, se pretenden generar climas de aula confortables, que permita a los futuros maestros sentirse capacitados y dispuestos a incluir la sostenibilidad integral como principio vertebrador en el día a día de sus aulas en educación primaria: y ese es el gran reto. Wolff et al. (2017) encuentran dos motivos por los cuales incluir la sostenibilidad en la formación de maestros es una cuestión compleja: en primer lugar, porque entra en conflicto con la mayoría de las tendencias políticas y sociales y, en segundo lugar, porque la formación de maestros es realizada en la universidad y está basada en disciplinas académicas separadas. Nuestra propuesta es realizar un abordaje interdisciplinar que además permita cubrir las habilidades que se requieren los contextos actuales de nuestro siglo: pensamiento crítico, creatividad, colaboración y comunicación (Tang et al., 2020). Coincidimos con Wolff et al. (2017), en que, si no educamos a los docentes en formación en una sostenibilidad integral, difícilmente éstos serán capaces de educar en el contexto: se está cometiendo un grave error si permitimos que los docentes de educación primaria en formación entren en el mercado laboral sin los conocimientos y habilidades que requiere una educación por una sostenibilidad integral.

²² Ciencia, Tecnología, Aprendizaje transformador, Ingeniería, Arte y Matemáticas

En general, la realización de actividades prácticas de laboratorio y en el exterior con docentes en formación mejora no sólo la dimensión emocional de los docentes de educación primaria en formación, sino que, además, mejora el nivel de conocimientos y fomenta la adquisición de competencias científicas (como la manipulación de instrumentos), haciendo que el aprendizaje sea más motivador y generando mayor tranquilidad y bienestar (Sánchez-Martín et al., 2017). Realizar experiencias como el sendero de indagación botánico al aire libre tiene efectos muy beneficiosos en la formación de maestros (Costillo et al., 2017) pues, al mismo tiempo que pueden adquirir competencias científicas, se les capacitará para vivir vidas saludables, sostenibles y completas (Marcos-Merino et al., 2020). La inclusión de este tipo de actividades científicas con docentes en formación es necesaria para mejorar las actitudes y comportamientos ambientales (Marcos-Merino et al., 2020).



CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES GENERALES

GENERAL CONCLUSIONS

5. CONCLUSIONES GENERALES

En esta Tesis Doctoral se ha analizado la evolución emocional que ha experimentado una muestra de docentes en formación inicial a lo largo de tres cursos académicos y el impacto que ha tenido la implementación de diferentes estrategias en sus emociones, su percepción de autoeficacia y en su nivel de conocimiento científico.

De acuerdo con el **Objetivo General I**, se concluye que: tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado de Educación Primaria los docentes en formación experimentan una evolución favorable en las dimensiones afectivas analizadas, tanto en las emociones como en la percepción de autoeficacia, asimismo se obtiene una evolución significativa en el conocimiento científico.

Con respecto al **Objetivo Específico I**, donde se buscaba analizar la dimensión emocional de los docentes en formación inicial tras cursar las asignaturas científicas del grado, se obtiene que los docentes señalan más emociones positivas después de cursar las asignaturas de ciencias (H1). Se encuentran diferencias en las emociones que manifiestan sentir hacia las distintas áreas científicas, señalan más emociones positivas hacia los contenidos de biología y geología que hacia los de física y química (H2). En las emociones que señalan los docentes en formación hacia las ciencias no influye el género (H3) ni el bachillerato de procedencia (H4). En la Tabla 28 se incluye un resumen de las distintas hipótesis que conforman el Objetivo Específico 1 de la Tesis Doctoral.

Tabla 28. Resumen de las hipótesis de investigación y conclusiones con relación al Objetivo Específico 1

Objetivo General I			
Analizar la evolución emocional y cognitiva que experimentan los docentes de educación primaria en formación antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria			
Objetivo Específicos	Hipótesis de investigación	Conclusión	
OE1. Analizar la evolución emocional que experimentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria frente a los distintos contenidos científicos	H1	Los docentes de educación primaria en formación señalan más emociones positivas hacia los contenidos de física y química después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta
	H2	Los docentes de educación primaria en formación señalan más emociones positivas hacia los contenidos de biología y geología después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta
	H3	El género no influye en las emociones sentidas por los docentes de educación primaria en formación después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta
	H4	El bachillerato de procedencia no afecta en las emociones señaladas por los docentes de educación primaria en formación después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta

Con respecto al **Objetivo Específico II**, donde se analiza la evolución de la autoeficacia de la muestra, se concluye que existe un incremento significativo de la percepción de autoeficacia de los docentes en formación inicial una vez cursan las asignaturas científicas del grado (H5), sin que influya ni el género (H6) ni el bachillerato de procedencia (H7). Además, se encuentran asociaciones entre tener una alta percepción de autoeficacia y sentir emociones positivas y tener una baja percepción de autoeficacia y sentir emociones negativas (H8). En la Tabla 29 se incluye un resumen de las distintas hipótesis que conforman el Objetivo Específico 2 de la Tesis Doctoral.

Tabla 29. Resumen de las hipótesis de investigación y conclusiones con relación al Objetivo Específico 2

Objetivo General I			
Analizar la evolución emocional y cognitiva que experimentan los docentes de educación primaria en formación después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado de educación primaria			
Objetivo Específico	Hipótesis de investigación		Conclusión
OE2. Analizar la evolución de la percepción de autoeficacia de los docentes en formación de educación primaria después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	H5	Los docentes de educación primaria en formación aumentan su percepción de autoeficacia de forma significativa después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta
	H6	El género no influye en la percepción de autoeficacia después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta
	H7	El bachillerato de procedencia no influye en la percepción de autoeficacia después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta
	H8	Los docentes de educación primaria en formación con una mayor percepción de autoeficacia manifiestan sentir mayor número de emociones positivas	Se acepta

Con respecto al **Objetivo Específico III**, donde se analiza la dimensión cognitiva, se concluye que existen diferencias entre el nivel de conocimiento científico de los docentes en formación inicial antes y después de cursar las asignaturas científicas del grado, siendo significativamente mayor después de realizar las intervenciones (H9). Inicialmente se consideró que podría existir una relación de asociación entre la dimensión emocional y cognitiva, planteándose como hipótesis que aquellos docentes en formación que manifestaran sentir más emociones positivas serían aquellos con mayor nivel de conocimiento científico, sin embargo, una vez realizados los análisis no se encuentra relación entre la dimensión afectiva y cognitiva de los docentes en formación inicial, rechazándose la H10. También se quisieron explorar las relaciones entre la variable autoeficacia y conocimiento científico, buscando que aquellos docentes que presentan más nivel de conocimiento científico también manifiestan mayor percepción de autoeficacia, los resultados muestran que tampoco existe una asociación significativa entre las variables, por lo que se rechaza la H11. Las variables género (H12) y bachillerato de procedencia (H13) no influyen en el nivel de conocimiento científico de los docentes en formación inicial después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria. En la Tabla 30

se incluye un resumen de las distintas hipótesis que conforman el Objetivo Específico 3 de la Tesis Doctoral.

Tabla 30. Resumen de las hipótesis de investigación y conclusiones con relación al Objetivo Específico 3

Objetivo General I			
Analizar la evolución emocional y cognitiva que experimentan los docentes de educación primaria en formación después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado de educación primaria			
Objetivo Específico	Hipótesis de investigación	Conclusión	
OE3. Analizar la evolución del nivel de conocimiento que presentan los docentes en formación de educación primaria tras cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	H9	Existen diferencias en el nivel de conocimiento científico de los docentes en formación antes y después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta
	H10	Los docentes en formación que presentan mayor nivel de conocimiento científico son los que señalan más emociones positivas después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se rechaza
	H11	Los docentes en formación que presentan más nivel de conocimiento científico manifiestan mayor percepción de autoeficacia después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se rechaza
	H12	No existen diferencias significativas según el género en el conocimiento científico después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta
	H13	El bachillerato de procedencia no influye en el conocimiento científico después de cursar las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria	Se acepta

El **Objetivo General II**, conformado por el **Objetivo Específico IV y V**, se centra en diseñar y aplicar propuestas metodológicas que promuevan una enseñanza y aprendizaje de las ciencias emocionalmente positiva de los docentes de educación primaria en formación en las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria, para ello se han descrito las distintas intervenciones en el Capítulo 4 de la presente Tesis Doctoral, ofreciendo los materiales y recursos necesarios para la implementación de cada una de ellas, describiendo las experiencias, y se ha realizado un análisis del rendimiento emocional para cada una de las intervenciones. En cuanto a la validez y eficacia de las intervenciones educativas realizadas, los resultados obtenidos muestran que los docentes en formación que han participado en ellas han experimentado con mayor frecuencia emociones positivas y activadoras, y menos emociones negativas y desactivadoras; la metodología seguida ha sido atribuida en diferentes ocasiones por los docentes en formación como causa de emociones positivas. En la Tabla 31 se incluye un resumen de las distintas hipótesis que conforman el Objetivo Específico 4 de la Tesis Doctoral.

Tabla 31. Resumen de las hipótesis de investigación y conclusiones con relación al Objetivo Específico 4

Objetivo General II			
Diseñar, aplicar y evaluar propuestas metodológicas que promuevan una enseñanza y aprendizaje de las ciencias emocionalmente positiva de los docentes en educación primaria en formación en las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria			
Objetivo Específico	Hipótesis de investigación		Conclusión
OE4. Analizar la valoración afectiva que realizan los docentes en formación de educación primaria hacia las distintas estrategias didácticas implementadas	H14	El uso de metodologías activas durante la formación científica de docentes genera emociones activadoras	Se acepta
	H15	La percepción de autoeficacia hacia la enseñanza de las ciencias de los docentes en formación aumenta después de implementar metodologías activas	Se acepta

Con respecto a las hipótesis planteadas sobre las intervenciones realizadas, los resultados obtenidos nos permiten aceptar que el uso de metodologías activas durante la formación científica de docentes genera emociones activadoras. En general, los docentes en formación inicial afirman sentir diversión, alegría, sorpresa, curiosidad... durante la realización de las actividades. Por otro lado, se ha analizado el impacto que tiene en la autoeficacia el participar como estudiante en este tipo de intervenciones (H15). En este caso, tras la realización del filtro lento de arena la mayoría de docentes en formación afirma sentirse más capacitados para enseñar ciencias y consideran que haber elaborado un filtro lento de arena influirá en su forma de enseñar ciencias cuando sean maestros.

Además, en el **Objetivo Específico V** se han incluido dos hipótesis para analizar la evolución del conocimiento que han experimentado los estudiantes en dos de las intervenciones que se han llevado a cabo, en la Tabla 32 se incluye un resumen de las distintas hipótesis que conforman el Objetivo Específico 5 de la Tesis Doctoral.

Tabla 32. Resumen de las hipótesis de investigación y conclusiones con relación al Objetivo Específico 5

Objetivo General II			
Diseñar, aplicar y evaluar propuestas metodológicas que promuevan una enseñanza y aprendizaje de las ciencias emocionalmente positiva de los docentes en educación primaria en formación en las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria			
Objetivo Específico	Hipótesis de investigación		Conclusión
OE5. Analizar la evolución del nivel de conocimiento que experimentan los docentes de educación primaria en formación frente a distintas estrategias didácticas implementadas	H16	El uso de metodologías activas influye en el conocimiento ambiental de los estudiantes	Se acepta
	H17	El conocimiento científico de los docentes en formación mejora después de implementar intervenciones basadas en el aprendizaje activo	Se acepta

Durante la construcción del filtro lento de arena se recogieron datos del conocimiento científico relacionado con cuestiones de sostenibilidad y medio ambiente. Los resultados

obtenidos llevan a aceptar la hipótesis (H16), existiendo un incremento significativo en la nota de cuestionario de los docentes en formación inicial tras realizar la intervención. En segundo lugar, se analizó el conocimiento botánico de los docentes en formación inicial antes y después de realizar una actividad de indagación (H17), los resultados obtenidos muestran que existe un incremento en el conocimiento científico en los estudiantes que han participado.

Que el alumnado conozca sus emociones es el primer paso para poder actuar y realizar las modificaciones pertinentes sobre sus actitudes por medio de la reflexión para que den importancia a su actuación en el aula como docentes y hacerles responsables a través de su implicación social del desarrollo humano y científico, a través de la implementación en el aula de ciencias de estrategias didácticas promotoras de experiencias positivas en el alumnado de educación primaria. La formación de docentes debe ofrecer experiencias que genere cambios en su dominio afectivo, encendiendo emociones activadoras, y donde ellos mismos comprendan que es posible enseñar y aprender ciencias utilizando otras estrategias metodológicas donde los estudiantes se impliquen y se enfrenten a sus propias dificultades, viendo sus debilidades, detectando sus ideas erróneas siendo conscientes de que las tienen y de que las pueden cambiar. A lo largo del estudio, se han mostrado las diferencias a nivel emocional y cognitivos y concluimos que la metodología utilizada por el docente influye de forma considerable en el componente afectivo de los estudiantes. Conseguir que el alumnado se implique en la asignatura y dinamizar los contenidos teóricos es necesario para facilitar un buen clima de aula que propicie un aprendizaje significativo y una mejora en la percepción de autoeficacia de los docentes de educación primaria en formación. Un resultado probado de esta investigación es la necesidad de un profesorado científica y emocionalmente competente que pueda facilitar el proceso de revertir estas emociones negativas de los estudiantes. Los docentes capaces de hacer esto deben estar dispuestos a implicarse con el grupo-clase y realizar actividades científicas alejándose o complementando las tradicionales clases transmisivas con otras más atractivas y activas para los estudiantes.

GENERAL CONCLUSIONS

In the current Doctoral Thesis, the emotional performance of a prospective teachers sample during three academic years, and the emotional impact that the implementation of different strategies has had in their self-efficacy perception and their scientific knowledge has been analyzed.

According to General Objective I, it is concluded that: after taking the science subjects of the Primary Education Degree, prospective teachers experience a favorable evolution in the affective dimensions analyzed, both in emotions and in the perception of self-efficacy, as well as a significant evolution in scientific knowledge.

Regarding **Specific Objective I**, which aimed to analyze the emotional dimension of prospective teachers after taking the science subjects of the Degree, it was found that teachers report more positive emotions after taking the science subjects (H1). Differences are found in the emotions they report feeling towards the different scientific areas, with more positive emotions towards the contents of biology and geology than towards physics and chemistry (H2). Neither gender (H3) nor background studies (H3) have any influence in the emotions reported by prospective teachers. Table 33 includes a summary of the different hypotheses that make up Specific Objective 1 of the Doctoral Thesis.

Tabla 33. Hypothesis and conclusions related to Specific Objective 1

General Objective I			
To analyse the emotional and cognitive evolution experienced by trainee primary school teachers before and after taking the science subjects of the Degree in Primary Education			
Specific Objective	Hypothesis	Conclusion	
SO1. To analyse the emotional evolution experienced by trainee primary education teachers after taking the science subjects of the Degree in Primary Education in relation to the different scientific contents	H1	Prospective Primary teachers report more positive emotions after taking the science subjects of the Degree in Primary Education	Accepted
	H2	Prospective Primary teachers experience more positive emotions towards biology and geology than towards physics and chemistry after taking the science subjects of the Degree in Primary Education	Accepted
	H3	Gender does not influence the emotions felt by prospective Primary teachers after taking science subjects in the Degree in Primary Education	Accepted
	H4	Background studies does not affect the emotions reported by prospective Primary teachers after taking the science subjects of the Degree in Primary Education	Accepted

With regard to **Specific Objective II**, which analyzes the evolution of the self-efficacy of the sample, it is concluded that there is a significant increase in the perception of self-efficacy of the

teachers in initial training once they have studied the science subjects of the degree (H5), with no influence of either gender (H6) or the background studies (H7). Furthermore, associations are found between having a high perceived self-efficacy and feeling positive emotions and having a low perceived self-efficacy and feeling negative emotions (H8). Table 34 includes a summary of the different hypotheses that make up Specific Objective 2 of the Doctoral Thesis.

Tabla 34. Hypothesis and conclusions related to Specific Objective 2

General Objective I			
To analyse the emotional and cognitive evolution experienced by prospective Primary teachers before and after taking the science subjects of the Degree in Primary Education			
Specific Objective	Hypothesis	Conclusion	
SO2. To analyse the evolution of the self-efficacy perception of trainee primary education teachers after taking the science subjects of the Degree in Primary Education	H5	Prospective Primary teachers significantly increase their perception of self-efficacy after taking the science subjects of the Degree in Primary Education	Accepted
	H6	Gender does not influence the perception of self-efficacy after taking science subjects in the Degree in Primary Education	Accepted
	H7	Background studies does not influence the perception of self-efficacy after taking science subjects in the Degree in Primary Education	Accepted
	H8	Prospective Primary teachers with higher perceived self-efficacy report feeling more positive emotions.	Accepted

The cognitive dimension is analyzed in **Specific Objective III** and it is concluded that, after taking the science subjects of the Degree, the scientific knowledge increased significantly (H9). Initially, it was considered that there could be a relationship of association between the emotional and cognitive dimensions, and it was hypothesized that those prospective teachers who reported feeling more positive emotions would be those with a higher level of scientific knowledge; however, since no relationship was found between the affective and cognitive dimensions, then H10 was rejected. The relationship between self-efficacy and scientific knowledge have been also explored, looking for those prospective teachers who have a higher level of scientific knowledge also show a higher perception of self-efficacy, the results showed that there is no significant association between the variables, so H11 is rejected. The variables gender (H12) and background studies (H13) do not influence the level of scientific knowledge of teachers in initial training after taking the science subjects of the Bachelor's Degree in Primary Education. Table 35 includes a summary of the different hypotheses that make up Specific Objective III of the Doctoral Thesis.

Tabla 35. Hypothesis and conclusions related to Specific Objective 3

General Objective I			
To analyse the emotional and cognitive evolution experienced by prospective Primary teachers before and after taking the science subjects of the Degree in Primary Education			
Specific Objective	Hypothesis	Conclusion	
SO3. To analyze the evolution of prospective Primary teachers scientific knowledge after taking the science subjects of the Degree in Primary Education.	H9	There are differences in the prospective Primary teachers scientific knowledge after taking the science subjects of the Degree in Primary Education	Accepted
	H10	Prospective Primary teachers with a higher level of scientific knowledge report more positive emotions after taking the science subjects of the Degree in Primary Education	Rejected
	H11	Prospective Primary teachers with a higher level of scientific knowledge report a higher perception of self-efficacy after taking the science subjects of the Degree in Primary Education	Rejected
	H12	Gender does not influence the scientific knowledge level after taking science subjects in the Degree in Primary Education	Accepted
	H13	Background studies does not influence the scientific knowledge level after taking science subjects in the Degree in Primary Education	Accepted

General Objective II, conformed by **Specific Objective IV** and **V**, focuses on designing and applying methodological proposals that promote an emotionally positive teaching and learning of science during teachers in training in the science subjects of the Degree in Primary Education. For this purpose, the different interventions have been described in Chapter 4 of this Doctoral Thesis. The materials and resources necessary for the implementation have been offered, whereas the emotional performance has been analyzed for each intervention. Regarding the validity and effectiveness of the educational interventions carried out, the results obtained show that prospective teachers involved have experienced more frequently positive and activating emotions than negative and deactivating emotions. Prospective teachers have selected the methodology as a main factor of positive emotions. Table 36 includes a summary of the different hypotheses that make up Specific Objective VI of the Doctoral Thesis.

Tabla 36. Hypothesis and conclusions related to Specific Objective 4

General Objective II			
To design, apply and evaluate methodological proposals that promote emotionally positive science teaching and learning for prospective primary teachers in the science subjects of the Degree in Primary Education			
Specific Objective	Hypothesis	Conclusion	
SO4. To analyse the affective appraisal made by prospective primary teachers towards the different teaching strategies implemented	H14	The use of active methodologies during science teacher training generates activating emotions	Accepted
	H15	Prospective teachers' perceived self efficacy towards science increases after implementing active methodologies	Accepted

With regard to the hypotheses raised about the interventions carried out, the results obtained allow us to accept that the use of active methodologies during scientific teacher training

generates activating emotions. In general, the prospective teachers reported feeling fun, joy, surprise, curiosity, etc. during the activities. On the other hand, the impact on self-efficacy of participating as a student in this type of intervention was analysed (H15). In this case, after the slow sand filter, the majority of prospective teachers say that they feel more capable of teaching science and think that having developed a slow sand filter will influence the way they teach science when they become teachers.

Specific Objective V explores the evolution of the knowledge that students have experienced in two of the interventions that have been carried out in this Doctoral Thesis. Table 37 includes a summary of the different hypotheses that make up Specific Objective V of the Doctoral Thesis.

Tabla 37. Hypothesis and conclusions related to Specific Objective 5

General Objective II			
To design, apply and evaluate methodological proposals that promote emotionally positive science teaching and learning for prospective primary teachers in the science subjects of the Degree in Primary Education			
Specific Objective	Hypothesis		Conclusion
SO5. To analyze the prospective teachers' knowledge development in relation to different didactic implementations	H16	The implementation of active methodologies impacts on students' environmental knowledge	Accepted
	H17	The scientific knowledge of prospective teachers improves after implementing interventions based on active learning	Accepted

During the construction of the SSF, data was collected on scientific knowledge related to sustainability and environmental issues. The results obtained led to the acceptance of the hypothesis (H16) that there was a significant increase in the questionnaire score of the pre-service teachers after the intervention. Secondly, the botanical knowledge of the pre-service teachers was analysed before and after carrying out an inquiry activity (H17), the results obtained show that there is an increase in the scientific knowledge of the students who participated.

Getting the students to know their emotions is the first step to be able to act and make the appropriate changes in their attitudes, through reflection, so that they give importance to their performance in the classroom as teachers and to make them responsible through their social involvement in human and scientific development, through the implementation in the science classroom of didactic strategies that promote positive experiences in elementary school students.

Teacher training should offer experiences that generate changes in their affective domain, igniting activating emotions, and where they themselves understand that it is possible to teach and learn science using other methodological strategies where students are involved and face

their own difficulties, seeing their weaknesses, detecting their misconceptions and being aware that they have them and that they can change them. Throughout the study, the differences at the emotional level have been shown and we conclude that the methodology used by the teacher has a considerable influence on the affective component of the students. Getting the students involved in the subject and making the theoretical content dynamic is necessary to facilitate a good classroom climate that favors meaningful learning and an improvement in the perception of self-efficacy of primary school teachers in training. A demonstrated outcome of this research is the need for scientifically and emotionally competent teachers who can facilitate the process of reversing these negative emotions of students. Teachers capable of doing this must be willing to engage with the class-group and conduct scientific activities by moving away from or complementing traditional lectures with more engaging and active ones for the students.

5.1. Limitaciones y futuras líneas de investigación

Son numerosas las limitaciones y dificultades encontradas a lo largo del desarrollo de esta Tesis Doctoral.

En primer lugar, al tratarse de un estudio longitudinal con una duración de tres cursos académicos donde se han utilizado diferentes cuestionarios en la recogida de datos, la muestra inicial y final no cuenta con el mismo número de participantes, pues uno de los graves problemas de las investigaciones longitudinales (donde se ha recogido información en diferentes momentos) es el tiempo y la cantidad de recursos que se pierden intentando unir a los participantes con sus datos correctos (Audette et al., 2020). Se intentó que el número de estudiantes fuera homogéneo en ambos momentos de la recogida de los datos y, además, que fueran los mismos participantes. Sin embargo, debido a factores externos que no dependen de la investigación (la pandemia, el reducido número de estudiantes matriculados en cuarto curso del Grado y/o la mala cumplimentación de algunos cuestionarios) provocó que la totalidad de la muestra antes y después no fue la misma, y esta se redujera de 144 a 98 docentes en formación inicial. La pérdida de muestra en estudios longitudinales está ampliamente documentada (Audette et al., 2020). Para intentar minimizar la pérdida de muestra, se les solicitó a los participantes la utilización de un identificador único preexistente, consistente en la primera inicial del nombre de su madre y sus tres últimos dígitos de su número de teléfono, sin embargo, en algunos casos ha sido imposible unir a los participantes del pretest y del posttest. Algunos inconvenientes encontrados en la revisión de la literatura tras la implementación de este sistema son: a) recuerdo incorrecto del identificador único preexistente por parte del participante; b) cambios en el identificador único preexistente durante el transcurso del estudio longitudinal que provoquen una falta de coincidencia (por ejemplo, cambios en el número de teléfono); o (c) el identificador o identificadores únicos preexistentes no separan de forma única o precisa a un participante de otro.

Con relación a la muestra empleada en la presente Tesis Doctoral, cabe subrayar que la muestra utilizada, docentes de educación primaria en formación (estudiantes del Grado de Educación Primaria de la Universidad de Extremadura de la Facultad de Educación y Psicología de Badajoz) es limitada y con unas características muy concretas y específicas. Pertenecen todos al mismo país y región y poseen una educación previa similar, lo que dificulta la generalización de

los resultados obtenidos, que no pueden ser extrapolados a otros contextos ni muestras quedando los resultados como caso de estudio único.

Con relación a los instrumentos utilizados, se tratan de cuestionarios autoinformes, donde debe presuponerse la honestidad del encuestado en las respuestas y que esa persona sea capaz de percibir, reconocer y expresar correctamente sus estados afectivos. Otra limitación que destacar es que no se ha utilizado la misma lista de emociones en las intervenciones recogidas en esta Tesis Doctoral. Además, una de las carencias de la investigación es que se presupone que los docentes en formación inicial saben reconocer las emociones que se presentan, que a pesar de ser emociones ampliamente justificadas en la bibliografía en contextos académicos, no se sabe de qué forman la interpretan los estudiantes. Por otro lado, existen algunas intervenciones en las que no se recogieron datos del pretest emocional (por ejemplo, en la realización del FLA), solo existen datos del posttest, siendo imposible determinar la evolución emocional tras la implementación. El cuestionario donde se ha recogido la información del aprendizaje o el conocimiento científico es un test generalista de conocimientos científicos básicos que no determina en profundidad el nivel de conocimiento científico que puedan tener los maestros en formación inicial.

Con relación a las intervenciones que se han llevado a cabo, hay que destacar que no se han realizado con toda la muestra, sino que se han realizado con determinados grupos. No obstante, la realización de actividades prácticas y de laboratorio han sido realizadas por todos los estudiantes del Grado. Además, las intervenciones realizadas se han llevado a cabo sin establecer ningún grupo control, por lo que es difícil determinar si verdaderamente la metodología es la causa principal generadora de emociones o existen otros factores. Quizás dentro de las futuras líneas de investigación sería apropiado considerar la existencia de un grupo control, con los que se trabajen los mismos contenidos, pero siguiendo una metodología tradicional de clases expositivas. O implementar la misma metodología cambiando el contenido, para comprobar y conocer si la metodología tiene un efecto significativo.

Otra limitación encontrada a la hora de desarrollar las intervenciones didácticas implementadas ha sido la imposibilidad de realizar grabaciones en el aula, que habría enriquecido los resultados de la investigación.

Entre los factores limitantes del estudio también se ha encontrado la pandemia COVID-19 que ha limitado la implementación y realización de actividades con los docentes de educación

primaria en formación, puesto que a partir de marzo de 2020 las clases pasaron a formato virtual. Para ampliar la muestra se recogieron datos de una segunda promoción de docentes en formación inicial, sin embargo, el confinamiento obligó a pasar la docencia a modalidad virtual e indudablemente esa situación tuvo una gran influencia en el estado emocional de los docentes de educación primaria en formación. Debido a la falta de homogeneidad en las muestras, fue necesario eliminar de la investigación el segundo grupo.

Con los resultados generados en esta Tesis Doctoral, que permite conocer las emociones que han sentido los docentes en formación inicial como estudiantes del grado, sería interesante conocer cuáles son sus emociones cuando estén enseñando estos contenidos. Para ello es necesario que exista más vinculación con el Practicum del grado, que se realice un seguimiento del docente en formación durante la implementación de algunas de estas metodologías como docente, aportando información relevante para el estudio.

Finalmente, con respecto a los análisis estadísticos realizados, no permiten establecer relaciones de causalidad, y tampoco permiten explicar los resultados (más allá de revelar diferencias estadísticas significativas entre las emociones sentidas antes y después, no podemos explicar qué las causa), por lo que futuras investigaciones deberán esclarecer a través de preguntas abiertas o entrevistas las causas de las emociones, la autoeficacia y el conocimiento. En este sentido, las futuras líneas de investigación deben explorar la nueva taxonomía empleada de emociones (el grado de activación y desactivación), buscando afianzar las categorías sugeridas en esta Tesis Doctoral, analizando de qué forma son activadoras o represoras del aprendizaje las distintas emociones.



CAPÍTULO 5

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DERIVADA DE LA TESIS DOCTORAL

5.2. Producción científica derivada de la realización de la Tesis Doctoral

En este apartado se recogen las publicaciones (artículos y capítulos de libro) y trabajos presentados a congresos (comunicaciones y pósteres) relacionadas con la Tesis Doctoral.

Artículos en revistas científicas indexadas

- Corbacho-Cuello, I., Esteban-Gallego, R., Marcos-Merino, J.M. y Hernández-Barco, M. (2023). Los microbios, ¿buenos o malos?: el juego de mesa “Los microorganismos en nuestra vida”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (aceptado).
- Hernández-Barco, M.A, Sánchez-Martín, J., Corbacho-Cuello, I., y Cañada-Cañada, F. (2022). Is sustainability an exhausted concept? Bridging the gap from environmental awareness to emotional proficiency in science education through integral sustainability. *Heliyon*, 8(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12546>
- Hernández-Barco, M. A., Cañada-Cañada, F., Moreno, A. M. C., y Airado-Rodríguez, D. (2022). An approach to epistemic emotions in physics' teaching-learning. The case of pre-service teachers. *Heliyon*, 8(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11444>
- González-Meléndez, A., Costillo-Borrego, E., Hernández-Barco, M., Marcos-Merino, J.M., Costillo, E., y Regodón, J.A. (2022). Enseñanza de Ecología en la ESO: análisis cualitativo del discurso de docentes en activo tras la implementación del videojuego 2342. *Bio-Grafía*, 15 (29).
- Bravo, E., Mero, M., Hernández-Barco, M. A., y Jiménez, V. (2022). Las emociones en ciencias en la formación inicial del profesorado de infantil y primaria. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado*, 97 (36.1), 57-74. <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92426>
- Hernández, M., Bravo, E., Marcos, J.M., y Cañada, F. (2022). Impacto de los nuevos entornos educativos virtuales derivados de la COVID-19 en el dominio afectivo de los futuros docentes hacia el aprendizaje de las ciencias. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 17(1), 30-44. <https://doi.org/10.14483/23464712.18591>
- Camarero-Recio, B., Hernández-Barco, M., y Corbacho-Cuello, I. (2021). Aprendizaje sobre las aves mediante el uso de una incubadora de huevos en un aula de Primaria. *Bio-Grafía*, 14(27), 1–16.
- Cañada-Cañada, F., Hernández-Barco, M., Sánchez-Martín, J. y Corbacho-Cuello, I. (2021). Estudio comparativo das diferentes estrategias de aprendizagem baseada em jogos: rendimento emocional dos professores em formação durante o aprendizagem das ciencias. *Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática*, 2(e021012), 1-25.

- Hernández-Barco, M. y Corbacho-Cuello, I. (2021). Dominio afectivo e inteligencias múltiples de docentes en formación de la Universidad de Extremadura. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 5(2), 1-21. <https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.2.7087>
- Hernández-Barco, M., Cañada-Cañada, F., Corbacho-Cuello, I., y Sánchez-Martín, J. (2021). An Exploratory Study Interrelating Emotion, Self-Efficacy and Multiple Intelligence of Prospective Science Teachers. *Frontiers in Education*, 6, 1–12. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.604791>
- Hernández-Barco, M., Sánchez-Martín, J., Corbacho-cuello, I., y Cañada-Cañada, F. (2021). Emotional Performance of a Low-Cost Eco-Friendly Project Based Learning Methodology for Science Education: An Approach in Prospective Teachers. *Sustainability*, 13(3385), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su13063385>
- Marcos-Merino, J. M., Corbacho-Cuello, I., y Hernández-Barco, M. (2020). Analysis of sustainability knowingness, attitudes and behavior of a Spanish pre-service Primary Teachers sample. *Sustainability*, 12(7445), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su12187445>
- Hernández-Barco, M., Sánchez-Martín, J., Blanco-Salas, J. y Ruiz-Téllez, T. (2020). Teaching Down to Earth. Service-Learning Methodology for Science Education and Sustainability at University Level. A practical approach. *Sustainability*, 12(542), 1-23. <https://doi.org/10.3390/su12020542>

Capítulos de libros con ISBN

- Corbacho-Cuello, I., González-García, R., y Hernández-Barco, M. A. (2022). Solving a Crime in the Geology Lab: A Gamification Lesson Plan to Get Familiar With Common Rocks and Minerals. In O. Bernardes, V. Amorim, y A. Moreira (Ed.), *Handbook of Research on the Influence and Effectiveness of Gamification in Education* (pp. 579-597). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-4287-6.ch028>
- Hernández-Barco, M. A., Sánchez-Martín, J., Corbacho-Cuello, I., y Cañada-Cañada, F. (2022). Science Fair Project in the Teacher Training Process: Its Emotional Response and Implications. In O. Bernardes, V. Amorim, y A. Moreira (Ed.), *Handbook of Research on the Influence and Effectiveness of Gamification in Education* (pp. 339-359). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-4287-6.ch017>
- Marcos-Merino, J.M., Bravo-Lucas, E., Hernández-Barco, M. y Cañada-Cañada, F. (2021). Emociones y actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias: ¿ha cambiado algo en mí el confinamiento? In A.M. Abril, A. Blanco and A. J. Franco (Eds), *Enseñanza de las ciencias en tiempos de COVID-19. De la investigación didáctica al aula* (pp. 257-265). Barcelona, GRAÓ.
- Hernández-Barco, M. (2021). ¿Perdemos el tiempo diseñando intervenciones incluyendo los ODS? Análisis del componente afectivo en la formación de docentes. In J.M. Romero, M.P. Cáceres, J.C. de la Cruz and M. Ramos (Eds.), *Investigación educativa ante los actuales retos migratorios* (pp. 361-372). Madrid: Dyckinson, S.L.

- Hernández-Barco, M., Cañada-Cañada, F., Sánchez-Martin, J. y Corbacho-Cuello. (2021). Inteligencias múltiples: un buen predictor de las emociones hacia las ciencias de los docentes en formación. In P. Membiela-Iglesia (Ed.), *Investigación y metodologías en la enseñanza de las ciencias* (pp. 139-144). Vigo: Educación Editora.
- Hernández-Barco, M., Luzuriaga-Quichimbo, C.X., Blanco-Salas, J. y Ruiz-Téllez, T. (2021). Cooperación desde la UEx para el desarrollo educativo en una comunidad indígena amazónica. In L. Espejo-Antúnez and M. Corrales-Serrano (Eds.), *¿Transversalizar competencias? Aplicaciones prácticas para la docencia universitaria* (pp. 79-85). Cáceres: Servicio de Publicaciones Universidad de Extremadura.
- Rosiña, E., Bermejo, M. L., Hernández-Barco, M., Cañada, F., y Sanchez-Martin, J. (2020). Multiple Intelligences Analysis and Emotional Implications in STEM Education for Students up to K-12. In R. Zheng (Ed.), *Examining Multiple Intelligences and Digital Technologies for Enhanced Learning Opportunities* (pp. 261-280). Hershey, PA: IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-0249-5.ch013>
- Sánchez-Martín, J., Gallego-Méndez, J., Hernández-Barco, M., y Cañada, F. (2020). Working on what students think about chemical reactions: a didactic intervention on prior ideas at primary school level. In J. Byker and A. Horton (Eds.), *Elementary Education. Global perspectives, challenges and issues of the 21st century* (pp. 267-286). New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Hernández-Barco, M., Corbacho-Cuello, I., Sánchez-Martín, J. y Cañada-Cañada, F. (2019). Metodologías activas de aprendizaje para la mejora del rendimiento emocional en la enseñanza de las ciencias. In N. Ruiz-Herrera, A. Guillén-Riquelme and M. Guillot-Valdés (Eds.), *Avances en Ciencias de la Educación y del Desarrollo* (pp. 270-276). Granada: Asociación Española de Psicología Conductual (AEPC).

Comunicaciones a congresos internacionales

1.- Título del trabajo: La etnobotánica kichwa amazónica como recurso para despertar vocaciones a la Biología Vegetal

Nombre del congreso: III Workshop Estudiar Ciencias: Creando vocaciones científicas

Autor: Míriam Hernández del Barco, José Blanco Salas; Trinidad Ruíz Téllez y Carmen Luzuriaga Quichimbo

Lugar de celebración: Badajoz

Fecha: 05/04/2018

2.- Título del trabajo: Cooperación desde la UEx para el desarrollo educativo en una comunidad indígena amazónica

Nombre del congreso: IV Jornadas Ética y Universidad

Autor: Míriam Hernández Del Barco; Carmen Luzuriaga Quichimbo; José Blanco Salas; Trinidad Ruíz Téllez.

Lugar de celebración: Badajoz

Fecha: 08/06/2018

3.- Título del trabajo: Cooperación al desarrollo en una comunidad indígena (canelo-kichwa)

Nombre del congreso: II Jornadas de Aprendizaje-Servicio Extremadura 2019

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Badajoz

Fecha: 09/03/2019

4.- Título del trabajo: Metodologías activas para la mejora emocional de los docentes en formación en el aprendizaje de las ciencias

Nombre del congreso: IV Workshop Nacional Fomento de las Vocaciones STEAM

Autor: Miriam Hernández Del Barco; Isaac Corbacho Cuello; Maria Antonia Dávila Acedo; Florentina Cañada Cañada

Lugar de celebración: Badajoz

Fecha: 09/05/2019

5.- Título del trabajo: Study about self-efficacy of teachers in training in their performance as science teachers

Nombre del congreso: Educating the Educators III

Autor: Miriam Hernández Del Barco.

Lugar de celebración: Friburgo, Alemania

Fecha: 07/10/2019

6.- Título del trabajo: Aprendizaje-Servicio en la educación superior para alcanzar los ODS

Nombre del congreso: III Seminario Internacional de Investigación en Juventud

Autor: Miriam Hernández Del Barco.

Lugar de celebración: Cáceres, España

Fecha: 22/11/2019

7.- Título del trabajo: La Gran Bellotada Ibérica: ciencia ciudadana como contexto para enseñar las salidas al medio natural

Nombre del congreso: Práctical Workshop: Las salidas al medio natural como actividades de enseñanza y aprendizaje en la Didáctica de las Ciencias

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Badajoz, España

Fecha: 06/03/2020

8.- Título del trabajo: Inteligencias Múltiples: un buen predictor de las emociones hacia las ciencias de los docentes en formación

Nombre del congreso: V Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias

Autor: Miriam Hernández del Barco

Lugar de celebración: Online

Fecha: 15/06/2020

9.- Título del trabajo: Relationship between affective domain and multiple intelligence of science primary pre-service teachers

Nombre del congreso: 7th International Conference on Education and Education of Social Sciences

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Online

Fecha: 15/06/2020

10.- Título del trabajo: Aprendizaje Basado en Proyectos en Educación Superior: análisis de la dimensión emocional

Nombre del congreso: 4th International Virtual Conference on Educational Research and Innovation

Autor: Miriam Hernández Del Barco; Jesús Sánchez Martín; Florentina Cañada Cañada; Isaac Corbacho Cuello

Lugar de celebración: Madrid

Fecha: 23/09/2020

11.- Título del trabajo: Role-Playing, una herramienta para aprender ecología en el grado de Educación Primaria

Nombre del congreso: 8th International Congress of Educational Sciences and Development

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Pontevedra, España

Fecha: 28/10/2020

12.- Título del trabajo: Docentes en formación: Cuestión de género y las posibles repercusiones en educación de la falta de motivación hacia las ciencias

Nombre del congreso: VI Congreso Internacional en Contextos Pedagógicos, Educativos y de la Salud

Autor: Miriam Hernández Del Barco; Florentina Cañada Cañada; María Brígido Mero

Lugar de celebración: Almería, España **Fecha:** 25/11/2020

13.- Título del trabajo: Emociones y autoeficacia: una asociación inexorable que puede servir como recurso para favorecer la gestión emocional de los futuros docentes

Nombre del congreso: VI Congreso Internacional en Contextos Pedagógicos, Educativos y de la Salud

Autor: Miriam Hernández Del Barco; Florentina Cañada Cañada; María Brígido Mero

Lugar de celebración: Almería, España **Fecha:** 25/11/2020

14.- Título del trabajo: Inteligencias Múltiples: predictor de la autoeficacia hacia las ciencias de los docentes en formación

Nombre del congreso: 29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Autor: Miriam Hernández Del Barco; Florentina Cañada Cañada; Jesús Sánchez Martín; Isaac Corbacho Cuello

Lugar de celebración: Córdoba, España **Fecha:** 10/02/2021

15.- Título del trabajo: Análisis cualitativo del discurso de docentes de biología y geología mediante el software webQDA: creación de un sistema de códigos emergentes y papel del diario de abordaje para el trabajo colaborativo

Nombre del congreso: webQDA Qualitive data analysis

Autor: Miriam Hernández-Barco, José María Marcos-Merino, Alberto González Meléndez

Lugar de celebración: Badajoz, España **Fecha:** 24/02/2021

16.- Título del trabajo: Project Based Learning in Primary Education Degree: an analysis of the affective dimension

Nombre del congreso: 15th International Technology, Education and Development Conference

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Valencia, España **Fecha:** 08/03/2021

17.- Título del trabajo: Influencia de la COVID-19 en la gestión emocional en un contexto de formación universitaria

Nombre del congreso: Congreso Internacional de Alfabetización en Salud y Autocuidado

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: **Fecha:** 28/04/2021

18.- Título del trabajo: Self-efficacy perception of Science Primary Pre-Service Teacher: it influences in the learning process

Nombre del congreso: 8th International Conference on Education and Education of Social Sciences

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Online **Fecha:** 14/06/2021

19.- Título del trabajo: Actividad de Indagación en la formación de docentes para encender emociones hacia la física y la química

Nombre del congreso: Congreso Internacional de Innovación y Tendencias Educativas

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Sevilla, España **Fecha:** 15/07/2021

20.- Título del trabajo: Rendimiento emocional de una experiencia de ABP con docentes en formación

Nombre del congreso: XI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias

Autor: Míriam Hernández Del Barco; Isaac Corbacho Cuello; Jesús Sánchez Martín; Florentina Cañada Cañada

Lugar de celebración: Lisboa, Portugal **Fecha:** 07/09/2021

21.- Título del trabajo: Ideas alternativas sobre el agua de los docentes en formación

Nombre del congreso: XI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias

Autor: Míriam Hernández Del Barco; Jesús Sánchez Martín; Isaac Corbacho Cuello; Florentina Cañada Cañada

Lugar de celebración: Lisboa, Portugal **Fecha:** 07/09/2021

22.- Título del trabajo: Un recurso para enseñar ciencias en el grado de Educación Primaria: Filtro Lento de Arena

Nombre del congreso: XVIII Foro Internacional sobre Evaluación de la Calidad de la Investigación y la Educación Superior (FECIES)

Autor: Míriam Hernández Del Barco; Jesús Sánchez Martín; Isaac Corbacho Cuello.

Lugar de celebración: Online **Fecha:** 28/09/2021

23.- Título del trabajo: Gamification as resource for teaching sciences: description and emotional analysis of prospective teacher's sample

Nombre del congreso: 7th International Conference on Advances in Education

Autor: Míriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Online **Fecha:** 18/10/2021

24.- Título del trabajo: Gamificación en la formación científica de docentes: descripción de la actividad y análisis del rendimiento afectivo

Nombre del congreso: II Congreso Internacional. Educación, Investigación y Empleo

Autor: Míriam Hernández Del Barco; Jesús Sánchez Martín; María Antonia Dávila Acedo; Florentina Cañada Cañada

Lugar de celebración: Madrid, España **Fecha:** 23/11/2021

25.- Título del trabajo: ¿Perdemos el tiempo diseñando intervenciones incluyendo los ODS? Análisis del componente afectivo en la formación de docentes

Nombre del congreso: XV Congresso Internazionale sull'educazione e l'innovazione

Autor: Míriam Hernández Del Barco.

Lugar de celebración: Online **Fecha:** 13/12/2021

26.- Título del trabajo: Intervención didáctica en la formación de docentes: la sostenibilidad como recurso para enseñar ciencias

Nombre del congreso: XVIII International Conference on Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability

Autor: Míriam Andrea Hernández Del Barco.

Lugar de celebración: Granada, España **Fecha:** 26/01/2022

27.- Título del trabajo: Internacionalización de una actividad de indagación en la formación de maestros

Nombre del congreso: Encontro Internacional "Inovação no ensino da matemática e das ciencias

Autor: Míriam Andrea Hernández del Barco

Lugar de celebración: Santarém, Portugal **Fecha:** 11/03/2022

28.- Título del trabajo: Project Based Learning Methodology for Science Education and Sustainability at University Level

Nombre del congreso: 16th International Technology, Education and Development Conference

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Online

Fecha: 07/03/2022

29.- Título del trabajo: Water Scarcity: promoting sustainable consciousness. An experience with a non-scientific audience

Nombre del congreso: 11th World Environmental Education Congress. Building bridges in time of climate urgency

Autor: Miriam Hernández del Barco

Lugar de celebración: Praga

Fecha: 18/03/2022

30.-Título del trabajo: Sostenibilidad en la formación inicial de maestros en Educación Primaria: descripción de la intervención

Nombre del congreso: VI Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias

Autor: Miriam Hernández del Barco

Lugar de celebración: Virtual

Fecha: 16/06/2022

31.- Título del trabajo: What is the role of universities in sustainable development and global citizenship literacy?

Nombre del congreso: 1st International Conference on Education and Training

Autor: Miriam Hernández del Barco

Lugar de celebración: Lisboa, Portugal

Fecha: 12/07/2022

32.- Título del trabajo: Evolución emocional hacia las ciencias de una muestra de maestros en formación

Nombre del congreso: 30 Encuentros Internacionales de Didáctica de las Ciencias Experimentales

Autor: Miriam Hernández del Barco, Isaac Corbacho Cuello, Jesús Sánchez Martín y Florentina Cañada Cañada

Lugar de celebración: Melilla, España

Fecha: 08/09/2022

33.- Título del trabajo: La Gran Bellotada Ibérica: un proyecto de Ciencia Ciudadana para combatir la crisis climática

Nombre del congreso: VI Seminario Ibérico de Investigación en Juventud

Autor: Miriam Hernández del Barco e Isaac Corbacho Cuello

Lugar de celebración: Cáceres, España

Fecha: 24/03/2023

Comunicaciones en congresos nacionales

34.- Título del trabajo: Cooperación al Desarrollo en una comunidad indígena (*Canelo-kichwa*).

Nombre del congreso: II Jornadas Nacionales de Aprendizaje-Servicio

Autor: Miriam Hernández del Barco

Lugar de celebración: Badajoz, España

Fecha: 09/03/2019

Pósters presentados en congresos internacionales

35.- Título del trabajo: El Chiricaspi, *Brunfelsia grandiflora* S.L., y la importancia de su conservación, documentación y validación experimental

Nombre del congreso: XII Congreso Latinoamericano de Botánica

Autor: Carmen Luzuriaga Quichimbo; Miriam Hernández Del Barco; Carlos Cerón Martínez; José Blanco Salas; Trinidad Ruíz Téllez

Lugar de celebración: Quito, Ecuador

Fecha: 28/10/2018

36.- Título del trabajo: Using board games for Collecting Emotional Data on Science and Technology Issues

Nombre del congreso: 8th International Conference New Perspectives in Science Education

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Florencia, Italia

Fecha: 21/03/2019

37.- Título del trabajo: Application of Principal Component Analysis to the Interpretation of the Emotional Dimension of Secondary Students towards learning Physics and Chemistry

Nombre del congreso: 8th International Conference New Perspectives in Science Education

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Florencia, Italia

Fecha: 21/03/2019

38.- Título del trabajo: How to speak about science emotions. The use of boards games as a collecting method for emotional evaluation of university science students

Nombre del congreso: European Science Education Research Association, ESERA 2019

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Bologna, Italia

Fecha: 26/08/2019

Pósters presentados en congresos nacionales

39.- Título del trabajo: Dominio afectivo e inteligencias múltiples de docentes en formación de la Universidad de Extremadura

Nombre del congreso: III Jornadas Doctorales de la Universidad de Extremadura

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Badajoz, España

Fecha: 29/11/2019

40.- Título del trabajo: Rendimiento cognitivo y afectivo de los docentes en formación en el aprendizaje de las ciencias

Nombre del congreso: IV Jornadas Doctorales de la Universidad de Extremadura

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Badajoz, España

Fecha: 27/11/2020

41.- Título del trabajo: Rendimiento cognitivo y afectivo de los docentes en formación en el aprendizaje de las ciencias

Nombre del congreso: V Jornadas Doctorales de la Universidad de Extremadura

Autor: Miriam Hernández Del Barco

Lugar de celebración: Cáceres, España

Fecha: 4/11/2022

Estancia internacional

Escola Superior de Educação de Santarém (19 mayo, 2021 - 19 agosto, 2021). La estancia y las actividades fueron realizadas en el Departamento de Ciências Matemáticas e Naturais, bajo la supervisión del Dr. Pedro Reis y la Dra. Elisabete Linares.

Estancia nacional

Universidad de Jaén (13 octubre, 2021 – 23 diciembre 2021). La estancia y las actividades fueron realizadas en el Departamento de Didáctica de las Ciencias bajo la supervisión del Dr. Diego Airado Rodríguez.



CAPÍTULO 5

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias bibliográficas

- Aalderen-Smeets, S.I., y Molen, J.H.W. (2015). Improving primary teachers' attitudes toward science by attitude-focused professional development. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(5), 710-734. <https://doi.org/10.1002/tea.21218>
- Acero-Díaz, J., Sánchez-Martín, J., y Zamora-Polo, F. (2014). *Enseñar para la justicia. El desarrollo humano en la enseñanza de la tecnología. Propuestas didácticas para secundaria y universidad*. Entimema.
- Agbowuro, C., y Keswet, L.A.M. (2016). Critical Thinking and Creativity in Science and Technology Education for Sustainable Development. *International Journal of Innovative Research and Advanced Studies*, 3(12), 73-78. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69902-8_64-1
- Agen, F., y Ezquerro, Á. (2021). Análisis de las emociones en el trabajo de indagación: «La Caja Negra». *Investigación en la escuela*, 3, 125-138. <http://dx.doi.org/10.12795/IE.2021.i103.09>
- Aguilera, D. (2018). La salida de campo como recurso didáctico para enseñar ciencias. Una revisión sistemática. *Revista Eureka*, 15(3). https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.3103
- Aguilera, D., y Perales, F.J. (2019). Actitud hacia la Ciencia: desarrollo y validación estructural del School Science Attitude Questionnaire (SSAQ). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 1-20. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3103
- Aguirregabiria, F. J., y García-Olalla, A. (2020). Aprendizaje basado en proyectos y desarrollo sostenible en el Grado de Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(2), 5-24. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2717>
- Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 18(3), 91-93. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>
- Altmann, P. (2019). Los pueblos indígenas en el buen vivir global, un concepto como herramienta de inclusión de los excluidos. *Iberoamerican Journal of Development Studies*, 8(1), 58-80. <https://doi.org/10.26754/ojs>
- Alvarado, M.A. (2014). Retroalimentación en educación en línea: una estrategia para la construcción del conocimiento. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 17(2), 59-73. <https://doi.org/10.5944/ried.17.2.12678>
- Andelković, S., Dedjanski, V., y Pejic, B. (2018). Pedagogical benefits of fieldwork of the students at the Faculty of Geography in the light of the Bologna Process. *Journal of Geography in Higher Education*, 42(1), 110-125. <https://doi.org/10.1080/03098265.2017.1379058>
- Andjelkovic, S., y Prnjat, Z. (2017). Benefits of teaching outside the classroom and effects on knowledge retention. En B. D. Y. Merkezi (Ed), *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences* (pp. 131–138). <https://doi.org/10.18844/prosoc.v4i4.2604>
- Andrews, J., y Higson, H. (2008). Graduate Employability, 'Soft Skills' Versus 'Hard' Business Knowledge: A European Study. *Higher Education in Europe*, 33(4), 411-422. <https://doi.org/10.1080/03797720802522627>
- Arango-Muñoz, S., y Michaelian, K. (2014). Epistemic feelings, epistemic emotions: Review and introduction to the focus section. *Philosophical inquiries*, 2(1), 97-122.
- Audette, L.M., Hammond, M.S., y Rochester, N.K. (2020). Methodological Issues with Coding Participants in Anonymous Psychological Longitudinal Studies. *Educational and Psychological Measurement*, 80(1), 163-185. <https://doi.org/10.1177/0013164419843576>
- Au-Yong-Oliveira, M., Gonçalves, R., Martins, J., y Branco, F. (2018). The social impact of technology on millennials and consequences for higher education and leadership. *Telematics and Informatics*, 35(4), 954-963. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.10.007>
- Aznar-Minguet, P., Ull, M.A., Piñero, A., y Martínez-Agut, M.P. (2014). La sostenibilidad en la formación universitaria: Desafíos y oportunidades. *Educacion XX1*, 17(1), 133-158. <https://doi.org/10.5944/educxx1.17.1.10708>
- Baddeley, A. (1992). Working Memory. *Science*, 255(2), 556-559.

- Bain, P.G., Hornsey, M.J., Bongiorno, R., y Jeffries, C. (2012). Promoting pro-environmental action in climate change deniers. *Nature Climate Change*, 2(8), 600-603. <https://doi.org/10.1038/nclimate1532>
- Ballesteros, M.I., Paños, E., y Ruiz-Gallardo, J.R. (2018). Los microorganismos en la educación primaria. Ideas de los alumnos de 8 a 11 años e influencia de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 79-98. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2274>
- Balltandre, M. (2006). La nueva filosofía de la naturaleza de hombre de Olivia Sabuco. *Athenea Digital*, 10, 259-262. <https://doi.org/10.5565/rev/athenead/v1n10.306>
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Macmillan.
- Barberá, O., y Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Investigación y experiencias Didácticas*, 14(3), 365-379.
- Barni, D., Danioni, F., y Benevene, P. (2019). Teachers' self-efficacy: The role of personal values and motivations for teaching. *Frontiers in Psychology*, 10(JULY), 1-7. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01645>
- Barrett, L. F. (2020). *How Emotions are Made*. PAIDÓS.
- Barrett, L.F., y Bliss-Moreau, E. (2009). Affect as a Psychological Primitive. En M.P. Zanna (Ed.), *Advances in Experimental Social Psychology* (41, pp. 167-218). [https://doi.org/10.1016/S0065-2601\(08\)00404-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2601(08)00404-8)
- Barth, M., Godemann, J., Rieckmann, M., y Stoltenberg, U. (2007). Developing key competencies for sustainable development in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 8(4), 416-430. <https://doi.org/10.1108/14676370710823582>
- Bellová, R., Melicherčíková, D., y Tomčík, P. (2018). Possible reasons for low scientific literacy of Slovak students in some natural science subjects. *Research in Science and Technological Education*, 36(2), 226-242. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1367656>
- Belmonte, C. (2007). Emociones y cerebro. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 101(1), 59-68.
- Betzner, J.P., y Marek, E.A. (2014). Teacher and Student Perceptions of Earth Science and Its Educational Value in Secondary Schools. *Creative Education*, 5(11), 1019-1031. <https://doi.org/10.4236/ce.2014.511116>
- Binda, N.U., y Benavent, F.B. (2013). Investigación cuantitativa e investigación cualitativa: buscando las ventajas de las diferentes metodologías de investigación. *Revista de Ciencias Económicas*, 31(2), 179-187. <https://doi.org/10.15517/rce.v31i2.12730>
- Bisquerra, R. (2003). Educación emocional y competencias básicas para la vida. *Revista de Investigación Educativa*, 21(1), 7-43.
- Bisquerra, R. (2009). *Psicopedagogía de las emociones*. Síntesis.
- Bisquerra, R. (2019). Universo de emociones: un material didáctico para la educación emocional. *Cuadernos de Pedagogía*, 499, 105-111.
- Bisquerra, R. (2021). *Universo de emociones* (6ª). PalauGea Comunicación S.L.
- Blackwell, L.S., Trzesniewski, K.H., y Dweck, C.S. (2007). Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition: A longitudinal study and an intervention. *Child Development*, 78(1), 246-263. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.00995.x>
- Borrachero, A.B. (2015). *Las emociones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en educación secundaria* [Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura].
- Borrachero, A.B., Brígido, M., Costillo, E., Bermejo, M.L., y Mellado, V. (2013). Relationship between self-efficacy beliefs and emotions of future teachers of Physics in secondary education. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 14(2), 1-11.

- Borrachero, A.B., Costillo, E., Brígido, M., y Bermejo, M.L. (2011). Las emociones despertadas en los futuros profesores de secundaria, según el campo de procedencia, al impartir contenidos científicos. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*, 1-22.
- Borrachero, A.B., Brígido, M., Dávila-Acedo, M.A., Costillo, E., Cañada-Cañada, F., y Mellado, V. (2019). Improving the self-regulation in prospective science teachers: the case of the calculus of the period of a simple pendulum. *Heliyon*, 5, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02827>
- Bravo-Lucas, E., Costillo, E., Bravo, J.L., Mellado, V., y Conde, C. (2022). Analysis of prospective early childhood education teachers' proposals of nature field trips: An educational experience to bring nature close during this stage. *Science Education*, 106(1), 172-198. <https://doi.org/10.1002/sce.21689>
- Bravo-Cedeño, G. R., Loor-Rivadeneira, M. R., y Saldarriaga-Zambrano, P. J. (2017). Las bases psicológicas para el desarrollo del aprendizaje autónomo. *Dominio de las ciencias*, 3, 32-45. <https://doi.org/10.23857/dc.v3i1.368>
- Bravo-Lucas, E., Costillo, E., Bravo-Galán, J.L., y Borrachero, A.B. (2019). Emociones de los futuros maestros de educación infantil en las distintas áreas del currículo. *Profesorado*, 23(4), 196-214. <https://doi.org/10.30827/PROFESORADO.V23I4.11717>
- Breidenstein, G. (2007). The meaning of boredom in school lessons. Participant observation in the seventh and eighth form. *Ethnography and Education*, 2(1), 93-108. <https://doi.org/10.1080/17457820601159133>
- Brígido, M., Bermejo, M.L., Conde, C., Borrachero, A.B., y Mellado, V. (2010). Estudio longitudinal de las emociones en ciencias de estudiantes de maestro. *Revista galego-portuguesa de psicología e educación*, 18(2), 161-179.
- Brígido, M., Borrachero, A.B., Bermejo, M.L., y Mellado, V. (2012). Prospective primary teachers' self-efficacy and emotions in science teaching. *European Journal of Teacher Education*, 1, 1-18. <https://doi.org/10.1080/02619768.2012.686993>.
- Brígido, M., Caballero, A., Bermejo, M.L., y Mellado, V. (2009). Las emociones sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en estudiantes de Maestro de Primaria. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*, 11(31).
- Brígido, M., Couso, D., Gutiérrez, C., y Mellado, V. (2013). The emotions about teaching and learning science: a study of prospective primary teachers in three spanish universities. *Journal of Baltic Science Education*, 12(3), 299-311.
- Břizová, L., Gerbec, K., Šauer, J., y Šlégr, J. (2018). Flat Earth theory: An exercise in critical thinking. *Physics Education*, 53(4), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac053>
- Brody, S.D., y Ryu, H.C. (2006). Measuring the educational impacts of a graduate course on sustainable development. *Environmental Education Research*, 12(2), 179-199. <https://doi.org/10.1080/13504620600688955>
- Bucy, P.C., y Klüver, H. (1955). An anatomical investigation of the temporal lobe in the monkey (*Macaca mulatta*). *Journal of Comparative Neurology*, 103(2), 151-251. <https://doi.org/10.1002/cne.901030202>
- Calero, M., Mayoral, O., Ull, M.A., y Vilches, A. (2019). La educación para la sostenibilidad en la formación del profesorado de ciencias experimentales en Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(1), 157-175. <https://doi.org/https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2605>
- Calonge, A. (2010). La geología que emociona, ¿qué geología enseñamos, qué geología necesitamos y qué geología divulgamos? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18(2), 141-149.
- Calvo-Salvador, A. (2019, febrero). *Innovar en Educación a través de los Estudios de Género*. https://www.youtube.com/watch?v=b9_6oJMdhZY
- Campoblanco, H. (2012). El origen de la vida desde la concepción geológica. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 4(8), 47-52. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v4i8.2328>
- Cano, A.J. (2011). La teoría de las pasiones de Hume. *Daimon. Revista Internacional de Filosofía*, 52, 101-115.

- Cañada-Cañada, F., Gallego-Picó, A., Jeong, J., y González-Gómez, D. (2018). Influencia de la metodología *flipped* en las emociones sentidas por estudiantes del Grado de Educación Primaria en clases de ciencias dependiendo del bachillerato cursado. *Educación Química*, 29(1), 77-88. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63698>
- Cañada-Cañada, F., Hernández-Barco, M., Sánchez-Martín, J., y Corbacho-Cuello, I. (2021). Estudio comparativo de diferentes estrategias de Aprendizaje Basado en Juegos: Rendimiento emocional de maestros en formación durante el aprendizaje de las ciencias. *Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática*, 2(e021012), 1-25.
- Carmona-Halty, M., Salanova, M., Llorens, S., y Schaufeli, W.B. (2019). Linking positive emotions and academic performance: The mediated role of academic psychological capital and academic engagement. *Current Psychology*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12144-019-00227-8>
- Caroli, M.E., y Sagone, E. (2014). Generalized Self-efficacy and Well-being in Adolescents with High vs. Low Scholastic Self-efficacy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 141, 867-874. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.05.152>
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte II). El cambio de concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 2(3), 388-402. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2005.v2.i3.07
- Carreira, C. (2018). La importancia del aprendizaje basado en proyectos. *Harvard Deusto Learning y Pedagogies*, 14(6), 22-26.
- Castiella, B. (2017, 17 de julio). «Emociones», la nueva exposición del Museo de la Acrópolis. *ABC*. https://www.abc.es/cultura/arte/abci-emociones-nueva-exposicion-museo-acropolis-201707172356_noticia.html
- Cebrián, G., y Junyent, M. (2015). Competencies in education for sustainable development: Exploring the student teachers' views. *Sustainability*, 7(3), 2768-2786. <https://doi.org/10.3390/su7032768>
- Cho, M.H., y Heron, M.L. (2015). Self-regulated learning: the role of motivation, emotion, and use of learning strategies in students' learning experiences in a self-paced online mathematics course. *Distance Education*, 36(1), 80-99. <https://doi.org/10.1080/01587919.2015.1019963>
- Church, A.H. (2009). The meaning of scientific management. *International Journal of Environmental y Science Education*, 4(3), 275-288. <https://doi.org/10.4324/9781003056584-3>
- Cinquino, J. (1951). Fedro. *Books Abroad*.
- Code, J. (2020). Agency for learning: intention, motivation, self-efficacy and self-regulation. *Frontiers in Education*, 5(19), 1-15. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00019>
- Corbacho-Cuello, I., González-García, R., y Hernández-Barco, M.A. (2022). *Solving a Crime in the Geology Lab*. En O. Bernardes, V. Amorim y A.C. Moreira (Eds.) *Handbook of Research on the Influence and Effectiveness of Gamification in Education* (pp. 579-597). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-4287-6.ch028>
- Cornellà, P., Estebanell, M., y Brusi, D. (2020). Gamificación y aprendizaje basado en juegos. Consideraciones generales y algunos ejemplos para la Enseñanza de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 28(1), 5-19.
- Cortés, A.L., Gándara, M., Calvo, J. M., Martínez, M.B., Ibarra, M., Arlegui, J., y Gil, M.J. (2012). Expectativas, necesidades y oportunidades de los maestros en formación ante la enseñanza de las Ciencias en la Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 155-176.
- Corzo, C.C. (2006). Las creencias de autoeficacia: un aporte para la formación del docente de inglés. *Acción Pedagógica*, 15(1), 44-54.
- Costillo, E., Bravo, E., Borrachero, A.B., y Fernández-Marchesi, N. (2017). ¿Qué aspectos de las salidas al medio natural valoran los profesores en formación de primaria y secundaria? *Enseñanza de las Ciencias (Extra)*, 2497-2502.

- Costillo, E., Brígido, M., Bermejo, M.L., Conde, M.C., y Mellado, V. (2010). Las emociones de futuros docentes de Secundaria sobre cuestiones relacionadas con la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. En A. Abril (Ed), *XXIV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*.
- Craft, A., Cremin, T., Burnard, P., y Chappell, K. (2007). Teacher stance in creative learning: A study of progression. *Thinking Skills and Creativity*, 2(2), 136-147. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2007.09.003>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Crujeiras, B.P., y Jiménez, M.P. (2015). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 63-84. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1469>
- Cvencek, D., Kapur, M., y Meltzoff, A.N. (2015). Math achievement, stereotypes, and math self-concepts among elementary-school students in Singapore. *Learning and Instruction*, 39, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.04.002>
- Damasio, A. (2010). *Y el cerebro creó al hombre*. Destino.
- Davidson, S.G., Jaber, L. Z., y Southerland, S.A. (2020). Emotions in the doing of science: Exploring epistemic affect in elementary teachers' science research experiences. *Science Education*, 104(6), 1008-1040. <https://doi.org/10.1002/sce.21596>
- Dávila-Acedo, M.A., Borrachero, A.B., Cañada-Cañada, F., Martínez-Borreguero, G., y Sánchez-Martín, J. (2015). Evolución de las emociones que experimentan los estudiantes del grado de maestro en educación primaria, en didáctica de la materia y la energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(3), 550-564. <https://doi.org/10498/17609>
- Dávila-Acedo, M.A., Borrachero, A.B., Mellado, V., y Bermejo, M.L. (2015). Las emociones en alumnos de ESO en el aprendizaje de contenidos de física y química, según el género. *International Journal of Developmental and Education Psychology*, 1, 173-180.
- Dávila-Ácedo, M.A., Cañada-Cañada, F., Sánchez-Martín, J., y Mellado, V. (2016). Las emociones en el aprendizaje de física y química en educación secundaria. Causas relacionadas con el estudiante. *Educación Química*, 27(3), 217-225. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.04.001>
- Dávila-Acedo, M.A. (2017). Las emociones y sus causas en el aprendizaje de Física y Química, en el alumnado de Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 570-586. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i3.05
- Dávila-Acedo, M.A. (2018). *Las emociones en el aprendizaje de física y química en el alumnado de educación secundaria. Un programa de intervención emocional*. [Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura].
- Dávila-Acedo, M.A., Cañada-Cañada, F., Sánchez-Martín, J., Airado-Rodríguez, D., y Mellado, V. (2021). Emotional performance on physics and chemistry learning: the case of Spanish K-9 and K-10 students. *International Journal of Science Education*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1889069>
- Dávila-Acedo, M.A., Sánchez-Martín, J., Airado-Rodríguez, D., y Cañada-Cañada, F. (2022). Impact of an Active Learning Methodology on Students' Emotions and Self-Efficacy Beliefs towards the Learning of Chemical Reactions—The Case of Secondary Education Students. *Education Sciences*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/educsci12050347>
- Dávila-Acedo, M., Cañada-Cañada, F., Sánchez-Martín, J., y Borrachero-Cortés, B. (2017). Las ideas previas sobre cambios físicos y químicos de la materia, y las emociones en alumnos de educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias (Extra)*, 3977-3983.
- Deci, E.L., y Ryan, R.M. (2008). Hedonia, eudaimonia, and well-being: An introduction. *Journal of Happiness Studies*, 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10902-006-9018-1>
- Decreto 103/2014, de 10 de junio, por el que se establece el currículo de Educación Primaria para la Comunidad Autónoma de Extremadura. *Diario Oficial de Extremadura*, n. 114, de 16 de junio de 2014.
- Decreto 107/2022, de 28 de julio, por el que se establecen la ordenación y el currículo de la Educación Primaria para la Comunidad Autónoma de Extremadura. *Diario Oficial de Extremadura*, n. 151, de 5 de agosto de 2022.

- del Toro, R., y Morcillo, J.G. (2011). Las actividades de campo en educación secundaria. Un estudio comparativo entre Dinamarca y España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19(1), 39-47.
- Descartes, R. (1649). *Las pasiones del alma*. Tecno.
- DeWitt, J., y Storksdieck, M. (2008). A short review of school field trips: Key findings from the past and implications for the future. *Visitor Studies*, 11(2), 181-197. <https://doi.org/10.1080/10645570802355562>
- Dewitz, S.J., Woolsey, M.L., y Walsh, W.B. (2009). College student retention: An exploration of the relationship between self-efficacy beliefs and purpose in life among college students. *Journal of College Student Development*, 50(1), 19-34. <https://doi.org/10.1353/csd.0.0049>
- di Maggio, R.M., Donnelly, L.J., al Naimi, K.S., Barone, P.M., da Silva, F.A., Dawson, L., Dixon, R., Fitzpatrick, R., Gradusova, O., Nesterina, E., Peleneva, M., Ushacova, O., Gallego, C.M.M., Pirrie, D., Ruffell, A., McKinley, J., Sagripanti, G., Villalba, D., Schneck, B., Sugita, R., Wach, G., Silva, R. y Forbes, S. (2017). Global developments in forensic geology. *Episodes*, 40(2): 120-131. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2017/v40i2/017014>
- Díaz, I., y García, M. (2011). Más allá del paradigma de la alfabetización. La adquisición de cultura científica como reto educativo. *Formación Universitaria*, 4(2), 3-14. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062011000200002>
- Díaz, J., y Flores, E. (2001). La estructura de la emoción humana: Un modelo cromático del sistema afectivo. *Salud Mental*, 24(4), 20-35.
- Diffenbaugh, N.S., y Burke, M. (2019). Global warming has increased global economic inequality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(20), 9808-9813. <https://doi.org/10.1073/pnas.1816020116>
- Donitsa-Schmidt, S., y Ramot, R. (2020). Opportunities and challenges: teacher education in Israel in the Covid-19 pandemic. *Journal of Education for Teaching*, 46(4), 586-595. <https://doi.org/10.1080/02607476.2020.1799708>
- Dror, O. (2014). The Cannon-Bard thalamic theory of emotions: A brief genealogy and reappraisal. *Emotion Review*, 6(1), 13-20. <https://doi.org/10.1177/1754073913494898>
- Eccles, J. (2009). Who am I and what am I going to do with my life? Personal and collective identities as motivators of action. *Educational Psychologist*, 44(2), 78-89. <https://doi.org/10.1080/00461520902832368>
- Edo, M., y Deulofeu, J. (2006). Investigación sobre juegos, interacción y construcción de conocimientos matemáticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 257-268.
- Ekman, P. (1992). An Argument for Basic Emotions. *Cognition and Emotion*, 6(3-4), 169-200. <https://doi.org/10.1080/02699939208411068>
- Ekman, P., y Oster, H. (1981). Facial expressions of emotion. *Studies in Psychology*, 2(7), 115-144. <https://doi.org/10.1080/02109395.1981.10821273>
- Erk, S., Kiefer, M., Grothe, J., Wunderlich, A.P., Spitzer, M., y Walter, H. (2003). Emotional context modulates subsequent memory effect. *NeuroImage*, 18(2), 439-447. [https://doi.org/10.1016/S1053-8119\(02\)00015-0](https://doi.org/10.1016/S1053-8119(02)00015-0)
- Etchepareborda, M.C., y Abad-Mas, L. (2005). Memoria de trabajo en los procesos básicos del aprendizaje. *Revista de Neurología*, 40(1), 79-83. <https://doi.org/10.33588/rn.40s01.2005078>
- Faccio, E., Costa, N., Losasso, C., Cappa, V., Mantovani, C., Cibir, V., Andrighetto, I., y Ricci, A. (2013). What programs work to promote health for children? Exploring beliefs on microorganisms and on food safety control behavior in primary schools. *Food Control*, 33(2), 320-329. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.03.005>
- FECYT (Ed.). (2020). *Encuesta de percepción social de la ciencia y la tecnología. Informe completo*. Departamento de Cultura Científica y de la Innovación de FECYT.
- Fernandes, S.R.G. (2014). Preparing graduates for professional practice: Findings from a case study of Project-based Learning (PBL). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 139, 219-226. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.08.064>

- Fernández-Abascal, E. G., y Jiménez-Sánchez, M. P. (2010). Psicología de la emoción. En E. Fernández-Abascal, B. García, M.P. Jiménez, M.D. Martín, y F.J. Domínguez (Eds.), *Psicología de la Emoción* (pp. 17-74). Editorial Universitaria Ramón Areces.
- Fernández-Cézar, R., Garrido, D., y Solano-Pinto, N. (2020). Do Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Experimentation Outreach Programs Affect Attitudes towards Mathematics and Science? A Quasi-Experiment in Primary Education. *Mathematics*, 8(9), 1490. <https://doi.org/10.3390/math8091490>
- Fernández-Nistal, M.T., y Peña, S.H. (2008). Concepciones de maestros de primaria sobre el planeta Tierra y gravedad. Implicaciones en la enseñanza de la ciencia. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10(2), 1-25.
- Feyerabend, P. (1975). *Tratado contra el método*. Ediciones Folio.
- Flores, A., López, F.J., Vervliet, B., y Cobos, P L. (2018). Dime si toleras la incertidumbre y te diré si evitas demasiado. *Ciencia Cognitiva*, 12(3), 60-63.
- Fragoso-Luzuriaga, R. (2015). Inteligencia emocional y competencias emocionales en educación superior, ¿un mismo concepto? *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 6(16), 110-125.
- Frenzel, A.C., Goetz, T., Lüdtke, O., Pekrun, R., y Sutton, R.E. (2009). Emotional transmission in the classroom: Exploring the relationship between teacher and student enjoyment. *Journal of Educational Psychology*, 101(3), 705-716. <https://doi.org/10.1037/a0014695>
- Frenzel, A.C., Pekrun, R., y Goetz, T. (2007). Girls and mathematics – A “hopeless” issue? A control-value approach to gender differences in emotions towards mathematics. *European Journal of Psychology of Education*, 22(4), 497-514.
- Gabrieli, J.D.E., Fleischman, D.A., Keane, M.M., Reminger, S.L., y Morrell, F. (1995). Double dissociation between memory systems underlying explicit and implicit in the human brain. *Psychological Science*, 6(2), 76-82. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.1995.tb00310.x>
- García-Carmona, A., y Cruz-Guzmán, M. (2016). ¿Con qué vivencias, potencialidades y predisposiciones inician los futuros docentes de Educación Primaria su formación en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 440-458. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.15
- García-Ruiz, M., y Sánchez, B. (2006). Las actitudes relacionadas con las ciencias naturales y sus repercusiones en la práctica docente de profesores de primaria. *Perfiles educativos*, 28(114), 61-89.
- Gardner, H. (2011). *Frames of mind: the theory of multiple intelligences*. Basic Books.
- Gargallo, J.B., y Bargalló, C.M. (2009). ¿Qué experiencias manifiestan los futuros maestros sobre las clases de ciencias? Implicaciones para su formación. *Revista de Educación*, 354(1), 447-472. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-354-007>
- Garriz, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 315-326.
- Gerstein, M., y Friedman, H. (2016). Rethinking higher education: focusing on skills and competencies. *Psychosociological Issues in Human Resource Management*, 4(2), 104-121. <https://doi.org/10.22381/PIHRM4220165>
- Ghaderi, A.R., y Salehi, M. (2011). A Study of the Level of Self-Efficacy, Depression and Anxiety Between Accounting and Management Students: Iranian Evidence. *World Applied Sciences Journal*, 12(8), 1299-1306.
- Gil, D. (1987). Los errores conceptuales como origen de un nuevo modelo didáctico: de la búsqueda a la investigación. *Investigación en la escuela*, 1(1), 35-41.
- Giraldo-Toro, M.T., Cañada-Cañada, F., Dávila-Acedo, M.A., y Melo-Niño, L. (2015). Ideas alternativas de los alumnos de secundaria sobre las propiedades físicas y químicas del agua. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1(37), 51-70. <https://doi.org/10.17227/01213814.37ted63.75>
- Goleman, D. (1995). *Inteligencia emocional*. Kairós.

- González, A.M. (2015). Emoción, Sentimiento y Pasión en Kant. *Trans/Form/Ação*, 38(3), 75-98
<https://doi.org/10.1590/s0101-31732015000300006>
- González-Domínguez, J., Sánchez-Barroso, G., Zamora-Polo, F., y García-Sanz-Calcedo, J. (2020). Application of circular economy techniques for design and development of products through collaborative project-based learning for industrial engineer teaching. *Sustainability*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/su12114368>
- González-Robles, A., y Vázquez-Vilchez, M. (2022). Propuesta educativa para promover compromisos ambientales a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Bachillerato: el juego S.O.S Civilizaciones. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 1-16.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1103
- Gruber, M.J., Gelman, B.D., y Ranganath, C. (2014). States of Curiosity Modulate Hippocampus-Dependent Learning via the Dopaminergic Circuit. *Neuron*, 84(2), 486-496. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.08.060>
- Guisasola, J., y Morentin, M. (2007). ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 246-262.
- Gutiérrez, J., Benayas, J., y Calvo, S. (2006). Educación para el desarrollo sostenible: evaluación de retos y oportunidades del decenio 2005-2014. *Revista Iberoamericana de educación*, 40, 25-69.
<https://doi.org/10.35362/rie400781>
- Hadden, R.A., y Johnstone, A. H. (1983). Secondary school pupils ' attitudes to science: The year of decision. *International Journal of Science Education*, 5(4), 429-438. <https://doi.org/10.1080/0140528830050406>
- Halberstadt, J., Schank, C., Euler, M., y Harms, R. (2019). Learning Sustainability Entrepreneurship by Doing: Providing a Lecturer-Oriented Service Learning Framework. *Sustainability*, 11(5), 1217.
<https://doi.org/10.3390/su11051217>
- Halder, P., Havu-Nuutinen, S., Pietarinen, J., Zyadin, A., y Pelkonen, P. (2014). Subject knowledge and perceptions of bioenergy among school teachers in India: Results from a survey. *Resources*, 3(4), 599-613.
<https://doi.org/10.3390/resources3040599>
- Harms, U. (2002). Biotechnology Education in Schools. *Electronic Journal of Biotechnology*, 5(3), 717-3458.
- Hedden, M.K., Worthy, R., Akins, E., Slinger-Friedman, V., y Paul, R.C. (2017). Teaching sustainability using an active learning constructivist approach: Discipline-specific case studies in higher education. *Sustainability*, 9(8): 1320. <https://doi.org/10.3390/su9081320>
- Hemmer, I., Bayrhuber, H., Häußler, P., Hemmer, M., Hlawatsch, S., Hoffmann, L., y Raffelsiefer, M. (2007). Students' interest in geoscience topics, con-texts and methods. *Journal of Geographie Education*, 4, 185-197.
- Hernández, J.D.O., Aguilar, E.J., y García, F.G. (2015). El hipocampo: neurogénesis y aprendizaje. *Revista Médica UV*, 1(1), 20-28.
- Hernández-Barco, M.A., Bravo-Lucas, E., Marcos-Merino, J.M., y Cañada Cañada, F. (2022a). Impacto de los nuevos entornos educativos virtuales derivados de la covid-19 en el dominio afectivo de los futuros docentes para el aprendizaje de las ciencias. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 17(1), 30-44.
<https://doi.org/10.14483/23464712.18591>
- Hernández-Barco, M.A., Cañada-Cañada, F., Corbacho-Cuello, I., y Sánchez-Martín, J. (2021a). An Exploratory Study Interrelating Emotion, Self-Efficacy and Multiple Intelligence of Prospective Science Teachers. *Frontiers in Education*, 6, 1-12. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.604791>
- Hernández-Barco, M.A., Cañada-Cañada, F., Cordovilla-Moreno, A. M., y Airado-Rodríguez, D. (2022b). An approach to epistemic emotions in physics' teaching-learning. The case of pre-service teachers. *Heliyon*, 8(11), e11444.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11444>
- Hernández-Barco, M.A., Sánchez-Martín, J., Blanco-Salas, J., y Ruiz-Téllez, T. (2020). Teaching Down to Earth. Service-Learning methodology for science education and sustainability at University level. A practical approach. *Sustainability*, 12(542), 1-23. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25320.42242>

- Hernández-Barco, M.A., Sánchez-Martín, J., Corbacho-cuello, I., y Cañada-Cañada, F. (2021b). Emotional Performance of a Low-Cost Eco-Friendly Project Based Learning Methodology for Science Education: An Approach in Prospective Teachers. *Sustainability*, 13(3385), 1-19. <https://doi.org/10.3390/su13063385>
- Hernández-Barco, M.A., Sánchez-Martín, J., Corbacho-Cuello, I., y Cañada-Cañada, F. (2022c). Is sustainability an exhausted concept? Bridging the gap from environmental awareness to emotional proficiency in science education through integral sustainability. *Heliyon*, 8(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12546>
- Hidalgo-Capitán, A.L., y Cubillo-Guevara, A.P. (2014). Seis debates abiertos sobre el *Sumak Kawsay*. *Iconos- Revista de Ciencias Sociales*, 48, 25-40. <https://doi.org/10.17141/iconos.48.2014.1204>
- Hırça, N. (2013). The Influence of Hands on Physics Experiments on Scientific Process Skills According to Prospective Teachers' Experiences. *European Journal of Physics Education*, 4(6), 1-9.
- Iriarte, A. (1999). Las diosas de la familia olímpica. *Dossiers feministes*, 2, 39-50. <https://doi.org/10.6035/DossiersF>
- Islam, A.M., Sakakibara, H., Karim, R., y Sekine, M. (2013). Potable water scarcity: Options and issues in the coastal areas of Bangladesh. *Journal of Water and Health*, 11(3), 532-542. <https://doi.org/10.2166/wh.2013.215>
- Izadi, D. (2017). Arts in science education. *Canadian Journal of Physics*, 95(7), 43-46. <https://doi.org/10.1139/cjp-2016-0590>
- Izard, C. E. (1992). Basic Emotions, Relations Among Emotions, and Emotion-Cognition Relations. *Psychological Review*, 99 (3): 561-565. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.3.561>
- Jegede, S. A. (2007). Students' anxiety towards the learning of Chemistry in some Nigerian secondary schools. *Educational Research and Review*, 2(7), 193-197.
- Jeong, J. S., González-Gómez, D., y Cañada-Cañada, F. (2016). Students' perceptions and emotions toward learning in a flipped general science classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 25(5), 747-758. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9630-8>
- Jeong, J. S., González-Gómez, D., Cañada-Cañada, F., Gallego-Picó, A., y Bravo, J.C. (2019). Effects of active learning methodologies on the students' emotions, self-efficacy beliefs and learning outcomes in a science distance learning course. *Journal of Technology and Science Education*, 9(2), 217. <https://doi.org/10.3926/jotse.530>
- Jiménez, D. (2012). La prioridad del placer sobre el deseo en la teoría de las pasiones de Thomas Hobbes: una explicación materialista, mecanicista y fisiológica. *Cauriensia*, 7, 271-280.
- Jorgenson, A. K., Fiske, S., Hubacek, K., Li, J., McGovern, T., Rick, T., Schor, J. B., Solecki, W., York, R., y Zycherman, A. (2019). Social science perspectives on drivers of and responses to global climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 10(1), 1-17. <https://doi.org/10.1002/wcc.554>
- Justel, N., Psyrdellis, M., y Ruetti, E. (2013). Modulación de la memoria emocional: Una revisión de los principales factores que afectan los recuerdos. *Suma Psicológica*, 20(2), 163-174. <https://doi.org/10.14349/sumapsi2013.1276>
- Kahle, J.B., Parker, L.H., Rennie, L.J., y Riley, D. (1993). Gender Differences in Science Education: Building a Model. *Educational Psychologist*, 28(4), 379-404. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2804_6
- Kang, W. (2019). Perceived barriers to implementing education for sustainable development among Korean teachers. *Sustainability*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/su11092532>
- Karadon, H.D., y Şahin, N. (2010). Primary school students' basic knowledge, opinions and risk perceptions about microorganisms. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 4398-4401. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.700>
- Key, R. (2009). El conocimiento académico, científico y crítico en el pensamiento educativo de Paulo Freire. *Sapiens. Revista Universitaria de Investigación*, 10(1), 261-276.
- Khatun, R. (2019). Rapidly Changing Globalized Economy and its Impact on Education in the Era of Globalization. *Research Review International Journal of Multidisciplinary*, 3085(06), 1197-1200.

- Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: Perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, 45(2), 169-204. <https://doi.org/10.1080/03057260903142285>
- Kirikkaya, E.B., Işeri, Ş., y Vurkaya, G. (2010). A board game about space and solar system for primary school students. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(2), 1-13.
- Kızıldaş, E., y Sak, R. (2018). Integrating field-trip activities with other activities in the preschool curriculum: its effects on the preschoolers' social-emotional skills. *International Journal of Child Care and Education Policy*, 12(8). <https://doi.org/10.1186/S40723-018-0047-0>
- Klassen, R.M., y Chiu, M.M. (2011). The occupational commitment and intention to quit of practicing and pre-service teachers: Influence of self-efficacy, job stress, and teaching context. *Contemporary Educational Psychology*, 36(2), 114-129. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2011.01.002>
- Klassen, R.M., y Tze, V.M.C. (2014). Teachers' self-efficacy, personality, and teaching effectiveness: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 12, 59-76. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.06.001>
- Kleinginna, P.R., y Kleinginna, A.M. (1981). A Categorized List of Emotion Definitions, with Suggestions for a Consensual Definition. *Motivation and Emotion*, 5(4), 345-379.
- Kozikoğlu, İ. (2019). Investigating Critical Thinking in Prospective Teachers: Metacognitive Skills, Problem Solving Skills and Academic Self-Efficacy. *Journal of Social Studies Education Research*, 10(2), 111-130.
- Kumar, S. y Nertivich, D. (2019). Science in society awareness among indian and russian students: emotional aspects. *European Journal of Social Sciences Studies*, 4(2), 1-15. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2586864>
- Künsting, J., Neuber, V., y Lipowsky, F. (2016). Teacher self-efficacy as a long-term predictor of instructional quality in the classroom. *European Journal of Psychology of Education*, 31, 299-322. <https://doi.org/10.1007/s10212-015-0272-7>
- Laurie, R., Nonoyama-Tarumi, Y., Mckeown, R., y Hopkins, C. (2016). Contributions of Education for Sustainable Development (ESD) to Quality Education: A Synthesis of Research. *Journal of Education for Sustainable Development*, 10(2), 226-242. <https://doi.org/10.1177/0973408216661442>
- Lázaro, I. (2019). Escape Room como propuesta de gamificación en educación. *Revista Educativa Hekademos*, 27(12), 71-79.
- Lee, O., Eichinger, D.C., Anderson, C.W., Berkheimer, G.D., y Blakeslee, T.D. (1993). Changing Middle School Students' Conceptions of Matter and Molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270. <https://doi.org/10.1002/tea.3660300304>
- Legerén, B., y Rada, F. (2014). Las reglas del juego. En A. Costa, C. Freire, C. Ferreira, H. Marques, M. J. Faceira, M. Varzim, N. Antunes, N. Fragata, R. Capucho y S. Reis (Eds.) *Avanca Cinema - Conferencia Internacional de Cine - Arte, Tecnología, Comunicación* (pp. 94).
- Lent, R.W., y Hackett, G. (1987). Career self-efficacy: Empirical status and future directions. *Journal of Vocational Behavior*, 30(3), 347-382. [https://doi.org/10.1016/0001-8791\(87\)90010-8](https://doi.org/10.1016/0001-8791(87)90010-8)
- León, D.A. (2006). ¿Es explicable la conciencia sin emoción?: Una aproximación biológico-afectiva a la experiencia consciente. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 38(2), 361-381.
- Lewis, A., Peat, M., y Franklin, S. (2005). Understanding protein synthesis: An interactive card game discussion. *Journal of Biological Education*, 39(3), 125-130. <https://doi.org/10.1080/00219266.2005.9655979>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, *Boletín Oficial del Estado*, n. 340, de 30 de diciembre de 2020.
- Liévano, M.C., y Leclercq, M.H. (2013). Efectividad de seis juegos de mesa en enseñanza de conceptos básicos de nutrición. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(2), 135-140. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182013000200007>
- Liu, H.H., Wang, Q., Su, Y.S., y Zhou, L. (2019). Effects of project-based learning on teachers' information teaching sustainability and ability. *Sustainability*, 11(5795), 1-16. <https://doi.org/10.3390/su11205795>

- Liu, X., Ramirez, S., Pang, P.T., Puryear, C.B., Govindarajan, A., Deisseroth, K., y Tonegawa, S. (2012). Optogenetic stimulation of a hippocampal engram activates fear memory recall. *Nature*, 484(7394), 381-385. <https://doi.org/10.1038/nature11028>
- Llego, J.H. (2017). Demographic Influence on Emotional Intelligence of Science Technology and Engineering Teachers in Region 1 Philippines. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research*, 3(3), 1075-1083.
- López, D.I., Valdovinos, A., Méndez, M., y Méndez, V. (2009). El Sistema Límbico y las Emociones: Empatía en Humanos y Primates. *Psicología Iberoamericana*, 17(2), 60-69.
- López-Barrul, A. (2021). *Bulos científicos. De la tierra plana al Coronavirus*. OBERON.
- López-González, W., y Vivas-Calderón, F. (2009). Estudio de las preconcepciones sobre los cambios físicos y químicos de la materia en alumnos de noveno grado. *Investigación arbitrada*, 13(45), 491-499.
- López-Luengo, M.A., Torrego-Egido, L.M., y Vallés, C. (2018). ¿Cómo se forman los docentes de educación infantil en didáctica de las ciencias? *Campo Abierto*, 37(1), 5-18.
- Lozano, R., Merrill, M., Sammalisto, K., Ceulemans, K., y Lozano, F. (2017). Connecting Competences and Pedagogical Approaches for Sustainable Development in Higher Education: A Literature Review and Framework Proposal. *Sustainability*, 9(10), 1889. <https://doi.org/10.3390/su9101889>
- Luthy, M., y Deck, A. (2007). Improving Presentation Skills Among Business Students. *ASSBBS E-Journal*, 3(1), 67-71.
- Magrin, M.E., Marini, E., y Nicolotti, M. (2019). Employability of disabled graduates: Resources for a sustainable employment. *Sustainability*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/su11061542>
- Moser, M., Moser, E., Forrest, E., Andersen, P., y Morris, R.G. (1995). Spatial learning with a minislab in the dorsal hippocampus. *PNAS*, 92, 9697-9701. <https://doi.org/10.1073/pnas.92.21.9697>
- Makarova, E., Aeschlimann, B., y Herzog, W. (2019). The gender gap in STEM fields: The impact of the gender stereotype of maths and science on secondary students' career aspirations. *Frontiers in Education*, 4(60), 1-11. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00060>
- Marbà, A., y Bargalló, C.B. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de primaria a cuarto de ESO. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1), 19-30.
- Marcos-Merino, J.M., Bravo-Lucas, E., Hernández-Barco, M.A., y Cañada-Cañada, F. (2021). Emociones y actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias: ¿ha cambiado algo en mí el confinamiento? En A.M. Abril, Á. Blanco y J. Franco (Eds.), *Enseñanza de las ciencias en tiempos de COVID-19. De la investigación didáctica al aula*. GRAÓ.
- Marcos-Merino, J.M., Corbacho-Cuello, I., y Hernández-Barco, M.A. (2020). Analysis of sustainability knowingsness, attitudes and behavior of a Spanish pre-service Primary Teachers sample. *Sustainability*, 12(18), 1-22. <https://doi.org/10.3390/su12187445>
- Marín, V., y Muñoz, V.P. (2018). Trabajar el cuerpo humano con realidad aumentada en educación infantil. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 9, 148-158. <https://doi.org/10.51302/tce.2018.177>
- Martín, O., Peñate, L., Alvaré, A., Cárdenas, R., y Horvath, J. E. (2009). Some possible dynamical constraints for life's origin. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 39(6), 533-544. <https://doi.org/10.1007/s11084-009-9170-9>
- Martin, S.S., y Sewers, R.L. (2003). A Field Trip Planning Guide for Early Childhood Classes. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, 47(4), 177-180. <https://doi.org/10.1080/10459880309603364>
- Martín-Díaz, M.J. (2006). Educational background, teaching experience and teachers' views on the inclusion of nature of science in the science curriculum. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1161-1180. <https://doi.org/10.1080/09500690500439504>
- Martínez-Borreguero, G., Naranjo-Correa, F.L., Mateos-Núñez, M.M., y Sánchez-Martín, J. (2018). Recreational experiences for teaching basic scientific concepts in primary education: The case of density and pressure. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(12). <https://doi.org/10.29333/ejmste/94571>.

- Martínez-Campillo, A., Sierra-Fernández, M.P., y Fernández-Santos, Y. (2019). Service-Learning for Sustainability Entrepreneurship in Rural Areas: What Is Its Global Impact on Business University Students? *Sustainability*, 11(19), 5296. <https://doi.org/10.3390/su11195296>
- de la Mata, C., y Bernardo, J. (2011). Ideas alternativas en las reacciones químicas. *Revista Didácticas Específicas*, 5, 7-29.
- Mayoral, O. (2019). Las plantas como recurso didáctico. La botánica en la enseñanza de las ciencias. *Flora Montiberica*, 73, 93-99.
- Mazas, B., y Bravo, B. (2018). Actitudes hacia la ciencia del profesorado en formación de educación infantil y educación primaria. *Profesorado, Revista de Curriculum y Formación del Profesorado*, 22(2), 286-304. <https://doi.org/10.30827/profesorado.v22i2.7726>
- Mega, C., Ronconi, L., y 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. <https://doi.org/10.1037/a0033546>
- Meisert, A., y Böttcher, F. (2019). Towards a Discourse-Based Understanding of Sustainability Education and Decision Making. *Sustainability*, 11(21), 5902. <https://doi.org/10.3390/su11215902>
- Mellado, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 343-358.
- Mellado, V. (2017). Las emociones en la formación del profesorado. En Universidad de Extremadura (Ed.), *Lección Inaugural Universidad de Extremadura* (pp. 21).
- Mellado, V., Borrachero, B., Melo, L., Dávila-Acedo, M. A., Cañada-Cañada, F., Conde, C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez-Borreguero, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, 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>
- Melo-Herrera, M., y Hernández, R. (2014). El juego y sus posibilidades en la enseñanza de las ciencias naturales. *Innovación educativa*, 14(66), 41-63.
- Melo-Herrera, M. (2016). Construcción de juegos de mesa como recurso didáctico para promover el desarrollo de habilidades comunicativas en ciencias. *Revista Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 10(18), 125-131. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.10num.18bio-grafia125.131>
- Menon, D., y Sadler, T.D. (2016). Preservice Elementary Teachers' Science Self-Efficacy Beliefs and Science Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 27(6), 649-673. <https://doi.org/10.1007/s10972-016-9479-y>
- Miller, G.A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 63, 81-97. <http://psychclassics.yorku.ca/Miller/>
- Mohammed, A. (2017). The tree of emotions: Exploring the relationships of basic human emotions tree of human emotions view project. *The International Journal of Indian Psychology*, 5(1), 22-37. <https://doi.org/10.25215/0501.123>
- Molderez, I., y Fonseca, E. (2018). The efficacy of real-world experiences and service learning for fostering competences for sustainable development in higher education. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4397-4410. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.062>
- Montelongo, Q., Córdoba, E.P., y Gutiérrez, S.C. (2009). La relación entre la autoeficacia y la ansiedad ante las ciencias en estudiantes del nivel medio superior. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, 19(2), 69-91.
- Montiel, I., Antolin-Lopez, R., y Gallo, P.J. (2018). Emotions and sustainability: A literary genre-based framework for environmental sustainability management education. *Academy of Management Learning and Education*, 17(2), 155-183. <https://doi.org/10.5465/amle.2016.0042>
- Mora, F. (2002). *¿Cómo funciona el cerebro?* Alianza Editorial.

Estudio longitudinal del rendimiento afectivo y cognitivo en la formación científica de docentes

- Mora, F. (2006). *Los laberintos del placer en el cerebro humano*. Alianza Editorial.
- Mora, F. (2012). ¿Qué son las emociones? En R. Bisquerra (Ed.), *¿Cómo educar las emociones? La inteligencia emocional en la infancia y la adolescencia*. (pp. 14-24). FAROS.
- Mora, F. (2017). *Neuroeducación: sólo se puede aprender aquello que se ama*. Alianza Editorial.
- Morag, O., y Tal, T. (2012). Assessing Learning in the Outdoors with the Field Trip in Natural Environments (FiNE) Framework. *International Journal of Science Education*, 34(5), 745-777. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.599046>
- Morgado, I. (2010). *Emociones e inteligencia social: las claves para una alianza entre los sentimientos y la razón*. Editorial Planeta, S.A.
- Murga-Menoyo, M.Á. (2015). Competencias para el desarrollo sostenible: las capacidades, actitudes y valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015. *Foro de Educación*, 13(19), 55-83. <http://dx.doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.004>
- Murga-Menoyo, M.Á. (2014). Learning for a sustainable economy: Teaching of green competencies in the university. *Sustainability*, 6(5), 2974-2992. <https://doi.org/10.3390/su6052974>
- NASA. (2011). Rockets. En M. Solomon (Ed.), *Educator's Guide with Activities in Science, Technology, Engineering and Mathematics*. New York.
- Kumar, S. y Nertivich, D. (2019). Science in society awareness among indian and russian students: emotional aspects. *European Journal of Social Sciences Studies*, 4(2), 1-15. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2586864>
- Newton, I. (1687). *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Trinity College: Cambridge.
- Nieto, N.G. (2008). La función tutorial de la Universidad en el actual contexto de la Educación Superior. *Revista Electronica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 22(1), 21-48.
- Niño-Carrasco, S.A., Castellanos-Ramírez, J.C., y Patrón-Espinosa, F. (2021). Contraste de experiencias de estudiantes universitarios en dos escenarios educativos: enseñanza en línea vs. enseñanza remota de emergencia. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 21(65). <https://doi.org/10.6018/red.440731>
- Northoff, G. (2008). Are our emotional feelings relational? A neurophilosophical investigation of the James-Lange theory. *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 7(4), 501-527. <https://doi.org/10.1007/s11097-008-9086-2>
- Nurutdinova, A.R., Perchatkina, V.G., Zinatullina, L.M., Zubkova, G.I., y Galeeva, F.T. (2016). Innovative teaching practice: Traditional and alternative methods (Challenges and implications). *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(10), 3807-3819.
- Nuutila, K., Tapola, A., Tuominen, H., Kupiainen, S., Pásztor, A., y Niemivirta, M. (2020). Reciprocal Predictions Between Interest, Self-Efficacy, and Performance During a Task. *Frontiers in Education*, 5(36), 1-13. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00036>
- O'Brien, W., Adamakis, M., O'Brien, N., Onofre, M., Martins, J., Dania, A., Makopoulou, K., Herold, F., Ng, K., y Costa, J. (2020). Implications for european physical education teacher education during the COVID-19 pandemic: a cross-institutional SWOT analysis. *European Journal of Teacher Education*, 43(4), 503-522. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1823963>
- 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>
- O'Connor, K.E. (2008). «You choose to care»: Teachers, emotions and professional identity. *Teaching and Teacher Education*, 24(1), 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.11.008>
- OECD (Ed.). (2020). *Programme for International Student Assessment's (PISA)*.
- O'Leary, A. (1992). Self-Efficacy and Health: Behavioral and Stress-Physiological Mediation. *Cognitive Therapy and Research*, 16(2), 229-245.

- Oloo, M.O., Wanzala, M., Wabuyabo, K.I., y Wangui, A.M. (2019). Academic self-efficacy, attitudes and knowledge among undergraduate biostatistics students. *European Journal of Education Studies*, 5(12), 214-224. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2609193>
- Olson, R.E., McKenzie, J., Mills, K.A., Patulny, R., Bellocchi, A., y Caristo, F. (2019). Gendered emotion management and teacher outcomes in secondary school teaching: A review. *Teaching and Teacher Education*, 80, 128-144. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.01.010>
- Orion, N. (2019). The future challenge of Earth science education research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(3), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0003-z>
- Orion, N., y Hofstein, A. (1994). Factors that Influence Learning during a Scientific Field Trip in a Natural Environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), 1097-1119. <https://doi.org/10.1002/tea.3660311005>
- Ortega y Gasset, J. (1930). *Misión de la universidad y otros ensayos sobre educación y pedagogía*. Alianza Editorial.
- Oviedo, H.C., y Campo-Arias, A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572-580.
- Özgüner, H., y Kendle, A.D. (2006). Public attitudes towards naturalistic versus designed landscapes in the city of Sheffield (UK). *Landscape and Urban Planning*, 74(2), 139-157. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.10.003>
- Palacino, F. (2007). Competencias comunicativas, aprendizaje y enseñanza de las Ciencias Naturales: un enfoque lúdico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 275-298.
- Palés-Argullós, J., Nolla-Domenjó, M., Oriol-Bosch, A., y Gual, A. (2010). Proceso de bolonia (I): Educación orientada a competencias. *Educación Médica*, 13(3), 127-135.
- Park, G., Lim, B.C., y Oh, H.S. (2019). Why Being Bored Might Not Be a Bad Thing after All. *Academy of Management Discoveries*, 5(1), 78-92. <https://doi.org/10.5465/amd.2017.0033>
- Pascual, P.H. (2016). Metáforas del amor en la poesía de la Grecia antigua (I): la épica y la lírica arcaicas. *Cuadernos de Filología Clásica. Estudios griegos e indoeuropeos*, 26, 17-47. https://doi.org/10.5209/rev_CFCG.2016.v26.52243
- Pedrinaci, E. (2012). Trabajo de campo y aprendizaje de las ciencias. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 71, 81-8.
- Pekrun, R. (2014). Emotions and Learning. En UNESCO (Ed.), *Emotions and Learning* (pp. 6-30). Gonnet Imprimeur.
- Pekrun, R., y Stephens, E.J. (2010). Achievement Emotions: A Control-Value Approach. *Social and Personality Psychology Compass*, 4(4), 238-255. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9004.2010.00259.x>
- Pereira, Z. (2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, 15(1), 15-29.
- Pérez, M.C. (2011). Los juegos de mesa en la educación infantil. *Pedagogía Magna*, 11, 354-359.
- Pfzner-Eden, F. (2016). I feel less confident so I quit? Do true changes in teacher self-efficacy predict changes in preservice teachers' intention to quit their teaching degree? *Teaching and Teacher Education*, 55, 240-254. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2016.01.018>
- Phelps, E.A. (2006). Emotion and Cognition: Insights from Studies of the Human Amygdala. *Annual Review of Psychology*, 57(1), 27-53. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.56.091103.070234>
- Piaget, J. (1978). *La formation du symbole chez l'enfant*. Delachaux et Niestlé.
- Pipitone, C., Guitart, J., Agudelo, C., y García, À. (2019). Favoreciendo el cambio emocional positivo hacia las ciencias en la formación inicial del profesorado. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 3(1), 41-54. <https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.1.4608>
- Pires, C., y Cavaco, A. (2019). Scoping Pharmacy Students' Learning Outcomes: Where Do We Stand? *Pharmacy*, 7(1), 23. <https://doi.org/10.3390/pharmacy7010023>

- Pirrie, D. (2009). Forensic geology in serious crime investigation. *Geology Today*, 25(5), 188-192. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2451.2009.00729.x>
- Pitzer, J., y Skinner, E. (2016). Predictors of changes in students' motivational resilience over the school year: The roles of teacher support, self-appraisals, and emotional reactivity. *International Journal of Behavioral Development*, 41(1), 15-29. <https://doi.org/10.1177/0165025416642051>
- Plutchik, R. (2001). The nature of emotions: Human emotions have deep evolutionary roots, a fact that may explain their complexity and provide tools for clinical practice. *American Scientist*, 89(4), 344-350. <http://www.jstor.org/stable/27857503>
- Pollatos, O., Kirsch, W., y Schandry, R. (2005). On the relationship between interoceptive awareness, emotional experience, and brain processes. *Cognitive Brain Research*, 25(3), 948-962. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.09.019>
- Porlán, A.R. (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 175-185.
- Prince, K.J.A.H., van de Wiel, M.W.J., Scherpbier, A.J.J.A., van der Vleuten, C.P.M., y Boshuizen, H.P.A. (2000). A Qualitative Analysis of the Transition from Theory to Practice in Undergraduate Training in a PBL-Medical School. *Advances in Health Sciences Education*, 5(2), 105-116. <https://doi.org/10.1023/a:1009873003677>
- de Pro, A. (2009). ¿Qué investigamos sobre la Didáctica de las Ciencias Experimentales en nuestro contexto educativo? *Investigación en la Escuela*, 69, 45-59. <https://doi.org/10.12795/IE.2009.i69.04>
- Putwain, D., Sander, P., y Larkin, D. (2013). Academic self-efficacy in study-related skills and behaviours: Relations with learning-related emotions and academic success. *British Journal of Educational Psychology*, 83(4), 633-650. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.2012.02084.x>
- Raviraj, U. (2019). Climate change: A global emergency, let's save our planet. *Indian Journal of Community and Family Medicine*, 5(1), 1-3. https://doi.org/10.4103/ijcfm.ijcfm_48_19
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, n. 52, de 1 de marzo de 2014.
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, n. 52, de 2 de marzo de 2022.
- Rebello, D., Marques, L., y Costa, N. (2011). Actividades en ambientes exteriores al aula en la Educación en Ciencias: contribuciones para su operatividad. *Enseñanza de las ciencias de la tierra*, 19(1), 15-25.
- Reeve, J. (2013). How students create motivationally supportive learning environments for themselves: The concept of agentic engagement. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 579-595. <https://doi.org/10.1037/a0032690>
- Restrepo, F.L. (2008). Funciones Ejecutivas: Aspectos Clínicos. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8(1), 59-76.
- Retana-Alvarado, D.A., de las Heras-Pérez, M.Á., Vázquez-Bernal, B., y Jiménez-Pérez, R. (2018). El cambio en las emociones de maestros en formación inicial hacia el clima de aula en una intervención basada en investigación escolar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2602. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2602
- Retana-Alvarado, D.A., de las Heras, M.Á., Vázquez-Bernal, B., y Jiménez-Pérez, R. (2019). ¿Cómo cambian las emociones en docentes en formación inicial hacia la asignatura Didáctica de Ciencias de la Naturaleza I con un proyecto de indagación de aula? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 3(2), 55-69. <https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.2.4629>
- Rieckmann, M. (2012). Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning? *Futures*, 44(2), 127-135. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.09.005>
- Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: Key competencies. En W. J. Leicht, A., Heiss, J., Byun (Ed.), *Issues and trends in Education for Sustainable Development in Issues and trends in education for sustainable development* (pp. 39-59). United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

- Rivas-Ruiz, R., Moreno-Palacios, J., y Talavera, J. (2013). Diferencias de medianas con la U de Mann-Whitney. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 51(4), 414-423.
- Robyn-Jenia, W. (2020). Effectiveness of Virtual Medical Teaching During the COVID-19 Crisis: Systematic Review. *JMIR Medical Education*, 6(2), 1-16. <https://doi.org/10.2196/20963>
- de Roca, R. F., y de Alizo, L. P. (2009). Las emociones y la retórica interpersonal desde los aportes de Platón y Aristóteles. *GT Comunicación, Cultura y Sociedad*, 23.
- Rodríguez-Oroz, D., Gómez-Espina, R., Bravo, M.J., y Truyol, M.E. (2019). Aprendizaje basado en un proyecto de gamificación: vinculando la educación universitaria con la divulgación de la geomorfología de Chile. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2), 1-13. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2202
- Rogaten, J., y Moneta, G.B. (2015). Use of Creative Cognition and Positive Affect in Studying: Evidence of a Reciprocal Relationship. *Creativity Research Journal*, 27(2), 25-231. <https://doi.org/10.1080/10400419.2015.1030312>
- Rogaten, J., Moneta, G.B., y Spada, M.M. (2013). Academic Performance as a Function of Approaches to Studying and Affect in Studying. *Journal of Happiness Studies*, 14(6), 1751-1763. <https://doi.org/10.1007/s10902-012-9408-5>
- Román, R., y Montero, M. (2013). Repensar el hedonismo: de la felicidad en Epicuro a la sociedad hiperconsumista de Lipovetsky. *Endoxa*, 1(31), 191-210. <https://doi.org/10.5944/endoxa.31.2013.9371>
- Tamayo, G., Miraval, Z., y Mansilla, P. (2020). Trastornos de las emociones a consecuencia del COVID-19 y el confinamiento en universitarios de las diferentes escuelas de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Perú. *Revista de Comunicación y Salud*, 10(2), 343-354. [https://doi.org/10.35669/rcys.2020.10\(2\).343-354](https://doi.org/10.35669/rcys.2020.10(2).343-354)
- Rubin, V.L. (2019). Disinformation and misinformation triangle: A conceptual model for “fake news” epidemic, causal factors and interventions. *Journal of Documentation*, 75(5), 1013-1034. <https://doi.org/10.1108/JD-12-2018-0209>
- Rubio, R.M., Uribe, D., Moreno-Romero, A., y Yáñez, S. (2019). Embedding Sustainability Competences into Engineering Education. The Case of Informatics Engineering and Industrial Engineering Degree Programs at Spanish Universities. *Sustainability*, 11(20). <https://doi.org/10.3390/su11205832>
- Ruffell, A. (2010). Forensic pedology, forensic geology, forensic geoscience, geoforensics and soil forensics. *Forensic Science International*, 202(1-3), 9-12. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.03.044>
- Russell, J.A., y Barrett, L. (1999). Core affect, prototypical emotional episodes, and other things called emotion: Dissecting the elephant. *Journal of Personality and Social Psychology*, 76(5), 805-819. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.76.5.805>
- Russell, J.A., y Carroll, J.M. (1999). On the bipolarity of positive and negative affect. *Psychological Bulletin*, 125(1), 3-30. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.125.1.3>
- Saklofske, D.H., Austin, E.J., Mastoras, S.M., Beaton, L., y Osborne, S.E. (2012). Relationships of personality, affect, emotional intelligence and coping with student stress and academic success: Different patterns of association for stress and success. *Learning and Individual Differences*, 22(2), 251-257. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.02.010>
- Salim, S.S., Nassir, R., Arip, M.A.S.M., y Mustafa, M.B. (2012). The Role of Emotional Intelligence on Job Satisfaction among School Teachers. *The Social Sciences*, 7(1), 125-129. <https://doi.org/10.3923/sscience.2012.125.129>
- Sánchez-Martín, J., Álvarez-Gragera, G., Dávila-Acedo, M.A., y Mellado, V. (2017). What do K-12 students feel when dealing with technology and engineering issues? Gardner's multiple intelligence theory implications in technology lessons for motivating engineering vocations at Spanish Secondary School. *European Journal of Engineering Education*, 42(6), 1330-1343. <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1292216>
- Sánchez-Martín, J., Cañada-Cañada, F., y Dávila-Acedo, M.A. (2017). Just a game? Gamifying a general science class at university: Collaborative and competitive work implications. *Thinking Skills and Creativity*, 26(June), 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.05.003>

- Sánchez-Martin, J., Cañada-Cañada, F., y Dávila-Acedo, M.A. (2018). Emotional responses to innovative science teaching methods: acquiring emotional data in a general science teacher education class. *Journal of Technology and Science Education*, 8(4), 346-359. <https://doi.org/10.3926/jotse.408>
- Sánchez-Martín, J., Corrales-Serrano, M., Luque-Sendra, A., y Zamora-Polo, F. (2020). Exit for success. Gamifying science and technology for university students using escape-room. A preliminary approach. *Heliyon*, 6(7), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04340>
- Sánchez-Martín, J., Gallego-Méndez, J., Hernández-Barco, M.A., y Cañada-Cañada, F. (2020). Working on what students think about chemical reactions: a didactic intervention on prior ideas at Primary School Level. En E. J. Byker y A. Horton (Eds.), *Elementary Education. Global perspectives, challenges and issues of the 21 st century*. (Número July, pp. 287-295). Nova Science Publisher.
- Sánchez-Martín, J., Zamora-Polo, F., Moreno-Losada, J., y Parejo-Ayuso, J.P. (2017). Innovative education tools for developing ethical skills in university science lessons. The case of the moral cross dilemma. *Ramon Llull Journal of Applied Ethics*, 8(8), 225-245.
- Sanz, J., Zuazagoitia, D., Lizaso, E., y Pérez, M. (2021). ¿Promueven los patios naturalizados el desarrollo de la competencia científica? Un estudio de caso en la educación infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(2), 1-19. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2203
- Sarikaya, M. (2007). Prospective teachers' misconceptions about the atomic structure in the context of electrification by friction and an activity in order to remedy them. *International Education Journal*, 8(1), 40-63.
- Schunk, D.H. (2012). *Teorías del aprendizaje*. Una perspectiva educativa. Pearson.
- SCI. (2018). *Our Role at the United Nations: Solar Cookers International*. <https://www.solarcookers.org/work/advocacy/role-united-nations>
- Secretaría General Técnica del Ministerio de Ciencia e Innovación (Ed.) (2021). *Científicas en cifras 2021*. Unidad de Mujeres y Ciencia del Ministerio de Ciencia e Innovación en colaboración con la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT).
- Sevinç, B., Özmen, H., y Yiğit, N. (2011). Investigation of primary students' motivation levels towards science learning. *Science Education International*, 22(3), 218-232.
- Shakir, R. (2009). Soft skills at the Malaysian institutes of higher learning. *Asia Pacific Education Review*, 10(3), 309-315. <https://doi.org/10.1007/s12564-009-9038-8>
- Sherman-Morris, K., y McNeal, K.S. (2016). Understanding perceptions of the geosciences among minority and nonminority undergraduate students. *Journal of Geoscience Education*, 64(2), 147-156. <https://doi.org/10.5408/15-112.1>
- Sierra, M.C., y Fernández-Sánchez, M.R. (2019). Gamificando el aula universitaria. Análisis de una experiencia de Escape Room en educación superior. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 18(36), 105-115. <https://doi.org/10.21703/rexe.20191836sierra15>
- Solar Brother. (2021). *Sunplicity: Barbacoa solar - Solar Brother*. <https://www.solarbrother.com/es/comprar/horno-solar-sunplicity/>
- Soler-Cárdenas, S., y Soler-Pons, L. (2012). Usos del coeficiente alfa de Cronbach en el análisis de instrumentos escritos. *Revista Electrónica Médica*, 34(1), 1-5.
- Solís, H., y López-Hernández, E. (2009). Neuroanatomía funcional de la memoria. *Archivos de Neurociencias*, 14(3), 176-187.
- Solomon, R. (2003). *What is an emotion? Classic and contemporary readings*. Oxford University Press.
- Speering, W., y Rennie, L. (1996). Students' perceptions about science: The impact of transition from primary to secondary school. *Research in Science Education*, 26(3), 283-298. <https://doi.org/10.1007/BF02356940>

- Spiegel, C.N., Alves, G.G., Cardona, T.D.S., Melim, L.M.C., Luz, M.R.M.P., Araújo-Jorge, T.C., y Henriques-Pons, A. (2008). Discovering the cell: An educational game about cell and molecular biology. *Journal of Biological Education*, 43(1), 27-36. <https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656146>
- Steegh, A. M., Höffler, T. N., Keller, M. M., y Parchmann, I. (2019). Gender differences in mathematics and science competitions: A systematic review. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(10), 1431-1460. <https://doi.org/10.1002/tea.21580>
- Steffens, K. (2015). Competences, learning Theories and MOOCs: Recent Developments in Lifelong Learning. *European Journal of Education Research, Development and Policy*, 50(1), 41-59. <https://doi.org/10.1111/ejed.12102>
- Stephanou, G., y Oikonomou, A. (2018). Teacher emotions in Primary and Secondary education: effects of self-efficacy and collective-efficacy, and problem-solving appraisal as a moderating mechanism. *Psychology*, 9, 820-875. <https://doi.org/10.4236/psych.2018.94053>
- Stoilescu, D., y Egodawatte, G. (2010). Gender differences in the use of computers, programming, and peer interactions in computer science classrooms. *Computer Science Education*, 20(4), 283-300. <https://doi.org/10.1080/08993408.2010.527691>
- Suárez-López, R., Eugenio, M., Lara, F., y Molina-Motos, D. (2019). Examinando el papel de la educación ambiental en la construcción del buen vivir global: contribuciones de la corriente crítica a la definición de objetivos. *Iberoamerican Journal of Development Studies*, 8(1), 82-105. https://doi.org/10.26754/ojs_ried/ijds.336
- Tang, T., Vezzani, V., y Eriksson, V. (2020). Developing critical thinking, collective creativity skills and problem solving through playful design jams. *Thinking Skills and Creativity*, 37, 100696. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100696>
- Tejedor, G., Segalàs, J., Barrón, Á., Fernández-Morilla, M., Fuertes, M., Ruiz-Morales, J., Gutiérrez, I., García-González, E., Aramburuzabala, P., y Hernández, À. (2019). Didactic Strategies to Promote Competencies in Sustainability. *Sustainability*, 11(2086), 1-24. <https://doi.org/10.3390/su11072086>
- Tiedemann, J. (2000). Gender-Related beliefs of teachers in elementary school mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 41, 191-207.
- Timmis, K., Cavicchioli, R., Garcia, J.L., Nogales, B., Chavarría, M., Stein, L., McGenity, T.J., Webster, N., Singh, B. K., Handelsman, J., de Lorenzo, V., Pruzzo, C., Timmis, J., Martín, J.L.R., Verstraete, W., Jetten, M., Danchin, A., Huang, W., Gilbert, J., ... Harper, L. (2019). The urgent need for microbiology literacy in society. *Environmental Microbiology*, 21(5), 1513-152. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.14611>
- Tisza, G., y Markopoulos, P. (2021). FunQ: Measuring the fun experience of a learning activity with adolescents. *Current Psychology*, 42, 1936-1956. <https://doi.org/10.1007/s12144-021-01484-2>
- Tobin, K., King, D., Henderson, S., Bellocchi, A., y Ritchie, S. M. (2016). Expression of emotions and physiological changes during teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 11(3), 669-692. <https://doi.org/10.1007/s11422-016-9778-9>
- Tomas, L., Rigano, D., y Ritchie, S.M. (2016). Students' regulation of their emotions in a science classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(2), 234-260. <https://doi.org/10.1002/tea.21304>
- Torres, N. B., González, R.L., y Carvalho, J.L. (2018). Roamer, un robot en el aula de Educación Infantil para el desarrollo de nociones espaciales básicas. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 28, 14-28. <https://doi.org/10.17013/risti.28.14-28>
- Tran, D. van, y Lewis, R. (2012). The Effects of Jigsaw Learning on Students' Attitudes in a Vietnamese Higher Education Classroom. *International Journal of Higher Education*, 1(2), 9-20. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v1n2p9>
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. En E.Tulving y W.Donaldson (Eds.) *Organization of Memory* (pp. 381-403). Cambridge, MA: Academic Press.
- UNESCO. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
- UNESCO. (2017). Education for Sustainable Development Goals. Learning objectives. En *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*.

- UNESCO. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. En *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*.
- Uribe, I.D., Gallo, L.E., y Vaz, A.F. (2017). Trazos de una educación hedonista. *Movimiento*, 23(1), 339-349. <https://doi.org/10.22456/1982-8918.68311>
- Vargas, Z.R. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33(1), 155-165.
- Vázquez, A., y Manassero, M.A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (II): evidencias empíricas derivadas de la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 417-441. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i3.03
- Vázquez, A., y Manassero, M.A. (2011). El descenso de las actitudes hacia la ciencia de chicos y chicas en la educación obligatoria. *Ciência y Educação*, 17(2), 249-268.
- Vázquez, A., y Manassero, M.A. (2015). La elección de estudios superiores científico-técnicos: análisis de algunos factores determinantes en seis países. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(2), 264-277. <http://hdl.handle.net/10498/17251>
- Vázquez, A., y Manassero, M.A. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336.
- Vendrell, Í. (2008). Teorías analíticas de las emociones: el debate actual y sus precedentes históricos. *Contrastes. Revista Internacional de Filosofía*, 14, 217-240.
- Ventura-León, J. L., y Caycho-Rodríguez, T. (2017). El coeficiente Omega: un método alternativo para la estimación de la confiabilidad. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 15(1), 625-627.
- Vianello, M., Schnabel, K., Sriram, N., y Nosek, B. (2013). Gender differences in implicit and explicit personality traits. *Personality and Individual Differences*, 55(8), 994-999. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2013.08.008>
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2), 205-221. <https://doi.org/10.1080/0140528790010209>
- Vygotsky, L. S. (1978). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Crítica.
- Wang, G., Zhang, Y., Zhao, J., Zhang, J., y Jiang, F. (2020). Mitigate the effects of home confinement on children during the COVID-19 outbreak. *The Lancet*, 395(10228), 945-947. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30547-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30547-X)
- Wang, Z., Lukowski, S.L., Hart, S.A., Lyons, I.M., Thompson, L.A., Kovas, Y., Mazzocco, M.M.M., Plomin, R., y Petrill, S.A. (2015). Is math anxiety always bad for math learning? The role of math motivation. *Psychological Science*, 26(12), 1863-1876. <https://doi.org/10.1177/0956797615602471>
- Wenger, M., Jones, F.N., y Jones, M.H. (1956). *Physiological Psychology*. Henry Holt.
- Wilhelm, S., Förster, R., y Zimmermann, A. (2019). Implementing Competence Orientation: Towards Constructively Aligned Education for Sustainable Development in University-Level Teaching-And-Learning. *Sustainability*, 11(7), 1891. <https://doi.org/10.3390/su11071891>
- Williams, S.J., Jones, J.P.G., Gibbons, J.M., y Clubbe, C. (2015). Botanic gardens can positively influence visitors' environmental attitudes. *Biodiversity and Conservation*, 24(7), 1609-1620. <https://doi.org/10.1007/s10531-015-0879-7>
- Wilson, F., Kickul, J., y Marlino, D. (2008). Gender, Entrepreneurial self-efficacy, and entrepreneurial career intentions: implications for entrepreneurship education. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 979, 387-406.
- de Wit, H. (2020). Internationalization of higher education: The need for a more ethical and qualitative approach. *Journal of International Students*, 10(1), 1-4. <https://doi.org/10.32674/jis.v10i1.1893>
- Wolff, L.-A., Sjöblom, P., Hofman-Bergholm, M., y Palmberg, I. (2017). High Performance Education Fails in Sustainability? —A Reflection on Finnish Primary Teacher Education. *Education Sciences*, 7(1), 32. <https://doi.org/10.3390/educsci7010032>

- Wood, E.J. (2004). Problem-Based Learning: Exploiting knowledge of how people learn to promote effective learning. *Bioscience Education*, 3(1), 1-12. <https://doi.org/10.3108/beej.2004.03000006>
- Wright, T. (2009). University presidents' conceptualizations of sustainability in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 11(1), 61-73. <https://doi.org/10.1108/14676371011010057>
- Wu, Y.-J., Kiefer, S. M., y Chen, Y.-H. (2019). Relationships between learning strategies and self-efficacy: A cross-cultural comparison between Taiwan and the United States using latent class analysis. *International Journal of School y Educational Psychology*, 8(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/21683603.2019.1566104>



ANEXO I

Cuestionario sobre autoeficacia, emociones y conocimiento científico (pre y postest)

ANEXO I. Cuestionario sobre autoeficacia, emociones y conocimiento científico (pretest y postest)

Datos del alumno/a

CÓDIGO: (Primera inicial del nombre de tu madre y las 3 últimas cifras de tu número de teléfono)
Sexo: Hombre Mujer
Edad:
Forma de acceso a la universidad: Bachillerato FP Prueba<25 Especialidad de bachillerato elegida: Bachillerato ciencias o tecnología Bachillerato ciencias sociales o humanidades Otro

1. Valora tu **capacidad** para **impartir** los siguientes **contenidos** en Educación Primaria de 0 a 10, donde 0 es “la mínima puntuación” y 10 “la máxima puntuación”.

Me siento capacitado para enseñar los siguientes contenidos...	Valoración (de 0 a 10)
Diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo	
Explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad	
La flotabilidad en un medio líquido	
Concepto de energía. Diferentes formas de energía	
Fuentes de energía y materias primas: su origen. Energías renovables y no renovables. La luz como fuente de energía	
Electricidad: la corriente eléctrica. Circuitos eléctricos	
Separación de componentes de una mezcla mediante destilación, filtración, evaporación o disolución	
Reacciones químicas: la combustión, la oxidación y la fermentación	
Cálculo Matemático y Representación gráfica	
El cuerpo humano y su funcionamiento. Anatomía y fisiología. Aparatos y sistemas	
Organización interna de los seres vivos. Estructura De los seres vivos: células, tejidos: tipos; órganos; aparatos y sistemas: principales características y funciones	
Los seres vivos: Características, clasificación y tipos	
Los animales vertebrados e invertebrados, características y clasificación	
Las plantas: La estructura y fisiología de las plantas. La fotosíntesis y su importancia para la vida en la Tierra	
La biosfera, diferentes hábitats de los seres vivos	
Hábitos de respeto y cuidado hacia los seres vivos	
El planeta Tierra y la Luna, su satélite	
La Atmósfera. Fenómenos atmosféricos	
Rocas y minerales: Propiedades usos y utilidades	

3.- Selecciona la respuesta correcta de las siguientes cuestiones de tipo test (se ha subrayado la respuesta correcta para cada una de las preguntas).

Ítem 1.- Las rocas están formadas por:

- a) Minerales
- b) Piedras
- c) Arena

2.- ¿Qué utilizan las plantas para obtener energía?

- a) Agua y suelo
- b) Agua, sales minerales y luz del sol
- c) CO₂, sales minerales, agua y luz solar

3.- Señala los elementos químicos esenciales para los seres vivos:

- a) Cloro, hidrogeno, carbono, selenio
- b) Carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrogeno
- c) Sodio, hierro, calcio, fosforo

4.- Los antibióticos actúan frente a:

- a) Virus, bacterias y protozoos patógenos
- b) Virus
- c) Bacterias patógenas

5.- Señala cuál es el único método anticonceptivo capaz de prevenir de las Enfermedades de Transmisión Sexual (ETS):

- a) Preservativo
- b) Pastillas anticonceptivas
- c) Los dos anteriores

6.- En el sistema Tierra-Sol-Luna, cuál es el que tiene mayor tamaño:

- a) Tierra
- b) Sol
- c) Luna

7.- ¿A cuánto equivale 0,10 kg?

- a) 100 g
- b) 100 g.
- c) 100 gr

8.- Si ponemos una bola de hierro en la superficie de un recipiente lleno de agua y la dejamos caer la bola se hunde, esto se debe a que

- a) El hierro es más pesado que el agua
- b) El hierro es más denso que el agua
- c) El hierro tiene más masa que el agua

9.- Imagina que posees un microscopio lo suficientemente potente para observar moléculas. Si miramos una gota de agua, ¿qué encontraríamos entre las moléculas el agua?

- a) Aire
- b) Nada, las partículas están muy juntas unas a otras
- c) Vacío

10.- Cuando calentamos un recipiente con agua, antes de que esta llegue a hervir se forman unas burbujas en el fondo del recipiente. ¿De qué están hechas esas burbujas?

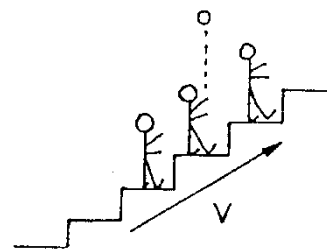
- a) Aire
- b) Oxígeno (O_2)
- c) H_2O

11.- Un cambio del estado de agregación de una sustancia es:

- a) Una transformación química
- b) Un cambio en su configuración electrónica
- c) Una transformación física

12.- Tres personas se encuentran en tres escalones sucesivos de una escalera mecánica que se desplaza con movimiento uniforme. La persona que va en el medio lanza una pelota verticalmente y hacia arriba. ¿Sobre quién caerá la pelota?

- a) Sobre el de detrás
- b) Sobre el que lanza la pelota
- c) Depende de la velocidad



13.- Un avión vuela a 5000 m de altura y a una velocidad de 800 km/h. Podemos decir que el avión tiene:

- a) Energía potencial gravitatoria
- b) Energía gravitatoria y cinética
- c) No tiene energía

14.- ¿En cuál de los siguientes procesos crees que se conserva la energía?

- a) Cuando botamos una pelota
- b) Cuando calentamos agua en la cocina.
- c) En todos los procesos anteriores

15.- Un tomate se ve rojo porque

- a) Posee y emite luz roja
- b) Le llega luz roja y la refleja
- c) Le llega luz roja y la absorbe

Preguntas Verdadero (V) – Falso (F) (se han señalado las respuestas correctas en la casilla correspondiente).

	V	F
El Sol gira alrededor de la Tierra		X
El peso es una fuerza	X	
Las plantas tienen reproducción sexual	X	
En invierno hace más frío porque la Tierra está más lejos del Sol		X
El ser humano es la especie más evolucionada en el planeta		X
Las bacterias no tienen células		X
La diferencia entre alimento transgénico y no transgénico es que los primeros contienen genes		X
La Tierra tiene varios satélites naturales		X
Las algas pertenecen al reino de los vegetales		X
Las sustancias de origen vegetal son las más saludables		X
La dehesa es un tipo de bosque mediterráneo de origen natural		X
El interior de la Tierra está formado por lava		X
La Tierra se está calentando como resultado de una mayor entrada de radiación a través del agujero en la capa de ozono.		X
Los fuertes vientos son los causantes de las corrientes marinas		X
Un cambio del estado de agregación de una sustancia es una transformación química.		X
El Dióxido de Carbono es imprescindible para la vida	X	
La fuerza de rozamiento es necesaria para poder movernos	X	
La fuente de energía más utilizada en los hogares es la electricidad		X
Cuando dormimos reponemos energía.		X
El sonido se transmite en cualquier medio sólido, líquido, gaseoso y en el vacío		X
Cuando el butano arde se desprende vapor de agua.	X	
La masa no cambia durante una reacción química	X	
La leche de vaca es una sustancia pura		X
La velocidad de un cuerpo en movimiento depende de su masa		X
Se puede mover un objeto aplicando una fuerza menor que su peso	X	
Las estaciones del año se producen por la rotación de la Tierra.		X



ANEXO II

Cuestionario utilizado para el análisis de la evolución emocional tras realizar una actividad de ABP: construcción de un cohete de hidropulsión (pre y postest)

ANEXO II. Pretest. Aprendizaje Basado en Proyectos: cohete de hidropulsión



Intervención I. Fabricación de un cohete de agua

Este cuestionario es totalmente anónimo, por eso se pide que sea contestado con sinceridad absoluta. Se van a recoger las emociones que esperas sentir durante los próximos seminarios de la asignatura durante la elaboración de un cohete de agua siguiendo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

Sexo: Hombre Mujer
Edad:
Forma de acceso a la universidad Bachillerato ciencias o tecnología Bachillerato ciencias sociales o humanidades Otras
Valora de 0 a 10, donde 10 es el máximo, cuánto te gusta la asignatura
Valora de 0 a 10, donde 10 es el máximo, cuánto te esfuerzas para estudiar

A continuación, se enumeran algunas emociones. Indica si piensas que durante la elaboración del cohete de agua vas a sentirlas o no e intenta describir por qué o en qué momento del desarrollo de la actividad.

Emoción	Sí/No	¿Por qué?
Sorpresa		
Aburrimiento		
Entusiasmo		

Alegría		
Miedo		
Confianza		
Preocupación		
Ansiedad		
Nerviosismo		
Satisfacción		
Diversión		
Rechazo		

Postest. Aprendizaje Basado en Proyectos: cohete de hidropulsión



Intervención I. Fabricación de un cohete de agua

Tras la intervención...

Sexo: Hombre Mujer
Edad:
Forma de acceso a la universidad Bachillerato ciencias o tecnología Bachillerato ciencias sociales o humanidades Otras
Valora de 0 a 10, donde 10 es el máximo, cuánto te gusta la asignatura
Valora de 0 a 10, donde 10 es el máximo, cuánto te esfuerzas para estudiar

Después del concurso de cohetes, ¿cómo se has sentido construyendo un cohete de hidropulsión siguiendo la metodología de Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)?

Emoción	Sí/No	¿Por qué?
Sorpresa		
Aburrimiento		
Entusiasmo		
Alegría		

Miedo		
Confianza		
Preocupación		
Ansiedad		
Nerviosismo		
Satisfacción		
Diversión		
Rechazo		



ANEXO III

Cuestionario utilizado para el análisis de la evolución cognitiva, emocional, de autoeficacia y evaluación de una actividad ABP: construcción de un Filtro Lento de Arena (pre y posttest)

ANEXO III. Pretest. Aprendizaje Basado en Proyectos: Filtro Lento de Arena



Intervención II. Fabricación de Filtro Lento de Arena

En el segundo seminario, fabricaréis un filtro lento de arena. Antes de conocer por qué y para qué, os pedimos que rellenéis el siguiente cuestionario. Es anónimo y voluntario.

Sexo:	Hombre	Mujer
Edad:		

Cuestionario de conocimiento científico y ambiental. (Las preguntas de la 5 a la 9 pertenecen al cuestionario de Giraldo-Toro et al. (2015). Las respuestas correctas han sido señaladas con un asterisco).

- 1.- ¿Qué significan las siglas ODS?
- 2.- ¿Para qué crees que puede servir un filtro lento de arena?
- 3.- ¿Dónde has oído hablar de los Objetivos de Desarrollo Sostenible? ¿Podrías mencionar alguno de ellos?
- 4.- ¿Crees que existe algún ODS relacionado con el agua? ¿Cuál?
- 5.- ¿Cuáles de los siguientes procesos, en los que interviene el agua, son químicos?
 - a) **Fotosíntesis***
 - b) Calentar agua hasta evaporarla
 - c) Disolver sal en agua

d) Filtrar agua con arena

6.- ¿Qué es lo que ocurre al añadir un detergente al agua?

- a) Reacciona con el agua y se produce espuma
- b) El detergente es más concentrado y denso, no se mezcla
- c) El detergente descompone el agua formando burbujas de hidrógeno y oxígeno
- d) No reacciona, se mezcla***

7.- Al comparar el agua embotellada con el agua del grifo

- a) El agua del grifo es más potable
- b) Ambas son puras
- c) El agua embotellada es pura y la del grifo no
- d) Ambas no son puras***

8.- En los ríos se desarrolla la vida de los seres vivos. En verano, al aumentar la temperatura, los ríos contienen

- a) Mayor cantidad de oxígeno disuelto
- b) Menor cantidad de oxígeno disuelto***
- c) El agua no contiene gases
- d) Los seres acuáticos no necesitan oxígeno

9.- Al añadir cloro al agua

- a) Se contamina porque se añaden sustancias extrañas al agua y no se puede beber
- b) Da lugar a una sustancia que se llama amoníaco y tiene un olor fuerte
- c) No contamina porque el agua también es un producto químico
- d) El cloro es utilizado para potabilizar el agua dentro de unos límites de concentración***

Postest. Aprendizaje Basado en Proyectos: Filtro Lento de Arena



Intervención II. Fabricación de Filtro Lento de Arena

Tras la intervención...

Este cuestionario nos servirá para hacer una evaluación de la evolución de las dimensiones emocional y cognitiva tras la experiencia de la construcción del Filtro Lento de Arena.

Sexo:	Hombre	Mujer
Edad:		

PARTE 1. A NIVEL EMOCIONAL...

1.- De las siguientes emociones, señala cuáles (pueden ser más de una) son las que has sentido durante el seminario con más frecuencia

Confianza	<input type="checkbox"/>	Entusiasmo	<input type="checkbox"/>	Alegría	<input type="checkbox"/>	Sorpresa	<input type="checkbox"/>
Apatía	<input type="checkbox"/>	Miedo	<input type="checkbox"/>	Inseguridad	<input type="checkbox"/>	Rechazo	<input type="checkbox"/>
Curiosidad	<input type="checkbox"/>	Diversión	<input type="checkbox"/>	Satisfacción	<input type="checkbox"/>	Tranquilidad	<input type="checkbox"/>
Aburrimiento	<input type="checkbox"/>	Frustración	<input type="checkbox"/>	Nerviosismo	<input type="checkbox"/>	Incertidumbre	<input type="checkbox"/>
Preocupación	<input type="checkbox"/>						

2.- Con respecto a las emociones positivas, ¿cuáles dirías que son las causas por las que has sentido?

La metodología seguida por el docente	<input type="checkbox"/>	El profesor	<input type="checkbox"/>
El trabajo autónomo	<input type="checkbox"/>	El contenido	<input type="checkbox"/>
La resolución de dudas y problemas que han surgido	<input type="checkbox"/>	Mi propia actitud ante la asignatura	<input type="checkbox"/>
Factores personales	<input type="checkbox"/>	El trabajo en grupo	<input type="checkbox"/>

3.- Con respecto a las emociones negativas, ¿cuáles dirías que son las causas por las que has sentido?

La metodología seguida por el docente	<input type="checkbox"/>	El profesor	<input type="checkbox"/>
El trabajo autónomo	<input type="checkbox"/>	El contenido	<input type="checkbox"/>
La resolución de dudas y problemas que han surgido	<input type="checkbox"/>	Mi propia actitud ante la asignatura	<input type="checkbox"/>
Factores personales	<input type="checkbox"/>	El trabajo en grupo	<input type="checkbox"/>

4.- ¿Has echado de menos algo?

Atención del profesor	<input type="checkbox"/>	Más vinculación entre la teoría y la práctica	<input type="checkbox"/>
Más retroalimentación y diálogo durante los seminarios	<input type="checkbox"/>	Mayor transversalidad en los contenidos	<input type="checkbox"/>
Otras experiencias de ABP-ApS durante mi formación como maestro	<input type="checkbox"/>	Una mejor formación teórica previa	<input type="checkbox"/>

5.- ¿Para cuál de las siguientes actividades te sientes más capacitado como docente?

Lección expositiva <input type="checkbox"/>	Salida al medio natural <input type="checkbox"/>
Clase virtual <input type="checkbox"/>	Metodologías activas (indagación, gamificación, APS, ABP...) <input type="checkbox"/>
Práctica de laboratorio <input type="checkbox"/>	Ninguna <input type="checkbox"/>

6.- ¿Para cuál de los siguientes contenidos te sientes más capacitado como docente?

Física <input type="checkbox"/>	Biología <input type="checkbox"/>
Química <input type="checkbox"/>	Geología <input type="checkbox"/>
Ninguno <input type="checkbox"/>	

PARTE 2.- EVALUACIÓN DE LA INTERVENCIÓN.

“AE” incluye las afirmaciones que corresponden a la variable autoeficacia

“T” incluye las afirmaciones que corresponden a la variable que evalúa la transversalidad de la intervención

	Tipo	1	2	3	4	5
Tras la experiencia me siento mucho más capacitado para enseñar ciencias	AE					
Tras la experiencia me siento mucho más capacitado para llevar a cabo un ABP o un ApS como docente	AE					
El haber realizado un ABP como alumno influirá de forma decisiva mi forma de enseñar ciencias cuando sea maestro	AE					
Haber podido filtrar agua con un FLA elaborado por mí mismo ha aumentado mi motivación en ciencias	AE					
Con este Proyecto me he dado cuenta de que soy capaz de realizar experiencias científicas con éxito	AE					
En mi grupo de trabajo hemos sabido organizar el tiempo y el trabajo durante las horas de seminario	AE					
Pienso que yo, personalmente, he sabido organizarme y desempeñar correctamente las tareas propuestas	AE					
A través de la construcción de un Filtro Lento de Arena es fácil tratar la cuestión de la escasez hídrica	T					
Es fácil la inclusión y tratamiento de los ODS a través de esta actividad	T					
Creo que trabajar a través de metodologías activas te prepara mejor y adquieres más competencias como docente que a través de las clases tradicionales	T					
Tratar contenidos sociales, económicos y políticos de forma transversal en el aula de ciencias es importante	T					
A través del Aprendizaje Basado en Proyectos se pueden desarrollar competencias y actitudes en los estudiantes que no es posible con metodologías tradicionales	T					
Trabajar con la perspectiva CTS: Ciencia, Tecnología y Sociedad es más enriquecedor hacerlo por ABP que en las clases expositivas	T					

PARTE 3.- CUESTIONARIO DE CONOCIMIENTO CIENTÍFICO Y AMBIENTAL.

1.- ¿Qué significan las siglas ODS?

2.- ¿Para qué crees que puede servir un filtro lento de arena?

3.- ¿Dónde has oído hablar de los Objetivos de Desarrollo Sostenible? ¿Podrías mencionar alguno de ellos?

4.- ¿Crees que existe algún ODS relacionado con el agua? ¿Cuál?

5.- ¿Cuáles de los siguientes procesos, en los que interviene el agua, son químicos?

a) Fotosíntesis*

b) Calentar agua hasta evaporarla

c) Disolver sal en agua

d) Filtrar agua con arena

6.- ¿Qué es lo que ocurre al añadir un detergente al agua?

a) Reacciona con el agua y se produce espuma

b) El detergente es más concentrado y denso, no se mezcla

c) El detergente descompone el agua formando burbujas de hidrógeno y oxígeno

d) No reacciona, se mezcla*

7.- Al comparar el agua embotellada con el agua del grifo

a) El agua del grifo es más potable

b) Ambas son puras

c) El agua embotellada es pura y la del grifo no

d) Ambas no son puras*

8.- En los ríos se desarrolla la vida de los seres vivos. En verano, al aumentar la temperatura, los ríos contienen

a) Mayor cantidad de oxígeno disuelto

b) Menor cantidad de oxígeno disuelto*

c) El agua no contiene gases

d) Los seres acuáticos no necesitan oxígeno

9.- Al añadir cloro al agua

a) Se contamina porque se añaden sustancias extrañas al agua y no se puede beber

b) Da lugar a una sustancia que se llama amoníaco y tiene un olor fuerte

c) No contamina porque el agua también es un producto químico

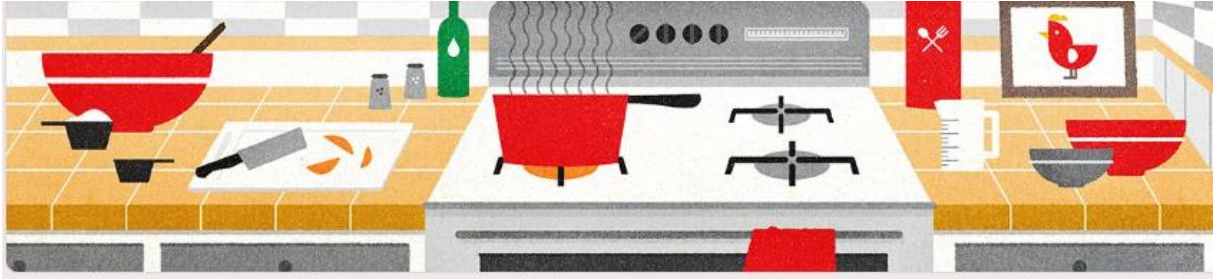
d) El cloro es utilizado para potabilizar el agua dentro de unos límites de concentración*



ANEXO IV

Cuestionario utilizado para el análisis de la evolución emocional tras realizar una actividad con cocinas solares (pre y posttest)

ANEXO IV. Pretest. Cocinas Solares



Intervención III. Cocinas Solares

Este cuestionario es totalmente anónimo, por eso se pide que sea contestado con sinceridad absoluta.

Sexo: Hombre Mujer
Edad:
Bachillerato de procedencia Bachillerato ciencias o tecnología Bachillerato ciencias sociales o humanidades Otro

De las siguientes emociones, señala cuáles (pueden ser más de una) son las que esperas sentir durante el seminario trabajando con cocinas solares.

Confianza <input type="checkbox"/>	Entusiasmo <input type="checkbox"/>	Alegría <input type="checkbox"/>	Sorpresa <input type="checkbox"/>
Curiosidad <input type="checkbox"/>	Miedo <input type="checkbox"/>	Aburrimiento <input type="checkbox"/>	Preocupación <input type="checkbox"/>
Nerviosismo <input type="checkbox"/>	Frustración <input type="checkbox"/>	Satisfacción <input type="checkbox"/>	Ansiedad <input type="checkbox"/>

Postest. Cocinas Solares



Intervención III. Cocinas Solares

Tras la realización del seminario...

Este cuestionario es totalmente anónimo, por eso se pide que sea contestado con sinceridad absoluta.

Sexo: Hombre Mujer
Edad:
Bachillerato de procedencia Bachillerato ciencias o tecnología Bachillerato ciencias sociales o humanidades Otro

De las siguientes emociones, señala cuáles (pueden ser más de una) son las que has sentido durante el seminario.

Confianza <input type="checkbox"/>	Entusiasmo <input type="checkbox"/>	Alegría <input type="checkbox"/>	Sorpresa <input type="checkbox"/>
Curiosidad <input type="checkbox"/>	Miedo <input type="checkbox"/>	Aburrimiento <input type="checkbox"/>	Preocupación <input type="checkbox"/>
Nerviosismo <input type="checkbox"/>	Frustración <input type="checkbox"/>	Satisfacción <input type="checkbox"/>	Ansiedad <input type="checkbox"/>



ANEXO V

Cuestionario utilizado para el análisis de la evolución emocional tras realizar una actividad de ABJ: juego de mesa (pre y postest)

ANEXO V. Pretest. Aprendizaje Basado en Juegos: Juego de Mesa



Intervención IV. Juego de mesa

Este cuestionario es totalmente anónimo, por eso se pide que sea contestado con sinceridad absoluta. Se van a recoger las emociones que esperas sentir durante los próximos seminarios de la asignatura durante la elaboración de un cohete de agua siguiendo la metodología de Aprendizaje Basado en Juegos (ABJ).

Sexo: Hombre	Mujer
Edad:	
Bachillerato de procedencia:	
Bachillerato ciencias o tecnología	
Bachillerato ciencias sociales o humanidades	
Otras	
Valora de 0 a 10, donde 10 es el máximo, cuánto te gusta la asignatura	
Valora de 0 a 10, donde 10 es el máximo, cuánto te esfuerzas para estudiar	

A continuación, se enumeran algunas emociones. Indica si piensas que durante el juego vas a sentirlas o no e intenta describir por qué o en qué momento del desarrollo de la actividad.

Emoción	Sí/No	¿Por qué?
Sorpresa		

Aburrimiento		
Entusiasmo		
Alegría		
Miedo		
Confianza		
Preocupación		
Ansiedad		
Nerviosismo		
Satisfacción		
Diversión		
Rechazo		

Postest. Aprendizaje Basado en Juegos: Juego de Mesa



Intervención IV. Juego de mesa

Sexo: Hombre	Mujer
Edad:	
Bachillerato de procedencia:	
Bachillerato ciencias o tecnología	
Bachillerato ciencias sociales o humanidades	
Otro	
Valora de 0 a 10, donde 10 es el máximo, cuánto te gusta la asignatura	
Valora de 0 a 10, donde 10 es el máximo, cuánto te esfuerzas para estudiar	

Después de jugar al juego “los microorganismos en nuestra vida”, ¿podrías decir cuáles de las siguientes emociones has sentido y por qué?

Emoción	Sí/No	¿Por qué?
Sorpresa		
Aburrimiento		
Entusiasmo		

Alegría		
Miedo		
Confianza		
Preocupación		
Ansiedad		
Nerviosismo		
Satisfacción		
Diversión		
Rechazo		



ANEXO VI

Cuestionario utilizado para el análisis de la evolución emocional tras realizar una actividad de gamificación para el aprendizaje de la geología (pre y postest)

ANEXO VI. Pretest. Gamificación para la enseñanza de la geología



Intervención V. Gamificación

Este cuestionario es totalmente anónimo, por eso se pide que sea contestado con sinceridad absoluta.

Sexo: Hombre Mujer
Edad:
Bachillerato de procedencia Bachillerato ciencias o tecnología Bachillerato ciencias sociales o humanidades Otro

A continuación, se enumeran algunas emociones. Indica si piensas que durante el seminario Geología vas a sentirlas o no e intenta describir por qué.

Emoción	Sí/No	¿Por qué?
Sorpresa		
Aburrimiento		
Entusiasmo		
Alegría		

Miedo		
Confianza		
Preocupación		
Ansiedad		
Nerviosismo		
Satisfacción		
Diversión		
Rechazo		

Postest. Gamificación para la enseñanza de la geología



Intervención V. Gamificación

Sexo: Hombre	Mujer
Edad:	
Forma de acceso a la universidad	
Bachillerato ciencias o tecnología	
Bachillerato ciencias sociales o humanidades	
Otro	

La siguiente tabla incluye sentimientos y emociones que has podido vivir durante el seminario de Geología. Indica en cada caso si has sentido o no ese sentimiento o emoción y describe en qué situación recuerdas haberlo vivido.

Emoción	Sí/No	¿Por qué?
Sorpresa		
Aburrimiento		
Entusiasmo		
Alegría		
Miedo		

Confianza		
Preocupación		
Ansiedad		
Nerviosismo		
Satisfacción		
Diversión		
Rechazo		



ANEXO VII

Cuestionario utilizado para el análisis de la evolución emocional tras realizar una actividad de ABJ: sendero de indagación botánico (pre y postest)

ANEXO VII. Pretest. Sendero de indagación botánico



Intervención VI. Sendero de indagación botánico.

En este cuestionario encontraréis preguntas sobre vuestras actitudes y autoeficacia y conocimiento científico cuando aprendéis y enseñáis ciencia, más concretamente, contenidos relacionados con las plantas. Es anónimo, por eso se pide que sea contestado con sinceridad absoluta.

Indicar cuál es tu grado de acuerdo o desacuerdo frente a las siguientes afirmaciones. Siendo 1 "completamente en desacuerdo" y 5 "completamente de acuerdo".

	1	2	3	4	5
Me gusta leer sobre plantas					
Me gustaría cultivar plantas					
Me gusta visitar parques, jardines botánicos, etc. donde pueda ver muchas plantas					
Me gusta pasar parte de mi tiempo libre disfrutando de la naturaleza					
Me gustaría tener un pequeño jardín					
Las plantas me relajan					
Deberíamos haber aprendido más sobre la importancia de las plantas en la escuela					
Me gusta ver vídeos o programas sobre plantas					
Me gusta caminar por el bosque/campo					

A continuación, responde a las siguientes preguntas breves sobre conocimiento que trabajarás durante la actividad.

- 1.- ¿Podrías decir algún mecanismo de las plantas para evitar ser comidas por herbívoros?
- 2.- ¿Podrías decir algún mecanismo de las plantas para evitar la competencia de otras plantas?
- 3.- ¿Crees que las plantas pueden hacer algo para modificar su entorno más próximo? ¿Por qué?
- 4.- ¿Cómo son las hojas de los cactus o de las chumberas?
- 5.- ¿Las plantas pueden tener tumores?
- 6.- ¿Los insectos pueden producir tumores?
- 7.- ¿Conoces alguna familia de plantas de interés para el ser humano?
- 8.- ¿Conoces alguna planta de la que se extraiga algún medicamento para luchar contra el cáncer?
- 9.- ¿Los tallos de las plantas son siempre redondos? ¿Conoces algún caso donde el tallo tenga otra forma?
- 10.- Hay flores que imitan la apariencia de insectos, ¿por qué crees que es así?

Postest. Sendero de indagación botánico



Intervención VI. Sendero de indagación botánico

En este segundo cuestionario deberás responder a las siguientes preguntas breves sobre conocimiento que has trabajado durante la actividad.

-
- 1.- ¿Podrías decir algún mecanismo de las plantas para evitar ser comidas por herbívoros?
 - 2.- ¿Podrías decir algún mecanismo de las plantas para evitar la competencia de otras plantas?
 - 3.- ¿Crees que las plantas pueden hacer algo para modificar su entorno más próximo? ¿Por qué?
 - 4.- ¿Cómo son las hojas de los cactus o de las chumberas?
 - 5.- ¿Las plantas pueden tener tumores?
 - 6.- ¿Los insectos pueden producir tumores?
 - 7.- ¿Conoces alguna familia de plantas de interés para el ser humano?
 - 8.- ¿Conoces alguna planta de la que se extraiga algún medicamento para luchar contra el cáncer?
 - 9.- ¿Los tallos de las plantas son siempre redondos? ¿Conoces algún caso donde el tallo tenga otra forma?
 - 10.- Hay flores que imitan la apariencia de insectos, ¿por qué crees que es así?
-



ANEXO VIII

Relaciones entre las intervenciones realizadas en la Tesis Doctoral, el currículum del grado en Educación Primaria y el currículum derogado de Educación Primaria (Decreto 103/2014)

ANEXO VIII. Intervenciones didácticas realizadas en las asignaturas de ciencias del Grado en Educación Primaria y su relación con el currículum del Grado en Educación Primaria y el currículum de Educación Primaria.

Curso	Intervención	Relación con el currículum del Grado en Educación Primaria	Relación con el currículo de Educación Primaria (Decreto 103/2014, de 10 de junio, por el que se establece el currículo de Educación Primaria para la Comunidad Autónoma de Extremadura)
2018/ 2019	(1) Aprendizaje Basado en Proyectos : fabricación y concurso de un cohete de hidropulsión (número de participantes=29)	<p>Didáctica de la Materia y la Energía (2º)</p> <p>Contenidos: Enseñanza y aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en EP. ¿Por qué enseñar ciencias en EP? Aprender a enseñar ciencias de la naturaleza en EP. El Conocimiento del Medio Natural en la Educación Primaria. Estrategias, técnicas y recursos para la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza y su aplicación en Educación Primaria. El universo y su didáctica. Actividades prácticas para la e/a del universo E.P. La energía y su didáctica. Didáctica de las transformaciones de la energía.</p>	<p>Área Ciencias de la Naturaleza:</p> <p>Bloque I. Iniciación a la actividad científica. Contenidos: Iniciación a la actividad científica. Aproximación experimental a algunas cuestiones. Utilización de diferentes fuentes de información (directas, libros). Lectura de textos propios del área. Utilización de las tecnologías de la información y comunicación para buscar y seleccionar información, simular procesos y presentar conclusiones. Hábitos de prevención de enfermedades y accidentes, en el aula y en el centro. Utilización de diversos materiales, teniendo en cuenta las normas de seguridad. Trabajo individual y en grupo. Técnicas de estudio y trabajo. Desarrollo de hábitos de trabajo. Esfuerzo y responsabilidad. Planificación de proyectos y presentación de informes. Realización de proyectos.</p> <p>Bloque IV. Materia y Energía. Contenidos: Estudio y clasificación de algunos materiales por sus propiedades. Utilidad de algunos avances, productos y materiales para el progreso de la sociedad. Diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo. Predicción de cambios en el movimiento o en la forma de los cuerpos por efecto de las fuerzas. Concepto de energía. Diferentes formas de energía. Utilidad de algunos avances, productos y materiales para la sociedad.</p> <p>Bloque V. La tecnología, objetos y máquinas. Contenidos: Máquinas y aparatos. Tipos de máquinas en la vida cotidiana y su utilidad. Análisis de operadores y utilización en la construcción de un aparato. Construcción de estructuras sencillas que cumplan una función o condición para resolver un problema a partir de piezas moduladas. La ciencia: presente y futuro de la sociedad. Beneficios y riesgos de las tecnologías y productos. Importantes descubrimientos e inventos. Tratamiento de textos. Búsqueda guiada de información en la red. Control del tiempo y uso responsable de las tecnologías de la información y la comunicación</p> <p>Área de Ciencias Sociales</p> <p>Bloque II. El mundo en que vivimos. Contenidos: El universo y el Sistema Solar: el Sol. Los Planetas. El planeta Tierra y la Luna, su satélite. Características. Movimientos y sus consecuencias.</p>

Curso	Intervención	Relación con el currículum del Grado en Educación Primaria	Relación con el currículo de Educación Primaria (Decreto 103/2014, de 10 de junio, por el que se establece el currículo de Educación Primaria para la Comunidad Autónoma de Extremadura)
2019/ 2020	<p>Aprendizaje Basado en Juegos</p> <p>(2) Juego de mesa (Microorganismos) (número de participantes=25)</p> <p>(3) Gamificación de geología (número de participantes=102)</p> <p>(4) Sendero de indagación botánico (número de participantes=60)</p>	<p>Didáctica del medio físico y los Seres vivos (3º)</p> <p>Contenidos: Medio Físico y su didáctica. Materiales terrestres: Minerales y rocas. Introducción al diseño de experiencias didáctico-experimentales en Educación Primaria: exposición, análisis y discusión.</p> <p>Los seres vivos, su diversidad y funcionamiento.</p> <p>El entorno y su conservación: ecología y medio ambiente. Ecología, medio ambiente y educación ambiental. Introducción al estudio de los ecosistemas y su dinámica. El flujo de la energía y el ciclo de la materia.</p> <p>Repercusión de la interacción del hombre sobre los ecosistemas. Utilización didáctica del entorno en Educación Primaria.</p> <p>Salidas al medio y actividades prácticas de laboratorio y aula basadas en diferentes metodologías, para la e/a del medio físico y los seres vivos.</p>	<p>Área Ciencias de la Naturaleza:</p> <p>Bloque II. El ser humano y la salud. Contenidos: El cuerpo humano y su funcionamiento. Anatomía y fisiología. Aparatos y sistemas.</p> <p>Las funciones vitales en el ser humano: Función de relación (órganos de los sentidos, sistema nervioso, aparato locomotor). Función de nutrición (aparatos respiratorio, digestivo, circulatorio y excretor). Función de reproducción (aparato reproductor).</p> <p>Salud y enfermedad. Principales enfermedades que afectan a los aparatos y sistemas del organismo humano. Hábitos saludables para prevenir enfermedades.</p> <p>La conducta responsable. Efectos nocivos del consumo de alcohol y drogas.</p> <p>Avances de la ciencia que mejoran la vida.</p> <p>Conocimiento de sí mismo y los demás. La identidad y la autonomía personal.</p> <p>La relación con los demás.</p> <p>La toma de decisiones: criterios y consecuencias.</p> <p>La resolución pacífica de conflictos.</p> <p>La igualdad entre hombres y mujeres.</p> <p>Bloque III. Los seres vivos. Contenidos: Seres vivos, seres inertes. Diferenciación.</p> <p>Organización interna de los seres vivos. Estructura de los seres vivos: células, tejidos: tipos; órganos; aparatos y sistemas: principales características y funciones.</p> <p>Los seres vivos: Características, clasificación y tipos.</p> <p>Los animales vertebrados e invertebrados, características y clasificación.</p> <p>Las plantas: La estructura y fisiología de las plantas. La fotosíntesis y su importancia para la vida en la Tierra.</p> <p>Las relaciones entre los seres vivos. Cadenas alimentarias.</p> <p>Poblaciones, Comunidades y ecosistemas. Características y componentes de un ecosistema.</p> <p>Ecosistemas, pradera, charca, bosque, litoral y ciudad y los seres vivos. La biosfera, diferentes hábitats de los seres vivos.</p> <p>Respeto de las normas de uso, de seguridad y de mantenimiento de los instrumentos de observación y de los materiales de trabajo.</p> <p>Interés por la observación y el estudio riguroso de todos los seres vivos.</p> <p>Hábitos de respeto y cuidado hacia los seres vivos.</p> <p>Normas de prevención de riesgos.</p> <p>Uso de medios tecnológicos para el estudio de los seres vivos.</p> <p>Área de Ciencias Sociales</p> <p>Bloque II. El mundo en que vivimos. Contenidos: La litosfera: características y tipos de rocas. Rocas y minerales. Propiedades, usos y utilidades.</p> <p>La intervención humana en el Medio. El desarrollo sostenible. Los problemas de la contaminación. El cambio climático: causas y consecuencias.</p>

Curso	Intervención	Relación con el currículum del Grado en Educación Primaria	Relación con el currículo de Educación Primaria (Decreto 103/2014, de 10 de junio, por el que se establece el currículo de Educación Primaria para la Comunidad Autónoma de Extremadura)
2020/ 2021	(5) Fabricación y puesta en marcha de un Filtro Lento de Arena (número de participantes=69)	<p>Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria (4º) Contenidos: Retos actuales de la educación científica. Proyección didáctica de la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad. Educación científica y temas transversales. Interdisciplinariedad en la e/a de las ciencias.</p> <p>Aprender a enseñar ciencias en primaria a través de distintas estrategias. Investigación escolar, salidas al medio, resolución de problemas, trabajos prácticos, trabajo por proyectos, etc.</p> <p>Contenidos de la educación científica para la etapa de Educación Primaria. Proyectos y unidades didácticas sobre el currículo de Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria. Recursos y materiales didácticos. Actividades de e/a relacionadas con contenidos de la educación científica en primaria.</p>	<p style="text-align: center;">Área Ciencias de la Naturaleza</p> <p>Bloque I. Iniciación a la actividad científica. Contenidos: Iniciación a la actividad científica. Aproximación experimental a algunas cuestiones. Utilización de diferentes fuentes de información (directas, libros). Lectura de textos propios del área. Utilización de las tecnologías de la información y comunicación para buscar y seleccionar información, simular procesos y presentar conclusiones. Hábitos de prevención de enfermedades y accidentes, en el aula y en el centro. Utilización de diversos materiales, teniendo en cuenta las normas de seguridad.</p> <p>Trabajo individual y en grupo. Técnicas de estudio y trabajo. Desarrollo de hábitos de trabajo. Esfuerzo y responsabilidad.</p> <p>Planificación de proyectos y presentación de informes. Realización de proyectos.</p> <p>Bloque II. El ser humano y la salud. Contenidos: Salud y enfermedad.</p> <p>Avances de la ciencia que mejoran la vida.</p> <p>La relación con los demás.</p> <p>La toma de decisiones: criterios y consecuencias.</p> <p>La resolución pacífica de conflictos.</p> <p>La igualdad entre hombres y mujeres.</p> <p>Bloque IV. Materia y Energía. Contenidos: Estudio y clasificación de algunos materiales por sus propiedades.</p> <p>Utilidad de algunos avances, productos y materiales para el progreso de la sociedad.</p> <p>Diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo.</p> <p>Explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad.</p> <p>La flotabilidad en un medio líquido.</p> <p>Energías renovables y no renovables.</p> <p>Separación de componentes de una mezcla mediante destilación, filtración, evaporación o disolución.</p> <p>Reacciones químicas: la combustión, la oxidación y la fermentación.</p> <p>Utilidad de algunos avances, productos y materiales para la sociedad.</p> <p>Bloque V. La tecnología, objetos y máquinas. Contenidos: Máquinas y aparatos.</p> <p>Tipos de máquinas en la vida cotidiana y su utilidad.</p> <p>Análisis de operadores y utilización en la construcción de un aparato.</p> <p>Construcción de estructuras sencillas que cumplan una función o condición para resolver un problema a partir de piezas moduladas.</p> <p>La ciencia: presente y futuro de la sociedad.</p> <p>Beneficios y riesgos de las tecnologías y productos. Importantes descubrimientos e inventos. Tratamiento de textos.</p> <p>Búsqueda guiada de información en la red.</p> <p>Control del tiempo y uso responsable de las tecnologías de la información y la comunicación.</p>

Curso	Intervención	Relación con el currículum del Grado en Educación Primaria	Relación con el currículo de Educación Primaria (Decreto 103/2014, de 10 de junio, por el que se establece el currículo de Educación Primaria para la Comunidad Autónoma de Extremadura)
2021/ 2022	(6) Cocinas Solares (número de participantes=46)	<p>Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria (4º)</p> <p>Contenidos: Retos actuales de la educación científica. Proyección didáctica de la relación Ciencia, Tecnología y Sociedad. Educación científica y temas transversales. Interdisciplinariedad en la e/a de las ciencias.</p> <p>Aprender a enseñar ciencias en primaria a través de distintas estrategias. Investigación escolar, salidas al medio, resolución de problemas, trabajos prácticos, trabajo por proyectos, etc.</p> <p>Contenidos de la educación científica para la etapa de Educación Primaria. Proyectos y unidades didácticas sobre el currículo de Conocimiento del Medio Natural en Educación Primaria. Recursos y materiales didácticos. Actividades de e/a relacionadas con contenidos de la educación científica en primaria.</p>	<p>Área Ciencias de la Naturaleza:</p> <p>Bloque I. Iniciación a la actividad científica. Contenidos: Utilización de diferentes fuentes de información (directas, libros). Lectura de textos propios del área. Utilización de las tecnologías de la información y comunicación para buscar y seleccionar información, simular procesos y presentar conclusiones. Utilización de diversos materiales, teniendo en cuenta las normas de seguridad.</p> <p>Trabajo individual y en grupo. Técnicas de estudio y trabajo. Desarrollo de hábitos de trabajo. Esfuerzo y responsabilidad.</p> <p>Planificación de proyectos y presentación de informes. Realización de proyectos.</p> <p>Bloque IV. Materia y Energía. Contenidos: Estudio y clasificación de algunos materiales por sus propiedades. Utilidad de algunos avances, productos y materiales para el progreso de la sociedad. Diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo. Concepto de energía. Diferentes formas de energía. Fuentes de energía y materias primas: su origen. Energías renovables y no renovables.</p> <p>La luz como fuente de energía. Electricidad: la corriente eléctrica.</p> <p>Planificación y realización de experiencias diversas para estudiar las propiedades de materiales de uso común y su comportamiento ante la luz, el sonido, el calor, la humedad y la electricidad.</p> <p>Observación de algunos fenómenos de naturaleza eléctrica y sus efectos (luz y calor).</p> <p>Separación de componentes de una mezcla mediante destilación, filtración, evaporación o disolución. Utilidad de algunos avances, productos y materiales para la sociedad.</p> <p>Fuentes de energías renovables y no renovables. El desarrollo energético, sostenible y equitativo</p> <p>Bloque V. La tecnología, objetos y máquinas. Contenidos: Máquinas y aparatos. Tipos de máquinas en la vida cotidiana y su utilidad.</p> <p>Análisis de operadores y utilización en la construcción de un aparato.</p> <p>Construcción de estructuras sencillas que cumplan una función o condición para resolver un problema a partir de piezas moduladas.</p> <p>La electricidad en el desarrollo de las máquinas. La ciencia: presente y futuro de la sociedad.</p> <p>Beneficios y riesgos de las tecnologías y productos. Importantes descubrimientos e inventos. Tratamiento de textos.</p> <p>Búsqueda guiada de información en la red.</p> <p>Control del tiempo y uso responsable de las tecnologías de la información y la comunicación.</p>

