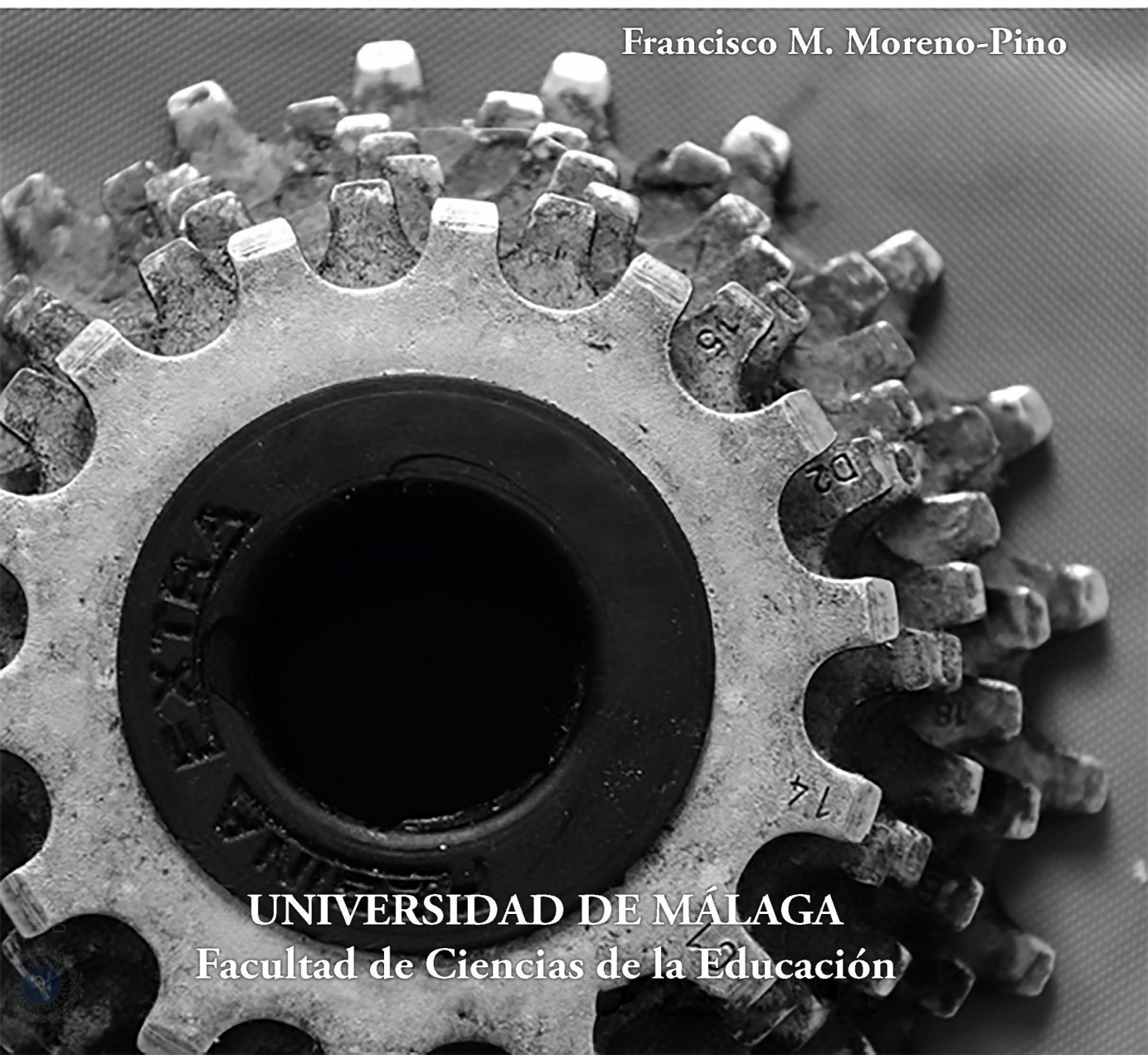


TESIS DOCTORAL

Análisis del tratamiento de la Sostenibilidad
en la formación inicial de docentes de la
Universidad de Cádiz.

El área de Didáctica de la Matemática:
un ámbito que contribuye a dar respuesta
a una demanda compleja

Francisco M. Moreno-Pino



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
Facultad de Ciencias de la Educación



UNIVERSIDAD
DE MÁLAGA

AUTOR: Francisco Manuel Moreno Pino

 <https://orcid.org/0000-0001-6310-7700>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA); riuma.uma.es

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

D. Francisco Manuel Moreno-Pino estudiante del Programa de Doctorado “Educación y Comunicación Social” de la Universidad de Málaga, autor de la tesis, presentada para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga, titulada:

Análisis del tratamiento de la sostenibilidad en la formación inicial de docentes de la Universidad de Cádiz. El área de Didáctica de la Matemática: un ámbito que contribuye a dar respuesta a una demanda compleja

Realizada bajo la tutorización de la Dra. Pilar Azcárate Goded y dirección de Dra. Pilar Azcárate Goded y Dra. Rocío Jiménez-Fontana,

DECLARA QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, conforme al ordenamiento jurídico vigente (Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo.

Igualmente asume, ante la Universidad de Málaga y ante cualquier otra instancia, la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

En Málaga, a 22 de Marzo de 2022

Doctorando

Fdo.: Francisco Manuel Moreno-Pino

Tutora y Directora de la Tesis

Directora de la Tesis

Fdo.: Dra. Pilar Azcárate Goded

Fdo.: Dra. Rocío Jiménez-Fontana

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Doctorado en Educación y Comunicación Social



**ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE LA SOSTENIBILIDAD EN LA
FORMACIÓN INICIAL DE DOCENTES DE LA UNIVERSIDAD DE CÁDIZ.
EL ÁREA DE DIDÁCTICA DE LA MATEMÁTICA: UN ÁMBITO
QUE CONTRIBUYE A DAR RESPUESTA A UNA DEMANDA COMPLEJA**

Tesis Doctoral

Francisco Manuel Moreno-Pino

Dirigida por:

Dra. Pilar Azcárate Goded

Dra. Rocío Jiménez-Fontana

Málaga, 2022

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
Facultad de Ciencias de la Educación

**ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO DE LA SOSTENIBILIDAD EN LA
FORMACIÓN INICIAL DE DOCENTES DE LA UNIVERSIDAD DE CÁDIZ.
EL ÁREA DE DIDÁCTICA DE LA MATEMÁTICA: UN ÁMBITO QUE
CONTRIBUYE A DAR RESPUESTA A UNA DEMANDA COMPLEJA**

Memoria de TESIS DOCTORAL, realizada bajo la dirección de Dra. Pilar Azcárate Goded y Dra. Rocío Jiménez-Fontana del Departamento de Didáctica de la Universidad de Cádiz, que presenta **D. Francisco Manuel Moreno-Pino** para optar al grado de Doctor en el Programa de Doctorado en Educación y Comunicación Social de la Universidad de Málaga.

Doctorando

Fdo.: D. Francisco Manuel Moreno-Pino

Vº Bº de las Directoras,

Fdo.: Dra. Pilar Azcárate Goded

Fdo.: Dra. Rocío Jiménez-Fontana

A mis padres

*Aprender es la transformación del Yo que ocurre
a raíz del encuentro entre el Yo y lo que no es el Yo*

Luis Radford

Reconocimientos:

Esta investigación está vinculada a los proyectos de investigación:

- “Educación e innovación social para la sostenibilidad. Formación en las universidades españolas de profesionales como agentes de cambio para afrontar los retos de la sociedad” (EDINSOST). Referencia EDU2015-65574-R. Período: 2016-2019.
- “Integración de los objetivos para el desarrollo sostenible en la formación en sostenibilidad de las titulaciones universitarias españolas” (EDINSOST2-ODS). Referencia RTI2018-094982-B-I00. Período: 2019-2022.

Asimismo, se ha realizado en el seno del Grupo de Investigación de la Universidad de Cádiz “Desarrollo Profesional del Docente” (D.P.D.) del Plan Andaluz de Investigación Desarrollo e Innovación de la Junta de Andalucía (PAIDI), referencia HUM-462.

AGRADECIMIENTOS

He dedicado toda mi vida profesional a la docencia, sin embargo, cuando miro hacia atrás no me es fácil reconocermé. Si tuviera que definirme, lo haría más bien por lo que dejé de ser más que por lo que soy. Creo que esto es bueno. Principalmente, porque uno no deja de ser. Seguramente esto sea así porque, como diría Emmanuel Lévinas, el acontecer del ser *son los otros*. Otros a los que deseo agradecer en estas breves pero sentidas líneas todo el apoyo prestado durante estos últimos años de trabajo y que sin ellos no habría sido posible llegar hasta aquí.

A mis directoras de tesis, Pilar Azcárate y Rocío Jiménez, por su apoyo incondicional y solidaridad. Sus conocimientos y sus buenos consejos han hecho posible esta memoria de tesis.

A los miembros del Grupo de Investigación HUM-462: “Desarrollo Profesional del Docente” de la Universidad de Cádiz, especialmente, a Chema, a Esther García, a José M^a Oliva, a Pepa Cuesta y a Antonio Navarrete, y a los miembros del proyecto EDINSOST, especialmente, a Fermín Sánchez, a Bárbara Sureda y a Dani Romero. No imagináis cuánto, de una u otra manera, me habéis servido de inspiración y ejemplo a seguir.

A todos los compañeros y compañeras del área de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Cádiz que de manera altruista participaron en los estudios realizados en la presente tesis.

A mi familia, a mis padres y a mis hermanas y a Nico, que fueron los principales afectados por todas las horas de trabajo en las que estuve ausente. A Alberto por sus siempre acertados y útiles comentarios. Gracias por ser tan comprensivos y tener paciencia infinita conmigo.

Gracias a todos por cuidarme.

Resumen

El objetivo general de esta memoria es diagnosticar el grado de sostenibilización curricular de la educación matemática en el área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz e inferir, a partir de este análisis, elementos necesarios para la formación inicial de docentes en educación matemática cuando ésta es enfocada desde la sostenibilidad. El marco teórico subyacente descansa sobre dos pilares básicos: los principios para una educación para el desarrollo sostenible y la perspectiva sociocultural de la educación matemática. El estudio se enmarca en el paradigma de la investigación interpretativa de enfoque cualitativo, y el diseño metodológico se basó en el estudio de caso. El caso estudiado fueron los programas de formación inicial de docentes en educación matemática configurados desde el área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz. El análisis se dividió en tres estudios:

- Estudio 1.- Análisis de la presencia de competencias de sostenibilidad en los programas de estudio de formación docente en educación matemática del área de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Cádiz.
- Estudio 2.- Análisis de la visión del profesorado universitario del área de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Cádiz en relación a la educación para la sostenibilidad y su posibilidad de integración en la formación inicial de docentes en educación matemática.
- Estudio 3.- Análisis de la percepción de los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz sobre su aprendizaje en competencias de sostenibilidad a lo largo de sus estudios.

De manera que el diseño de nuestra investigación puede considerarse un estudio de caso múltiple, en tanto que abarca diferentes estudios individuales, integrados en el caso global definido. Tal circunstancia hace que el diseño, la muestra y los instrumentos de recogida de información y análisis de datos empleados fuesen diferentes según el problema de investigación en el que nos encontráramos en cada momento. Los diferentes estudios concluyeron: (1) una presencia relativa media de las competencias de sostenibilidad en los programas docentes de las asignaturas del área de Didáctica de la Matemática de apenas un 25%, siendo la competencia relacionada con los aspectos éticos la de menor presencia relativa; (2) el profesorado universitario del área de Didáctica de la Matemática no se manifiesta en desacuerdo con la filosofía de la sostenibilidad, sin embargo, declara tener dificultades para integrar la sostenibilidad en la educación matemática, desconoce metodologías y materiales adecuados que pudieran ser utilizados para introducir la sostenibilidad en el currículum de sus asignaturas; (3) la percepción sobre el aprendizaje de competencias de sostenibilidad que consideran tener los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz depende, en gran medida, de la titulación en la que los estudiantes cursen sus estudios.

Finalmente, se identificaron 6 elementos necesarios para la formación inicial de docentes en educación matemática cuando ésta es enfocada desde la sostenibilidad: vínculos con el medio ambiente, pensamiento crítico y creativo, pensamiento reflexivo, deconstrucción y co-aprendizaje, formación integral y permanente, y sostenibilidad curricular.

INDICE

Capítulo 1. Justificación, Problema de Investigación y Objetivos de la Tesis

1.1 Introducción	23
1.2 Justificación y pertinencia del estudio	23
1.3 Problema de investigación y objetivos de la tesis.....	26
1.3.1. Pregunta de investigación	26
1.3.2. Objetivos de la tesis.....	26
1.4 Estudio del estado de la cuestión	27
1.4.1. La educación para la sostenibilidad en el ámbito universitario.....	27
1.4.2. La matemática y la educación matemática	36
1.4.3. El punto de vista sociocrítico de la educación matemática	39
1.5 Marco metodológico	41
1.5.1. Paradigma metodológico	41
1.5.2. Cuestiones de investigación	42
1.5.3. Diseño de la investigación	42
1.5.4. Técnicas e instrumentos de recogida de información y análisis de datos	44
1.5.5. Desarrollo de la investigación	45
1.6 Síntesis conjunta de los resultados obtenidos	45
1.7 Conclusiones y prospectiva.....	61
1.8 Referencias.....	64

Capítulo 2. Estudio de la Presencia de Competencias de Sostenibilidad en los Planes de Estudio de Formación en Educación Matemática

2.1 Presentación	69
2.2 Artículo 1: <i>Study of the Presence of Sustainability Competencies in Teacher Training in Mathematics Education</i>	70

Capítulo 3. Visión del Profesorado Universitario respecto a la Integración de Competencias de Sostenibilidad en la Educación Matemática

3.1 Presentación	73
3.2 Capítulo de libro 1: <i>Estudio Exploratorio de la Visión del Profesorado Universitario en relación a la Educación para la Sostenibilidad: La Formación en Educación Matemática</i>	74
3.3 Artículo 2: <i>Training in Mathematics Education from a Sustainability Perspective: A Case Study of University Teachers' Views</i>	76

Capítulo 4. Análisis de la Percepción de los Estudiantes sobre el Aprendizaje de Competencias de Sostenibilidad en la Educación Superior

4.1 Presentación	79
4.2 Artículo 3: <i>Education for Sustainable Development in Spanish University Education Degrees</i>	80

Capítulo 5. Elementos para la Formación en Educación Matemática desde la Sostenibilidad

5.1 Presentación	83
5.2 Capítulo de libro 2: <i>Elementos para la Formación en Educación Matemáticas de la Sostenibilidad</i>	84

Anexos

Anexo 1. Artículo 4: <i>Analysis of Sustainability Presence in Spanish Higher Education</i>	88
Anexo 2. Artículo 5: <i>Coherencia entre las Tareas y la Evaluación Auténtica. Una aproximación desde la Ética</i>	90
Anexo 3. Artículo 6: <i>La Modelización Matemática de Problemas. Una Oportunidad para la Formación en Sostenibilidad</i>	92
Anexo 4. Certificados de las publicaciones que compendian la tesis	94
Anexo 5. Listado de participación en congresos y seminarios. Otras publicaciones.	103
Anexo 6. Material analizado	104

Introducción general

Esta memoria de tesis doctoral presenta los resultados de la investigación titulada *Análisis del tratamiento de la Sostenibilidad en la formación inicial de docentes de la Universidad de Cádiz. El área de Didáctica de la Matemática: un ámbito que contribuye a dar respuesta a una demanda compleja*. Presentada como compendio de publicaciones, esta memoria se configura en torno a tres artículos de revistas y dos capítulos de libro que engloban dicha investigación, realizada entre los años 2015 y 2022 por el autor de la tesis en el marco del proyecto de investigación EDINSOST y del Grupo de Investigación HUM-462: Desarrollo Profesional del Docente de la Universidad de Cádiz.

Las publicaciones son las siguientes:

- Moreno-Pino, F.M., Jiménez-Fontana, R., Cardeñoso Domingo, J.M., Azcárate Goded, P. (2021). Study of the Presence of Sustainability Competencies in Teacher Training in Mathematics Education. *Sustainability*, 13(10), 5629. <https://doi.org/10.3390/su13105629>.
- Moreno-Pino, F.M., Jiménez-Fontana, R. (2021a). Estudio exploratorio de la visión del profesorado universitario en relación a la Educación para la Sostenibilidad: La Formación en Educación Matemática. En O. Buzón García y C. Romero García (Eds.). *Metodologías Activas con TIC en la Educación del Siglo XXI* (pp. 2292-2316). Dykinson.
- Moreno-Pino, F.M., Jiménez-Fontana, R., Cardeñoso Domingo, J.M., Azcárate Goded, P. (2022). Training in Mathematics Education from a Sustainability Perspective: A Case Study of University Teachers' Views. *Education Sciences*, 12(3), 199. <https://doi.org/10.3390/educsci12030199>.
- Sánchez-Carracedo, F., Moreno-Pino, F.M., Romero-Portillo, D., Sureda, B. (2021). Education for Sustainable Development in Spanish University Education Degrees. *Sustainability*, 13(3), 1467. <https://doi.org/10.3390/su13031467>.
- Moreno-Pino, F.M., Jiménez-Fontana, R. (2021b). Elementos para la Formación en Educación Matemática desde la Sostenibilidad. En A. Vico Bosch, L. Vega Caro y O. Buzón García (Eds.). *Entornos Virtuales para la Educación en Tiempos de Pandemia: Nuevas Perspectivas Metodológicas* (pp. 327-347). Dykinson.

El orden establecido para la presentación de las publicaciones se justifica en la unidad temática de las mismas y que se relaciona con los principales estudios que se abordan en la investigación:

- El análisis de la presencia de competencias de sostenibilidad en los programas de estudios de formación en educación matemática de la Universidad de Cádiz.
- La visión del profesorado universitario del área de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Cádiz respecto a la sostenibilidad y su posibilidad de integración en la formación inicial de docentes en educación matemática.
- La percepción que tienen los estudiantes universitarios sobre el aprendizaje de competencias de sostenibilidad a lo largo de su formación.

La memoria de tesis doctoral se divide en cinco capítulos y anexos.

Cumpliendo con el reglamento vigente de los estudios de doctorado de la Universidad de Málaga, el capítulo 1 de la presente memoria ofrece una introducción en la que se presentan los trabajos y se justifica la coherencia de los mismos para conformar una tesis, se plantea la pregunta de investigación y los objetivos de la tesis, se exponen el marco teórico y el marco metodológico que fundamentan la investigación, se presenta una síntesis conjunta de los resultados obtenidos, y se exponen las principales conclusiones y nuevas líneas de trabajo para la investigación.

La estructura de la memoria a partir del segundo capítulo es: presentación del capítulo en cuestión y, a continuación, se muestra el artículo y/o capítulo de libro correspondiente.

Finalmente, los anexos contienen:

- Tres artículos publicados que tienen relación con la investigación.
- Los certificados de los artículos y capítulos de libro que compendian la tesis.
- El listado de congresos y/o seminarios en el que el autor ha participado durante su periodo de formación como investigador.
- El listado/ubicación del material analizado durante la investigación.

Capítulo 1. Justificación, Problema de Investigación y Objetivos de la Tesis

- 1.1 Introducción
- 1.2 Justificación y pertinencia del estudio
- 1.3 Problema de investigación y objetivos de la tesis
 - 1.3.1. Pregunta de investigación
 - 1.3.2. Objetivos de la tesis
- 1.4 Estudio del estado de la cuestión
 - 1.4.1. La educación para la sostenibilidad en el ámbito universitario
 - 1.4.2. La matemática y la educación matemática
 - 1.4.3. El punto de vista sociocrítico de la educación matemática
- 1.5 Marco metodológico
 - 1.5.1. Paradigma metodológico
 - 1.5.2. Cuestiones de investigación
 - 1.5.3. Diseño de la investigación
 - 1.5.4. Técnicas e instrumentos de recogida de información y análisis de datos
 - 1.5.5. Desarrollo de la investigación
- 1.6 Síntesis conjunta de los resultados obtenidos
- 1.7 Conclusiones y prospectiva
- 1.8 Referencias

1.1 Introducción

En este primer capítulo se presentan los elementos principales que configuran nuestra investigación. Inicialmente se parte de una breve reflexión sobre cuál debiera ser el sentido y los fines de la matemática y de la educación matemática, si es que se quiere preparar adecuadamente a los estudiantes para vivir en el siglo XXI. Situado el tema de estudio y justificada su relevancia, a continuación, se formula la pregunta de investigación y los objetivos de la tesis. Posteriormente, se exponen el marco teórico y el marco metodológico que fundamentan la investigación, se presenta una síntesis conjunta de los resultados obtenidos y concluimos el capítulo considerando nuevas líneas de trabajo para la investigación.

1.2 Justificación y pertinencia del estudio

En los albores del siglo XX, Laisant y Fehr (1899) afirmaban cómo el futuro de la civilización dependería, en buena medida, de la dirección del pensamiento que las nuevas generaciones recibieran con respeto a la ciencia y, en particular, de las matemáticas. Por otro lado, no descubrimos nada nuevo cuando afirmamos que es la asignatura de matemáticas una de las materias con la que los alumnos, a lo largo de su enseñanza obligatoria, interaccionan (no siempre positivamente) durante un tiempo más o menos prolongado.

Hoy es innegable la creencia firme en la necesidad de la enseñanza de las matemáticas como disciplina que trae consigo el progreso científico y tecnológico, favoreciendo el desarrollo y la modernización de las sociedades. Pero matemáticas ¿Para qué?, ¿Para formar qué ciudadanos?, ¿Para desarrollar qué tipo de sociedades?

La base para el desarrollo equilibrado de las sociedades reside en su cultura y la omnipresencia de la que veníamos hablando de las matemáticas en la escuela, unida a nuestra posición de formadores de futuros docentes, nos lleva a cuestionarnos sobre qué formación en educación matemática favorecerá la adecuada marcha de estas sociedades. Una primera aproximación al currículo de matemáticas, en el sentido de lo que debiera conocer un profesor de matemáticas en formación en relación a esta herramienta didáctica, nos ayudaría en la tarea.

El currículo en general, y el de matemáticas en particular, debemos concebirlo como la herramienta profesional del docente. Supone una propuesta de actuación educativa en la que se concretan una serie de principios ideológicos, pedagógicos y psicopedagógicos que, en su conjunto, muestran la orientación general del sistema educativo (Rico y Lupiáñez, 2014). Un currículo planifica unas propuestas educativas, las implementa y las evalúa en un determinado contexto social. Describir el contexto, situarnos, se hace pues imprescindible si queremos a partir de él tomar decisiones acerca de cuál debiera ser el modelo educativo que satisfaga sus necesidades, al tiempo de repensar qué tipo de sociedades deseamos consolidar.

Las raíces del actual sistema educativo las encontramos en una época diferente: concebido en la cultura intelectual de la ilustración y en las circunstancias económicas de la revolución industrial. La verdadera inteligencia, según el movimiento ilustrado, consistía en nuestras capacidades de razonamiento para, a partir de la identificación de conceptos, inducir o deducir otros distintos de los que ya se conocen. Por otro lado, uno de los aciertos de este movimiento intelectual, filosófico y cultural, fue considerar la educación como uno de los derechos fundamentales e inalienables de la condición humana. Estos dos principios: el principio de una educación universal, gratuita y obligatoria en el grado de la escuela primaria y, sobre todo, la primacía de la razón y la creencia en el poder racional en la vida de los individuos y de los pueblos, caracterizan la educación del siglo XVIII en Europa (Luzuriaga, 1973). Con el comienzo de la revolución industrial en Inglaterra a finales del mismo siglo, aparece una nueva clase social: la obrera. Son las mejores condiciones materiales de la sociedad decimonónica, impulsadas con fuerza por los procesos de industrialización, las que refuerzan aquella idea de educación pública y conforme a un derecho, la escuela primaria se presenta abierta, obligatoria, de distribución gratuita, sin exclusiones y universal (Fajardo y Ciordia, 2014).

A partir de la segunda mitad del siglo XX y tras la segunda guerra mundial, el mundo entró en una nueva dinámica: la globalización. Actualmente, la humanidad enfrenta multitud de nuevos y viejos problemas socioambientales: cambio climático, desertización, escasez de agua, pobreza, salud, hambre, guerras, problemas logísticos, problemas migratorios, desigualdades sociales, un exorbitante tráfico digital, etcétera. Nos encontramos inmersos en sociedades industrializadas y mecanizadas, algunas de ellas altamente tecnologizadas, que tienen el sello de las crisis y los conflictos (Skovsmose, 1994).

En este contexto, National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, 1989) afirma que el sistema educativo de la era industrial no satisface las necesidades económicas actuales y asegura que los nuevos objetivos sociales de la educación exigen: trabajadores con más cultura matemática, aprendizaje continuo, oportunidad para todos, y un electorado bien informado. En este punto, el Consejo anima a revisar en profundidad la educación matemática.

Vivimos en un mundo cada vez más complejo y globalizado (Novo y Murga, 2010), “sistema social multidimensional en el que hay una permanente multicausalidad fenoménica” (Rodríguez, 2016, p. 34). Por ello, la revisión a la que debe ser sometida la educación matemática debe ser realmente profunda si queremos equiparla en su carácter complejo. En este sentido, los cambios a los que nos referimos aquí no pueden reducirse a un conjunto de objetivos que enumeran necesidades sociales.

Niss (1983) afirma que “es de importancia democrática tanto para el individuo como para la sociedad como un todo, que a cualquier ciudadano se le suministren los instrumentos para comprender el papel de las matemáticas” y añade “cualquiera que no posea tales instrumentos se vuelve una víctima de los procesos sociales en los que las matemáticas es una componente” (p. 248). Sin embargo, como asegura Skovsmose (1994), estos instrumentos no tienen que ser matemáticos en sí mismos. “La competencia faltante no necesita ser idéntica a la competencia matemática” (Skovsmose, 1994, p. 58). La multiplicidad compleja de lo que es humano (Morin, 1999) requiere adoptar una visión compleja de la propia matemática como objeto de enseñanza y aprendizaje, no limitando su finalidad al desarrollo exclusivo de la competencia que comúnmente referimos como habilidades matemáticas (Andonegui, 2005) sino que se hace necesario también incorporar, al interior de la educación matemática, la formación de un ser humano crítico, solidario, responsable, pensante, ético y transformador de su realidad (Rodríguez, 2016). En esta línea situamos en nuestra investigación la alfabetización matemática, como competencia que integra no sólo el “saber matemático” sino también el “ser matemático” (Skovsmose, 1994; Radford, 2014). Desde esta perspectiva, la educación matemática no puede ser reducida en términos de difusión de saberes matemáticos sino, como señala Radford (2013), debe ser un proyecto más englobante. La matemática y la educación matemática deben configurarse en torno al desarrollo de soluciones a problemas creados por el ser humano, de sus modos de vida, que ocurren en un tiempo y en un contexto determinado (Radford, 2000).

Una alternativa potente que permitiría desarrollar las dimensiones del “saber” y “ser” matemático, como parte inherente a la alfabetización matemática, es abogar por la sostenibilización curricular de la educación matemática. Precisamente, la sostenibilidad en el ámbito educativo surge como una opción de construcción de posibles respuestas a problemas creados por el ser humano que deben responder a unos principios básicos (Jiménez-Fontana y García-González, 2015). La integración de competencias eminentemente éticas como las de sostenibilidad en la formación inicial del profesorado en educación matemática permitiría crear una consciencia sobre los conflictos y las estructuras críticas de la sociedad. Sin embargo, sostenibilizar la educación matemática requiere de un estudio profundo sobre qué elementos lo harían posible. Un primer paso en esa dirección es diagnosticar la situación actual en la que se encuentra la formación inicial de docentes en educación matemática que nos permita evaluar el problema.

1.3 Problema de investigación y objetivos de la tesis

1.3.1. Pregunta de investigación

Partiendo de la problemática de revisión a la que debe ser sometida la educación matemática expuesta en el epígrafe anterior, desde nuestra posición de formadores de futuros docentes en educación matemática e interés por la integración de principios de sostenibilidad en esta área de conocimiento, hemos formulado nuestro problema de investigación en los siguientes términos:

¿Cuál es el estado actual de la educación matemática, en relación a la integración de competencias profesionales coherentes con una educación para la sostenibilidad, en las titulaciones de formación para profesores de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz?

Dirigimos nuestra problemática de investigación al interés por conocer el estado actual en el que se encuentra la educación matemática que se está desarrollando en el área de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Cádiz en relación con los criterios asociados a la sostenibilidad curricular, queriendo focalizar dicha investigación en los tres polos que constituyen el sistema didáctico: el *alumno*, el *profesor* y el *contenido*, en nuestro caso matemático, que debe ser transferido como patrimonio a las nuevas generaciones.

1.3.2. Objetivos de la tesis

El enunciado de nuestra cuestión nos permite caracterizar el problema de investigación y, a su vez, establecer los siguientes objetivos específicos con el fin de ayudarnos a profundizar en el tratamiento del mismo:

- Objetivo 1.- Diagnosticar la presencia de competencias de sostenibilidad en cada una de las asignaturas que configuran el área de Didáctica de la Matemática en las distintas titulaciones de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz.
- Objetivo 2.- Diagnosticar la situación actual del profesorado del área de Didáctica de la Matemática respecto a la consideración de la integración de competencias de sostenibilidad en su práctica docente.
- Objetivo 3.- Diagnosticar la percepción que tienen los estudiantes de las distintas titulaciones de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz en relación a su aprendizaje en competencias de sostenibilidad a lo largo de sus estudios.
- Objetivo 4.- Analizar las relaciones existentes entre las informaciones descritas en los objetivos anteriores e inferir elementos necesarios para la formación en educación matemática desde la sostenibilidad.

1.4 Estudio del estado de la cuestión

Los fundamentos teóricos de esta investigación se sustentan en dos pilares básicos: por un lado, los principios para una educación para el desarrollo sostenible y, por otro lado, el punto de vista sociocrítico de la educación matemática, lo que implica una genuina concepción del término alfabetización matemática que -desde esta perspectiva de la educación matemática- asumimos como investigadores y que desarrollamos en el sub-epígrafe 1.4.3. Asimismo, es característica principal e intrínseca en nuestra investigación el paradigma de la complejidad (Figura 1).



Figura 1. Referentes teóricos

1.4.1. La educación para la sostenibilidad en el ámbito universitario

El origen del término *desarrollo sostenible* debemos situarlo en 1987 en el informe Brundtland. En dicho informe se define desarrollo sostenible como aquel modelo de desarrollo que permite satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias (Brundtland, 1987). El término desarrollo sostenible es por tanto un enfoque que busca definir proyectos viables y reconciliar, simultáneamente y en armonía, los aspectos social, económico, ambiental y cultural de las actividades humanas. Este modelo de desarrollo es presentado como alternativa al modelo energético hoy vigente, entre otros. La Tierra es finita y en un mundo donde el carbón, el petróleo, el gas natural y el uranio conforman la base del patrón energético, es su explotación lo que no puede continuar indefinidamente. Problemáticas de tan diversa índole como la desertificación, el cambio climático, la pobreza y un largo etcétera son el resultado de una industrialización galopante que no se preocupa más que del crecimiento económico y relega, a un segundo plano, el desarrollo humano.

La educación tiene entre sus funciones preferentes formar a los ciudadanos en las competencias necesarias para la sostenibilidad de las sociedades (Aznar y Ull, 2013) y, en este contexto, la universidad como institución que forma, investiga y educa tiene un papel muy importante que asumir. Pero, ¿cómo puede enfrentarse esta situación de crisis planetaria desde la educación superior?

Uno de los referentes, no el único, en el que debiera sustentarse todo modelo educativo que persiga contribuir a una educación para el desarrollo sostenible es el pensamiento complejo. El carácter holístico, de efecto sistémico y de naturaleza compleja, de las grandes problemáticas globales que hoy nos acechan así lo obliga. Elucidar nuevos caminos para encontrar soluciones óptimas es el reto pero, como afirma Morin (2001a), el análisis, la disyunción, la reducción, y la unidimensionalización del pensamiento hoy dominante necesario para conocer, no concede espacio para la síntesis, imprescindible para comprender.

Morin et al. (2003) caracterizan el pensamiento complejo por:

- *Enmarcarse en una epistemología general* y, en consecuencia, es un tipo de pensamiento que concierne no sólo a la ciencia sino también a la sociedad, a la ética y a la política.
- *Admitir la ambigüedad y la imprecisión como motor del conocimiento*, aceptando que ser inacabado y abierto a la vida son cualidades inherentes a este pensamiento.
- *Tipificar dos tipos de ignorancia*: la del que no sabe y quiere aprender y la del que considera que el conocimiento es un proceso lineal que a medida que avanza trae la luz allí donde antes había oscuridad. Para Morin et al., sólo el primero está en la vía adecuada para alcanzar el conocimiento pues el segundo ignora que “toda luz también produz sombras como efecto” (2003, p. 55).
- *No relegar de lo simple sino religar simplificación y complejidad* es objeto de este pensamiento, identificando paralelamente distintos factores de complejidad: interacciones, retroacciones, influencias recíprocas, etc.

Por su parte, el ámbito educativo es una realidad social dinámica ya que se encuentra en constante cambio y evolución, lo que hace que consideremos los modelos educativos y la misma realidad socioeducativa como fenómenos-sistemas manifiestamente complejos. Flexibilidad de funcionamiento, autorregulación, adaptación constante y dinamismo caracterizan a todo sistema (Fajardo y Ciordia, 2014), propiedades éstas que pueden trasponerse al ámbito de la educación. En este punto, concebimos la realidad educativa como sistema conceptual que, como tal, goza de una composición, dispone de un entorno y se encuentra articulado en una estructura entendida ésta como la gran cantidad de interrelaciones-flujos que se producen tanto internos entre sus componentes (con sus debilidades y fortalezas), como externos entre estas componentes y el entorno u otros sistemas (con sus amenazas y oportunidades).

El carácter sistémico de la realidad socioeducativa de la que venimos hablando, unido a la propia caracterización del pensamiento complejo, antedicha, lleva al mismo autor a asignar a la educación una serie de funciones. Sintéticamente y en palabras del Morin, educar en la complejidad supone (2001b, pp. 5 y ss.):

- Armar cada sujeto-mente en el combate vital para la lucidez para que puedan identificar, por ejemplo, el origen y la naturaleza de los errores.
- Superar el pensamiento segmentado y aprehender los objetos en sus contextos, sus complejidades y sus conjuntos.

- Enseñar la condición humana tomando conciencia de nuestra identidad compleja (física, biológica, psíquica, cultural, social e histórica) común a todos los seres humanos, reuniendo y organizando conocimientos dispersos a partir de las disciplinas actuales.
- Enseñar la historia de la era planetaria para la construcción de una ciudadanía planetaria, llamando la atención sobre la pertenencia de los humanos a la comunidad de vida terrestre y señalando la complejidad de la crisis que padecemos en esta misma comunidad destino.
- Capacitar para enfrentar lo incierto, lo inesperado y los riesgos para poder así tomar las decisiones necesarias y modificar su desarrollo en virtud de las informaciones adquiridas.
- Enseñar la comprensión ausente de nuestras enseñanzas, vital para que las relaciones humanas salgan de su estado bárbaro de incompreensión.
- Enseñar una ética válida para todo el género humano además de las éticas particulares.

Desde esta perspectiva sistémico-compleja y en el nuevo marco que vive la universidad española debido al proceso de convergencia hacia el Espacio Europeo de Educación Superior, estas siete funciones que el autor considera prioritarias para la educación del siglo XXI han sido traducidas a una serie de competencias.

Para Roegiers (2014), una competencia moviliza diferentes capacidades y diversos contenidos en una situación real. De esta manera, en una primera aproximación al término, podríamos entenderla como la mostración de un *saber hacer* contextualizado. Sin embargo, otros autores señalan que no podemos caer en una sobresimplificación del concepto y que ser competente no es un “estado” en el que se está (Parcerisa, 2008), por lo que no debe reducirse a tener unos conocimientos (*saber*) y adquirir unas habilidades (*hacer*).

Morin et al. (2003), definen una serie de principios metodológicos necesarios a la hora de diseñar objetivos y competencias en educación bajo el paraguas de la complejidad: *sistémico*, *hologramático*, de *retroactividad*, de *recursividad*, de *autonomía/dependencia*, *dialogico* y de *reintroducción* del conocedor en todo conocimiento.

El paradigma de la complejidad aboga por una visión compleja del mundo y, desde esta perspectiva, los procesos de enseñanza-aprendizaje son percibidos como espacios de diálogo entre una forma de pensar, un marco de valores y un mundo de acción (Bonil et al., 2010). Las competencias, bajo este enfoque holista, se configuran en torno al logro tendente (aspiracional) de tres tipos de saberes interrelacionados: *saber pensar* (relacionado con el *qué* = pensamiento complejo), *saber hacer* (relacionado con el *cómo* = acción compleja) y, principalmente, *saber comprender* (relacionado con el *para qué* = dimensión ética) (Figura 2).

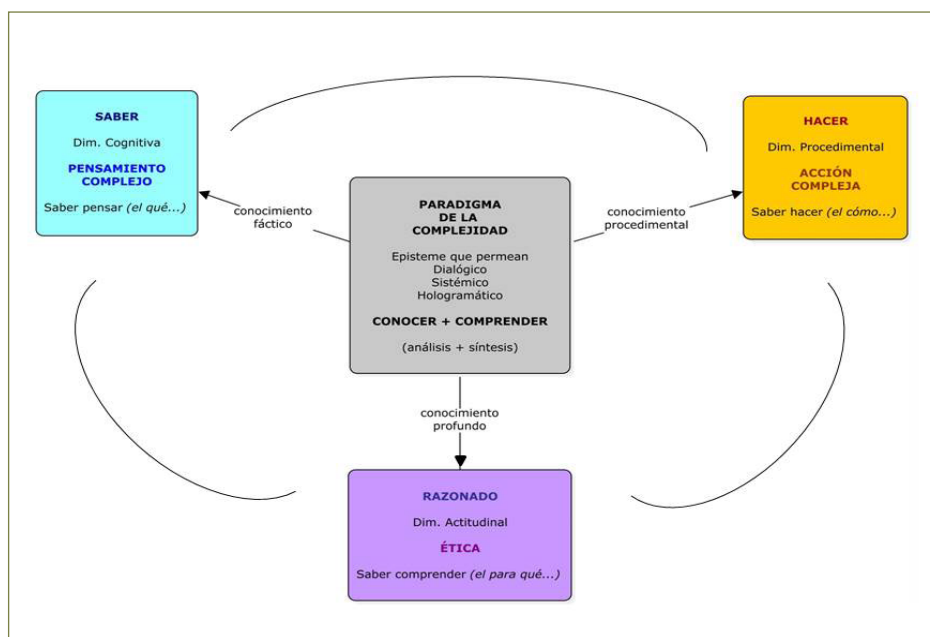


Figura 2. El proceso de enseñanza-aprendizaje bajo un enfoque holista por competencias

Pero volvamos a la cuestión inicial: ¿cómo puede enfrentar la educación superior la situación de crisis planetaria en la que nos encontramos?

Junyent y Calafell definen la sostenibilización curricular como: “Un proceso continuo de producción cultural tendente a la formación de profesionales comprometidos con la búsqueda permanente de las mejores relaciones posibles entre la sociedad y la naturaleza, atendiendo a los valores de la justicia, la solidaridad y la equidad, aplicando los principios éticos universalmente reconocidos y el respeto a las diversidades” (2011, p. 329).

Sin embargo, a día de hoy, la universidad ha respondido moderadamente a este desafío detectándose serios obstáculos que dificultan la sostenibilización curricular de la educación superior (Barrón et al., 2010). Según estos autores, la falta de concienciación del profesorado universitario y de equipos directivos, las escasas competencias por parte del personal docente investigador en aspectos cognitivos y metodológicos, y la baja presencia de metodologías activas de aprendizaje, son sólo algunas de las barreras que se identifican. No obstante, consideramos que el papel de la universidad es primordial, más si cabe, en los títulos de educación ya que sus egresados serán los futuros docentes de las nuevas generaciones de ciudadanos.

La Tabla 1 muestra los principales eventos a nivel internacional en relación a la coordinación de universidades interesadas en la sostenibilidad curricular. Por su relevancia, hemos incluido en dicha tabla las principales cumbres internacionales como la primera gran Cumbre de la Tierra (Río 92) fruto de la cual resultó la Agenda 21 de la que derivará, posteriormente, la Agenda 21-educativa. Esta última se configura en torno a dos modalidades, la escolar y la universitaria, atendiendo al mismo tiempo y para cada modalidad, dos facetas o ejes de desarrollo: la sostenibilización de la gestión y la sostenibilización curricular.

Tabla 1. Eventos que impulsan la sostenibilidad curricular

Año	Declaración/Organizaciones Internacionales	Institución promotora/Objetivos
1990	La Declaración de Talloires	Firmada en París, en la creación de la Asociación University Leaders for a Sustainable Future (ULSF). Se trata del primer documento político firmado por rectores de las universidades de 43 países de los 5 continentes. Esta Declaración, estimula a las universidades a promover que los egresados adquieran competencias para el desarrollo de funciones profesionales coherentes con la sostenibilidad.
1991	La Declaración de Halifax “Creando un futuro común: un plan de acción para las universidades”	Firmada durante la Conferencia de Acción de las universidades hacia un desarrollo sostenible organizada por la International Association of Universities (IAU), en Canadá. Aportó un plan de acción a seguir por las universidades.
1992	Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, 1992. “Cumbre para la Tierra”	Participan 172 países, 108 con representación de Jefes de Estado o de Gobierno. Medio ambiente y desarrollo sostenible constituyen el tema principal del encuentro. El Programa 21 (Agenda 21) es, entre otros, un documento resultante de esta Conferencia. La Agenda 21 Global derivará en lo que hoy conocemos como Agenda 21 Educativa (escolar y universitaria).
1993	La declaración de Swansea	Refleja el compromiso de las Universidades de la Commonwealth para dar respuestas al reto de la sostenibilidad. Añadió una dimensión interesante al reconocer que los países menos desarrollados podrían tener más prioridades de sostenibilidad ambiental, y se comprometió a las universidades para que suministraran el soporte de iniciativas.
1993	La Carta de las Universidades por el Desarrollo sostenible	Conferencia de Rectores Europeos (CRE), donde se crea el Programa Copernicus, que se propone impregnar todo el sistema universitario con la perspectiva de la sostenibilidad, estimular y coordinar proyectos interdisciplinarios de investigación, estrechar las relaciones de la universidad con otros sectores sociales y promover la formación de titulados universitarios en competencias sostenibilizadoras, para que en el posterior desempeño profesional tomen decisiones y realicen acciones bajo criterios sostenibles.
1996	Organización Internacional de Universidades para el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente (OIUDSMA)	Creada por universidades iberoamericanas, con el objetivo de desarrollar programas docentes e investigadores en el campo del Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible.

Año	Declaración/Organizaciones Internacionales	Institución promotora/Objetivos
1997	La Declaración de Lüneburg	Educación Superior para el desarrollo sostenible: promoviendo el desarrollo de la Agenda 21 Educativa para la universidad.
1998	Conferencia Mundial sobre la Educación Superior	UNESCO. En ella se señaló que las universidades están llamadas a ser líderes en el desarrollo de formas de educación, interdisciplinarias y éticamente orientadas, para idear soluciones para los problemas orientados a un desarrollo sostenible.
1999	“Environmental Management for Sustainable Universities Conference”	Celebrada en 1999 en Lund (Suecia).
2000	UNESCO Network for Reorienting Teacher Education towards Sustainability	Toronto. En octubre de 2000, con la participación de 32 universidades de todo el mundo con el propósito de promover cambios en el ámbito de la educación.
2002	1st International Seminar on Sustainability in Higher Education (ACES Network)	Celebrado en la Technical University Hamburg-Harburg Technology (Alemania).
2003	Declaración de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible (2005-2014)	UNESCO. El propósito es construir un mundo en el que cada uno tenga acceso igualitario a la educación en valores, comportamientos y estilos de vida coherentes con un futuro sostenible hacia una transformación positiva de la sociedad (Ver UNESCO 1998, 2005).
2004	Declaración de Barcelona (Conferencia sobre Engineering Education in Sustainable Development)	Se subraya la necesidad de que en las universidades se facilite a los futuros profesionales el desarrollo de competencias sociales y éticas coherentes con un desarrollo humano sostenible.
2005	Lübeck Declaration: University and Sustainability	Se promueve el desarrollo de una Agenda 21 para la universidad.
2008	La educación superior en el mundo: nuevos retos y roles emergentes para el desarrollo humano y social	Global University Network for Innovation (GUNI). Barcelona Meeting (UPC).
2009	Declaración de Bonn	Conferencia Mundial de UNESCO sobre Educación para el Desarrollo Sostenible.
2015	Programa de Acción Global “Un compromiso renovado por la Educación para la Sostenibilidad”	UNESCO. Global Action Programme (GAP). El objetivo del GAP es, tomando como base los logros alcanzados en el marco de la Década 2005-2014, seguir impulsando el compromiso internacional de fomentar la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS).

Año	Declaración/Organizaciones Internacionales	Institución promotora/Objetivos
2015	La Agenda 2030 para el desarrollo sostenible	Aprobada el 25 de septiembre de 2015 por los 193 estados miembros de la ONU. Constituida por un conjunto de 17 objetivos llamados objetivos de desarrollo sostenible (ODS), los cuáles pretenden alcanzarse para el año 2030. El objetivo n° 4, educación de calidad, pretende garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, al tiempo de promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.

Actualmente, muchos investigadores siguen analizando acerca de la integración de principios de sostenibilidad en los currículos universitarios, existiendo un amplio consenso en que es necesario proporcionar a los futuros graduados una capacitación basada en competencias de sostenibilidad (Ryan y Tilbury, 2013; Aznar et al., 2014; Wiek et al., 2011). Wiek et al. (2015) han identificado las siguientes competencias relacionadas con la sostenibilidad: “competencia cognitiva”, “competencia anticipatoria”, “competencia estratégica” y “competencia normativa”. Salovaara et al. (2019) añaden a las anteriores: “diversidad en los modos de pensamiento”, “pluralidad metodológica” y “competencia para la autonomía”. Por su parte, Cebrián y Junyent proponen definir la competencia profesional en educación para la sostenibilidad como:

“La competencia de educar a la ciudadanía para construir un mundo más justo, equitativo y sostenible. Implica la combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes y emociones, y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente ante un reto de sostenibilidad a nivel social, ambiental y/o económico que se sitúa en un determinado contexto cultural y en el entorno educativo” (2014, p. 36).

En el marco internacional, un referente básico en el campo de la sostenibilización curricular lo constituye la Red ACES (Ambientalización Curricular de los Estudios Superiores), creada en el año 2000 dentro del programa Alfa de la Unión Europea y en la que obran cinco universidades europeas y seis latinoamericanas coordinadas por la Universitat de Girona. Han sido objetivos de la Red (Junyent et al., 2011):

- La revisión del grado de sostenibilización de los currículos de los estudios seleccionados para el proyecto.
- El diseño de modelos, criterios e instrumentos de sostenibilización para los estudios superiores.
- Y la transferencia y adaptación de los mecanismos de sostenibilización utilizados en los estudios pilotos a las demás unidades académicas participantes del proyecto.

Fruto de la tarea realizada por este grupo de trabajo en su primer encuentro en Hamburgo en 2002 fue la definición de 10 singularidades que caracterizan un estudio sostenible (Junyent et al., 2011).

La Universidad de Cádiz ha traducido aquellas 10 singularidades a su propio lenguaje, apostando además por el término *Educación para la Sostenibilidad* (Cardenoso et al., 2013) (Figura 3). Este instrumento ha sido utilizado como herramienta de análisis en uno de los estudios que configuran la presente tesis en Moreno-Pino et al. (2021) (Capítulo 2).

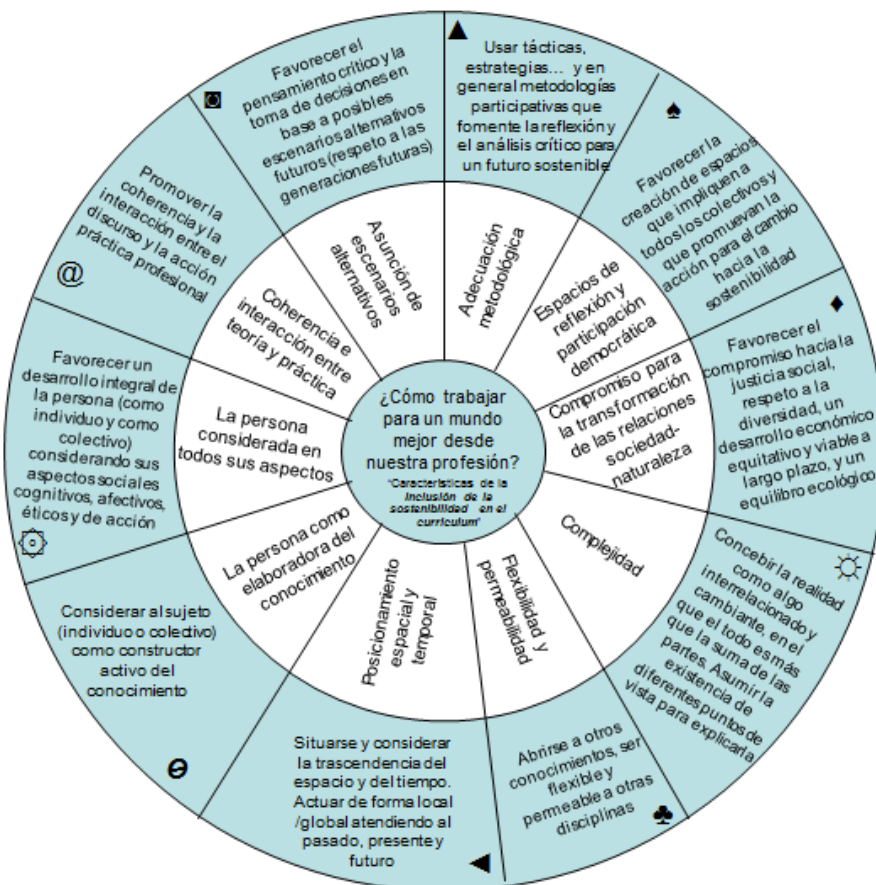


Figura 3. Educar para la sostenibilidad. Grupo de Sostenibilidad Curricular UCA

En España, la Comisión Sectorial de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas CRUE-Sostenibilidad aprobó en 2005, actualizado en 2012, el documento *Directrices para la Introducción de la Sostenibilidad en el Currículum* (CRUE, 2012). CRUE-Sostenibilidad solicita a la comunidad universitaria la revisión integral de los currículos universitarios que asegure la integración de los contenidos transversales básicos en sostenibilidad en todas las titulaciones del sistema universitario español en coherencia con las cuatro competencias transversales en sostenibilidad que siguen:

- SOS1: Competencia en la contextualización crítica del conocimiento estableciendo interrelaciones con la problemática social, económica y ambiental, a nivel local y/o global.
- SOS2: Competencia en la utilización sostenible de recursos y en la prevención de impactos negativos sobre el medio natural y social.

- SOS3: Competencia en la participación en procesos comunitarios que promuevan la sostenibilidad.
- SOS4: Competencia en la aplicación de principios éticos relacionados con los valores de la sostenibilidad en los comportamientos personales y profesionales.

Para el Grupo de Sostenibilidad de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas, la sostenibilidad es un concepto que “incluye la búsqueda de la calidad ambiental, la justicia social y una economía equitativa y viable a largo plazo” (CRUE, 2012, p. 5).

Asimismo, CRUE-Sostenibilidad señala seis principios básicos de sostenibilidad en el marco universitario (CRUE, 2012, p. 6):

- *Principio ético*: La universidad debe esforzarse por educar a la ciudadanía reconociendo el valor intrínseco de cada persona, situando la libertad y la protección de la vida como objetivos de las políticas públicas y los comportamientos individuales. La búsqueda de este objetivo debe realizarse en armonía con el medio ambiente y estar condicionada por la necesidad de equidad, el respeto de los derechos de las futuras generaciones y el estímulo de procedimientos de racionalidad comunicativa y participativa en la toma de decisiones.
- *Principio holístico*: La universidad, en todas sus facetas, debe actuar desde una concepción integral e interdependiente de los componentes de la realidad social, económica y ambiental. Asumir enfoques éticos, ecológicos, sociales y económicos para abordar las problemáticas en relación a los desequilibrios ambientales, la pobreza, la injusticia, la desigualdad, los conflictos bélicos, el acceso a la salud y el consumismo, entre otros. Implica una comprensión relacional de los procesos, independientemente de sus diversas manifestaciones.
- *Principio de complejidad*: La adopción de enfoques sistémicos y transdisciplinares que permitan una mejor comprensión de la complejidad de las problemáticas sociales, económicas y ambientales, así como de la implicación en las mismas de todas las actividades ciudadanas y profesionales.
- *Principio de glocalización*: La adopción de enfoques que establezcan relaciones entre los contenidos curriculares y las realidades locales y globales.
- *Principio de transversalidad*: Integración de los contenidos dirigidos a la formación de competencias para la sostenibilidad en las diversas áreas de conocimiento, asignaturas y titulaciones. Se aplicarán a los diferentes niveles de gestión, investigación y transferencia en la universidad.
- *Principio de responsabilidad social universitaria*: Contribución de la universidad a la sostenibilidad de la comunidad. Se reflejará en la gestión interna y en la colaboración con entidades y organismos en proyectos de investigación y acciones que contribuyan a mejorar la calidad de la formación universitaria y el avance en la resolución de los problemas sociales, económicos y ambientales.

En esta tesis, la sostenibilización curricular ha sido incorporada utilizando, precisamente, las pautas desarrolladas por la Comisión Sectorial de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE, 2012). Así, las cuatro competencias de sostenibilidad definidas por la CRUE han sido el punto de partida del mapa de competencias de sostenibilidad (MCS) resultado del proyecto EDINSOST al que se encuentra vinculada esta tesis. La descripción del MCS puede encontrarse en el Capítulo 2 de esta investigación. El MCS ha sido utilizado en esta tesis como herramienta analítica (Capítulo 2) y permitió diseñar un cuestionario que ha servido como instrumento de recogida de información (Capítulo 4).

La integración de estos principios y competencias definidos por CRUE-Sostenibilidad en la formación inicial de docentes en educación matemática permitiría crear una consciencia sobre los conflictos y las estructuras críticas de la sociedad. La preocupación educativa, también en el área de matemáticas, por el desarrollo de una ciudadanía crítica hace necesario sostenibilizar la educación matemática al objeto de poder favorecer la crítica en escenarios de crisis. Sin embargo, una investigación de este tipo demanda una perspectiva epistemológica concreta respecto a la manera de entender el conocimiento científico en general, y la matemática y la educación matemática en particular.

1.4.2. La matemática y la educación matemática

López indica que “la manera en que aprenden las personas es dinámica, lo hacen desde que nacen hasta que mueren, de forma compleja, sistémica, multisensorial, autogestiva, autocorrectiva, creativa, transdisciplinar y valoral” (2013, p. 2), y añade, “el actual enfoque por competencias se asocia a procesos de desarrollo dinámicos, abiertos, complejos, recursivos, holistas, pero sobre todo dialógicos, en plena vinculación entre todos sus actores” (2013, p. 45).

Desde estos presupuestos y desde la asunción de nuevos principios (de complejidad y sostenibilidad), es obvio admitir que el concepto de aprendizaje ha sufrido una importante transformación a lo largo de los últimos años. El aprendizaje debemos entenderlo como un proceso en espiral: en primer lugar, la información está constituida por datos cuyo análisis permite incorporarla a un acervo de conocimientos (Olivé, 2007). Sin embargo, según Morin (2001a), una segunda operación -la síntesis de la información analizada- es necesaria para establecer las bases no sólo de un acto de conocimiento, sino también de un proceso de comprensión que generará, en cada uno de nosotros, una visión particular de entender el mundo.

La crisis socioambiental en la que estamos inmersos junto a la propia transformación del concepto de aprendizaje, nos lleva a reflexionar acerca de las nuevas maneras en las que los individuos piensan y aprenden. En este punto, y desde nuestra posición de formadores de futuros docentes en educación matemática, es lícito preguntarse: ¿cuándo un estudiante en formación inicial para profesor de matemáticas puede considerarse competente? Como advierte Azcárate (2005), es ilusorio pensar que los alumnos de una escuela aprendan a aprender y colaboren entre sí, si sus profesores no poseen esas mismas competencias. Por esta razón, nos cuestionamos acerca de qué formación en matemáticas y educación matemática favorecería el logro de las mismas.

Con objeto de aproximarnos al estado actual en el que se encuentra la matemática, la Tabla 2 muestra -grosso modo- la evolución del pensamiento matemático a lo largo de la historia: desde la matemática de Galileo hasta toparnos con el término alfabetización matemática que más adelante, en el marco de esta investigación, ubicaremos en el seno de las perspectivas socioculturales de la educación matemática.

Tabla 2. Evolución del pensamiento matemático y del currículo escolar de matemáticas

Pensamiento dominante	Características
Aproximadamente hasta 1957 la matemática que se enseñaba en las escuelas era la matemática de los elementos de Euclides. <i>Dualidad Matemática – Ciencia</i>	Galileo Galilei estableció la dualidad matemática – ciencia. Bajo esta premisa se entendía que: cuando desde el lenguaje matemático se lograba interpretar la ciencia, la mente avanza en su conocimiento. [...] <i>O livro da natureza é escrito em linguagem matemática</i> [...] (Il Saggiatore, 1623).
<i>Dualidad Matemática - Mente</i>	En 1957, y tras el lanzamiento del Sputnik por parte de la URSS, la OCDE convoca a los países de occidente con objeto de tomar decisiones ante el avance de los países de fundamentación socialista. Discípulos de Piaget son quienes terminan rompiendo con el esquema clásico de la posición de la matemática en el modo de entender el conocimiento científico de la naturaleza. Nace así la matemática moderna hacia 1970, estableciéndose la dualidad matemática – mente. La influencia de Piaget es clara por defender que las estructuras matemáticas son isomorfas a las estructuras mentales y es gracias a ese isomorfismo que puede abordarse el estudio de la naturaleza.
<i>Hacia un aprendizaje instrumental de la matemática</i>	Ante el fracaso escolar que supuso la matemática moderna, y en la asunción de que los problemas del desarrollo científico no se resuelven ni en la escuela de primaria ni en la de secundaria, el currículo escolar avanza hacia un aprendizaje instrumental de la matemática (1990).
<i>Hacia un aprendizaje funcional de la matemática</i>	En el nuevo milenio, la educación es considerada como patrimonio de un país. Se enfatiza el aprendizaje en contextos y, de esta manera, el aprendizaje funcional surge de la evolución del modelo anterior. En el modelo funcional el conocimiento no se focaliza sobre el instrumento en sí mismo sino sobre el uso que se hace de él: <i>saber utilizarlos</i>.
<i>Alfabetización matemática</i>	La alfabetización o competencia matemática es definida como “la capacidad de un individuo para identificar y entender el papel que las matemáticas tienen en el mundo, hacer juicios bien fundados y usar e implicarse con las matemáticas en aquellos momentos en que se presenten necesidades para su vida individual como ciudadano constructivo, comprometido y reflexivo” (OCDE, 2005).

En la Tabla 2 cabe destacar dos momentos significativos en la historia de las matemáticas: el primero, referido a la ruptura del esquema clásico establecido por Galileo respecto al posicionamiento de la matemática en la manera de entender el conocimiento científico de la naturaleza; el segundo, el que hace referencia al término competencia matemática o alfabetización matemática que abordamos a continuación.

Primigeniamente, el concepto de competencia matemática busca mostrar “la riqueza cognitiva de esta disciplina, expresa los procesos o modos de actuación que tienen lugar por medio de los conocimientos matemáticos, no sólo por su dominio formal” (Rico, 2009, p. 14). Por otro lado, uno de los estudios que destaca la noción de alfabetización o competencia matemática es el *Programa Internacional de Evaluación de Estudiantes* (PISA), cuyo objetivo es estudiar la preparación de los escolares al término de la educación obligatoria. El informe PISA 2012 (OCDE, 2012) define la alfabetización matemática como la capacidad que tiene un individuo para formular, emplear e interpretar las matemáticas en una variedad de contextos. El objeto de la evaluación realizada por PISA es conocer cómo los estudiantes pueden utilizar lo que han aprendido en situaciones usuales de la vida cotidiana y no sólo, ni principalmente, en conocer cuáles contenidos del currículo han aprendido (OCDE, 2004). Además, el proyecto PISA crea un vínculo con las capacidades matemáticas fundamentales que caracterizan la propia competencia matemática objeto de estudio, a saber: pensar y razonar, argumentar y justificar, comunicar, modelizar, plantear y resolver problemas, representar, utilizar el lenguaje simbólico y el empleo de las TICs. Como indica Azcárate (2005), los estudiantes tienen que adquirir no sólo un conocimiento pragmático sobre cómo usar la matemática o cómo construir modelos matemáticos, sino que han de elaborar también un conocimiento sobre las condiciones de su construcción y aplicación, y una comprensión de las funciones sociales de aplicación de dichos modelos matemáticos. Ser matemáticamente competente no puede reducirse a que el estudiante adquiera muchos conocimientos matemáticos, tal simplificación contradiría el mismo enfoque integral por competencias. No sólo es básico saber sobre lo que se dice (pensar matemática y hacer matemática) sino el cómo se dice y con qué fin (comprender matemática). De esta manera, la educación matemática no debe caer exclusivamente en su carácter utilitarista sino que debe permitir visibilizar las grandes problemáticas del mundo que, al comportarse como sistemas dinámicos, tienen movimientos de tal complejidad que resulta imposible toda predicción a largo plazo (Rañada, 1986). Desde la perspectiva de la complejidad, los problemas de la educación matemática se formulan y se tratan sin separarlos del contexto en el que surgen, del mismo modo que no se puede entender un sistema independientemente de su entorno. Además, los problemas no se proponen como problemas cerrados y bien definidos, sino que se incorpora -para la comprensión del mundo- lo aleatorio, trabajando problemas abiertos, paradójicos, ambiguos, llenos de incertidumbre y de imprecisión que nuestro entorno plantea (Azcárate, 2005). Sin embargo, ¿visibilizar a través de la matemática las grandes problemáticas que acechan al mundo es suficiente?

Estamos de acuerdo con García-González cuando señala que los educadores deben entender que son agentes de cambio. Se trata más bien “de un cambio de pensamiento que de comportamiento” (2016, p. 41). Las crisis ecológica, económica, educativa, de valores y de pensamiento cuestionan nuestro conocimiento del mundo. Reflexionar sobre esta cuestión es capital pues de la concepción que se tenga del saber (matemático u otro) deriva cómo se concibe su aprehensión. Enseguida abordamos este asunto.

1.4.3. El punto de vista sociocrítico de la educación matemática

Font (2002) señala cómo los diversos programas de investigación propuestos en Didáctica de la Matemática se posicionan, de manera explícita o implícita, sobre aspectos como una ontología general y una epistemología general. En su trabajo, el autor analiza este posicionamiento en los principales programas y agendas de investigación que, a su juicio, configuran esta área de conocimiento; a saber: el enfoque cognitivo, el constructivismo radical, el constructivismo social, el enfoque sistémico, el enfoque antropológico, el enfoque semiótico y el enfoque crítico.

Como señala Calabuig (2016) siempre habrá teorías y marcos de referencia prioritarios. Cualquier problema investigativo obliga a ser selectivo. “La educación no está libre de valores, tiene un fuerte componente ideológico” (Jiménez-Fontana et al., 2019, p. 34) y, como tal, nos obliga a seleccionar. Una de las razones principales de elección vendrá dado por “el tipo de sociedad que se desea construir o colaborar en mantener y hacer que progrese” (Calabuig, 2016, p. 34).

Situamos esta tesis en el marco de la educación matemática crítica. El enfoque crítico, no sólo coincide con aquellos puntos de vista que entienden la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas como fenómenos sociales, sino que considera esencial ampliarlos a los aspectos político-sociales (Font, 2002). La crisis planetaria es de carácter político, necesita de la política, ya que afecta a la cultura que nos hemos dado como sociedades. Como afirman Andrade-Molina y Valero (2019) traer la ética al centro de la educación matemática es una manera también de abordar lo político desde la matemática. En este punto sostenemos que la relación entre matemática y sostenibilidad es *crítica*; es decir, consideramos que, potencialmente, la matemática y la educación matemática pueden tanto facilitar como dificultar la construcción de sociedades más sostenibles. Asumimos aquí el término *crítica*, en diálogo con Skovsmose y Valero (2012).

Font (2002) destaca siete aspectos que preocupan a la teoría crítica:

- Preparar a los estudiantes para ser ciudadanos.
- Introducir las matemáticas como una herramienta para analizar de manera crítica los hechos socialmente relevantes.
- Tener en cuenta los intereses de los estudiantes.
- Considerar los conflictos culturales en los que se desarrolla el proceso de instrucción.
- Contemplar los aspectos anteriores sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas para que el conocimiento matemático se convierta en una herramienta crítica.
- Dar importancia a la comunicación en el aula, entendida como el conjunto de relaciones interpersonales que son la base de la vida democrática.
- Atender las relaciones entre las matemáticas y la tecnología, la cual, al mismo tiempo que soluciona problemas, genera otros nuevos.

Desde la educación matemática crítica la alfabetización matemática es conceptualizada como competencia que integra no sólo el *conocer matemático* referido a lo que comúnmente entendemos por el desarrollo de habilidades matemáticas, sino el *conocer reflexivo* referido acerca del uso que se hace de la matemática (Skovsmose, 1994).

En síntesis, el punto de vista sociocrítico es una corriente importante en la investigación en educación matemática que considera que “la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje debe tener por objetivo la emancipación de las personas y la transformación social” (Godino, 2010, p. 23).

Dentro de la gama de teorías socioculturales que intentan plantear la enseñanza y el aprendizaje en los términos de la educación matemática crítica se encuentra la teoría de la objetivación (TO). La concepción no mentalista del pensamiento que asume esta teoría educativa, alejada de aquellas teorías educativas de índole individualista, ubica implícitamente los trabajos realizados de la presente tesis.

La TO es una teoría de enseñanza-aprendizaje que se inspira y apoya en los siguientes tres principios filosóficos (Radford, 2014):

- La filosofía dialéctico-materialista.
- La escuela psicológica histórico-cultural de Lev Vygotsky.
- La concepción filosófica de la educación de Paulo Freire.

Estos principios filosóficos en los que se fundamenta la TO suponen una ruptura epistemológica pero también ontológica y axiológica respecto de otras teorías educativas fundamentadas en el idealismo. Para la TO el saber matemático no es una entidad psicológica, sino que es concebido como una entidad histórico-cultural. En este punto, estamos de acuerdo con Calabuig cuando afirma que la matemática como ciencia “es un lenguaje universal con el que los conocimientos pueden ir viajando de una civilización a otra siendo comprendidos y adoptados por otras culturas” (2016, p. 33). En relación a lo ontológico y axiológico, la TO problematiza la existencia previa de un mundo objetivo predeterminado (la realidad nos preexiste) y nos invita a repensar la naturaleza humana, su identidad, asegurando que no puede fundamentarse desde presupuestos solipsistas, sino que para dar cuenta de ella es imprescindible considerar la exterioridad y los modos de relacionarnos con ella. El acontecer del ser, es el Otro (Lévinas, 1999).

La TO define la educación matemática como “un esfuerzo político, social, histórico y cultural cuyo fin es la creación de individuos éticos y reflexivos que se posicionan de manera crítica en prácticas matemáticas constituidas histórica y culturalmente” (Radford, 2014, p. 135). En este punto, es relevante destacar cómo la propia conceptualización que la TO hace de la educación matemática subraya su función transformativa, de los individuos y del mundo en el que viven, a través de la educación matemática. Para la TO, “la educación en general y la enseñanza y aprendizaje en particular tratan de *saberes* y de *seres*” (Radford, 2014, p. 135). Así, el aprendizaje desde esta teoría educativa es concebido como un proceso colectivo a través del cual los estudiantes: 1) encuentran sistemas de ideas de la cultura y 2) encuentran formas culturales del ser (Radford, 2014). De manera que el aprendizaje para la TO se define a partir de dos ejes: el eje del *saber* y el eje del *ser* que discurren a través de lo que la teoría educativa define como *labor conjunta*. “Es a través de la labor que encontramos al otro y al mundo en sus dimensiones conceptuales y materiales” (Radford, 2014, p. 137). Por otro lado, la influencia vygotskyana en cómo la TO interpreta el aprendizaje es evidente al asumir cómo la mente se realiza en los sistemas simbólicos. El aprendizaje en la TO es un acto de toma de consciencia posible en la medida que internalizamos recursos simbólicos.

Además, dada la naturaleza de la investigación aquí presentada que asume como *crítica* la relación matemática-sostenibilidad, la contribución de Jerome Bruner a la concepción semiótica de la mente nos parece fundamental. Para Bruner (2010) el pensamiento puede desenvolverse de acuerdo a dos modalidades: paradigmático y/o narrativo. En la matemática predomina un pensamiento de tipo paradigmático, propio del sistema nomológico deductivo de las ciencias. Sin embargo, Bruner (2010) asegura que existe otra faceta de la mente: la destinada a los actos humanos de la imaginación, a la que llama narrativa. Desde esta perspectiva, consideramos que la integración de principios de sostenibilidad en la educación matemática será posible si, como afirma Skovsmose (1994), velamos por abordar los problemas y las incertidumbres asociadas con las transiciones entre las dos modalidades del pensamiento -ambas semióticas- de la que nos habla Bruner. Una propuesta metodológica para trabajar en el aula de matemáticas en esta línea puede consultarse en el artículo *La modelización matemática de problemas: una oportunidad para la formación en sostenibilidad* en el Anexo 3.

En síntesis, como señala García-González “no sólo se trata de que los alumnos adquieran conocimientos y competencias para afrontar la vida profesional, sino valores y actitudes que les hagan enfrentarse con criterios éticos a la vida” (2016, pág. 49). En este sentido, la TO supone una teoría educativa idónea en el marco de la educación matemática crítica.

1.5 Marco metodológico

1.5.1. Paradigma metodológico

Como indica Rincón (2000) uno de los criterios más decisivos para determinar la modalidad de investigación es el objetivo del investigador, es decir, qué pretendemos con la investigación que queremos llevar a cabo y qué tipo de conocimiento necesitamos para dar respuesta al problema formulado. Utilizar una metodología se hace imprescindible para llevar a cabo cualquier procedimiento de una manera sistemática, controlada, empírica y crítica (Hernández et al., 2008). La elección de un paradigma debe garantizar la coherencia entre las dimensiones metodológica y epistemológica que sustentan la investigación (García-González, 2016).

En este punto, cabe recordar que la finalidad de nuestra investigación es diagnosticar el grado de sostenibilización curricular de la educación matemática en el área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz e inferir, a partir de este análisis, elementos necesarios para la formación inicial de docentes en educación matemática cuando ésta es enfocada desde la sostenibilidad.

Dada la naturaleza del problema a investigar, enmarcamos nuestro estudio en el paradigma de la investigación interpretativa de enfoque cualitativo al tratarse de una actividad que se orienta a la comprensión de fenómenos socioeducativos (Sandín Esteban, 2013). Según esta autora, el enfoque cualitativo se caracteriza por abordarse de manera *holística*, considerar el *contexto* y tener carácter *interpretativo*, entre otros. Efectivamente, en nuestro caso, se trata de un fenómeno difícilmente medible que ocurre en un momento concreto en el tiempo y en una localización espacial concreta, que no suele repetirse con exactitud, por lo que no tenemos intención de generalizar resultados sino más bien nuestra pretensión es la de conocer e interpretar el fenómeno de estudio al objeto de poder caracterizarlo.

Desde esta perspectiva, el estudio que se presenta no se sustenta en hipótesis previas sino más bien se configura en torno a un conjunto de cuestiones de investigación. Por otro lado, los estudios cualitativos son flexibles en el diseño de la investigación lo que facilita que los interrogantes a investigar, planteados inicialmente, puedan variar conforme se avanza en la misma (Taylor y Bogdan, 1984).

1.5.2. Cuestiones de investigación

Para abordar, en un grado de mayor concreción, los objetivos específicos enunciados en el epígrafe 1.3 planteamos, inicialmente, los siguientes interrogantes:

- **P1:** ¿Qué grado de vinculación con la sostenibilidad podemos reconocer en las competencias y los objetivos de aprendizaje de las programaciones de las diferentes asignaturas del área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz?
- **P2:** ¿Quedan recogidas en los programas docentes del profesorado del área de Didáctica de la Matemática actividades formativas que promuevan la integración de aspectos relacionados con la sostenibilidad?
- **P3:** ¿En qué medida la sostenibilidad forma parte de la visión que el profesorado del área de Didáctica de la Matemática tiene respecto del proceso de enseñanza y aprendizaje que ellos mismos planifican?
- **P4:** ¿Cuál es el nivel de logro competencial en sostenibilidad en el que dicen encontrarse los estudiantes de las diferentes titulaciones de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz?
- **P5:** ¿Qué elementos pueden inferirse como necesarios para la formación inicial de docentes en educación matemática desde la sostenibilidad?

1.5.3. Diseño de la investigación

Una de las formas que adopta la investigación cualitativa es el estudio de caso, entendido éste como “el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular” (Stake, 2020, p.11). Según Stake “el caso es algo específico, algo complejo, en funcionamiento” (2020, p. 16) y, en educación, los constituyen en su mayoría personas y programas. En nuestra investigación, el caso, son los programas de formación inicial de docentes en educación matemática configurados desde el área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz.

Según Bonache (1998), las características distintivas de un estudio de casos son:

- No separar el fenómeno de su contexto.
- Parten de un modelo teórico menos elaborado, tratando de construir teorías a partir de las observaciones.
- La elección de los casos tiene carácter teórico, no estadístico, y deben elegirse por su capacidad explicativa.
- Tienden a utilizar más métodos o fuentes de datos.
- Flexibilidad en el proceso de realización de la investigación.
- Inducción analítica y no estadística, por lo que no persigue la generalización de resultados, sino que infiere hipótesis o generalizaciones teóricas a partir del análisis de campo.

Por otro lado, teniendo en cuenta que la investigación se centra en conocer el estado actual en el que se encuentra la educación matemática que se está desarrollando en el área de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Cádiz, en relación con los criterios asociados a la sostenibilidad curricular en tres niveles de incidencia: *alumno*, *profesor* y *contenido* matemático, se consideró pertinente para la investigación el análisis en profundidad desde tres estudios interdependientes:

- Estudio 1.- Análisis de la presencia de competencias de sostenibilidad en los programas de estudio de formación docente en educación matemática del área de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Cádiz.
- Estudio 2.- Análisis de la visión del profesorado universitario del área de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Cádiz en relación a la educación para la sostenibilidad y su posibilidad de integración en la formación inicial de docentes en educación matemática.
- Estudio 3.- Análisis de la percepción de los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz sobre su aprendizaje en competencias de sostenibilidad a lo largo de sus estudios.

Siguiendo a Stake (2020), el diseño de nuestra investigación puede considerarse un estudio de caso múltiple, en tanto que abarca diferentes estudios individuales, existiendo una buena coordinación entre cada uno de los estudios, integrados en el caso global definido. Cada caso pone el foco en el estudio de uno de los agentes que constituyen el sistema didáctico de los programas objeto de estudio (*profesor*, *alumno*, *contenido*), que tienen interés por sí mismo (Stake, 2020). Nuestra pretensión es analizar en profundidad cada uno de estos casos al objeto de poder diagnosticar el grado de sostenibilización curricular de la educación matemática en el área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz e inferir, a partir de este análisis, elementos necesarios para la formación inicial de docentes en educación matemática cuando ésta es enfocada desde la sostenibilidad. El análisis detallado de cada uno de los tres casos de estudio puede consultarse en los Capítulos 2, 3 y 4. Los argumentos hasta aquí referidos justifican un diseño metodológico emergente de tipo cíclico más que secuencial o de fases (Figura 4).



Figura 4. Diseño emergente de la investigación para cada uno de los casos de estudio

1.5.4. Técnicas e instrumentos de recogida de información y análisis de datos

Dado que la naturaleza del problema de investigación planteado abarca un amplio ámbito de estudio, la circunstancia hace que el diseño, la muestra y los instrumentos de recogida de información y análisis empleados tengan que ser diferentes según el problema de investigación en el que nos encontremos en cada momento (Tabla 3).

En un proceso cualitativo, la muestra es un grupo de personas, documentos, sucesos o comunidades sobre el que se recolectarán los datos sin que necesariamente sea representativo del universo o de la población que se estudia. La recolección de los datos es fundamental, buscando información en profundidad en las propias *formas de expresión* (Hernández et al., 2008).

En esta investigación el fenómeno objeto de estudio se describe, principalmente, a través de textos: los documentos oficiales que configuran los programas docentes de las diferentes asignaturas del área de Didáctica de la Matemática elaborado por el profesorado de nuestra universidad, y la transcripción de encuestas (cuestionarios y/o entrevistas semi-estructuradas) realizadas a estudiantes y profesores del área.

De manera que los datos que nos interesan son conceptos, percepciones, creencias y/o pensamientos, manifestados en el lenguaje oral o escrito de los participantes. La finalidad de la recolección de estos datos es su análisis y comprensión para responder a las cuestiones de investigación y generar conocimiento (Hernández et al., 2008). En nuestro caso, se analizarán datos provenientes de tres titulaciones diferentes: Grado en Educación Infantil, Grado en Educación Primaria y Máster en Profesorado de Secundaria y Bachillerato en la especialidad de matemáticas.

Los diferentes estudios en los que se dividió la investigación, junto con las técnicas e instrumentos de recogida de información y análisis de los datos se resumen en la Tabla 3. Dentro de cada Capítulo se presenta de manera más detallada el tipo de estudio, la técnica de categorización empleada, la descripción de los instrumentos de recogida de información y el proceso seguido para el análisis de los datos.

Tabla 3. Estudio, técnicas e instrumentos de recogida de información y análisis de datos

Capítulo	Técnica	Instrumento	
		Recogida de la información	Análisis de la información
<i>Estudio Preliminar</i> (Anexo 1)	Análisis Documental	MPS ¹	MCS ²
<i>Estudio 1</i> (Capítulo 2)		Programas Docentes	MCS ²
<i>Estudio 2</i> (Capítulo 3)	Método de Encuesta	Cuestionario / Entrevistas	HAMS ³
<i>Estudio 3</i> (Capítulo 4)		Cuestionario	Análisis Estadístico

¹MPS: Mapa de Presencia de la Sostenibilidad para las Titulaciones de Educación.

²MCS: Mapa de Competencias en Sostenibilidad elaborado en el marco del proyecto EDINSOST.

³HAMS: Herramienta de Análisis Metodológico desde la Sostenibilidad.

Por otro lado, en la investigación cualitativa la credibilidad de un estudio se utiliza para la validez interna del mismo (Lizarzaburu et al., 2015). Para garantizar la credibilidad de nuestro trabajo se consideró pertinente la triangulación de datos a través de la pluralidad de técnicas para la recogida de la información (Tabla 3).

La validación del análisis implicó también un proceso de triangulación a través del consenso de expertos (Flick, 2007) y el contraste de extractos de los diferentes instrumentos de recolección de datos en un enfoque multimetodológico (Baxter y Lederman, 2001). Así, la revisión documental de los programas docentes de las diferentes asignaturas del área de Didáctica de la Matemática se llevó a cabo por miembros del proyecto EDINSOST y del Grupo de Investigación HUM-462: Desarrollo Profesional del Docente, todos familiarizados con el contexto de estudio. El sistema de análisis para el conjunto de preguntas abiertas de los cuestionarios se basó en el uso de la técnica de análisis de contenido. En relación a las entrevistas, una vez grabadas y transcritas, fueron igualmente objeto de un primer análisis centrado en su contenido (Bardin, 1996).

1.5.5. Desarrollo de la investigación

La Figura 5 muestra, a modo de síntesis, el desarrollo que ha seguido la investigación para enfrentar nuestro problema de investigación.

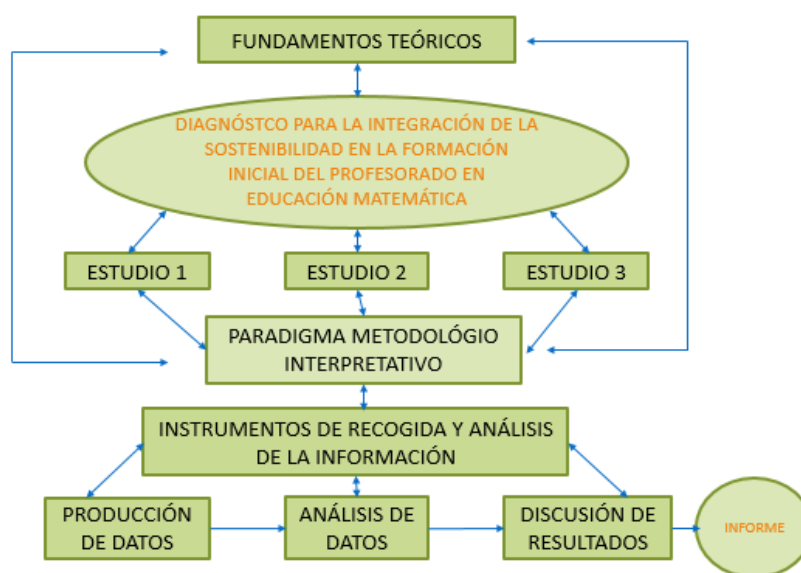


Figura 5. Desarrollo de la investigación

1.6 Síntesis conjunta de los resultados obtenidos

A continuación, se presenta una síntesis de los resultados obtenidos en la investigación. La exposición pormenorizada de los resultados y su discusión se encuentra en cada uno de los Capítulos que conforman esta tesis presentada como compendio de publicaciones. La exposición global de los resultados se organiza dando respuesta a las cuestiones de investigación planteadas y que se vinculan a los tres estudios citados con anterioridad.

P1: ¿Qué grado de vinculación con la sostenibilidad podemos reconocer en las competencias y los objetivos de aprendizaje de las programaciones de las diferentes asignaturas del área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz?

Para responder a esta primera cuestión se analizaron nueve planes de estudios (programas docentes) pertenecientes a tres titulaciones diferentes:

- Grado en Educación Infantil (DECE): El Conocimiento Matemático en Educación Infantil; El Desarrollo del Conocimiento Matemático en Educación Infantil.
- Grado en Educación Primaria (DEPE): El Conocimiento Matemático en Educación Primaria 1; El Conocimiento Matemático en Educación Primaria 2; Didáctica de la Matemática 1; Didáctica de la Matemática 2.
- Máster en Profesorado de Secundaria y Bachillerato (MASE): Complementos de Formación en Matemáticas; Aprendizaje y Enseñanza de las Matemáticas; Innovación Docente e Iniciación a la Investigación en la Enseñanza de las Ciencias y Matemáticas.

El análisis de los programas docentes de las distintas asignaturas objeto de nuestro estudio, fue revisado por miembros del proyecto EDINSOST y del Grupo de Investigación HUM-462: Desarrollo Profesional del Docente de la Universidad de Cádiz que conocen bien el mapa de competencias de sostenibilidad (MCS) para los títulos de educación.

El MCS es una matriz de doble entrada conformada por una serie de resultados de aprendizaje que se organizan a partir de una serie de unidades de competencias y una serie de niveles de dominio para cada unidad de competencia. Los resultados de aprendizaje del MCS se clasifican en tres niveles de dominio: *conocer*, *comprender* y *actuar*.

El MCS permite ser utilizado como instrumento para evaluar de forma concreta la presencia de competencias de sostenibilidad de cualquier programa docente (Tabla 4).

Tabla 4. Mapa de Competencias de Sostenibilidad (Sánchez-Carracedo et al, 2020)

Competencias CRUE	Unidades de Competencias
SOS1. Competencia en la contextualización crítica del conocimiento estableciendo interrelaciones con la problemática social, económica y ambiental, local y/o global.	SOS1.1. Comprende el funcionamiento de los sistemas naturales, sociales y económicos, así como sus interrelaciones y problemas, tanto a nivel local como global.
	SOS1.2. Posee pensamiento crítico y creatividad, aprovechando las diferentes oportunidades que se presentan (TICs, planes estratégicos, normativas, etc.) en la planificación de un futuro sostenible.
SOS2. Competencia en la utilización sostenible de recursos y en la prevención de impactos negativos sobre el medio natural y social.	SOS2.1. Diseña y desarrolla acciones, tomando decisiones que tienen en cuenta los impactos ambientales, económicos, sociales, culturales y educativos para mejorar la sostenibilidad (engloba pensamiento anticipatorio).
SOS3. Competencia en la participación en procesos comunitarios que promueven la sostenibilidad.	SOS3.1. Promueve y participa en actividades comunitarias que fomentan la sostenibilidad.

Competencias CRUE	Unidades de Competencias
SOS4. Competencia en la aplicación de principios éticos relacionados con los valores de la sostenibilidad en los comportamientos personales y profesionales.	SOS4.1. Es coherente en sus acciones, respetando y valorando la diversidad (biológica, social y cultural) y comprometiéndose con la mejora de la sostenibilidad.
	SOS4.2. Promueve una educación en valores orientada a la formación de ciudadanos responsables, activos, críticos y democráticos.

Sin embargo, en nuestra investigación no fue suficiente la búsqueda de palabras claves en los programas docentes de las asignaturas del área de Didáctica de la Matemática pues, en la mayoría de los casos, estos programas docentes no han sido diseñados por profesores expertos en educación para la sostenibilidad y, en consecuencia, no están redactados en términos de sostenibilidad (Moreno-Pino et al., 2021). Esta fue una dificultad con la que nos topamos en el análisis de los programas docentes de las diferentes asignaturas que configuran el área de Didáctica de la Matemática de nuestra universidad.

Antúnez (2017), sin embargo, hace una distinción entre lo que se entiende por una relación directa o indirecta de una competencia cualquiera con la sostenibilidad:

- Directamente quiere decir que, en su literalidad, se entiende que la competencia está relacionada con algún aspecto de la sostenibilidad o que favorece su desarrollo. Se trata de competencias en las que aparece literalmente los términos “sostenibilidad” o “desarrollo sostenible”.
- Indirectamente quiere decir que la competencia, aunque no sea específicamente de sostenibilidad, sí es coherente con la sostenibilidad y/o ayuda a conseguirla.

En este sentido, en nuestra investigación se identificaron mayoritariamente competencias y resultados de aprendizaje en los distintos programas docentes de las asignaturas relacionados indirectamente con la sostenibilidad. Para superar la dificultad inicialmente encontrada en el análisis de los programas docentes de las distintas asignaturas, y con el fin de facilitar la asignación de competencias y resultados de aprendizaje al MCS, se utilizó la herramienta *Educación para la Sostenibilidad* como instrumento intermedio, inspirado en el modelo ACES, y que presentamos en el sub-epígrafe 1.4.1. (Figura 3).

A partir de aquí, los resultados que muestran la presencia de competencias de sostenibilidad en el área de Didáctica de la Matemática, se sintetizan como sigue:

- Globalmente, la presencia relativa de dichas competencias es apenas de un 25% en media (average), siendo la competencia relacionada con los aspectos éticos (SUS4) la de menor presencia relativa: 10%. En contraposición, la promoción de una contextualización crítica del conocimiento unido a favorecer el desarrollo de un pensamiento crítico y creativo en los estudiantes (SUS1) muestra una presencia relativa del 52% (Figura 6). Además, en general, la consecución de las competencias relacionadas con la sostenibilidad en los programas docentes de las asignaturas del área de Didáctica de la Matemática de nuestra universidad se establece, mayoritariamente, en los niveles más bajos de dominio (Figura 7).

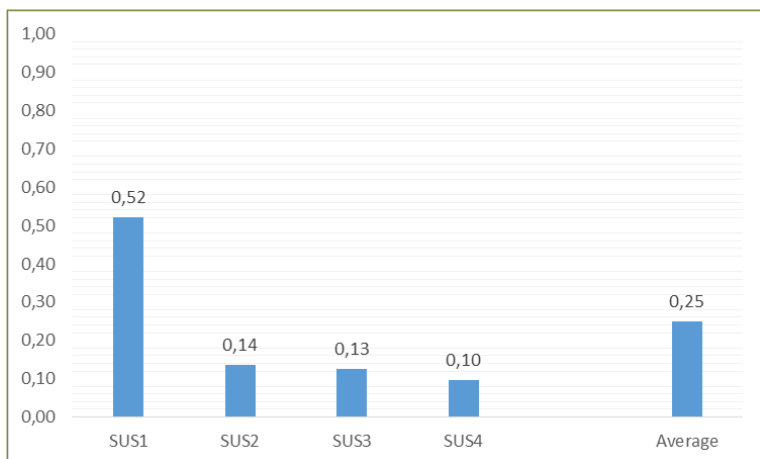


Figura 6. Presencia media de las competencias de sostenibilidad en el área de Didáctica de la Matemática y media ponderada

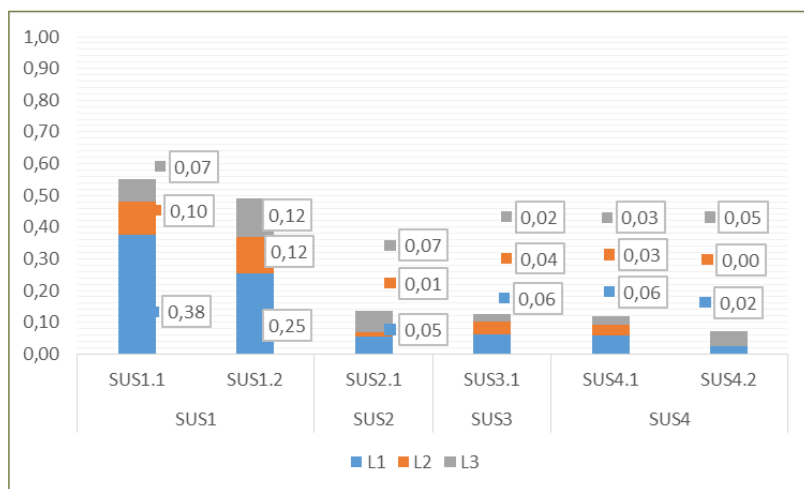


Figura 7. Presencia media de las competencias de sostenibilidad en el área de Didáctica de la Matemática según los niveles de dominio en los que se desarrolla cada competencia

- En las tres titulaciones analizadas, la presencia relativa de las competencias de sostenibilidad es distinta aunque mantienen un comportamiento similar a los resultados globales; siendo el Máster en Profesorado de Secundaria y Bachillerato (especialidad matemática) (MASE) la titulación que más contribuye al desarrollo de la competencia de sostenibilidad (32%), seguido de las titulaciones del Grado en Educación Infantil (25%) (DECE) y del Grado en Educación Primaria (18%) (DEPE) (Figuras 8 y 9).

De igual manera, el análisis de la presencia de competencias de sostenibilidad en cada una de las asignaturas del área de Didáctica de la Matemática en cada titulación resultó ser diferente pero similar a los resultados globales (Capítulo 2).

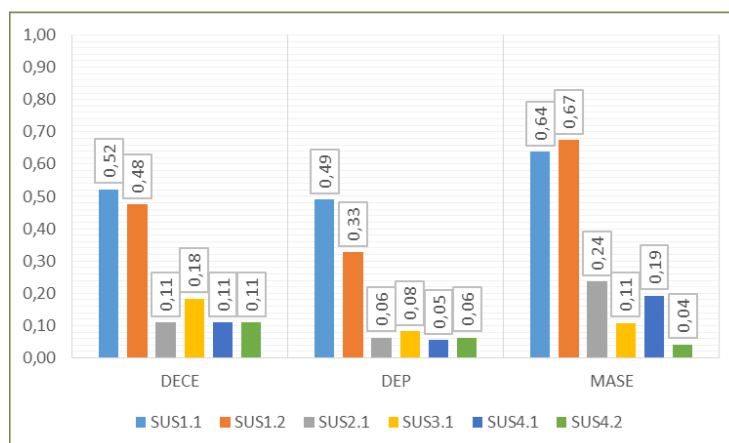


Figura 8. Presencia media de las competencias de sostenibilidad en el área de Didáctica de la Matemática desglosado por titulaciones

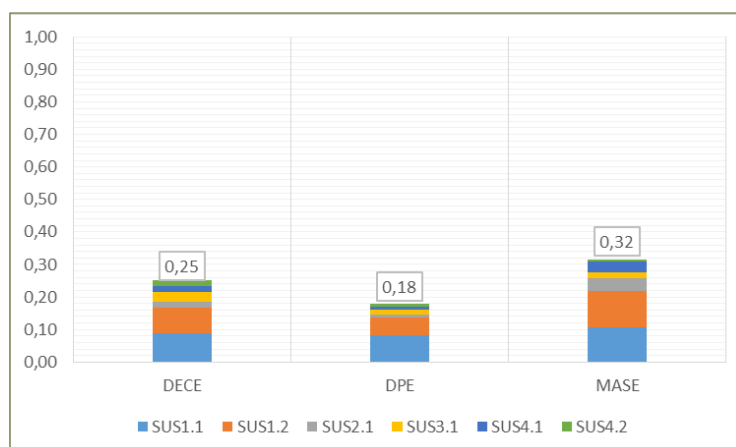


Figura 9. Contribución al desarrollo de la competencia de sostenibilidad por titulación

La exposición pormenorizada de los resultados aquí presentados y su discusión puede encontrarse en Moreno-Pino et al. (2021) (Capítulo 2).

P2: *¿Quedan recogidas en los programas docentes del profesorado del área de Didáctica de la Matemática actividades formativas que promuevan la integración de aspectos relacionados con la sostenibilidad?*

Se presenta, a continuación, los resultados parciales de un estudio más general que tuvo como principal fuente de información el profesorado del área de Didáctica de la Matemática de nuestra universidad. Concretamente, la fuente principal y original de información fueron siete profesores del área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz que voluntariamente participaron en el estudio. Los siete profesores participantes en este estudio previo imparten docencia en tres titulaciones diferentes: Grado en Educación Infantil, Grado en Educación Primaria y Máster en Profesorado de Secundaria y Bachillerato.

El estudio completo y la exposición pormenorizada de los resultados, así como su discusión se encuentran en Moreno-Pino y Jiménez-Fontana (2021a) y Moreno-Pino et al. (2022) (Capítulo 3).

Sintéticamente, atendiendo a la cuestión de investigación, los resultados evidencian:

- Por un lado, que un número reducido de profesores universitarios del área de Didáctica de la Matemática (<50%) declaran integrar en su planificación docente competencias CRUE-Sostenibilidad. Sin embargo, cuando lo hacen, las actividades formativas en las que se integran dichas competencias son, principalmente, las referidas a actividades prácticas, elaboración de informes y evaluación. Las actividades formativas en las que el profesorado universitario del área de Didáctica de la Matemática declara integrar en menor medida competencias CRUE-Sostenibilidad son las referidas a clases de teoría y atención a tutorías (Figura 10).

Por otro lado, como se aprecia en la Figura 10 más del 50% del profesorado universitario del área de Didáctica de la Matemática integra, en su planificación docente, las competencias SOS1 y SOS2 en las actividades formativas de prácticas, elaboración de informes y evaluación. Este resultado es coherente con los resultados del estudio expuesto en la cuestión anterior relacionado con el análisis documental de la presencia de competencias CRUE de sostenibilidad en los programas docentes de las asignaturas del área de Didáctica de la Matemática de nuestra universidad.

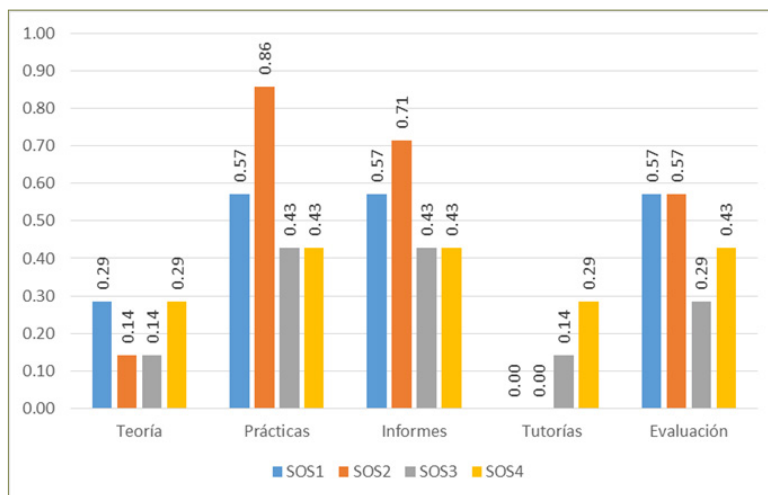


Figura 10. Profesorado del área de D. de la Matemática, expresado en porcentajes, que declara integrar competencias CRUE-Sostenibilidad en la planificación docente de sus asignaturas

- En otro orden de cosas, también un número reducido de profesores universitarios del área de Didáctica de la Matemática (<50%) declaran identificar, en su planificación docente, competencias específicas ligadas a su materia con las que poder trabajar, transversalmente, competencias CRUE-Sostenibilidad, salvo para la actividad formativa de prácticas (Figura 11). Este resultado es, de nuevo, coherente con los resultados del estudio expuesto en la cuestión anterior respecto al hecho de que, en el área de

Didáctica de la Matemática, la mayoría de las competencias hacen referencia al uso de conocimientos propios de la disciplina, su redacción difícilmente permite interrelacionar con otros tipos de conocimientos y, por ello, la relación de las competencias del área de Didáctica de la Matemática con la sostenibilidad se da, mayoritariamente, de manera indirecta.

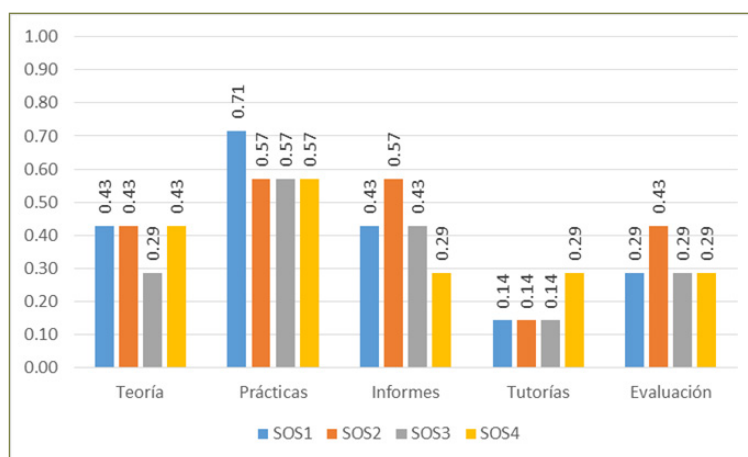


Figura 11. Profesorado del área de Didáctica de la Matemática, expresado en porcentajes, que declara identificar competencias específicas en la planificación docente de sus asignaturas con las que poder trabajar transversalmente competencias CRUE-Sostenibilidad

Como se aprecia en la Figura 11, para la actividad formativa de prácticas más del 50% del profesorado del área de Didáctica de la Matemática declara identificar competencias ligadas a su materia con las que poder trabajar, transversalmente, las cuatro competencias definidas por CRUE-Sostenibilidad. Este resultado anima a pensar que sería posible re-diseñar los programas docentes de las asignaturas del área de Didáctica de la Matemática al objeto de sostenibilizar la formación en educación matemática en nuestra universidad.

P3: *¿En qué medida la sostenibilidad forma parte de la visión que el profesorado del área de Didáctica de la Matemática tiene respecto del proceso de enseñanza y aprendizaje que ellos mismos planifican?*

Con el objetivo de indagar sobre la postura y el posicionamiento que el profesorado universitario del área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de nuestra universidad tiene en relación a la educación para la sostenibilidad y su posibilidad de integración en el ámbito de la formación de futuros docentes en educación matemática, la investigación consideró pertinente realizar un estudio exploratorio centrado en el profesorado del área haciendo uso de la técnica de encuesta a través de cuestionarios y entrevistas semi-estructuradas. El cuestionario se puede consultar en el Capítulo 3 de esta tesis y, en un estudio previo, fue aplicado a un grupo de siete profesores universitarios del área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz. Sin embargo, una de las limitaciones que presentó este estudio previo fue, precisamente, la acotación de las respuestas debido a la aplicación de dicho cuestionario como instrumento único.

Llegados a este punto, el objetivo del cuestionario fue doble: por un lado, su aplicación permitió, en primera instancia, aproximarnos a las percepciones que un grupo de siete profesores del área de Didáctica de la Matemática tiene respecto a la educación para la sostenibilidad y su posibilidad de integración en la formación inicial del profesorado en educación matemática y, por otro lado, el cuestionario se utilizó como un criterio adicional para la selección de tres profesores del área e iniciar, para estos tres casos, entrevistas personales semi-estructuradas.

El instrumento para el análisis de la información fue la Herramienta de Análisis Metodológico desde la Sostenibilidad (HAMS) de García-González (2016). La HAMS es una herramienta analítica diseñada para analizar la praxis docente en relación a la educación para la sostenibilidad desde la perspectiva del profesor. La HAMS permite analizar el rol como docente dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje, el que éste asigna al alumno, y el que asigna a los contenidos, tanto en la “planificación” de la asignatura que propone el profesor como en la “intervención” implementada en el aula por él mismo. Para cada uno de los tres agentes que constituyen el sistema didáctico: *profesor*, *alumno* y *contenidos*, y para las dos dimensiones de planificación e intervención, la HAMS se configura en torno a cinco ejes dialógicos. Cada eje dialógico supone la dialéctica entre los dos extremos de un binomio (elemento metodológico), cada uno de los cuáles se vincula a las distintas piezas que componen cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje, a saber: 1) la relación entre el profesor y el alumno (vertical vs horizontal); 2) la naturaleza de las competencias (específicas vs transversales); 3) la realidad socio-ambiental (no integrada vs integrada); 4) el carácter de los recursos (internos vs externos); y 5) el papel de la evaluación (acreditativa vs procesual).

De manera sintética, nos limitamos aquí a mostrar los principales resultados provenientes de la información recogida, exclusivamente, de los cuestionarios en el que participaron siete profesores del área de Didáctica de la Matemática de nuestra universidad. Asimismo, la evaluación mostrada (Figura 12) corresponde con el análisis realizado sólo para el agente *profesor* en la dimensión “planificación”. Lo anterior, no supone ninguna pérdida de generalidad ni menoscabo en el análisis pues como afirma García-González (2016) el modelo de *profesor* influye, directamente, sobre el rol que éste otorga a los *alumnos* y a los *contenidos* de su asignatura. En este punto, atendiendo a la cuestión de investigación planteada, la presencia de un elevado número de vértices en la Figura 12 (superior a 5) explica las diferentes visiones que el profesorado universitario del área tiene respecto a la integración de la sostenibilidad en la formación de docentes en educación matemática.

La Figura 12 es un gráfico de araña en el que se proyecta el estado actual de la integración de la sostenibilidad en la planificación docente de las asignaturas del área de Didáctica de la Matemática. Cada una de las líneas representa un profesor distinto del área de Didáctica de la Matemática y cada vértice del gráfico (5 vértices en total) representa un elemento metodológico según el modelo de García-González (2016) citado con anterioridad. Las líneas más centrales y próximas al valor “1” (estadio simple) refieren estados de menor integración de la sostenibilidad mientras que las más alejadas del centro y próximas al valor “5” (estadio complejo) sugieren transitar hacia estados de mayor integración de la sostenibilidad en la planificación docente de las asignaturas del área de Didáctica de la Matemática. Cuando no se dispuso de información porque el profesor encuestado responde con “no sabe” o “no contesta”, el valor asignado fue “0”.

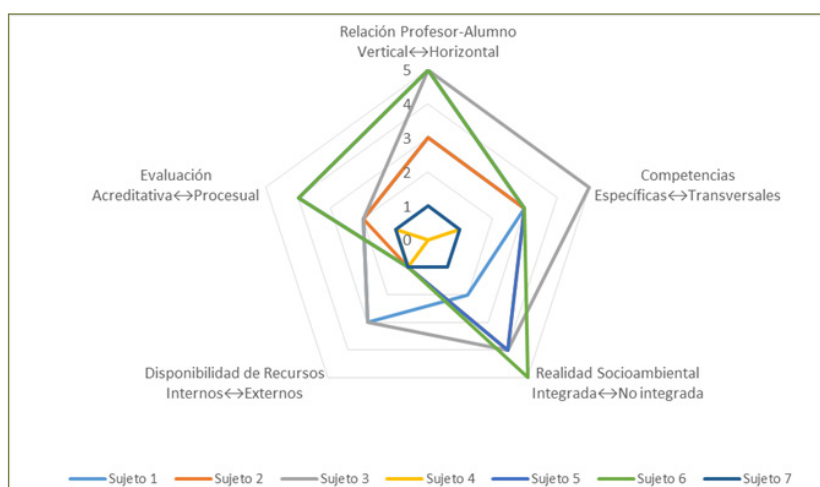


Figura 12. Evaluación del grado de integración de la sostenibilidad en la planificación docente de las asignaturas del área de D. de la Matemática declarado por el profesorado universitario

Pese a lo anterior, el profesorado universitario del área de Didáctica de la Matemática no se manifiesta en desacuerdo con la filosofía de la sostenibilidad, considera que son temáticas importantes, no teme dar una visión demasiado negativa del futuro y declara contar con conocimientos suficientes sobre medio ambiente para abordarla. No obstante, el profesorado del área de Didáctica de la Matemática de nuestra universidad también declaró tener dificultad para integrar la sostenibilidad en la educación matemática, desconocer metodologías y materiales adecuados que podrían utilizar para introducir este tipo de temáticas, arguyendo la “falta de tiempo para cumplir con todo el temario” como una de las principales barreras que dificultan integrar la sostenibilidad en el currículo de sus asignaturas.

La exposición pormenorizada de todos los resultados y su discusión, que incluye el análisis de entrevistas en profundidad realizadas a tres profesores del área de Didáctica de la Matemática de nuestra universidad, puede encontrarse en Moreno-Pino y Jiménez-Fontana (2021a) y Moreno-Pino et al. (2022) (Capítulo 3). Asimismo, otros resultados inferidos de este mismo estudio son explicitados, en esta misma sección, al abordar la última cuestión de investigación.

P4: *¿Cuál es el nivel de logro competencial en sostenibilidad en el que dicen encontrarse los estudiantes de las diferentes titulaciones de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz?*

Para medir la percepción sobre el aprendizaje en sostenibilidad que tienen los estudiantes de las diferentes titulaciones de la Facultad de Ciencias de la Educación de nuestra universidad se ha utilizado, como instrumento de recogida de información, el cuestionario de sostenibilidad elaborado en el marco del proyecto EDINSOST para los títulos de educación.

El mapa de competencias de sostenibilidad (MCS) definido por el proyecto EDINSOST está compuesto por un total de 18 celdas (resultados de aprendizaje) que resultan de clasificar las 6 unidades de competencias que configuran el MCS en los tres niveles de dominio (*saber, comprender, actuar*) posibles de consecución (Tabla 4). El cuestionario de sostenibilidad

de EDINSOST contiene una pregunta por cada uno de los resultados de aprendizaje que conforman el mapa de competencias de sostenibilidad, es decir, 18 preguntas. La Tabla 5 muestra la relación entre las preguntas del cuestionario y los resultados de aprendizaje (celdas) que configuran el mapa de competencias de sostenibilidad del proyecto EDINSOST. Este cuestionario ha sido objeto de un riguroso proceso de validación por expertos.

Tabla 5. Relación entre las preguntas del cuestionario y las celdas del MCS¹

	SOS1		SOS2	SOS3	SOS4	
	SOS1.1	SOS1.2	SOS2.1	SOS3.1	SOS4.1	SOS4.2
Nivel 1	P1	P4	P7	P10	P13	P16
Nivel 2	P2	P5	P8	P11	P14	P17
Nivel 3	P3	P6	P9	P12	P15	P18

¹MCS: La versión simplificada del mapa de competencias de sostenibilidad puede consultarse en Tabla 4.

Las preguntas del cuestionario se responden mediante una escala tipo Likert de 4 puntos: “muy en desacuerdo” (0), “en desacuerdo” (1), “de acuerdo” (2), y “muy de acuerdo” (3). Se eligió un número par de puntos de la escala Likert para inducir a los estudiantes a posicionarse hacia la opción “de acuerdo” o “en desacuerdo”, evitando así la existencia de respuestas neutras. Las preguntas del cuestionario pueden encontrarse en Sánchez-Carracedo, Moreno-Pino, Romero-Portillo, Sureda (2021) (Capítulo 4).

Llegados a este punto y con el objetivo de poder tener una visión global de la percepción que tienen los estudiantes sobre su adquisición de competencias en sostenibilidad, la investigación se desarrolló en dos fases independientes pero complementarias.

- Fase A: Análisis muestral

En una primera fase del trabajo, el cuestionario fue respondido por un total de 105 estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz. El total de la muestra ($n = 105$) se distribuyó en tres titulaciones diferentes: Grado en Educación Infantil (GEI), Grado en Educación Primaria (GEP) y Máster en Profesorado de Secundaria y Bachillerato en la especialidad de Matemáticas (MAES). La Tabla 6 muestra la distribución de respuestas del alumnado por titulaciones.

Tabla 6. Distribución de las respuestas por titulaciones

Titulación	Respuestas (%)
GEI	51 (48.57)
GEP	32 (30.48)
MAES	22 (20.95)

Debido al carácter cuantitativo del estudio, el sistema de análisis utilizado se basó en el uso de técnicas propias del análisis estadístico. En este sentido, se optó por la construcción de indicadores compuestos. Para ello, previamente, se realizó un análisis exploratorio a fin de verificar la pertinencia y la viabilidad de la creación de estos indicadores. A continuación se explican, brevemente, las dos etapas que componen este análisis exploratorio.

En primer lugar, se realizó un análisis exploratorio de las respuestas al cuestionario. Por un lado, se constató que no había valores perdidos. Por otro lado, se analizó la normalidad de las distribuciones de las preguntas del cuestionario. La prueba de Shapiro-Wilk señala que las preguntas 16 y 17 del cuestionario no se distribuyen normalmente.

En segundo lugar, al objeto de validar la construcción de indicadores agregados se normalizaron las distribuciones de las 18 preguntas. A continuación, se realizó una prueba de fiabilidad y de validez sobre el conjunto del cuestionario. Con respecto al análisis de confiabilidad, el coeficiente alpha de Cronbach = 0.914 indica que las preguntas son consistentes internamente y, por tanto, fiables. Además, la retirada de cualquier pregunta del cuestionario no implica mejoras en este coeficiente mayores que 0.01.

Con respecto al análisis de fiabilidad, se realizó un análisis factorial. Este análisis es confiable dado que el coeficiente KMO = 0.863, el determinante de la matriz de correlación es 0.000 y la prueba de esfericidad de Bartlett indica que las preguntas están significativamente relacionadas ($\chi^2=963.522$; $p=0.000$; $gL=153$). Además, el resultado del análisis factorial señala que las preguntas pueden reducirse a un factor que representa el 69.32% de la variabilidad.

Con todo, el análisis exploratorio del conjunto del cuestionario señala que la construcción de indicadores compuestos es posible, confiable y válida. A partir de esto, se compusieron tres tipos de indicadores compuestos en función de las competencias, unidades de competencia y niveles de dominio que configuran el mapa de competencias de sostenibilidad (MCS). Para el primero, se agregaron los valores de todas las preguntas del cuestionario vinculadas a los niveles de dominio de las respectivas cuatro competencias del MCS. Para el segundo, se agregaron los valores de todas las preguntas del cuestionario vinculadas a los niveles de dominio de las respectivas seis unidades de competencia del MCS. Para el tercer y último indicador, se agregaron los valores de todas las preguntas del cuestionario vinculadas a cada uno de los tres niveles de dominio.

La Tabla 7 muestra la prueba Anova y el análisis post-hoc con comparaciones 2 a 2 según las titulaciones objeto de este análisis: GEI, GEP y MAES.

Tabla 7. Prueba Anova

Pregunta	Prueba Anova		Test post-hoc de Scheffe		
	F	p-valor	Comparación	Dif. de medias	p-valor
1	3.35	0.0388	GEP vs GEI	.380515	0.069
			MAES vs GEI	-.042781	0.973
			MAES vs GEP	-.423295	0.110
2	1.67	0.1942	GEP vs GEI	.295343	0.217
			MAES vs GEI	.198752	0.579
			MAES vs GEP	-.096591	0.896
3	6.91	0.0015	GEP vs GEI	.607843	0.002
			MAES vs GEI	.107843	0.849
			MAES vs GEP	-.5	0.055
4	1.13	0.3284	GEP vs GEI	-.197917	0.456
			MAES vs GEI	.060606	0.944
			MAES vs GEP	.258523	0.412

5	0.65	0.5249	GEP vs GEI	.08701	0.860
			MAES vs GEI	-.134581	0.755
			MAES vs GEP	-.221591	0.525
6	4.85	0.0098	GEP vs GEI	-.327206	0.174
			MAES vs GEI	-.582888	0.014
			MAES vs GEP	-.255682	0.489
7	3.70	0.0281	GEP vs GEI	.316789	0.130
			MAES vs GEI	-.174688	0.611
			MAES vs GEP	-.491477	0.040
8	5.83	0.0040	GEP vs GEI	.348652	0.044
			MAES vs GEI	-.199643	0.441
			MAES vs GEP	-.548295	0.007
9	4.05	0.0203	GEP vs GEI	.161152	0.592
			MAES vs GEI	-.381462	0.105
			MAES vs GEP	-.542614	0.022
10	5.97	0.0035	GEP vs GEI	-.068627	0.925
			MAES vs GEI	-.659537	0.005
			MAES vs GEP	-.590909	0.024
11	3.00	0.0541	GEP vs GEI	.321078	0.144
			MAES vs GEI	-.122103	0.800
			MAES vs GEP	-.443182	0.087
12	4.30	0.0161	GEP vs GEI	.216299	0.398
			MAES vs GEI	-.354724	0.147
			MAES vs GEP	-.571023	0.016
13	4.21	0.0174	GEP vs GEI	.045343	0.968
			MAES vs GEI	.562389	0.023
			MAES vs GEP	.517045	0.064
14	3.13	0.0477	GEP vs GEI	.272059	0.297
			MAES vs GEI	.465241	0.065
			MAES vs GEP	.193182	0.664
15	1.66	0.1952	GEP vs GEI	.227941	0.297
			MAES vs GEI	-.05615	0.943
			MAES vs GEP	-.284091	0.287
16	3.71	0.0278	GEP vs GEI	.449142	0.028
			MAES vs GEI	.207665	0.542
			MAES vs GEP	-.241477	0.495
17	6.08	0.0032	GEP vs GEI	.539828	0.003
			MAES vs GEI	.241533	0.391
			MAES vs GEP	-.298295	0.297
18	3.48	0.0345	GEP vs GEI	.313725	0.091
			MAES vs GEI	-.095365	0.838
			MAES vs GEP	-.409091	0.068

La Figura 13 es un diagrama de cajas que sintetiza los valores mostrados en la Tabla 7. En el eje de abscisas se identifican cada una de las 18 preguntas que configuran el cuestionario y en el eje de ordenadas se representa el nivel de acuerdo en media que declaran los estudiantes de cada una de las tres titulaciones (GEI, GEP, MAES) a las preguntas formuladas.

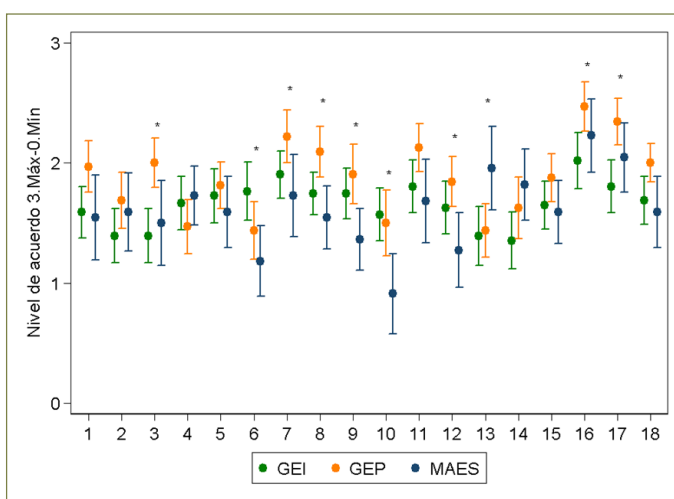


Figura 13. Diagrama de cajas resultante del análisis Anova

La Figura 14 muestra el aprendizaje medio en sostenibilidad de los estudiantes.

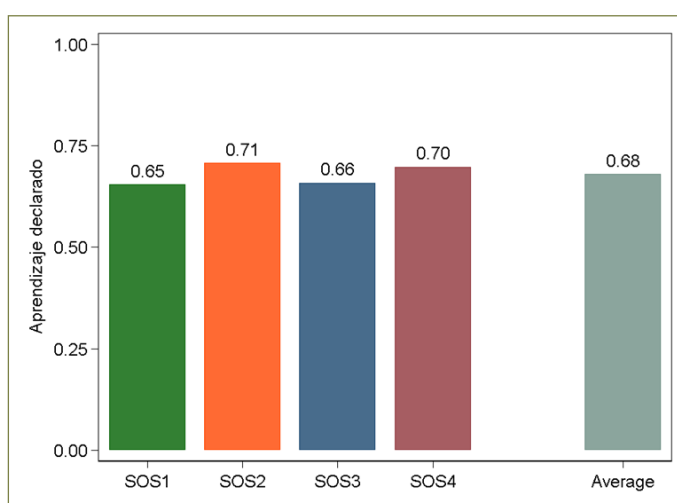


Figura 14. Aprendizaje medio de las competencias de sostenibilidad y media ponderada

Por su parte, el análisis muestral por titulaciones evidencia cómo el aprendizaje de competencias de sostenibilidad declarado por los estudiantes, aun siendo similar, es sensiblemente menor en el Máster en Profesorado de Secundaria y Bachillerato (Figura 15). El hecho de que esta circunstancia ocurriese en una titulación con un claro carácter profesionalizante (MAES), en el sentido de que se trata de una titulación que habilita para el ejercicio de la profesión regulada para profesor/a de enseñanza secundaria obligatoria y bachillerato para estudiantes que ya están en posesión de una titulación superior y, además, capacita para el posterior desarrollo de estudios de doctorado, hace pensar en un posible efecto Dunning-Kruger: “un individuo con menos competencias y menos conocimientos tiene un sentimiento ilusorio de superioridad, considerándose más inteligente que otro individuo mejor preparado”.

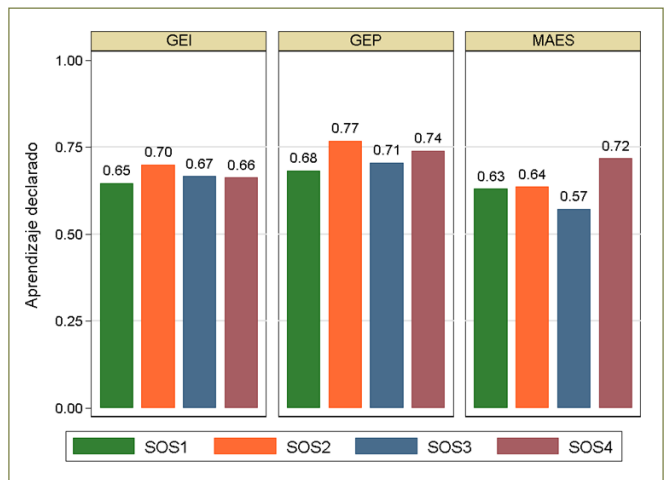


Figura 15. Aprendizaje medio de las competencias de sostenibilidad por titulaciones

● Fase B: Análisis longitudinal

En una segunda fase del trabajo, la metodología consistió en analizar los resultados del cuestionario con estudiantes de primer y cuarto curso. De esta manera, la comparación de la percepción sobre el aprendizaje de competencias en sostenibilidad de los estudiantes de cuarto curso frente a los de primer curso permite conocer mejoras en los aprendizajes en materia de sostenibilidad. En este caso el cuestionario fue respondido por un total de 363 estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz. El total de la muestra ($n = 363$) se distribuyó entre estudiantes del Grado en Educación Infantil y Grado en Educación Primaria. La Tabla 8 muestra la distribución de respuestas del alumnado desglosado por titulaciones y curso académico.

Tabla 8. Distribución de las respuestas por titulaciones y curso

Titulación	Respuestas - 1º curso	Respuestas - 4º curso
GEI	37	61
GEP	142	123

De nuevo, debido al carácter cuantitativo del estudio, el análisis se basó en el uso de técnicas estadísticas. En este caso, se definieron dos indicadores compuestos para analizar el aprendizaje absoluto (alcanzado al finalizar los estudios) y el aprendizaje relativo (alcanzado respecto del que deberían haber logrado).

La Figura 16 muestra cómo el Grado en Educación Infantil obtiene claramente peores resultados que el Grado en Educación Primaria. De hecho, el porcentaje de aprendizaje en tres de las cuatro competencias de sostenibilidad es ¡negativo! La hipótesis del efecto Dunning-Kruger podría explicar el aprendizaje negativo del 2% declarado por los estudiantes del GEI en las competencias SOS2 y SOS4 de sostenibilidad, pero difícilmente puede justificar un aprendizaje negativo del 11% en la competencia SOS3 (por ser muy elevado en valor absoluto).

Por otro lado, como se aprecia en la Figura 16, las dos titulaciones analizadas en nuestra universidad obtienen resultados muy diferentes en porcentaje de aprendizaje. La circunstancia hace pensar que no existe una estrategia institucional en la Universidad de Cádiz para desarrollar la sostenibilidad.

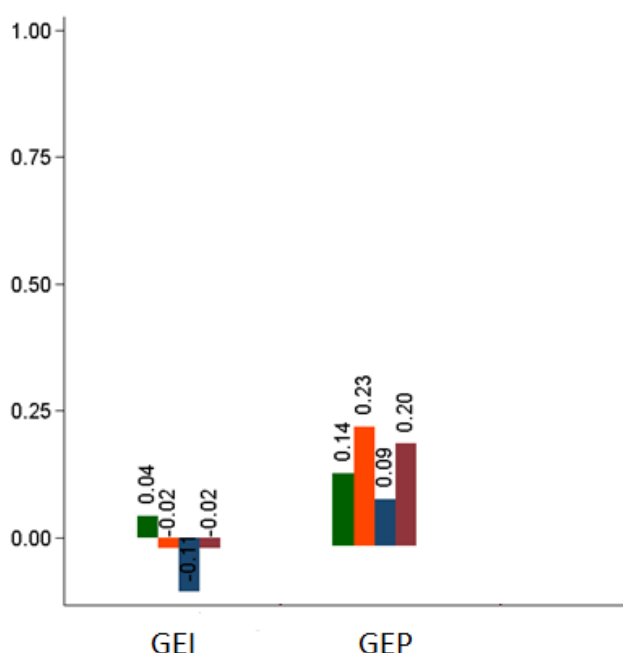


Figura 16. Porcentaje de aprendizaje en competencias de sostenibilidad declarado por los estudiantes de la Universidad de Cádiz desglosado por titulaciones

La exposición pormenorizada de los resultados aquí presentados y su discusión puede encontrarse en Sánchez-Carracedo, Moreno-Pino, Romero-Portillo, Sureda (2021) (Capítulo 4).

P5: *¿Qué elementos pueden inferirse como necesarios para la formación inicial de docentes en educación matemática desde la sostenibilidad?*

El análisis de los datos infirió elementos necesarios para la formación en educación matemática integrando la sostenibilidad (Figura 17):

- *Formación integral.* Referido a promover la ilustración de valores y comportamientos hacia la sostenibilidad, que permita desarrollar en los estudiantes en formación una ética en donde la relación a la otredad intergeneracional sea de respeto y solidaridad.
- *Interdisciplinaridad.* Referido a trabajar en educación matemática desde una perspectiva global e interdisciplinar de manera que el docente instruido de matemáticas, además de tener una adecuada formación en didáctica de la matemática, establezca vínculos con otras disciplinas como la historia, la filosofía, la semiótica, la etnomatemática, la sociología o la psicología.

- *Pensamiento crítico y creativo.* Referido a enseñar a los futuros docentes a cuestionar lo que se enseña y favorecer, en la formación inicial del profesorado, el encuentro crítico con sistemas de ideas y de acción que son constituidos cultural e históricamente.
- *Pensamiento reflexivo.* Referido a formar en metodologías reflexivas y dialógicas como estrategia que involucra a los estudiantes en formación en la construcción de sistemas normativos que generen juicios de valor sobre un fenómeno o un hecho de interés (aprendizaje basado en proyectos, resolución de problemas, modelización matemática, etc.)
- *Sostenibilización curricular.* Referido a capacitar a profesores y a estudiantes en formación en la selección, modificación y/o diseño de elementos curriculares (objetivos, contenidos, evaluación, etc.) con criterios de sostenibilidad.
- *Deconstrucción y co-aprendizaje.* Referido a posibilitar procesos de deconstrucción, construcción y recontextualización intelectual conjunta a través del análisis, la discusión, el debate, la comprensión, la resolución y la modelización de problemas que hagan emerger posibles contradicciones, consideraciones éticas, ambigüedades y/o hermetismos en conceptos para dotarlos de significados desde la alteridad.



Figura 17. Elementos para la formación en Educación Matemática desde la Sostenibilidad

El objetivo de la identificación de estos seis elementos es, ante todo, orientar la formación en educación matemática cuando ésta es enfocada desde la sostenibilidad. En este sentido, los elementos aquí enumerados tienen un marcado carácter instrumental ya que su función es la de repensar el diseño de programas de formación de docentes en educación matemática en coherencia con los principios de sostenibilidad.

La exposición pormenorizada de los resultados aquí presentados y su discusión puede encontrarse en Moreno-Pino et al. (2022) (Capítulo 3), Moreno-Pino y Jiménez-Fontana (2021b) (Capítulo 5), Moreno-Pino, Jiménez-Fontana y Cardeñoso (2022) (Anexo 3).

1.7 Conclusiones y prospectiva

Este primer capítulo ha supuesto la introducción a nuestra investigación en el que se han presentado los distintos estudios que configuran la tesis, se ha justificado la coherencia de los mismos, hemos planteado la pregunta de investigación y los objetivos de la tesis, se han expuesto el marco teórico y el marco metodológico que fundamentan la investigación y hemos presentado una síntesis conjunta de los principales resultados obtenidos, dando respuesta a las cuestiones de investigación planteadas en el sub-epígrafe 1.5.2 a partir de las evidencias recogidas durante el proceso de indagación.

En este epígrafe presentamos, a continuación, algunas reflexiones que derivan de la valoración global al principal problema de investigación formulado en el epígrafe 1.3 y que fue caracterizado a partir de 4 objetivos específicos de investigación. Los Capítulos 2 a 5 de esta memoria dan respuesta exhaustiva a cada uno de estos 4 objetivos de investigación entonces formulados, respectivamente.

De manera resumida, los diferentes estudios concluyeron que:

- La presencia relativa media de las competencias de sostenibilidad en los programas docentes de las asignaturas del área de Didáctica de la Matemática de nuestra universidad es apenas de un 25% en media.
- El profesorado universitario del área de Didáctica de la Matemática no se manifiesta en desacuerdo con la filosofía de la sostenibilidad, sin embargo, declara tener dificultades para integrar la sostenibilidad en la educación matemática, desconoce metodologías y materiales adecuados que pudieran ser utilizados para introducir la sostenibilidad en el currículum de sus asignaturas.
- La percepción sobre el aprendizaje de competencias de sostenibilidad que consideran tener los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz depende, en gran medida, de la titulación en la que los estudiantes cursen sus estudios.

Sin embargo, los diferentes estudios realizados presentaron una serie de limitantes:

- La distinción de las cuatro competencias de sostenibilidad definidas por CRUE-Sostenibilidad (2012) es más analítica que real en el sentido que, a modo de ejemplo, un buen desarrollo de la competencia SOS3 (“participación en procesos comunitarios que promueven la sostenibilidad [...]”) puede influir —en la práctica— en un óptimo desarrollo de la competencia SOS4 (aplicación de principios éticos [...]). No en vano, el fortalecimiento de la percepción global conduce al fortalecimiento de valores éticos como la solidaridad o la responsabilidad. Desde una visión holística, las cuatro competencias de sostenibilidad se interrelacionan y no pueden ser consideradas como compartimentos estancos.
- Según López (2013) un adecuado uso de los verbos ayuda a una mejor redacción de las competencias disminuyendo la ambigüedad de los términos. En este sentido, en el análisis hecho sobre los programas docentes de las asignaturas del área de Didáctica de la Matemática de nuestra universidad (1º estudio) se detectan competencias que, si bien en apariencia pudieran parecer claras, sería deseable su reformulación a fin de esclarecer mejor el nivel de dominio o progresión exigido para su consecución.

- Por otro lado, debemos ser conscientes que, debido a la gran variabilidad de elementos y de interacciones con las que el profesorado puede llegar a conceptualizar las situaciones de enseñanza-aprendizaje, los profesores pueden hacer una interpretación subjetiva del programa docente del que son responsables. Además, la herramienta analítica utilizada en el 2º estudio (HAMS) permite analizar la praxis docente en relación a la sostenibilidad, analizando el rol del profesor dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, el que éste asigna al alumno y a los contenidos, tanto en la “planificación” de su asignatura como en la “intervención” implementada en su aula. Sin embargo, la situación de pandemia de COVID-19 no ha permitido el acceso al aula de los profesores entrevistados. Por esta razón, en esta investigación sólo ha sido atendida una de las dos dimensiones de análisis: la “planificación” del docente, pero no su “intervención” en el aula.
- Asimismo, en el 2º estudio evaluamos el grado de integración de la sostenibilidad en cinco variables (elementos metodológicos o ejes dialógicos) haciendo uso del instrumento Transición hacia la Sostenibilidad de García-González (2016). Sin embargo, la configuración de este instrumento a partir del diseño de tres tipos de gradientes distintos (ver Capítulo 3) puede distorsionar levemente la realidad.
- Respecto al 3º estudio, el tamaño de la muestra es pequeño para las titulaciones analizadas. Además, la muestra de estudiantes es muy desigual entre titulaciones e incluso, dentro de cada titulación, existe una gran disparidad entre el número de estudiantes de primer curso y cuarto curso.
- El cuestionario aplicado en el 3º estudio mide la percepción de los estudiantes sobre sus competencias de sostenibilidad en momentos específicos. Como consecuencia de lo anterior, los resultados obtenidos para el área de Didáctica de la Matemática no son extrapolables para compararlos con el conjunto de la formación recibida en los grados.

Aun teniendo en consideración todas estas limitaciones, lo anterior sugiere que no existe una estrategia institucional en la Universidad de Cádiz para desarrollar la sostenibilidad. Al menos, no se percibe que exista en el área de Didáctica de la Matemática en la que se enmarca nuestro trabajo.

De los trabajos realizados en esta tesis consideramos que el estudio que centra su atención en la figura del profesor universitario formador en educación matemática es primordial, si se quiere avanzar hacia la integración de la sostenibilidad en esta área de conocimiento. No en vano, si deseamos mejorar las competencias en sostenibilidad de nuestros estudiantes, será necesario mejorar primero las competencias y las aptitudes en sostenibilidad del profesorado universitario que los forma.

En este punto, es importante incidir en el hecho de que un perfil metodológico de corte tradicional no sólo no promueve la integración de la sostenibilidad en las aulas sino que produce una formación en educación matemática alienante. La relación profesor-alumno vertical aliena a los estudiantes pues no permite que éstos se puedan expresar. De la misma manera que no integrar la realidad socio-ambiental en las aulas de formación en educación matemática aliena a los mismos respecto de saberes que han sido constituidos histórica y culturalmente.

Integrar la sostenibilidad en la formación inicial en educación matemática no sólo permitiría crear en los estudiantes una consciencia sobre la complejidad de los conflictos y el desarrollo de una crítica social (Moreno-Pino, Jiménez-Fontana y Cardeñoso, 2022) sino, a nuestro juicio, resolvería el problema de la alienación en las aulas de formación en educación matemática.

Consideramos que la razón no es difícil de entender si, como señala Radford (2014), asumimos que toda pedagogía descansa sobre unos modos de producción del saber y unos modos de cooperación social. Así, integrar la sostenibilidad en los currículos universitarios significa, por un lado, que los estudiantes desarrollen la competencia en la contextualización crítica del conocimiento. Luego se trata de una pedagogía en la que los modos de producción del saber y la circulación de ideas suceden de manera crítica, reflexiva y democrática. Por otro lado, integrar la sostenibilidad en los currículos universitarios significa también que los estudiantes desarrollen la competencia en la aplicación de principios éticos relacionados con los valores de la sostenibilidad. Luego se trata de una pedagogía en la que los modos de cooperación social son aquellos en los que la relación al Otro es de respeto, responsabilidad y solidaridad, valores que fortalecen el principio de percepción global. Desde esta perspectiva, es importante hacer notar cómo la educación para la sostenibilidad es un tipo de educación coherente con los postulados de la teoría de la objetivación (TO), teoría educativa para la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en la que la alienación es superada.

De otra parte, el objetivo último de esta tesis fue inferir -a partir de los estudios realizados- la identificación de elementos necesarios para la formación en educación matemática cuando ésta es enfocada desde la sostenibilidad. Los elementos identificados fueron seis y a lo que se refieren cada uno de ellos se explica con detalle en el Capítulo 5 de esta memoria. Los elementos son: 1) establecer vínculos con el medio ambiente; 2) promover el pensamiento crítico y creativo; 3) desarrollar un pensamiento reflexivo; 4) favorecer procesos de deconstrucción y co-aprendizaje; 5) impulsar la formación integral y permanente; 6) e incorporar la sostenibilidad en el currículo de la educación matemática.

Estos seis elementos ahora identificados tienen un marcado carácter instrumental ya que su función es, principalmente, la de repensar el diseño de programas de formación de docentes en educación matemática en coherencia con los principios de sostenibilidad. Los seis elementos identificados pueden ser entendidos como formas de acción pedagógica para la formación de docentes en educación matemática no alienantes.

Las nuevas líneas de estudio que consideramos debieran dar continuidad a las líneas desarrolladas en la presente investigación giran en torno a las reflexiones hechas con anterioridad.

De un lado, pese a que los resultados obtenidos en la investigación doctoral sugieren que el mayor o menor compromiso que el área de Didáctica de la Matemática adquiere con la sostenibilidad depende en muchos casos de iniciativas particulares, esto no se relaciona con un hipotético desinterés o falta de compromiso por parte del profesorado universitario de nuestra área. En este sentido, los obstáculos identificados que dificultan la sostenibilización curricular en nuestra área de conocimiento se relacionan más con las aptitudes del profesorado que con sus actitudes.

Por tanto, una posible vía de estudio sería atender las necesidades formativas del profesorado universitario de nuestra área interesado en integrar la sostenibilidad en los programas docentes de sus asignaturas, con el fin de formales en los contenidos necesarios con los que podrían renovar dichos programas docentes.

De otro lado, cada uno de los seis elementos identificados como necesarios para la formación inicial de docentes en educación matemática integrando la sostenibilidad, representan nuevas líneas de investigación por sí mismos. Como afirma Bruner (2010) “la lógica está desprovista de sentimiento” (p. 25) y la educación para la sostenibilidad tiene mucho que ver con la adquisición de valores y actitudes que permitan a los estudiantes, futuros docentes, enfrentarse con criterios éticos a la vida (García-González, 2016). En este sentido, la formación en metodologías reflexivas y dialógicas como estrategia que involucra a los estudiantes en formación en educación matemática en la construcción de sistemas normativos nos parece muy adecuado. En asunción de que estamos “haciendo algo” por medio del lenguaje y que el conocimiento matemático es construido en procesos de intercambio y reflexión compartida mediados por el juego de lenguajes, las cuestiones que nos planteamos son:

- ¿Cómo puede el docente competente en matemáticas facilitar sistemas de apoyo (andamiaje) que ayude a sus estudiantes a la adquisición de dichos lenguajes?
- ¿Cómo abordar los problemas y las incertidumbres asociadas con las transiciones entre los diferentes tipos de lenguaje (natural y matemático) al objeto de minimizar disonancias en las relaciones lógicas entre lenguajes (lógico-semánticas y lógico-matemáticas)?

Sin duda, estas son preguntas abiertas que requieren de más investigación y reflexión. Su pertinencia se justifica por el hecho de que la relación entre matemática y sostenibilidad es crítica. No considerarlas supondría eliminar de la matemática toda posibilidad de ética.

1.8 Referencias

- Andonegui, M. (2005). Pensamiento complejo y educación matemática crítica. En *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 18, 245-251. México: Clame.
- Andrade-Molina, M. y Valero, P. (2019). Lo ético-político en la educación matemática: conceptos y retos para la práctica. *UNO-Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 84, 7-14.
- Antúnez, M. (2017). *Problemática del proceso de sostenibilización curricular en el contexto universitario español: la formación del profesorado como catalizador* [Tesis doctoral, Universidad de Córdoba, España].
- Azcárate, P. (2005). El profesor de matemáticas ante el cambio educativo: una visión desde la complejidad. En *Actas del V CIBEM*. Oporto: Universidad de Oporto.
- Aznar, P., y Ull, M. Á. (2013). *La responsabilidad por un mundo sostenible*. Bilbao, España: Desclee de Brouwer.
- Aznar, P., Ull, M. Á., Martínez, M. D. P., y Piñero, A. (2014). Competencias básicas para la sostenibilidad: un análisis desde el diálogo disciplinar. *Bordón*, 66(2), 13-28.
- Bardin, L. (1996). *Análisis de contenido*. Madrid: Ediciones Akal.

- Barrón, Á., Navarrete, A., y Ferrer-Balas, D. (2010). Sostenibilización curricular en las universidades españolas. ¿Ha llegado la hora de actuar? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(Nº Extraordinario), 388-399.
- Baxter, J. A., Lederman, N. G. (2001). Assessment and measurement of pedagogical content Knowledge. In J. Gess-Newsome, N. G. Lederman (Eds), *Examining Pedagogical Content Knowledge. The Construct and its Implications for Science Education* (pp. 147-161).
- Bonache, J. (1998). *Los estudios de casos como estrategia de investigación: características, críticas y defensas*. Universidad de Carlos III.
- Bonil, J., Junyent, M., y Pujol, R. M. (2010). Educación para la sostenibilidad desde la perspectiva de la complejidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(Nº Extraordinario), 198-215.
- Brundtland Commission. (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- Bruner, J. (2010). *Realidad mental y mundos posibles. Los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia*. Gedisa.
- Calabuig, T. (2016). *Connexions entre educació matemàtica i educació per a la sostenibilitat: definició d'un perfil de mestre de matemàtiques* [Tesis doctoral, Universitat de Girona, España].
- Cardeñoso, J. M., Azcárate, P., y Oliva, J. M. (2013). La inclusión de la sostenibilidad en la formación inicial del profesorado de Secundaria de Ciencias y Matemáticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(Nº Extraordinario), 780-796.
- Cebrián, G., y Junyent, M. (2014). Competencias profesionales en Educación para la Sostenibilidad: un estudio exploratorio de la visión de futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias* 32(1), 29-49.
- CRUE. (2012). *Directrices para la introducción de la Sostenibilidad en el Currículum*. Comité Ejecutivo del Grupo de Trabajo de Calidad Ambiental y Desarrollo Sostenible de la CRUE.
- Fajardo, O. N., y Ciordia, J. V. (2014). *Historia de la educación: de la Grecia clásica a la educación contemporánea*. Madrid, España: Dykinson, S.L.
- Flick, U. (2007). *Introducción a la investigación cualitativa*. Morata.
- Font, V. (2002). Una organización de los programas de investigación en Didáctica de las Matemáticas. *Revista Ema*, 7(2), 127-170.
- García-González, E. (2016). *Análisis de la presencia de los principios de sostenibilidad en propuestas metodológicas universitarias. Estudio de propuestas concretas en la Universidad de Cádiz*. [Tesis doctoral, Universidad de Cádiz, España].
- Godino, J. (2010). *Perspectiva de la Didáctica de las Matemáticas como Disciplina Tecnocientífica*. Universidad de Granada.

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2008). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill/Interamericana.
- Jiménez-Fontana, R., y García-González, E. (2015). Aproximación a los sistemas de evaluación en el aula universitaria. Una propuesta compleja desde la educación para la sostenibilidad. *Investigar con y para la sociedad*, 2, 1257-1266.
- Jiménez-Fontana, R., Moreno-Pino, F. M. y Cardeñoso Domingo, J. M. (2019). Coherencia entre las tareas y la evaluación auténtica. Una aproximación desde la ética. *UNO-Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 84, 32-39.
- Junyent, M., Bonil, J., y Calafell, G. (2011). Evaluar la ambientalización curricular de los estudios superiores: un análisis de la red edusost. *Ensino Em Re-Vista*, 18(2), 323-340.
- Laisant, C. A. y Fehr, H. (1899). Préface: aux lecteurs de “L’Enseignement Mathématique”. *L’Enseignement Mathématique*, 1(1), 1-5.
- Lévinas, E. (1999). *Totalidad e infinito. Ensayo sobre la exterioridad*. Ediciones Sígueme.
- Lizarzaburu, A., Mora, A., Sánchez, A. (2015). Validez Interna y Externa de la Investigación Cualitativa. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 12, 1-6.
- López, M. Á. (2013). *Aprendizaje, competencias y TIC*. México: Pearson Educación.
- Luzuriaga, L. (1973). *Historia de la educación y la Pedagogía*. Buenos Aires: Losada.
- Moreno-Pino, F. M., Jiménez-Fontana, R., Cardeñoso Domingo, J. M. y Azcárate Goded, P. (2021). Study of the Presence of Sustainability Competencies in Teacher Training in Mathematics Education. *Sustainability*, 13(10), 5629.
- Moreno-Pino, F. M. y Jiménez-Fontana, R. (2021a). Estudio exploratorio de la visión del profesorado universitario en relación a la Educación para la Sostenibilidad: La Formación en Educación Matemática. En O. Buzón García y C. Romero García (Eds.), *Metodologías Activas con TIC en la Educación del Siglo XXI* (pp. 2292-2316). Dykinson.
- Moreno-Pino, F. M. y Jiménez-Fontana, R. (2021b). Elementos para la Formación en Educación Matemática desde la Sostenibilidad. En A. Vico Bosch, L. Vega Caro y O. Buzón García (Eds.), *Entornos Virtuales para la Educación en Tiempos de Pandemia: Nuevas Perspectivas Metodológicas* (pp. 327-347). Dykinson.
- Moreno-Pino, F. M., Jiménez-Fontana, R. y Cardeñoso, J. M. (2022). La modelización matemática de problemas en la práctica educativa. Una oportunidad para la formación en sostenibilidad. *UNO-Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 95, 49-55.
- Moreno-Pino, F.M., Jiménez-Fontana, R., Cardeñoso Domingo, J.M., Azcárate Goded, P. (2022). Training in Mathematics Education from a Sustainability Perspective: A Case Study of University Teachers’ Views. *Education Sciences*, 12(3), 199.
- Morin, E. (1999). *La cabeza bien puesta. Repensar la reforma. Reformar el pensamiento*. Buenos Aires, Argentina: Nueva Visión.

- Morin, E. (2001a). *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona, España: Gedisa.
- Morin, E. (2001b). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona, España: Paidós.
- Morin, E., Ciurana, E., y Motta, R. (2003). *Educación en la era planetaria*. Barcelona, España: Gedisa.
- National Council of Teachers of Mathematics (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Niss, M. (1983). Considerations and experiences concerning integrated courses in mathematics and other subjects. En M. Zweng et al. (Eds.), *Proceedings of the 4th International Congress on Mathematical Education* (pp. 247-249). Boston: Birkhäuser.
- Novo, M. y Murga, M. Á. (2010). Educación Ambiental y Ciudadanía Planetaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7, 179-186.
- OCDE (2004). *Learning for Tomorrow's World: First results from PISA 2003*. París: OECD
- OCDE (2012). *PISA 2012 assessment and analytical framework: Mathematics, Reading, science, problem solving and financial literacy*. París: OECD.
- Olivé, L. (2007). *La Ciencia y la Tecnología En la Sociedad Del Conocimiento: Ética, Política y Epistemología*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Parcerisa, A. (2008). *Plan docente: planificar las asignaturas en el marco europeo de educación superior*. Barcelona, España: Octaedro.
- Radford, L. (2000). Sujeto, objeto, cultura y la formación del conocimiento. *Educación matemática*, 12(01), 51-69.
- Radford, L. (2013). Sumisión, alienación y (un poco de) esperanza: hacia una visión cultural, histórica, ética y política de la enseñanza de las matemáticas. In A. Ramírez y Y. Morales (Eds), *Memorias del I Congreso de Educación Matemática de América Central y el Caribe*. Santo Domingo, República Dominicana, Noviembre 2013, 6-8.
- Radford, L. (2014). De la teoría de la objetivación. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática Perspectivas Socioculturales de la Educación Matemática*, 7(2), 132-150.
- Rañada, A. F. (1986). Movimiento caótico. *Investigación y ciencia*, 41, 12-17.
- Rico, L. (2009). Currículo de matemáticas y marco de competencias. En L. Rico (Ed.), *Construcción de modelos matemáticos y resolución de problemas* (pp. 11-26). Madrid, España: Secretaría General Técnica. Ministerio de Educación.
- Rico, L., y Lupiáñez, J. L. (2014). *Competencias matemáticas desde una perspectiva curricular*. Madrid, España: Alianza Editorial.

- Rincón, D. (2000). Metodología cualitativa orientada a la comprensión. En J. Mateo y C. Vidal (Eds), *Mètodes d'investigació en educació*. (pp. 3-27). Barcelona, España: Universitat Oberta de Catalunya.
- Rodríguez, M. E. (2016). La Función Social de la Enseñanza de la Matemática desde la Matemática-Cotidianidad-y Pedagogía Integral. *Revista Eleuthera*, 15, 34-45.
- Roegiers, X. (2014). *Una pedagogía de la integración: Competencias e integración de los conocimientos en la enseñanza*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Ryan, A. y Tilbury, D. (2013). *Flexible Pedagogies: new pedagogical ideas*. London: The Higher Education Academy.
- Salovaara, J. J., Soini, K., y Pietikäinen, J. (2019). Sustainability Science in Education: Analysis of Master's Programmes' Curricula. *Sustainability Science*, 1-15.
- Sánchez-Carracedo, F., Sureda, B. y Moreno-Pino, F. M. (2020). Analysis of Sustainability Presence in Spanish Higher Education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(2), 393-412.
- Sánchez-Carracedo, F., Moreno-Pino, F. M., Romero-Portillo, Daniel y Sureda, B. (2021). Education for Sustainable Development in Spanish University Education Degrees. *Sustainability*, 13, 1467.
- Sandín Esteban, M. P. (2013). *Investigación cualitativa en educación. Fundamentos y tradiciones*. McGraw-Hill.
- Skovsmose, O. (1994). *Towards a Philosophy of Critical Mathematics Education*. Kluwer.
- Skovsmose, O. y Valero, P. (2012). Rompimiento de la neutralidad política: el compromiso crítico de la educación matemática con la democracia. En P. Valero y O. Skovsmose (Eds), *Educación matemática crítica: Una visión socio-política del aprendizaje y enseñanza de las matemáticas* (pp. 25-61). Ediciones Uniandes.
- Stake, R. (2020). *Investigación con estudios de casos*. Morata.
- Taylor, S. J. y Bogdan, R. (1984). *Introduction to qualitative research methods the search for meanings*. John Wiley and Sons.
- Wiek, A., Withycombre, L. y Redman, C. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203-218.
- Wiek, A., Bernstein, M., Foley, R., Cohen, M., Forrest, N., Kuzdas, C., Kay, B., y Withycombre Keeler, L. (2015). Operationalising Competencies in Higher Education for Sustainable Development. En M. Barth, G. Michelsen, M. Rieckmann, I. Thomas, (Eds), *Handbook of Higher Education for Sustainable Development* (pp. 241-260).

Capítulo 2. Estudio de la Presencia de Competencias de Sostenibilidad en los Planes de Estudio de Formación en Educación Matemática

2.1 Presentación

2.2 Artículo 1: *Study of the Presence of Sustainability Competencies in Teacher Training in Mathematics Education*

2.1 Presentación

Este capítulo presenta, a través de un artículo, los resultados del análisis de la presencia de las competencias de sostenibilidad definidas por la CRUE en tres titulaciones diferentes del área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz: Grado en Educación Infantil, Grado en Educación Primaria y Máster en Profesorado de Secundaria y Bachillerato (Especialidad Matemáticas).

El método de investigación utilizado es el análisis de contenido reflejado en los programas docentes de las asignaturas de las titulaciones analizadas. Para realizar el análisis se han utilizado dos instrumentos: una adaptación del modelo de ambientalización curricular de los estudios superiores (ACES) y el mapa de competencias genéricas de sostenibilidad del proyecto EDINSOST en el que se enmarca este estudio.

Los resultados globales indican una presencia relativa media de las competencias de sostenibilidad en el área de Didáctica de la Matemática muy baja, siendo la competencia relacionada con los aspectos éticos la de menor presencia relativa. Asimismo, las competencias relacionadas con la sostenibilidad se establecen para los niveles más bajos de dominio.

Esta investigación es entendida como una parte del diagnóstico del grado de presencia de la sostenibilidad en la formación inicial de docentes en educación matemática, la que ofrece:

Estudio 1.- Un análisis de la presencia de competencias de sostenibilidad en los programas de estudio de formación docente en educación matemática del área de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Cádiz.

2.2 Artículo 1

Moreno-Pino, F.M., Jiménez-Fontana, R., Cardenoso Domingo, J.M., Azcárate Goded, P. (2021). Study of the Presence of Sustainability Competencies in Teacher Training in Mathematics Education. *Sustainability*, 13(10), 5629.

Article

Study of the Presence of Sustainability Competencies in Teacher Training in Mathematics Education

Francisco M. Moreno-Pino ^{*}, Rocío Jiménez-Fontana, José María Cardeñoso Domingo and Pilar Azcárate Goded

Faculty of Education, Universidad de Cádiz, Puerto Real, 11519 Cádiz, Spain; rocio.fontana@uca.es (R.J.-F.); josemaria.cardenoso@uca.es (J.M.C.D.); pilar.azcarate@uca.es (P.A.G.)

* Correspondence: franciscomanuel.moreno@uca.es



Citation: Moreno-Pino, F.M.; Jiménez-Fontana, R.; Cardeñoso Domingo, J.M.; Azcárate Goded, P. Study of the Presence of Sustainability Competencies in Teacher Training in Mathematics Education. *Sustainability* **2021**, *13*, 5629. <https://doi.org/10.3390/su13105629>

Academic Editor: David González Gómez

Received: 4 April 2021

Accepted: 15 May 2021

Published: 18 May 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: This article presents the results of the analysis of the presence of the sustainability competencies proposed by the Sectoral Commission of the Conference of Rectors of Spanish Universities in three degrees in the area of Didactics of Mathematics of the Faculty of Education Sciences at the Universidad de Cádiz (Spain): the degree in Early Childhood Education, the degree in Primary Education, and the Master's degree in Teacher Training for Compulsory Secondary and Upper Secondary School Education (specialisation in mathematics). The research method used is content analysis, reflected in the syllabi of the subjects of the degrees analysed. To carry out the analysis, two instruments were used: an adaptation of the model of the Green Curriculum in Higher Education and the map of generic competencies in sustainability of the EDINSOST project. The global results show a very low relative presence of sustainability competences in the area of Didactics of Mathematics (25%), the competency related to ethical aspects having the lowest relative presence (10%). For the most part, the competencies related to sustainability are established for the lowest level of mastery, "know". When comparing the degree programmes, the Master's degree in Teacher Training for Compulsory Secondary and Upper Secondary School Education (specialisation in mathematics) is the degree that contributes the most to the development of the sustainability competency (32%), followed by the degree in Early Childhood Education (25%), and the degree in Primary Education (18%). Including sustainability in the curriculum of mathematics education in higher education can improve the training of professionals who engage in reflective and critical thinking. However, these results show there is still a long way to go.

Keywords: Higher Education; curriculum for sustainability; sustainability competencies; critical mathematics education; teacher training; EDINSOST project

1. Introduction

At the dawn of the 20th century, Laisant and Fehr [1] stated how the future of civilisation would, to a large extent, depend on the direction of thought the new generations received with respect to science and, in particular, mathematics. Today, the firm belief in the need for the teaching of mathematics as a discipline that brings with it scientific and technological progress, enhancing the development and modernisation of societies, is undeniable.

From the second half of the 20th century and after the Second World War, the world entered a new dynamic: globalisation. Currently, humanity faces a multitude of new and old problems: climate change, desertification, water scarcity, poverty, health, hunger, wars, problems of logistics, migration, social inequalities, excessive digital traffic, etc. Today's industrialised and mechanised society is fraught with conflicts and crises [2]. In an increasingly complex world, tending towards a technical rationality in which it trusts to be able to solve these (human) problems, it is more necessary than ever to question the aims of education in general and mathematics education in particular.

Capítulo 3. Visión del Profesorado Universitario respecto a la Integración de Competencias de Sostenibilidad en la Educación Matemática

3.1 Presentación

3.2 Capítulo de libro 1: *Estudio Exploratorio de la Visión del Profesorado Universitario en relación a la Educación para la Sostenibilidad: La Formación en Educación Matemática*

3.3 Artículo 2: *Training in Mathematics Education from a Sustainability Perspective: A Case Study of University Teachers' Views*

3.1 Presentación

Se presenta, por medio de un capítulo de libro y un artículo, un estudio exploratorio sobre la visión que un grupo de profesores universitarios del área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz tiene en relación a la educación para la sostenibilidad y su posibilidad de integración en el ámbito de la formación inicial de docentes en educación matemática, con un doble objetivo:

- Conocer en qué medida la sostenibilidad forma parte de la visión que este grupo de profesores tiene del proceso de enseñanza y aprendizaje que ellos mismos planifican.
- Avanzar hacia la identificación de elementos necesarios para la formación inicial de docentes en educación matemática que considere la educación para la sostenibilidad como un referente deseable.

La metodología aplicada utilizó tres instrumentos para la recogida de los datos: las guías docentes de las asignaturas, un cuestionario exploratorio inicial y una entrevista personal semi-estructurada. El instrumento para el análisis de la información fue la Herramienta de Análisis Metodológico desde la Sostenibilidad (HAMS).

Los resultados muestran las diferentes visiones y posturas que el profesorado universitario del área de Didáctica de la Matemática tiene respecto a la integración de la sostenibilidad en la formación inicial de futuros docentes en educación matemática. Se concluye que para integrar la sostenibilidad en la educación matemática el profesorado universitario está obligado a transformarse y a trabajar desde la misma perspectiva que pretende promover. Asimismo, se identifican elementos necesarios para la formación inicial en educación matemática cuando ésta es enfocada desde la sostenibilidad.

Esta investigación es entendida como una parte del diagnóstico del grado de presencia de la sostenibilidad en la formación inicial de docentes en educación matemática, la que ofrece:

Estudio 2.- Un análisis de la visión del profesorado universitario del área de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Cádiz en relación a la educación para la sostenibilidad y su posibilidad de integración en la formación inicial de docentes en educación matemática.

3.2 Capítulo de libro 1

Moreno-Pino, F. M., Jiménez-Fontana, R. (2021a). Estudio exploratorio de la visión del profesorado universitario en relación a la Educación para la Sostenibilidad: La Formación en Educación Matemática. En O. Buzón García y C. Romero García (Eds.), *Metodologías Activas con TIC en la Educación del Siglo XXI* (pp. 2292-2316). Dykinson.

ESTUDIO EXPLORATORIO DE LA VISIÓN DEL PROFESORADO UNIVERSITARIO EN RELACIÓN A LA EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD: LA FORMACIÓN EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA

FRANCISCO MANUEL MORENO-PINO

Universidad de Cádiz

ROCÍO JIMÉNEZ-FONTANA

Universidad de Cádiz

1. INTRODUCCIÓN

El mundo en el que vivimos se caracteriza por su enorme complejidad e incertidumbre. A lo largo de este siglo, la humanidad tendrá que hacer frente a grandes desafíos: desequilibrios sociales, disponibilidad de agua, cambio climático, etc. (Sánchez-Carracedo et ál., 2019, 2020). La crisis planetaria es de carácter político pues su causa se relaciona con la cultura que tenemos en las sociedades avanzadas (Moreno-Pino et ál., en prensa).

En este contexto, la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible plantea 17 objetivos y representa la respuesta política a las crisis económicas, sociales y ambientales no resueltas en el mundo (Martens, 2018). Uno de los elementos claves en el avance hacia la sostenibilidad es la educación, como lo reconoce la UNESCO (2017). De hecho, la meta 4.7 del objetivo 4 de desarrollo sostenible reconoce a la educación como un factor esencial para el logro de la sostenibilidad (Sánchez-Carracedo et ál., 2020) si ésta se orienta no solamente al saber sino también hacia el ser. Sin embargo, las concepciones utilitaristas que predominan en la educación en general y en la educación matemática en particular, no favorecen este enfoque (Radford, 2014).

Como señala Radford (2014), en el caso de la matemática, el carácter predictivo, utilitarista e individualista que tradicionalmente se le ha

3.3 Artículo 2

Moreno-Pino, F.M., Jiménez-Fontana, R., Cardenoso Domingo, J.M., Azcárate Goded, P. (2022). Training in Mathematics Education from a Sustainability Perspective: A Case Study of University Teachers' Views. *Education Sciences*, 12(3), 199.

Article

Training in Mathematics Education from a Sustainability Perspective: A Case Study of University Teachers' Views

Francisco Manuel Moreno-Pino * , Rocío Jiménez-Fontana , José María Cardeñoso Domingo 
and Pilar Azcárate Goded 

Faculty of Education, Universidad de Cádiz, Puerto Real, 11519 Cádiz, Spain; rocio.fontana@uca.es (R.J.-F.); josemaria.cardenoso@uca.es (J.M.C.D.); pilar.azcarate@uca.es (P.A.G.)

* Correspondence: franciscomanuel.moreno@uca.es



Citation: Moreno-Pino, F.M.; Jiménez-Fontana, R.; Domingo, J.M.C.; Goded, P.A. Training in Mathematics Education from a Sustainability Perspective: A Case Study of University Teachers' Views. *Educ. Sci.* **2022**, *12*, 199. <https://doi.org/10.3390/educsci12030199>

Academic Editors:
Athanasios Mogias,
George Malandrakis and
Panayota Koulouri

Received: 13 February 2022

Accepted: 8 March 2022

Published: 11 March 2022

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: Humankind is faced with major global challenges to ensure the future of our planet. Target 4.7 of Sustainable Development Goal 4 (quality education) of the 2030 Agenda establishes the importance of ensuring that all learners acquire the theoretical and practical knowledge needed to promote sustainable development through education for sustainable development, human rights, gender equality, and global citizenship, amongst others. The research presented in this article is based on an exploratory study on the views of a group of university teachers from the area of Didactics of Mathematics in the Faculty of Education Sciences at Universidad de Cádiz with regard to Education for Sustainability and its integration in the field of training future teachers in mathematics education. It aims to analyse the perceptions teachers have regarding the subject of study, the work methodologies they use, etc. in greater depth. The authors of the research later interviewed three teachers in the area of Didactics of Mathematics who teach in different education degrees: bachelor's degree in early childhood education, bachelor's degree in primary education, and master's degree in teacher training for compulsory secondary education and baccalaureate. Three instruments were used to collect data: the syllabi of the subjects for which the teachers were responsible, an initial exploratory questionnaire, and a semi-structured personal interview. The instrument employed to analyse the information was the Tool for Methodological Analysis through Sustainability (Herramienta de Análisis Metodológico desde la Sostenibilidad, HAMS in Spanish). The results show the different views and positions the university teachers in the area of Didactics of Mathematics at Universidad de Cádiz have with respect to integrating sustainability into future teachers' training in mathematics education. It is concluded that the effective integration of sustainability into mathematics education requires university teachers to change and to work together from the same perspective—the one they intend to promote.

Keywords: higher education; curriculum for sustainability; critical mathematics education; teacher training; EDINSOST project; HAMS

1. Introduction

Education should aim to be a reflection of the social needs of a country, including the needs of the students who participate in it as learners if what is desired is to guide them and provide them with an opportunity for personal fulfilment to live in the 21st century [1]. However, the current educational system, conceived in the intellectual culture of the Enlightenment, and strongly promoted thanks to the improved economic circumstances of the Industrial Revolution [2], does not satisfy the needs demanded by many of today's societies, some of which are highly technological. In this context, the National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) maintains that mathematics education should be reviewed in depth and claims that the new social objectives of education require the following: teachers with more mathematical culture, continuous learning, opportunities for all, and an informed electorate [1].

Capítulo 4. Análisis de la Percepción de los Estudiantes sobre el Aprendizaje de Competencias de Sostenibilidad en la Educación Superior

4.1 Presentación

4.2 Artículo 3: *Education for Sustainable Development in Spanish University Education Degrees*

4.1 Presentación

Se presenta en este capítulo, por medio de un artículo, la percepción sobre el aprendizaje de competencias de sostenibilidad que consideran tener los estudiantes de nueve Grados de Educación españoles, haciendo uso de la técnica de encuesta. Entre las titulaciones analizadas, dos de ellas corresponden con los Grados de Educación Infantil y Primaria de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz.

Para el estudio se utilizó una muestra de 942 estudiantes. La metodología consistió en analizar los resultados de un cuestionario aplicado a estudiantes de primer y cuarto curso en los Grados de Educación referidos anteriormente. La comparación de la percepción de los aprendizajes de los estudiantes de cuarto curso frente a los de primer curso permite conocer mejoras en el aprendizaje de las competencias de sostenibilidad.

Los resultados muestran que, en general, los estudiantes declaran una mejora en todas sus competencias de sostenibilidad, aunque los resultados del aprendizaje final están lejos de los esperados. Asimismo, se advierte que los aprendizajes logrados en las cuatro competencias de sostenibilidad dependen, en buena medida, de la titulación y universidad en la que los estudiantes realizan sus estudios. En particular, las dos titulaciones analizadas en nuestra universidad obtienen resultados muy diferentes en porcentaje de aprendizaje. La circunstancia hace pensar que no existe una estrategia institucional en la Universidad de Cádiz para desarrollar la sostenibilidad.

Esta investigación es entendida como una parte del diagnóstico del grado de presencia de la sostenibilidad en la formación inicial de docentes en educación matemática, la que ofrece:

Estudio 3.- Un análisis de la percepción de los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz sobre su aprendizaje en competencias de sostenibilidad a lo largo de sus estudios.

4.2 Artículo 3

Sánchez-Carracedo, F., Moreno-Pino, F.M., Romero-Portillo, D., Sureda, B. (2021). Education for Sustainable Development in Spanish University Education Degrees. *Sustainability*, 13(3), 1467.

Article

Education for Sustainable Development in Spanish University Education Degrees

Fermín Sánchez-Carracedo ¹, Francisco Manuel Moreno-Pino ^{2,*}, Daniel Romero-Portillo ³
and Bárbara Sureda ¹

- ¹ University Research Institute for Sustainability Science and Technology, Universitat Politècnica de Catalunya-BarcelonaTech, 08034 Barcelona, Spain; fermin.sanchez@upc.edu (F.S.-C.); barbara.sureda@upc.edu (B.S.)
² Didactics Department, Universidad de Cádiz, 11519 Cádiz, Spain
³ Sociology Department, Universidad Pablo de Olavide, 41013 Sevilla, Spain; drompor@upo.es
 * Correspondence: franciscomanuel.moreno@uca.es

Abstract: This work presents an analysis of student perception of Spanish university education degrees regarding their training in sustainable development. A sample of 942 students was used. The methodology consists of analyzing the results of a survey answered by the first- and fourth-year students from nine education degree courses in four Spanish universities. Comparison of the perception of learning by fourth-year students against those of the first year enables improvements in learning regarding sustainability to be ascertained. The questionnaire consists of 18 questions concerning four sustainability competencies: C1-Critical contextualization of knowledge, C2-Sustainable use of resources, C3-Participation in community processes, and C4-Ethics. Two composite indicators are defined to analyze the absolute learning (achieved on completion of their studies) and the relative learning (achieved with respect to what should have been achieved) declared by the students in each competency, degree and university. The results show that students declare an improvement in all their sustainability competencies, although the results of the final learning are far from those expected: they have learned only 27% of what they should have learned. Moreover, the learning achieved in the four competencies depends on the degree and the university.

Keywords: sustainability; sustainable development; education for sustainable development; Spanish higher education; students' learning; students' perception; sustainability competencies; EDIN-SOST project



Citation: Sánchez-Carracedo, F.; Moreno-Pino, F.M.; Romero-Portillo, D.; Sureda, B. Education for Sustainable Development in Spanish University Education Degrees. *Sustainability* **2021**, *13*, 1467. <https://doi.org/10.3390/su13031467>

Academic Editor:
Carmen Solís-Espallargas
Received: 11 December 2020
Accepted: 26 January 2021
Published: 31 January 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

The current educational system was conceived in the eighteenth century in the intellectual culture of the Enlightenment, and developed in the economic circumstances of the industrial revolution during the nineteenth century. It was consolidated during the twentieth century in France, England and Germany, whose educational systems were totally or partially imitated by other countries [1]. The material and economic conditions of nineteenth-century society, strongly driven by industrialization processes, reinforced the enlightened idea of public education, thereby establishing the principle of universal, free and compulsory education in elementary schools [2].

With the arrival of industrialization, oil, natural gas and coal became the three basic non-renewable fuels of the current energy model. The serious pollution derived from their production, together with the quasi-exponential growth of population-consumption factors in recent years, have led to important problems (poverty, inequality, climate change, etc.) [3].

The holistic systemic effect and the complex nature of these problems require a paradigm shift if our determination to solve them is to be effective. The speed and acceleration of the complex processes at work in our planetary era add their own uncertainties, and urgent action is necessary [4].

Capítulo 5. Elementos para la Formación en Educación Matemática desde la Sostenibilidad

5.1 Presentación

5.2 Capítulo de libro 2: *Elementos para la Formación en Educación Matemática desde la Sostenibilidad*

5.1 Presentación

El análisis de los datos provenientes de los estudios expuestos con anterioridad en los Capítulos 2, 3 y 4 de esta memoria, infirió elementos necesarios para la formación en educación matemática integrando la sostenibilidad que, si bien en este capítulo de libro son presentados y expuestos de forma analítica, se encuentran estrechamente interrelacionados. Sintéticamente, estos elementos son:

- Vínculos con el medio ambiente
- Pensamiento crítico y creativo
- Pensamiento reflexivo
- Deconstrucción y co-aprendizaje
- Formación integral y permanente
- Sostenibilización curricular

El objetivo de la identificación de estos elementos es, ante todo, orientar la formación inicial de docentes en educación matemática cuando ésta es enfocada desde la sostenibilidad. En este sentido, los elementos aquí presentados tienen un marcado carácter instrumental ya que su función es la de repensar el diseño de programas de formación de docentes en educación matemática en coherencia con los principios de sostenibilidad.

Por otro lado, CRUE-Sostenibilidad solicita -desde una perspectiva crítica- la revisión integral de los currículos universitarios que asegure la integración de los contenidos transversales básicos en sostenibilidad en todas las titulaciones del sistema universitario español en coherencia con las cuatro competencias transversales en sostenibilidad definidas por dicha Comisión (ver Capítulo 1). En este sentido, indicar que los elementos arriba identificados son también una respuesta plausible a la demanda de CRUE-Sostenibilidad respecto a la integración de dichas competencias de sostenibilidad en el área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz en aras de la emancipación de las personas y la transformación social.

5.2 Capítulo de libro 2

Moreno-Pino, F. M., Jiménez-Fontana, R. (2021b). Elementos para la Formación en Educación Matemática desde la Sostenibilidad. En A. Vico Bosch, L. Vega Caro y O. Buzón García (Eds.), *Entornos Virtuales para la Educación en Tiempos de Pandemia: Nuevas Perspectivas Metodológicas* (pp. 327-347). Dykinson.

CAPÍTULO 16

ELEMENTOS PARA LA FORMACIÓN EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA DESDE LA SOSTENIBILIDAD

FRANCISCO MANUEL MORENO-PINO
Universidad de Cádiz

ROCÍO JIMÉNEZ-FONTANA
Universidad de Cádiz

1. INTRODUCCIÓN

La relación entre educación matemática y educación para la sostenibilidad no es evidente. Más aún, si lo que define la educación matemática es la especificidad matemática de los procesos educativos, no es difícil encontrar problemas en los que la aplicación del conocimiento matemático contravenga principios éticos que, al menos en teoría, subyacerían en cualquier modelo educativo que procure el desarrollo sostenible. La naturaleza misma del lenguaje formal de la matemática, elimina la posibilidad de formular controversias e incertidumbres normativas (Skovsmose, 1994) aun en situaciones contextualizadas.

Sin embargo, National Council of Teachers of Mathematics afirma que muchas de las cuestiones actuales como la protección del medio ambiente, la energía nuclear, los gastos en defensa, la exploración del espacio, la conectividad, etc. requieren de la formación de ciudadanos reflexivos, capacitados para leer e interpretar información cada vez más compleja y a menudo contradictoria (NCTM, 1989). La matemática se configura así en torno al desarrollo de soluciones a problemas creados por el ser humano, de sus modos de vida, que ocurren en un tiempo y contexto determinado (Radford, 2008). Desde esta perspectiva, la matemática y la formación en educación matemática pueden favorecer el desarrollo de sociedades que garanticen futuros más sostenibles.

Anexos

Anexo 1. Artículo 4: *Analysis of Sustainability Presence in Spanish Higher Education.*

Anexo 2. Artículo 5: *Coherencia entre las Tareas y la Evaluación Auténtica. Una aproximación desde la Ética.*

Anexo 3. Artículo 6: *La Modelización Matemática de Problemas. Una Oportunidad para la Formación en Sostenibilidad.*

Anexo 4. Certificados de las publicaciones que compendian la tesis.

Anexo 5. Listado de participación en congresos y seminarios. Otras publicaciones.

Anexo 6. Material analizado.

Anexo 1. Artículo 4

Sánchez-Carracedo, F., Sureda Carbonell, B., Moreno-Pino, F.M. (2020). Analysis of Sustainability Presence in Spanish Higher Education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 21(2), 393-412.

The current issue and full text archive of this journal is available on Emerald Insight at:
<https://www.emerald.com/insight/1467-6370.htm>

Analysis of sustainability presence in Spanish higher education

Spanish higher education

Fermín Sánchez-Carracedo and Bàrbara Sureda Carbonell

Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain, and

Francisco Manuel Moreno-Pino

Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain

393

Received 31 October 2019

Revised 2 January 2020

8 January 2020

Accepted 9 January 2020

Abstract

Purpose – This paper aims to analyze the presence of sustainability in 16 Spanish higher education curricula in the fields of education and engineering.

Design/methodology/approach – The methodology uses two instruments: sustainability map and sustainability presence map. These instruments enable analysis of the number of subjects that develop sustainability and the sustainability presence level in each curriculum; identification of what domain levels of the learning taxonomy sustainability is most developed; and analysis of whether a correlation exists between the sustainability presence and the number of subjects that develop sustainability in each curriculum.

Findings – A wide variety of subjects develop sustainability in a given degree, depending on the university. The presence of sustainability is more homogeneous in education degrees than in engineering degrees. Education degrees have a greater presence of sustainability in the lower domain levels of taxonomy, while in engineering degrees the lower levels of taxonomy have a lower presence of sustainability than the higher levels. Finally, a correlation appears to exist between the number of subjects that develop sustainability in the curriculum and the sustainability presence. However, engineering degrees seem to need fewer subjects than education degrees to achieve the same degree of sustainability presence.

Originality/value – This paper proposes a methodology to measure sustainability presence that can be applicable to the curricula of a higher education degree if the corresponding sustainability map is available. To the authors' knowledge, this is the largest study yet conducted to analyze the presence of sustainability in different higher education curricula.

Keywords Sustainability competencies, Presence of sustainability, Spanish engineering degrees, Spanish higher education degrees, Sustainability map, Sustainability presence map

Paper type Research paper

1. Introduction

Throughout this century, humanity will be faced with overriding problems (social imbalances, climate change, water availability, etc.). To successfully overcome these challenges, the participation of society and governments will be required, both in actions and in policies that help ensure a healthy environment and a socially just and economically



The authors wish to thank the rest of the EDINSOST team for their collaboration in this work, especially Miguel Antúnez, Antonio Gomera, Ibon Gutiérrez, Rafael Miñano, José Manuel Muñoz, Jorge Ruiz-Morales and Rocío Valderrama-Hernández.

Funding: This work was supported by the Spanish Ministerio de Economía y Competitividad under grant number EDU2015-65574-R and by Spanish Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, the Spanish Agencia Estatal de Investigación (AEI) and the Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) under grant number RTI2018-094982-B-I00, from study design to submission.

International Journal of
Sustainability in Higher Education
Vol. 21 No. 2, 2020
pp. 393-412
© Emerald Publishing Limited
1467-6370
DOI 10.1108/IJSH-10-2019-0321



Anexo 2. Artículo 5

Jiménez-Fontana, R., Moreno-Pino, F.M., Cardenoso Domingo, J.M. (2019) Coherencia entre las Tareas y la Evaluación Auténtica. Una aproximación desde la Ética. *UNO-Revista de Didáctica de la Matemática*, 84, 32-39.



ÉTICA Y MATEMÁTICAS

Coherencia entre las tareas y la evaluación auténtica

Una aproximación desde la ética

Rocío Jiménez-Fontana, Francisco M. Moreno-Pino, José M.^a Cardeñoso Domingo
Universidad de Cádiz



Esta reflexión ejemplificada está dedicada a docentes cuyo reto es asumir el problema profesional de hacer un planteamiento de tareas auténticas. La respuesta ha de pasar por la coherencia entre una matemática educativa realista y su evaluación auténtica, donde el tratamiento de problemas socioambientales cobra especial interés.

PALABRAS CLAVE

- EVALUACIÓN
- TAREAS AUTÉNTICAS
- ÉTICA
- RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS
- EDUCACIÓN MEDIOAMBIENTAL

Anexo 3. Artículo 6

Moreno-Pino, F.M., Jiménez-Fontana, R., Cardenoso Domingo, J.M. (2022). La Modelización Matemática de Problemas. Una Oportunidad para la Formación en Sostenibilidad. *UNO-Revista de Didáctica de la Matemática*, 95, 49-55.



La modelización matemática de problemas

Una oportunidad para la formación en sostenibilidad

Francisco Manuel Moreno-Pino

Rocío Jiménez-Fontana

José María Cardeñoso Domingo

Universidad de Cádiz



Mika Baumeister (Unsplash)

Anexo 4. Certificados de las publicaciones que compendian la tesis



sustainability

an Open Access Journal by MDPI



CERTIFICATE OF ACCEPTANCE

Certificate of acceptance for the manuscript (sustainability-1191334) titled:
Study of the Presence of Sustainability Competencies in Teacher Training in Mathematics
Education

Authored by:

Francisco M. Moreno-Pino; Rocío Jiménez-Fontana; José María Cardenoso Domingo; Pilar
Azcárate Goded

has been accepted in *Sustainability* (ISSN 2071-1050) on 15 May 2021



Basel, May 2021

INNTEd

Congreso Internacional de Innovación y Tendencias Educativas

«II Congreso internacional de Innovación y tendencias educativas. INNTEd 2021» 15 y 16 de julio

El Sr. D. Francisco Anaya Benítez, Secretario Técnico del II Congreso internacional de Innovación y tendencias educativas. INNTEd 2021,

INFORMA

Que el capítulo de libro titulado: "Estudio exploratorio de la visión del profesorado universitario en relación a la Educación para la Sostenibilidad: La formación en Educación Matemática", del autor/a, Francisco Manuel Moreno-Pino, se encuentra incluido en la publicación: "METODOLOGÍAS ACTIVAS CON TIC EN LA EDUCACIÓN DEL SIGLO XXI", con ISBN reservado "978-84-1377-592-0".

Dicha publicación se encuentra en estos momentos en proceso de edición, por la editorial Dykinson S.L., teniendo prevista su publicación para finales de diciembre de 2021.

Este libro es fruto de una compilación de investigaciones originales que han superado una doble revisión por pares ciegos en su fase de aceptación de propuestas.

Y para que así conste, se firma el presente certificado en Sevilla el 27 de Septiembre de 2021.

Sr. D. Francisco Anaya Benítez



education sciences

an Open Access Journal by MDPI



CERTIFICATE OF PUBLICATION

Certificate of publication for the article titled:

Training in Mathematics Education from a Sustainability Perspective: A Case Study of
University Teachers' Views

Authored by:

Francisco Manuel Moreno-Pino; Rocío Jiménez-Fontana; José María Cardenoso Domingo;
Pilar Azcárate Goded

Published in:

Educ. Sci. **2022**, Volume 12, Issue 3, 199



Basel, March 2022



sustainability

an Open Access Journal by MDPI



CERTIFICATE OF PUBLICATION

Certificate of publication for the article titled:

Education for Sustainable Development in Spanish University Education Degrees

Authored by:

Fermín Sánchez-Carracedo; Francisco Manuel Moreno-Pino; Daniel Romero-Portillo;
Bárbara Sureda

Published in:

Sustainability 2021, Volume 13, Issue 3, 1467



Academic Open Access Publishing
since 1996

Basel, January 2021

INNTEd

Congreso Internacional de Innovación y Tendencias Educativas

«II Congreso internacional de Innovación y tendencias educativas. INNTEd 2021» 15 y 16 de julio

El Sr. D. Francisco Anaya Benítez, Secretario Técnico del II Congreso internacional de Innovación y tendencias educativas. INNTEd 2021,

INFORMA

Que el capítulo de libro titulado: "Elementos para la formación en Educación Matemática desde la Sostenibilidad", del autor/a, Francisco Manuel Moreno-Pino, se encuentra incluido en la publicación: "ENTORNOS VIRTUALES PARA LA EDUCACIÓN EN TIEMPOS DE PANDEMIA: NUEVAS PERSPECTIVAS METODOLÓGICAS", con ISBN reservado "978-84-1377-640-8".

Dicha publicación se encuentra en estos momentos en proceso de edición, por la editorial Dykinson S.L., teniendo prevista su publicación para finales de diciembre de 2021.

Este libro es fruto de una compilación de investigaciones originales que han superado una doble revisión por pares ciegos en su fase de aceptación de propuestas.

Y para que así conste, se firma el presente certificado en Sevilla el 27 de Septiembre de 2021.

Sr. D. Francisco Anaya Benítez

The current issue and full text archive of this journal is available on Emerald Insight at:
<https://www.emerald.com/insight/1467-6370.htm>

Analysis of sustainability presence in Spanish higher education

Spanish higher
education

Fermín Sánchez-Carracedo and Bàrbara Sureda Carbonell

Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Spain, and

Francisco Manuel Moreno-Pino

Universidad de Cádiz, Cádiz, Spain

393

Received 31 October 2019

Revised 2 January 2020

8 January 2020

Accepted 9 January 2020

Abstract

Purpose – This paper aims to analyze the presence of sustainability in 16 Spanish higher education curricula in the fields of education and engineering.

Design/methodology/approach – The methodology uses two instruments: sustainability map and sustainability presence map. These instruments enable analysis of the number of subjects that develop sustainability and the sustainability presence level in each curriculum; identification of what domain levels of the learning taxonomy sustainability is most developed; and analysis of whether a correlation exists between the sustainability presence and the number of subjects that develop sustainability in each curriculum.

Findings – A wide variety of subjects develop sustainability in a given degree, depending on the university. The presence of sustainability is more homogeneous in education degrees than in engineering degrees. Education degrees have a greater presence of sustainability in the lower domain levels of taxonomy, while in engineering degrees the lower levels of taxonomy have a lower presence of sustainability than the higher levels. Finally, a correlation appears to exist between the number of subjects that develop sustainability in the curriculum and the sustainability presence. However, engineering degrees seem to need fewer subjects than education degrees to achieve the same degree of sustainability presence.

Originality/value – This paper proposes a methodology to measure sustainability presence that can be applicable to the curricula of a higher education degree if the corresponding sustainability map is available. To the authors' knowledge, this is the largest study yet conducted to analyze the presence of sustainability in different higher education curricula.

Keywords Sustainability competencies, Presence of sustainability, Spanish engineering degrees, Spanish higher education degrees, Sustainability map, Sustainability presence map

Paper type Research paper

1. Introduction

Throughout this century, humanity will be faced with overriding problems (social imbalances, climate change, water availability, etc.). To successfully overcome these challenges, the participation of society and governments will be required, both in actions and in policies that help ensure a healthy environment and a socially just and economically

The authors wish to thank the rest of the EDINSOST team for their collaboration in this work, especially Miguel Antúnez, Antonio Gomera, Ibon Gutiérrez, Rafael Miñano, José Manuel Muñoz, Jorge Ruiz-Morales and Rocio Valderrama-Hernández.

Funding: This work was supported by the Spanish Ministerio de Economía y Competitividad under grant number EDU2015-65574-R and by Spanish Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, the Spanish Agencia Estatal de Investigación (AEI) and the Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) under grant number RTI2018-094982-B-I00, from study design to submission.



International Journal of
Sustainability in Higher Education
Vol. 21 No. 2, 2020
pp. 393-412

© Emerald Publishing Limited
1467-6370

DOI [10.1108/IJSHE-10-2019-0321](https://doi.org/10.1108/IJSHE-10-2019-0321)



C/ Hurtado, 29, 08022 Barcelona. Adm./Cial./Subs.: Tel. 934 080 464, Fax: 933 524 337, grao@grao.com, www.grao.com

Laia Mestres Salud como directora editorial de la revista **UNO. Revista de Didáctica de las Matemáticas**

CERTIFICA que Francisco Manuel Moreno Pino es coautor del artículo:

«Coherencia entre las tareas y la evaluación auténtica. Una aproximación desde la ética»

publicado en UNO - 84 (ISSN: 1133-9853 D.L.: B1337494), correspondiente al mes de abril de 2019, cuya tirada fue de 450 ejemplares y que se comercializa bajo el sistema de suscripciones y se distribuye en las librerías más importantes y con fondo de Pedagogía del Estado español y América Latina.

Barcelona, a 7 de enero de 2020

Laia Mestres Salud
Directora Editorial



C/ Hurtado, 29, 08022 Barcelona. Adm./Cial./Subs.: Tel. 934 080 464, Fax: 933 524 337, grao@grao.com, www.grao.com

Laia Mestres Salud como directora editorial de la revista **UNO. Revista de Didáctica de las Matemáticas**

CERTIFICA que Francisco Manuel Moreno Pino es coautor del artículo:

«La modelización matemática de problemas. Una oportunidad para la formación en sostenibilidad»

publicado en UNO - 95 (ISSN: 1133-9853 D.L.: B1337494), correspondiente al mes de enero de 2022, cuya tirada fue de 401 ejemplares y que se comercializa bajo el sistema de suscripciones y se distribuye en las librerías más importantes y con fondo de Pedagogía del Estado español y América Latina.

Barcelona, a 21 de enero de 2022

Laia Mestres Salud
Directora Editorial

Anexo 5. Listado de participación en congresos y seminarios. Otras publicaciones.

La investigación aquí presentada no sólo ha sido el resultado de la elaboración y publicación de los diferentes trabajos que compendian esta tesis, sino que con anterioridad se ha venido desarrollando un plan de difusión de los principales resultados relacionados con el proceso de investigación a través de la asistencia y participación en diferentes congresos tanto nacionales como internacionales. Otras publicaciones son:

- Moreno-Pino, F.M., Azcárate, P., Cardeñoso Domingo, J.M. (2016). La inclusión de la sostenibilidad en la educación matemática. En J. A. Macías, A. Jiménez, J. L. González, M. T. Sánchez, P. Hernández, C. Fernández, F. J. Ruiz, T. Fernández y A. Berciano (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XX* (p. 625). SEIEM.
- Moreno-Pino, F.M., Azcárate, P., Cardeñoso Domingo, J.M. (2017). Inclusión de Competencias Profesionales coherentes con una Educación para la Sostenibilidad en la Educación Matemática. En FESPM (Eds.), *Miramos con Ilusión el Futuro de la Educación Matemática* (pp. 186-193). FESPM.
- Moreno-Pino, F.M., Guerrero Bey, A.Á, Prieto Sánchez, J.A. (2017). La Educación Matemática en el proyecto EDINSOST. En J.M. Muñoz-Escolano, A. Arnal-Bailera, P. Beltrán-Pellicer, M.L. Callejo y J. Carrillo (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXI* (pp. 557). SEIEM.
- Moreno-Pino, F.M., García-González, E., Jiménez-Fontana, R. (2018). Educación para la Sostenibilidad y su Incidencia en la Educación Matemática. En L. A. Serna (Ed.), *ALME*, 31(1) (pp. 824-831). CLAME.
- Moreno-Pino, F.M., Jiménez-Fontana, R., García-González, E. (2018). El Mapa de la Competencia en Sostenibilidad para el Área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de CCEE de la Universidad de Cádiz. En L. J. Rodríguez-Muñiz, L. Muñiz-Rodríguez, A. Aguilar-González, P. Alonso, F. J. García-García y A. Bruno (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXII* (p. 644). SEIEM.
- Moreno-Pino, F.M., Jiménez-Fontana, R., García-González, E. (2019). *Análisis de la Presencia de la Competencia Sostenibilidad en el área de Didáctica de la Matemática de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Cádiz*. Comunicación presentada en la 33 RELME celebrada en La Habana, Cuba, del 7 al 12 de julio de 2019. La Habana: 33 RELME.
- Sánchez-Carracedo, F., Moreno-Pino, F.M., Sureda, B., Antúnez, M., Gutiérrez, I. (2019). A Methodology to Analyze the Presence of Sustainability in Engineering Curricula. Case of Study: Ten Spanish Engineering Degree Curricula. *Sustainability*, 11(17), 4553. <https://doi.org/10.3390/su11174553>.
- Sánchez-Carracedo, F., Sureda, B., Moreno-Pino, F.M., Romero-Portillo, D. (2021). Education for Sustainable Development in Spanish Engineering Degrees. Case study. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126322. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126322>.
- Sánchez-Carracedo, F., Romero-Portillo, D., Sureda, B., Moreno-Pino, F.M. (2021). Education for Sustainable Development in Spanish Higher Education: an Assessment of Sustainability Competencies in Engineering and Education Degrees. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2021-0060>.

Anexo 6. Material analizado

Todo el material analizado (documentos escritos, audios/vídeos, transcripciones, etc.) se encuentra organizado en distintas carpetas en los anexos digitales.

