



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

Doctorado en Didácticas Específicas

**LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS POR INDAGACIÓN EN LAS  
FACULTADES DE EDUCACIÓN ESPAÑOLAS. REVISIÓN Y  
PROPUESTAS**

Tesis doctoral presentada por:

SANDRA PILAR TIERNO GÓMEZ

Directores:

Dr. Jordi Solbes Matarredona

Dr. Valentín Gavidia Catalán

Dra. Paula Tuzón Marco

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales

Valencia, febrero de 2022



Jordi Solbes i Matarredona, Doctor en Ciencias Físicas y Catedrático de Universidad; Valentín Gavidia Catalán, Doctor en Ciencias Biológicas y Profesor Honorario de Universidad y Paula Tuzón Marco, Doctora en Ciencias Físicas y Contratada Doctora, todos ellos pertenecientes al Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universitat de València

CERTIFICAN,

Que la presente memoria titulada **“La enseñanza de las ciencias por indagación en las Facultades de Educación españolas. Revisión y propuestas”**, ha sido realizada por Sandra Pilar Tierno Gómez bajo nuestra dirección y constituye la tesis para optar al grado de Doctor por la Universitat de València.

Y para que conste, se presenta esta memoria de tesis doctoral y se firma el certificado correspondiente en Valencia, febrero de 2022.



# Agradecimientos

---

Hoy me encuentro de nuevo escribiendo los agradecimientos de una tesis y no puedo evitar pensar que el germen de esta tesis surgió en aquel primer doctorado, con ese trabajo sobre plasma para cursos preuniversitarios con el que comencé a investigar en didáctica de las ciencias experimentales y a empezar a plantearme cómo enseñar ciencia. Y como aquella primera vez, debo reconocer que un trabajo de esta índole siempre es un viaje largo que nunca se hace solo.

No podría haber acabado esta tesis, tesis que ha superado muchos contratiempos, sin mis directores. ¡Qué lujo que me hayáis acompañado en este viaje! Valentín, gracias por tu cercanía, tus reflexiones y tus sugerencias. Tu visión de la formación de maestros, la trascendencia de la didáctica de las ciencias que refleja tu trabajo e ilusión por esta disciplina, ha sido un empujón en todo momento. Muchísimas gracias, de verdad. Jordi, durant la llicenciatura, en l'aulari interfacultatiu a hores intempestives, em vares ensenyar, per primera vegada, la importància de reflexionar sobre com aprenem i com ensenyem ciència, deixant una empremta i una inquietud que sempre han estat ahí, i que han acabat materialitzant-se en aquest treball. Deu anys després d'aquelles classes m'has acompanyat, guiat i format de manera tan generosa i propera en aquesta tesi, que només puc donar-te milers de gràcies. Y Paula, contigo comenzó este proyecto y contigo comencé a estudiar la formación científica de las maestras y maestros, campo que he descubierto que me apasiona. Así que, muchísimas gracias por ello, por ayudarme a comenzar este nuevo camino. Muchísimas gracias a los tres por

vuestra disposición, por esos mensajes y correos a cualquier hora de cualquier día de la semana; por hacer que esta tesis se haya convertido en un ilusionante reto.

Gracias, en segundo lugar, a mi familia, que ha aceptado compartirme con este trabajo y me ha acompañado en este viaje sin quejarse nunca. Gracias a mi compañero de equipo; gracias por permitirme pasar de nuevo por esto, sin ti esta tesis no habría visto la luz. Gracias a mis hijas, por ser el motor de todo esto, por transformarme en una nueva persona con sensibilidades y motivaciones diferentes. Y gracias a mis padres por estar siempre ahí, por ayudarme y ayudarnos en cualquier momento, hora y situación.

Y, por último, gracias a esos profesores y profesoras que he ido encontrándome a lo largo de mi vida como estudiante. Posiblemente mi pasión por la educación, por aprender, enseñar y estudiar, se deba a los maestros y profesores que me acompañaron en el colegio e instituto donde estudié, mostrándome que la educación que recibe un estudiante es crucial para la futura persona en la que se convertirá. Y eso es, en el fondo, lo que mueve esta tesis.

*Así que, a todos vosotros y vosotras, muchísimas gracias.*

# Índice de contenidos

---

Agradecimientos .....	v
Índice de contenidos .....	vii
Índice de tablas.....	x
Índice de figuras .....	xii
Capítulo 1. Introducción a la formación científica de los maestros en formación inicial.....	17
Organización de la presente tesis doctoral.....	20
Capítulo 2. Formulación de los objetivos de investigación y marco teórico .....	23
Formulación de los objetivos de investigación.....	23
Marco teórico .....	25
El Conocimiento Didáctico del Contenido.....	25
Formación científica en el Grado en Educación Primaria .....	41
La enseñanza de las ciencias por indagación.....	49
La formación de los maestros y maestras en indagación .....	54
Capítulo 3. Primer objetivo de investigación. Diseño metodológico.....	59
Procedimiento de tratamiento de los datos.....	63
Capítulo 4. Resultados y discusión del primer objetivo: análisis de las guías docentes de asignaturas de Ciencias Experimentales y/o su Didáctica.....	65
Descripción general de las asignaturas de ciencias.....	65
Contenidos científicos y didácticos presentes en las guías docentes .....	75
Análisis de los contenidos científicos .....	75
Análisis de los contenidos didácticos .....	81
Análisis de las cuestiones transversales (CTS y NOS).....	84
Presencia de la indagación.....	86
Capítulo 5. Segundo objetivo de investigación. Diseño metodológico.....	95

Análisis de las preguntas del cuestionario .....	99
Primera pregunta: contenidos de una asignatura de contenidos científicos disciplinares .....	99
Segunda pregunta: metodologías o estrategias de enseñanza en una asignatura de contenidos científicos disciplinares .....	100
Tercera pregunta: contenidos de una asignatura de didáctica de las ciencias experimentales.....	102
Cuarta pregunta: metodologías o estrategias de enseñanza en una asignatura de didáctica de las ciencias experimentales.....	103
Procedimiento de tratamiento de los datos .....	104
Capítulo 6. Resultados y discusión del segundo objetivo: opinión del profesorado de asignaturas de ciencias .....	105
Descripción general de los participantes .....	105
Opiniones sobre los contenidos de una asignatura de CCE .....	106
Opiniones sobre la metodología a utilizar en una asignatura de CCE .....	109
Perfil del profesorado que incluye metodologías indagatorias para una asignatura de CCE.....	113
Opiniones sobre los contenidos de una asignatura de DCE.....	118
Opiniones sobre la metodología a utilizar en una asignatura de DCE.....	124
Comparación de las metodologías propuestas para las asignaturas de contenidos científicos y de didáctica.....	130
Perfil del profesorado que incluye metodologías indagatorias para una asignatura de DCE.....	133
Capítulo 7. Tercer objetivo de investigación. Diseño metodológico .....	137
Procedimiento de tratamiento de los datos .....	141
Análisis de la fiabilidad .....	142
Capítulo 8. Resultados y discusión del tercer objetivo: formación en indagación del alumnado del grado en Educación Primaria .....	145
Resultados generales .....	145



Resultados para los diferentes procedimientos científicos analizados .....	149
Estudio correlacional.....	152
Comparación entre asignaturas y análisis del tamaño del efecto .....	158
Capítulo 9. Conclusiones e implicaciones didácticas .....	167
Conclusiones del primer objetivo de investigación .....	168
Conclusiones del segundo objetivo de investigación.....	171
Conclusiones del tercer objetivo de investigación .....	173
Limitaciones, perspectivas e implicaciones didácticas.....	175
Referencias bibliográficas .....	179
Anexos .....	195
Anexo 1: Cuestionario online para abordar el segundo objetivo .....	195
Anexo 2: Cuestionario online para determinar el grado de conocimiento sobre procedimientos científicos.....	199

# Índice de tablas

---

Tabla 1 Descripción de las variables analizadas a partir de las guías docentes....	60
Tabla 2 Enumeración de las palabras clave relacionadas con las fases de la indagación utilizadas para dar respuesta al cuarto objetivo específico.....	63
Tabla 3 Distribución de las asignaturas por universidad, según la materia impartida.....	68
Tabla 4 Variables de la primera parte del cuestionario empleado.....	97
Tabla 5 Categorías empleadas en el análisis de las respuestas a la pregunta 1....	99
Tabla 6 Categorías empleadas en el análisis de las respuestas a la pregunta 2..	101
Tabla 7 Categorías empleadas en el análisis de las respuestas a la pregunta 3. .	102
Tabla 8 Categorías empleadas en el análisis de las metodologías propuestas en la pregunta 4. ....	103
Tabla 9 Promedio de la experiencia docente universitaria (en años) de los profesores que proponen indagación para la asignatura de CCE según su doctorado. ....	114
Tabla 10 Número de metodologías propuestas para una asignatura de contenidos científicos según las respuestas de todos los profesores y según las respuestas de los profesores que incluyen métodos indagatorios. ....	116
Tabla 11 Correlación entre la experiencia docente y el número de aspectos didácticos propuestos.....	124
Tabla 12 Número de metodologías propuestas para una asignatura de DCE según las respuestas de todos los profesores y según las respuestas de los profesores que incluyen métodos indagatorios.....	127

Tabla 13 Promedio de la experiencia docente universitaria (en años) de los profesores que proponen indagación para la asignatura de DCE según su doctorado. ....	134
Tabla 14 Estructura general del cuestionario TIPS-II utilizado. ....	137
Tabla 15 Ejemplos de pregunta del cuestionario TIPS-II para los diferentes procedimientos evaluados.....	138
Tabla 16 Descripción de las variables analizadas para la consecución del O3.....	140
Tabla 17 Índice KR-20 de cada uno de los procesos científicos analizados en el TIPS-II.....	143
Tabla 18 Comparación de los descriptivos según la asignatura. ....	145
Tabla 19 Correlación entre la variable curso y el número de aciertos .....	147
Tabla 20 Resumen de la prueba Kruskal-Wallis entre la variable número de aciertos y asignatura.....	147
Tabla 21 Resultados de la comparación por parejas post-hoc del número de aciertos por asignatura .....	148
Tabla 22 Media de aciertos para cada procedimiento, por asignatura, sobre 10 puntos. Entre paréntesis se encuentran las desviaciones estándar de las medias (DE). El sombreado rosado se refiere al procedimiento con menos aciertos y el verde al que más aciertos presenta, para cada una de las asignaturas.....	150
Tabla 23 Coeficientes de rho de Spearman.....	155
Tabla 24 Prueba Kruskal-Wallis entre la variable número de aciertos y asignatura, para cada procedimiento científico por separado. ....	159
Tabla 25 Cálculo del tamaño del efecto de la formación entre el alumnado de Ciencias (2º curso) y el de Didáctica (3º curso).....	165

# Índice de figuras

---

Figura 1 Conocimiento del profesor según el modelo de Grossman (Grossman, 1990). Traducido de (Fernandez, 2014).....	30
Figura 2 Componentes del CDC según el modelo de Magnusson, Krajcik y Borko. Traducido de (Magnusson et al., 1999).....	31
Figura 3 Conocimiento del profesor según el modelo de Carlsen. Traducido de (Carlsen, 1999).....	36
Figura 4 Conocimiento del profesor según el modelo de Abell. Traducido de (Abell, 2007) .....	37
Figura 5 Categorías utilizadas para la clasificación de los contenidos del temario de las guías docentes. ....	61
Figura 6 Distribución de las asignaturas según el curso en el que se imparten...	66
Figura 7 Distribución de las asignaturas obligatorias según curso y materia impartida.....	67
Figura 8 Cursos en los que se imparten las asignaturas de CCE y de DCE en las universidades que tienen estas asignaturas por separado.....	71
Figura 9 Distribución de las asignaturas según la perspectiva y la materia .....	73
Figura 10 Distribución de las asignaturas de CCE y CyDCE según la perspectiva y el tipo de departamento al que pertenecen.....	74
Figura 11 Organización de los contenidos disciplinares según el tipo de asignatura. Sólo se están considerando las asignaturas de CyDCE y CCE.....	75
Figura 12 Organización de las asignaturas con contenidos disciplinares según el departamento responsable de la asignatura.....	77

Figura 13 Porcentaje de guías en el que aparecen los diferentes contenidos disciplinares agrupados siguiendo los bloques principales. Sólo se han considerado las asignaturas de CyDCE y CCE.....	79
Figura 14 Porcentaje de guías en el que aparecen los diferentes contenidos disciplinares. Sólo se han considerado las asignaturas de CyDCE y CCE. ....	80
Figura 15 Frecuencia de aparición de los aspectos didácticos según el carácter de la asignatura. Téngase en cuenta que una misma guía docente puede contener más de un aspecto, por lo que la suma total puede dar más de 100%.....	81
Figura 16 Porcentajes de aparición en las diferentes guías (n=74) de los ítems relacionados con las fases de la indagación. ....	87
Figura 17 Porcentaje del número de palabras clave relacionadas con la indagación presente en las guías docentes (n=74). La línea roja marca la presencia del 50% de los ítems. ....	88
Figura 18 Porcentaje de aparición de las palabras clave en las diferentes guías según el tipo de asignatura.....	90
Figura 19 Número de guías en las que aparecen las palabras clave clasificadas según si hacen referencia al procedimiento o a la parte didáctica del mismo. ...	92
Figura 20 Distribución de las palabras clave para una asignatura de CyDCE. ....	93
Figura 21 Distribución de las palabras clave para una asignatura de CCE.....	94
Figura 22 Distribución de las palabras clave para una asignatura de DCE.....	94
Figura 23 Presencia de los contenidos disciplinares incluidos en las propuestas (n=77). ....	108
Figura 24 Distribución de las metodologías propuestas para una asignatura de contenidos científicos (n=77).....	112

Figura 25 Presencia de la metodología indagatoria según el tipo de doctorado del profesor para una asignatura de CCE. Sólo se han contado los profesores doctores (n=66).....	113
Figura 26 Distribución de las propuestas indagatorias para una asignatura de contenidos disciplinares según la coordinación realizada. ....	117
Figura 27 Distribución de las propuestas indagatorias para una asignatura de contenidos disciplinares según la coordinación realizada. ....	117
Figura 28 Frecuencia de aparición de los aspectos didácticos en las respuestas de los profesores (n=77). ....	119
Figura 29 Metodologías propuestas para asignatura de DCE (n=77). ....	125
Figura 30 Presencia de propuestas expositivas para una asignatura de didáctica según el doctorado (n=69). ....	126
Figura 31 Presencia de laboratorio en las propuestas de metodologías para una asignatura de didáctica según el doctorado (n=69).....	128
Figura 32 Comparación presencia de la indagación en asignatura de didáctica y de contenidos científicos en frecuencia absoluta. ....	132
Figura 33 Presencia de la metodología indagatoria según el tipo de doctorado del profesor para una asignatura de DCE. Sólo se han considerado los profesores doctores.....	133
Figura 34 Distribución de las propuestas indagatorias para una asignatura de didáctica de la ciencia según la docencia impartida. ....	135
Figura 35 Distribución de las propuestas indagatorias para una asignatura de didáctica de la ciencia según la coordinación realizada. ....	135
Figura 36 Pregunta 27 del cuestionario.....	142
Figura 37 Distribución del número de aciertos por asignatura.....	148

Figura 38 Promedio de aciertos de cada procedimiento según la asignatura. El número de aciertos se ha dividido entre el número de ítems de cada procedimiento.....	149
Figura 39 Matriz de correlaciones entre elementos.....	154
Figura 40 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los aciertos del procedimiento Definir operacionalmente entre las tres asignaturas, y las comparaciones por parejas <i>post-hoc</i> .....	160
Figura 41 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los aciertos del procedimiento Identificar variables entre las tres asignaturas, y las comparaciones por parejas <i>post-hoc</i> .....	161
Figura 42 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los aciertos del procedimiento Establecer hipótesis entre las tres asignaturas, y las comparaciones por parejas <i>post-hoc</i> .....	162
Figura 43 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los aciertos del procedimiento Interpretar gráficas entre las tres asignaturas, y las comparaciones por parejas <i>post-hoc</i> .....	163
Figura 44 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los aciertos del procedimiento Diseñar experimentos entre las tres asignaturas, y las comparaciones por parejas <i>post-hoc</i> .....	164
Figura 45 Imagen del cuestionario utilizado para la toma de datos mediante Google Forms.....	198





# Capítulo 1. Introducción a la formación científica de los maestros en formación inicial

---

La repercusión de la formación de maestros/as es evidente cuando nos ponemos a analizar, a grandes rasgos, a cuántos futuros niños y niñas puede alcanzar lo que se imparta en las aulas universitarias de las facultades de educación. Supongamos, por ejemplo, un docente universitario que imparte clase anualmente a unos 100 alumnos y que está en activo unos 35 años. Esto supone, por lo tanto, que este formador puede acabar dando clase a unos 3500 maestros potenciales. Asumiendo que solamente dos tercios de ellos acaben trabajando como maestros, que también estén en activo 35 años y que cada uno de ellos tenga unos 25 alumnos por curso académico, lo que enseñe ese formador de maestros inicial puede tener significación en casi dos millones de futuros ciudadanos y ciudadanas.

Estas cifras, aproximadas, no pretenden dar una información exacta, sino simplemente mostrar la potencia, la importancia y el alcance de la formación de maestros. Es esta trascendencia lo que mueve esta propuesta doctoral. Conocer cómo es la formación de maestros en ciencias experimentales nos parece determinante no sólo para mejorar la formación científica de estos futuros docentes, sino también como acto de responsabilidad hacia aquellos futuros niños y niñas a los que les pueda afectar, en un futuro, lo que nosotros impartimos en las aulas de las facultades de educación. Por ello, en este trabajo se pretende dar respuesta a la pregunta general de cómo es la formación de maestros/as en ciencias que actualmente tenemos en nuestras aulas españolas y cómo podemos

mejorarla. La literatura nos dice que la formación científica de los maestros es frecuentemente demasiado básica y que el alumnado muestra actitudes negativas hacia la ciencia (Cañal, 2000; Gavidia, 2008; Mellado & González-Bravo, 2000; Verdugo-Perona et al., 2016, 2019). También está aceptado que una formación científica completa no puede ser únicamente la suma de una parte científica y una didáctica, sino que deben tenerse en cuenta aspectos interconectados y transdisciplinares como la historia de la ciencia, las relaciones ciencia-tecnología-sociedad, la naturaleza de la ciencia, la imagen y valores de la ciencia, las concepciones personales del futuro docente, etc. Sin embargo, investigaciones recientes nos remiten a una baja formación en ciencias experimentales y su didáctica por los maestros en formación (García-Barros, 2016; Tierno et al., 2020), con sólo un 6 o 7% de la formación total de los créditos destinados a esta área.

A estas dos cuestiones, la baja formación científica con la que comienzan el grado y el escaso porcentaje que se destina a ampliar esta formación, debemos sumarle el hecho de que no existe la especialidad de ciencias en el grado en Educación Primaria. Sólo contamos con la figura del tutor/a de primaria y las especialidades de Música, Inglés, Educación Física, Audición y lenguaje y Pedagogía terapéutica. Sin embargo, los datos de los docentes en activo refieren que casi una tercera parte de los tutores y tutoras (31,5%) provienen de estas especialidades y que casi una décima parte (8,6%) procede de educación infantil (Thibaut et al., 2021), por lo tanto, ¿cómo enfocan estos docentes las Ciencias de la Naturaleza?

Podemos reformular esta cuestión desde la perspectiva de la formación inicial del profesorado y preguntarnos cómo se está formando en ciencias experimentales actualmente a los maestros españoles. Si se debe combinar formación disciplinar y aspectos didácticos específicos de las ciencias experimentales, ¿cómo se debería

organizar esta formación para que sea lo más eficiente posible? ¿Qué opinan los formadores de maestros sobre estas cuestiones? ¿Qué contenidos didácticos y disciplinares creen que deberían enseñarse? ¿Utilizando qué metodologías?

Desde el año 2000, cuando varios informes internacionales la postularon como una metodología de enseñanza de las ciencias muy útil para la educación primaria (National Research Council, 2000; Rocard et al., 2007), la enseñanza de las ciencias por indagación parece estar más presente que nunca, aunque puede que ello se deba a que esta denominación engloba a muchas y diferentes técnicas (Couso, 2014). A pesar de que sus ventajas son muy interesantes, como veremos en el próximo capítulo, y que ya se han implementado propuestas didácticas indagatorias con profesorado en formación inicial (Garrido Espeja & Couso, 2017; Martínez Chico et al., 2014; Vílchez & Bravo Torija, 2015), hay trabajos recientes que referencian faltas de formación en indagación por maestros y maestras en formación inicial y en activo (Martínez-Chico et al., 2013; Montero-Pau & Tuzon, 2017; Toma et al., 2017). La utilización de metodologías indagatorias en la formación inicial que reciben los docentes puede ayudar a que la utilicen posteriormente en sus aulas. Además, sabemos que el pensamiento docente espontáneo se desarrolla por la larga exposición como alumnos que tienen los profesores (Furió & Carnicer, 2002; Gil et al., 1991), y en esta realidad también se encuentran las metodologías con las que recibieron su formación. Por ello nos preguntamos si en las propuestas de formación de maestros que proponen los formadores aparece la metodología indagatoria. Además, ¿aparece tanto en asignaturas de únicamente contenidos científicos disciplinares, o también aparece en asignaturas de didáctica de las ciencias?

No obstante, hasta ahora no hemos hablado de los protagonistas de la formación inicial de los docentes: los estudiantes. ¿El alumnado del grado en Educación

Primaria tiene suficientes conocimientos de los procedimientos científicos? Entendemos que, aunque no sea suficiente, la condición necesaria para que el profesorado pueda llevar al aula la enseñanza de la ciencia basada en la indagación es que sepa indagar. Pero ¿es así? ¿Saben operativizar variables o diseñar experimentos? ¿Conocen cómo interpretar gráficas correctamente y definir variables? Las respuestas a estas preguntas nos ayudarían a cerrar nuestro círculo y confirmarían si lo que se extrae de los planes de estudio y de las propuestas de los formadores de maestros, se refleja en lo que saben los estudiantes, y esto es lo que pretende responder este trabajo.

En definitiva, esta tesis doctoral pretende acercarse a este problema atendiendo a las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cómo es la formación en ciencias experimentales que se declara en los planes de estudio españoles del grado en Educación Primaria? ¿En qué grado la indagación está presente?
2. ¿Aparece la indagación en la formación en ciencias experimentales que proponen actualmente los formadores de maestros?
3. ¿Qué grado de conocimiento tienen los estudiantes del grado de Maestro en Educación Primaria sobre los procedimientos científicos?

## Organización de la presente tesis doctoral

---

Esta tesis doctoral se organiza de la siguiente manera. En primer lugar, el capítulo 2 presenta los objetivos de investigación y el marco teórico. El siguiente capítulo describe el marco metodológico necesario para dar respuesta al primer objetivo de investigación (capítulo 3) y los resultados y discusión de dicho objetivo se presentan en el capítulo 4. De manera análoga, en el capítulo 5 se describe el diseño metodológico correspondiente al segundo objetivo y en el capítulo 6 se

detallan los resultados y discusión de este objetivo. En los capítulos posteriores, se analiza la formación en indagación del alumnado del Grado en Educación Primaria de la Universitat de València, presentando la metodología (capítulo 7) y los resultados y discusión de este tercer objetivo (capítulo 8). Por último, en el capítulo 9 se exponen las conclusiones a las que se han llegado a partir de este trabajo y sus implicaciones didácticas. Se termina con las referencias bibliográficas correspondientes, las cuales se ha procurado que sean actuales y fundamenten las ideas que se expresan.



## Capítulo 2. Formulación de los objetivos de investigación y marco teórico

---

En este capítulo enunciamos, en primer lugar, los tres objetivos de investigación principales de esta tesis doctoral, así como los objetivos secundarios. Seguidamente, se presenta el marco teórico en el que se fundamentan.

### Formulación de los objetivos de investigación

---

A partir de las tres preguntas de investigación de trabajo, podemos formular los siguientes objetivos de investigación:

**Primer objetivo de investigación, O1:** *Analizar la formación científica y de didáctica de las ciencias que se ofrece en los planes de estudio de los grados en Maestro en Educación Primaria de las facultades españolas.*

- O1.1.: Analizar las características generales de las asignaturas científicas y de didáctica de las ciencias.
- O1.2.: Identificar qué tipo de contenidos de ciencias experimentales se declaran en las guías docentes.
- O1.3.: Describir los contenidos de didácticas de las ciencias experimentales presentes en las guías docentes.
- O1.4.: Describir el grado de indagación que aparece en la descripción de estas asignaturas en las guías docentes.

**Segundo objetivo de investigación, O2:** *Analizar la formación científica y de didáctica de las ciencias que proponen los actuales formadores de maestros en ciencias.*

- O2.1.: Identificar los contenidos que proponen impartir en una asignatura de contenidos disciplinares.
- O2.2.: Describir las metodologías que proponen utilizar en una asignatura de contenidos disciplinares.
- O2.3.: Identificar los contenidos que proponen impartir en una asignatura de didáctica de las ciencias experimentales.
- O2.4.: Describir las metodologías que proponen utilizar en una asignatura de didáctica de las ciencias experimentales.
- O2.5.: Describir el perfil del profesorado que propone metodologías indagatorias para estas asignaturas.

**Tercer objetivo de investigación, O3:** *Determinar el grado de conocimiento en cinco procedimientos científicos (identificar variables, definir operacionalmente, diseñar experimentos, establecer hipótesis e interpretar gráficas) que poseen los estudiantes de Grado en Maestro en Educación Primaria de la Universitat de València.*

- O3.1.: Determinar el grado de conocimiento en los procedimientos científicos según la asignatura y curso.
- O3.2.: Identificar los procedimientos científicos más y menos conocidos.
- O3.3.: Analizar el grado de correlación entre el conocimiento de los diferentes procedimientos científicos.



## Marco teórico

---

La fundamentación teórica de este trabajo se presenta a continuación, siguiendo el esquema que detallamos. En primer lugar, se aborda, desde una perspectiva generalista, qué es lo que debería saber un profesor de ciencias, partiendo del concepto de Conocimiento Didáctico del Contenido, CDC, y recogiendo, brevemente, algunos de los modelos sobre CDC más utilizados. En segundo lugar, acercándonos ya al caso de la formación científica en el escenario español, presentamos cómo se organiza su educación pregrado teniendo en cuenta el currículum de ciencias experimentales de la Educación Primaria. En tercer lugar, describimos en qué consiste la metodología que analizamos particularmente en esta tesis: la enseñanza de las ciencias basada en indagación. Por último, presentamos qué metodologías se suelen encontrar en las aulas de Primaria según la bibliografía y analizamos sus causas, derivadas en parte de las características del alumnado del grado, y qué grado de conocimiento sobre la metodología indagatoria se ha encontrado entre los maestros en formación y en activo.

### El Conocimiento Didáctico del Contenido

Ante la pregunta de cómo formar al maestro de ciencias, podemos partir del constructo de Conocimiento Didáctico del Contenido, CDC, introducido por Shulman (1986, 1987), y sobre el que se ha reflexionado ampliamente a lo largo de las últimas décadas (Abell, 2007; Furió & Carnicer, 2002; García-Barros, 2016; Gess-Newsome & Lederman, 1999; Gil, 1991; Magnusson et al., 1999; Mellado, 2003; Porlán et al., 1998; Solbes et al., 2013, 2018).

Como se pregunta Sandra Abell, «¿el profesorado que sabe más ciencia forma mejores profesores de ciencias?» (2007, p. 1105). Como ella misma recoge en su

capítulo de revisión sobre el conocimiento del profesorado de ciencias, el CDC que definieron Shulman y sus colaboradores viene definido como «el conocimiento desarrollado por los profesores para ayudar a que otros aprendan» (2007, pp. 1106-1107), y está influenciado por tres conocimientos: el conocimiento disciplinar, el conocimiento pedagógico y el conocimiento del contexto.

El conocimiento disciplinar incluiría tanto el conocimiento sustantivo como el conocimiento de las estructuras sintácticas (Schwab, 1964) citado en (Abell, 2007). El primero podría verse como la variedad de las formas de organización de los conceptos, principios básicos y teorías, y el segundo como el conjunto de reglas de evidencia y pruebas utilizadas para generar y justificar el conocimiento de la disciplina (Abell, 2007; Garritz & Trinidad-Velasco, 2004). El conocimiento pedagógico incluiría aquellos aspectos genéricos de la enseñanza, como principios instruccionales, gestión y organización del aula, teorías de aprendizaje, etc. Y, por último, el conocimiento del contexto tendría en cuenta todo aquello que el profesor conoce sobre la comunidad, la escuela, los antecedentes del estudiante... y que utiliza para enseñar (Abell, 2007).

La mayoría de los modelos elaborados sobre el CDC giran alrededor de estos tres agentes, y se suelen diferenciar acerca de cómo se relacionan y las dimensiones que engloban cada uno. Como explica Gess-Newsome (1999), podemos encontrar dos modelos extremos. Por un lado, el modelo integrador, que supone que el CDC no existe y que el conocimiento del profesor puede explicarse como la intersección de tres constructos: el conocimiento disciplinar, el pedagógico y el del contexto. Esto implica, por lo tanto, que enseñar es el acto de integrar el conocimiento a través de estos tres dominios, de forma que «este conocimiento resultante no implica necesariamente una transformación para dar origen a un saber con unas características particulares», como señala Leal Castro (2014, p.

102), por lo tanto, «basta con que el profesor cuente con unos sólidos cimientos conceptuales de estos saberes [el disciplinar, pedagógico y contextual] para que en la práctica los integre y se produzca así el CDC» (Vallbuena Ussa, 2007, pp. 43-44). En el otro extremo se encuentra el modelo transformador, en el que el CDC es la síntesis de todo el conocimiento necesario para ser un profesor eficaz. En este modelo, el CDC es la transformación del conocimiento disciplinar, pedagógico y contextual en un conocimiento único (Gess-Newsome, 1999, p. 10). Así, continúa la autora, pueden entenderse estos modelos mediante un símil con el concepto químico de mezcla o de compuesto. En una mezcla, los elementos originales permanecen químicamente distintos. Por lo tanto, el modelo integrador sería similar a una mezcla. Los elementos del conocimiento de los dominios de la materia disciplinar, la pedagogía y el contexto se combinan en la práctica en el aula. Por el contrario, el compuesto es una sustancia nueva, distinta de sus ingredientes originales. Así, Gess-Newsome sugiere que el modelo transformador sería similar a un compuesto. En este modelo los conocimientos base se combinan en una nueva forma de conocimiento, el CDC, de forma que «la amalgama resultante es mucho más interesante y potente que sus partes constituyentes» (Gess-Newsome, 1999, p. 11).

Así pues, a la vista de este debate abierto acerca de cómo se conforma el CDC, si como la transformación de estos tres componentes o como su intersección, consideramos apropiado, para tener una perspectiva general de este concepto, describir brevemente las características de los modelos más utilizados, por separado. Esto nos permitirá ver las similitudes y diferencias entre ellos.

### *La propuesta de Shulman*

Posiblemente su trabajo sea el inicio de esta parte de la investigación en la didáctica de las ciencias. En 1986, Shulman introdujo el término Conocimiento

Didáctico del Contenido como uno de los tres tipos de conocimiento que un profesor debe tener para enseñar, los cuales eran el conocimiento del contenido de la materia, ese conocimiento didáctico del contenido y el conocimiento curricular. Un año más tarde, Shulman reformuló los contenidos mínimos del conocimiento del profesorado enumerando los siguientes tipos de conocimiento (Shulman, 1987, p. 8):

- Conocimiento del contenido;
- Conocimiento didáctico general, en referencia a los principios generales y estrategias de gestión y organización del aula;
- Conocimiento del currículum, con especial hincapié en los materiales y programas que sirven como “herramientas del oficio” del profesor;
- Conocimiento didáctico del contenido (CDC), esa especie de amalgama de contenido y didáctica que es única de la labor del profesorado, que es su propia forma de entenderse profesionalmente,
- Conocimiento de los estudiantes y sus características
- Conocimiento de los contextos educacionales, incluyendo al grupo de clase, los distritos escolares y su gestión y financiación, las comunidades y culturas, etc.
- Conocimiento de los objetivos, finalidades y valores de la educación, y sus bases filosóficas e históricas.

De entre todas estas categorías, Shulman destaca el interés del CDC ya que es el que distingue al conocimiento de enseñar. Según sus propias palabras, representa la mezcla entre el contenido y la didáctica llegando a un conocimiento de cómo temas o problemas particulares se organizan, representan y se adaptan a estudiantes con diversos intereses y habilidades de los discentes, y se presentan para su enseñanza. Así, dice Shulman, «el CDC es la categoría que permite

distinguir entre el conocimiento de un especialista en la materia disciplinar y el de un pedagogo» (Shulman, 1987, p. 8).

### *La propuesta de Grossman*

El conocimiento del contexto fue formalizado por Pamela Grossman para tener en cuenta el conocimiento del profesor acerca de las comunidades, escuelas y los antecedentes de los estudiantes que utiliza para impartir clase (Abell, 2007). Así, Grossman define cuatro dominios del conocimiento del profesor: el conocimiento pedagógico general, el conocimiento disciplinar, el conocimiento didáctico del contenido y el conocimiento del contexto (Grossman, 1990, p. 5) citado en (Gess-Newsome, 1999). Como se aprecia en la Figura 1, el único componente que se relaciona con los otros es el CDC, ocupando la posición central. Además, en este modelo, los tres conocimientos que construyen el CDC están guiados por la concepción de los propósitos de la enseñanza de ese contenido, por lo que el carácter formal y práctico del CDC queda explicado, ya que se incluye el conocimiento y las creencias del profesorado (Fernandez, 2014).

Por otro lado, Grossman también identifica las fuentes que permiten desarrollar el CDC. Según esta autora, estas fuentes serían la observación de las clases, la formación en la disciplina, la formación permanente como profesor y la experiencia de enseñanza en el aula (Garritz & Trinidad-Velasco, 2004).

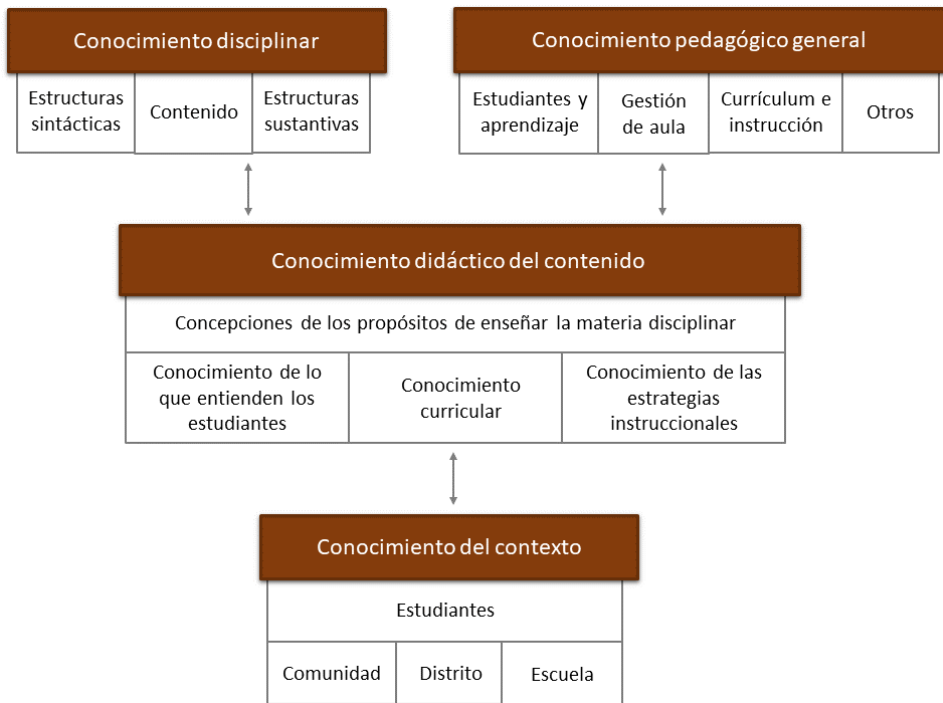


Figura 1 Conocimiento del profesor según el modelo de Grossman (Grossman, 1990). Traducido de (Fernandez, 2014).

### *La propuesta de Magnusson, Krajcik y Borko*

En el libro de Gess-Newsome y Lederman sobre el Conocimiento Didáctico del Contenido (Gess-Newsome & Lederman, 1999) se recogen varios de los modelos aquí resumidos. En concreto, aparece el modelo de Shirley Magnusson, Joseph Krajcik y Hilda Borko, el cual es, posiblemente, el modelo del Conocimiento Didáctico del Contenido más utilizado. En primer lugar, debemos mencionar que los autores se refieren a que ellos describen el CDC como la transformación (palabra enfatizada mediante letra cursiva en el escrito original) de varios tipos de conocimiento, y que representa el dominio único del conocimiento del profesor (Magnusson et al., 1999, p. 95). Como ellos mencionan, su modelo es similar al

modelo de Grossman, con alguna modificación y con la ampliación de un componente: el conocimiento de la evaluación.

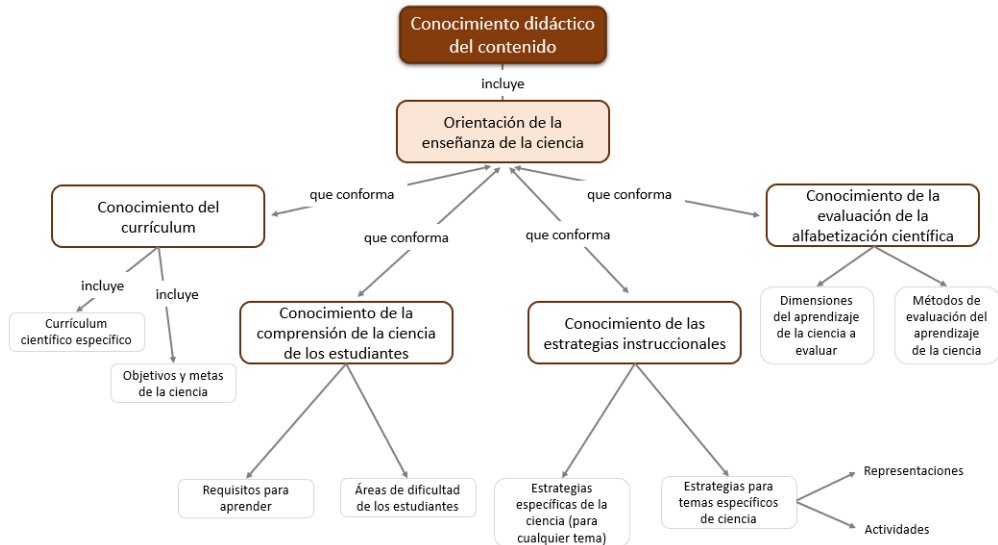


Figura 2 Componentes del CDC según el modelo de Magnusson, Krajcik y Borko. Traducido de (Magnusson et al., 1999).

Como se aprecia en la Figura 2, en este modelo el CDC consta de cinco componentes: orientaciones acerca de la enseñanza de la ciencia, el conocimiento y creencias sobre el currículo, el conocimiento y creencias acerca de lo que entienden los estudiantes sobre un tema específico, el conocimiento y creencias acerca de la evaluación en ciencias y el conocimiento y creencias acerca de las estrategias instruccionales para enseñar ciencia (Magnusson et al., 1999, p. 97).

Comencemos la descripción de cada uno de estos componentes. Las orientaciones acerca de la enseñanza de la ciencia hacen referencia al conocimiento y creencias de los profesores sobre la finalidad y propósitos de enseñar ciencia en cada uno de los diferentes niveles, viendo la orientación como una manera general de visualizar o conceptualizar la enseñanza de la ciencia.

Como ellos indican, «este componente puede verse como un mapa conceptual que guía las decisiones instruccionales sobre los objetivos diarios, el contenido de las tareas que se le piden al alumnado, el uso de manuales escolares y otros materiales curriculares y la evaluación» (Magnusson et al., 1999, p. 97). Siguiendo el ejemplo que los autores incluyen, una misma estrategia en el aula puede corresponderse con diferentes finalidades. Es por esta razón por la que los autores destacan este componente, otorgándole un papel principal en la composición del CDC, ya que influye en la toma de decisiones del profesor.

El conocimiento del currículum es el segundo componente que encontramos en el modelo de Magnusson et al. A pesar de que Shulman lo consideraba como un dominio separado, como hemos mencionado antes, Magnusson, Krajcik y Borko lo consideran parte de este CDC, siguiendo también lo que considera Grossman. Este conocimiento del currículum está, a su vez, conformado por los objetivos y metas obligatorios (incluyendo también qué han aprendido los estudiantes en etapas anteriores y qué se espera que aprendan en etapas posteriores), y los materiales y programas curriculares específicos.

El conocimiento relacionado con los estudiantes aborda lo que los profesores deben saber sobre el alumnado para ayudarles a desarrollar el conocimiento científico específico y, se compone de dos partes: los requisitos para aprender conceptos científicos específicos (que tiene en cuenta las habilidades y destrezas que los estudiantes pueden necesitar para aprender un concepto) y las áreas en las que los estudiantes presentan dificultades (también qué tipo de dificultad, cuáles son los errores más frecuentes que suelen cometer y las preconcepciones o ideas previas que presentan los estudiantes ante algunas cuestiones).

El cuarto componente que refieren Magnusson et al. en su modelo es el relacionado con la evaluación, para ello, se basan en la propuesta de Tamir (1988)



citado en (Magnusson et al., 1999, p. 108), y dividen esta categoría en el conocimiento de las dimensiones de la enseñanza de la ciencia que son importantes evaluar, dentro de una unidad de estudio concreta, y el conocimiento de los métodos para evaluar, ya que, como ejemplifican los autores, no será igual evaluar el conocimiento conceptual de los estudiantes que sus habilidades para hacer una investigación científica.

Por último, el quinto elemento del CDC es el referido a las estrategias instruccionales, compuesto a su vez por dos categorías: el conocimiento de estrategias de una materia específica y el de estrategias de un tema específico, cuya diferencia estriba en el objetivo. Mientras que las primeras se refieren a estrategias para enseñar ciencia en contraposición a otras materias como, por ejemplo, el modelo de aprendizaje generativo o la indagación guiada, las segundas se refieren a un tema en particular dentro de un dominio de la ciencia. Dividen, a su vez, también este segundo tipo de estrategias en dos subcategorías: representaciones (modelos, analogías, ilustraciones, ejemplos) y actividades (problemas, demostraciones, experimentos, simulaciones...).

Es interesante referenciar la reflexión hecha por los autores acerca del uso de estrategias por parte del profesorado. Ellos indican que el uso de unas estrategias u otras está influenciado por sus creencias, de manera que no utilizarán estrategias innovadoras si sus creencias difieren de las premisas de la nueva propuesta (Magnusson et al., 1999, p. 111).

Concluyen Magnusson, Krajcik y Borko que estos componentes del CDC pueden interactuar de diferentes y complejas maneras, así que es importante entender cómo interaccionan y cómo esta interacción influye la manera de enseñar. Destacan, asimismo, que «los profesores efectivos necesitan desarrollar

conocimiento con respecto a todos los aspectos del conocimiento didáctico del contenido y a todos los temas que enseñan» (1999, p. 115).

Por último, los autores proponen cuatro recomendaciones para ayudar a los profesores a aprender nuevas maneras de enseñar:

1. Ayudar al profesorado a examinar sus conocimientos previos y creencias;
2. Abordar la relación entre el conocimiento disciplinar y el CDC;
3. Situar experiencias de aprendizaje para profesorado en contextos significativos (*meaningful contexts*), con la intención de ofrecerles oportunidades de experimentar como estudiantes la estrategia que tendrán que utilizar; y
4. Usar un modelo de componentes del CDC como el propuesto en la Figura 2 como guía para planificar y diseñar la formación de los maestros de ciencias, y las experiencias involucradas en ella, así como conocimiento deseable resultado de esa formación y de esas experiencias.

### *La propuesta de Carlsen*

William Carlsen desarrolla su modelo del CDC también partiendo de la idea de que «estructuralmente, el CDC es una forma del conocimiento del profesor, distinta de otras formas y definida por su relación con estas formas», (Carlsen, 1999, p. 135). Los cinco dominios del conocimiento del profesor que define son los mostrados en la Figura 3: el conocimiento sobre el contexto educacional general, el conocimiento acerca del contexto educacional específico, el conocimiento pedagógico general, el conocimiento disciplinar y el conocimiento didáctico del contenido. Como se puede ver, en este modelo se enfatiza la importancia del contexto, dividiéndose el conocimiento del contexto en dos, uno general y otro específico, y teniendo una relación única con los otros dominios (Fernandez,

2014). Según Carlsen, «los factores contextuales pueden llevar a la creación de un nuevo CDC, y un nuevo CDC (como la capacidad de ver más allá de las ideas de los estudiantes) puede estimular al profesor para entender a sus estudiantes de manera diferente y a recrear el entorno del aula -su disposición, las tareas que se les da a los estudiantes, el lugar del profesor-, en resumen, para cambiar el contexto de la instrucción» (Carlsen, 1999, pp. 141-142).

Además, como se aprecia en el esquema y así también lo explicita en el texto el autor, «el “Conocimiento Didáctico del Contenido” se define de forma diferente, pero relacionado con el “conocimiento pedagógico general” y con el “conocimiento disciplinar”», (Carlsen, 1999, p. 135). Así, dentro de este conocimiento, y a diferencia del modelo de Grossman, los propósitos de la enseñanza de la ciencia están al mismo nivel que los otros componentes del CDC (Fernandez, 2014).

Encontramos dos diferencias más entre el modelo de Carlsen y el de Grossman. En primer lugar, en el conocimiento disciplinar, Carlsen ha incluido la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología, y así lo defiende explícitamente diciendo que «el estudio de la historia, filosofía y sociología de la ciencia debe incluirse en los programas de formación de los profesores» (Carlsen, 1999, p. 141). Y en segundo lugar, Carlsen ha incluido el entender las principales concepciones erróneas de los estudiantes y las estrategias instruccionales de temas específicos dentro del conocimiento pedagógico general, refiriendo la especial importancia que tienen estos dos aspectos en la educación científica (Carlsen, 1999, p. 141).

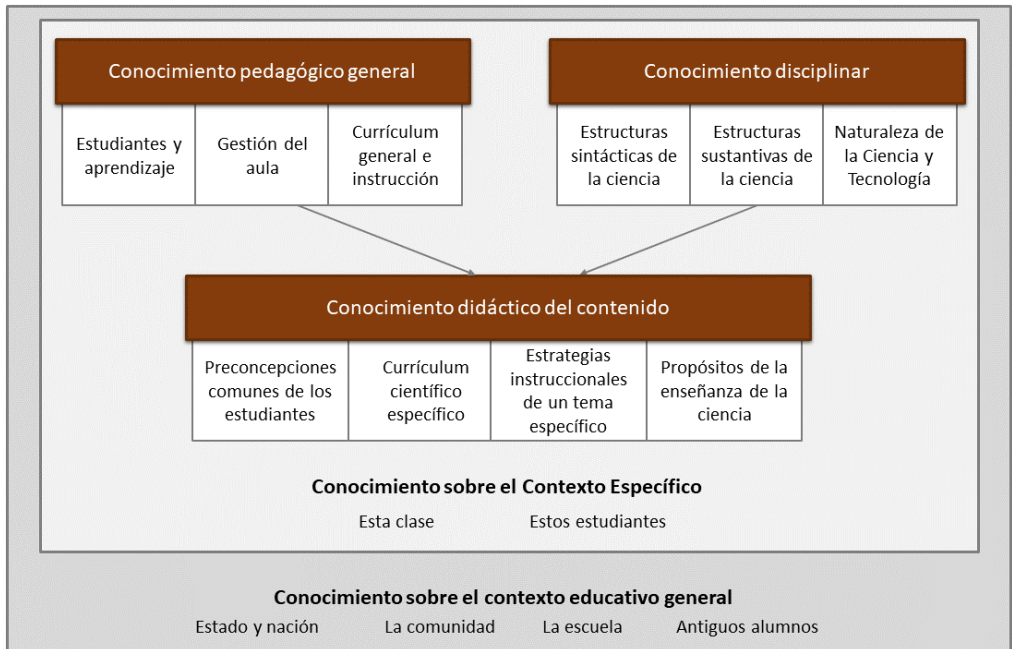


Figura 3 Conocimiento del profesor según el modelo de Carlsen. Traducido de (Carlsen, 1999).

### *La propuesta de Abell*

Mostramos, como complemento y finalización de este breve recorrido entre los modelos internacionales del CDC, la propuesta que Sandra Abell (2007) presenta en el *Handbook of Research on Science Education* (Abell & Lederman, 2007). En dicho trabajo, Abell realiza una unificación de los dos modelos más utilizados en la literatura (Fernandez, 2014): el de Grossman (1990) y el de Magnusson et al. (1999), y cuyo esquema traducido mostramos en la Figura 4.

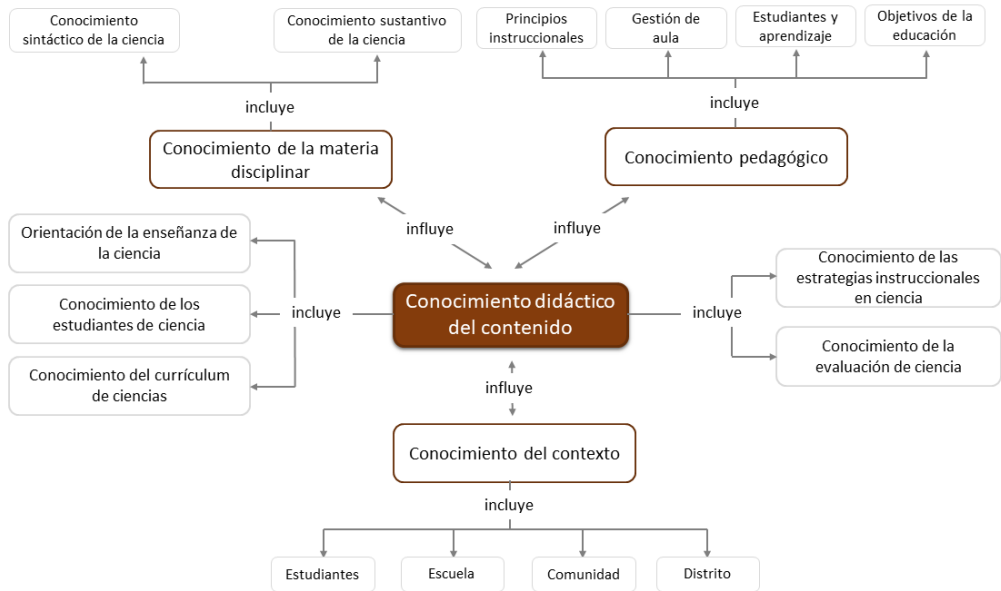


Figura 4 Conocimiento del profesor según el modelo de Abell. Traducido de (Abell, 2007)

### *Propuestas de nuestro país*

Comenzamos describiendo la propuesta de Furió y Gil (Furió & Gil, 1989, 1999; Gil, 1993; Gil et al., 1991) recogida y enumerada en (Furió & Carnicer, 2002). En dicho trabajo, se defiende que un profesor de ciencias debe:

1. Conocer la materia.
2. Conocer y cuestionar el pensamiento docente espontáneo, para que pueda reflexionar sobre la visión que tiene de la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico.
3. Aprender conocimientos teóricos sobre cómo aprenden los estudiantes, tanto acerca de las concepciones alternativas como de los modelos de aprendizaje favorecedores de un cambio conceptual, metodológico y actitudinal.

4. Saber preparar un programa de actividades centrado en la búsqueda de soluciones a situaciones problemáticas didácticas.
5. Saber dirigir la actividad de los alumnos/as en clase.
6. Evaluar la actividad de clase y, en particular, de la enseñanza a partir de métodos de observación no participante en el aula.
7. Iniciar en la realización de innovaciones e investigaciones didácticas.

Como vemos, están presentes los agentes que han ido apareciendo a lo largo de los modelos anteriores, como el conocimiento disciplinar a través de los dos primeros puntos, el conocimiento pedagógico general contenido en los cuatro siguientes puntos y el conocimiento del contexto, que también subyace en estos ítems, ya que es un saber aplicado a sus estudiantes. Sin embargo, podríamos decir que el último punto es un nuevo aspecto incluido en la formación del profesor. Furió y Carnicer insisten en la necesidad de que el profesorado se involucre en la innovación docente y las investigaciones didácticas, aludiendo, por lo tanto, a un carácter dinámico del conocimiento del profesor, y relacionado directamente con su labor profesional. Sin embargo, las investigaciones realizadas por profesores expertos, ajenos a los centros de primaria y secundaria, llegan poco a los profesores en activo, independientemente de que sean investigaciones «para» los profesores o «sobre» los profesores (Mellado, 2003).

Esta inclusión de la parte profesional en el conocimiento que debe tener un profesor nos lleva a un segundo término que debemos contemplar cuando abordamos la formación del maestro de ciencias: el Conocimiento Profesional del Profesorado. Este concepto no aumentaría la complejidad del CDC en el aula, sino que atendería a su parte profesional, tales como teorías implícitas del profesorado, trabajo en equipo con otros profesores, gestión de centro, atención a las familias, tutorías, elaboración de proyectos, búsqueda de recursos, etc.

El concepto de pensamiento docente espontáneo incluido en el modelo anterior es ese conocimiento tácito profesional, que acuñan Porlán y Rivero (Porlán et al., 1998; Porlán & Rivero, 1998; Rivero, Martín del Pozo, et al., 2017), para designar el conocimiento que tiene el profesor resultado de su experiencia como alumno y que se ha ido desarrollando a lo largo de los años anteriores a su formación inicial. Este concepto también se puede intuir en los modelos anteriores de Grossman (1990) o Magnusson et al. (1999) que mencionaban las creencias del profesor, y es un concepto a tener en cuenta ya que es muy difícil que los profesores cambien sus hábitos de conducta y de enseñanza (Cañal, 2002). Como señalaba Delval en este trabajo de Cañal, los profesores «enseñan, sobre todo, como les enseñaron a ellos y cuando se tiene una cierta práctica resulta extremadamente difícil cambiar» (Cañal, 2002, p. 80).

En esta línea se enmarca las últimas propuestas de conocimiento del profesor que vamos a describir, en las que se incluyen las concepciones personales del profesorado como parte importante del conocimiento didáctico del contenido (Mellado, 2003; Rivero, Martín del Pozo, et al., 2017). Un estudio reciente muestra, después de estudiar a casi 350 alumnos de Educación Primaria, que los maestros en formación suelen presentar, al inicio de sus estudios, aproximaciones al modelo de enseñanza tradicional (Hamed et al., 2020). No es extraño pues, que, en nuestro país, los planes de formación del profesorado comenzaran a contemplar estas pre-concepciones docentes ya a finales de los años 80, como se recuerda en Gil et al. (1998).

Este conocimiento tácito profesional influye en cómo será la actuación como docente del actual estudiante, y es labor de la formación inicial que este conocimiento evolucione y acabe desarrollándose hasta el conocimiento profesional deseable, basado en los resultados de la investigación (Porlán, 2018).

Así, la propuesta de Porlán y Rivero (1998) defiende que este conocimiento puede evolucionar si el futuro docente se enfrenta a problemas de la práctica docente durante su formación inicial. Por lo tanto, entendemos que, tanto en su formación inicial como también en su práctica docente posterior, el futuro maestro de ciencias debe reflexionar sobre lo que sabe, lo que conoce y/o lo que entiende, cuestionarse lo que ha interiorizado como alumno, tanto en cuando a ideas como a prácticas docentes, y recibir la invitación a cambiarlas (Sanmartí, 2002). Así, el alumnado partiría de modelos docentes tradicionales, pasaría por niveles intermedios y tendría como referencia los modelos más innovadores (Mellado, 2003). Evidencias de que esta evolución es posible ya se han encontrado, en concreto, en la modificación de las propuestas didácticas que hacen estudiantes de Educación Primaria (Hamed et al., 2020).

Volviendo al conocimiento didáctico del contenido, Mellado (1996) referencia que se desarrollaría a partir de la reflexión personal y de la práctica docente. No obstante, la mera y única reflexión sobre las concepciones no es garantía de que los cambios se vean transferidos al aula posteriormente, por lo que el autor defiende «la implicación y reflexión personal y de la práctica de la enseñanza de la materia específica en contextos escolares concretos» (Mellado, 1996, p. 298). Así, por ejemplo, el uso de estudio de casos permitiría al futuro docente contrastar sus ideas y conductas con la actuación de los profesores expertos, y a su vez, las prácticas de enseñanza serían cruciales para que estos futuros maestros pudieran ir creándose sus propias estrategias en situaciones concretas (Mellado, 1996). Sin embargo, como refiere el autor años después, a pesar de que las prácticas son esenciales, dependen de tantos factores externos que es el «fenómeno más incontrolado de la formación» (Mellado, 2003).



En definitiva, una simple reflexión sobre lo expuesto nos permite ver que la formación del profesor de ciencias no se compone sólo de una suma de contenidos disciplinares y su didáctica. El profesor necesita una serie de competencias y conocimientos transversales relacionados con su labor docente profesional, así como un deseo de mejora, que necesita una reflexión e intención de cambio de sus concepciones personales, que le otorgan una complejidad y, a la vez, un alcance mayor a «eso» que se necesita para impartir clase.

## Formación científica en el Grado en Educación Primaria

Como ya se ha declarado previamente, la presente tesis tiene como objeto de estudio a los maestros y maestras en formación inicial, por lo que creemos necesario explicitar resumidamente cómo se articula su formación en las aulas universitarias.

Por un lado, detallemos las leyes que regulan su formación:

- La resolución de 17 de diciembre de 2007, de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación, por la que se publica el Acuerdo de Consejo de Ministros de 14 de diciembre de 2007, por el que se establecen las condiciones a las que deberán adecuarse los planes de estudios conducentes a la obtención de títulos que habiliten para el ejercicio de la profesión regulada de Maestro en Educación Primaria;
- Y la orden ECI/3857/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Maestro en Educación Primaria.

En la formación del grado de Maestro en Educación Primaria, con un total de 240 ECTS, se incluyen 60 ECTS de formación básica (sobre Aprendizaje y desarrollo de la personalidad, Procesos y contextos educativos y Sociedad, familia y escuela), 100 ECTS del módulo Didáctico y disciplinar (sobre Enseñanza y aprendizaje de Ciencias Experimentales, Ciencias Sociales, Matemáticas, Lenguas, Educación musical, plástica y visual y Educación física) y 50 ECTS de Practicum (incluyendo tanto las prácticas escolares como el Trabajo Fin de Grado). En concreto, dentro de la Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, aparecen las competencias que deben adquirirse en relación a las ciencias experimentales:

*«Comprender los principios básicos y las leyes fundamentales de las ciencias experimentales (Física, Química, Biología y Geología). Conocer el currículo escolar de estas ciencias. Plantear y resolver problemas asociados con las ciencias a la vida cotidiana. Valorar las ciencias como un hecho cultural. Reconocer la mutua influencia entre ciencia, sociedad y desarrollo tecnológico, así como las conductas ciudadanas pertinentes, para procurar un futuro sostenible. Desarrollar y evaluar contenidos del currículo mediante recursos didácticos apropiados y promover la adquisición de competencias básicas en los estudiantes» (ECI/3857/2007, 2007).*

Por otro lado, para entender cómo es la formación científica de los maestros durante su etapa pregrado, es necesario conocer cómo se articulan los contenidos curriculares de Educación Primaria de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza. Actualmente, en el currículo básico de la Educación Primaria, las Ciencias de la Naturaleza son una de las asignaturas troncales que el alumnado debe cursar en todos los cursos, desde primero a sexto. Esta asignatura comparte

carácter troncal con las Ciencias Sociales, la Lengua Castellana y Literatura, las Matemáticas y la Primera Lengua Extranjera (BOE, 2014), y está dividida en cinco bloques, correspondientes a Bloque 1: “Iniciación a la actividad científica”, Bloque 2: “El ser humano y la salud”, Bloque 3: “Los seres vivos”, Bloque 4: “Materia y energía” y Bloque 5: “La tecnología, objetos y máquinas”. Detallamos a continuación los contenidos de cada uno de los bloques (BOE, 2014):

- **Bloque 1. Iniciación a la actividad científica:** Iniciación a la actividad científica. Aproximación experimental a algunas cuestiones. Utilización de diferentes fuentes de información (directas, libros). Lectura de textos propios del área. Utilización de las tecnologías de la información y comunicación para buscar y seleccionar información, simular procesos y presentar conclusiones. Hábitos de prevención de enfermedades y accidentes, en el aula y en el centro. Utilización de diversos materiales, teniendo en cuenta las normas de seguridad. Trabajo individual y en grupo. Técnicas de estudio y trabajo. Desarrollo de hábitos de trabajo. Esfuerzo y responsabilidad. Planificación de proyectos y presentación de informes. Realización de proyectos.
- **Bloque 2. El ser humano y la salud:** El cuerpo humano y su funcionamiento. Anatomía y fisiología. Aparatos y sistemas. Las funciones vitales en el ser humano: Función de relación (órganos de los sentidos, sistema nervioso, aparato locomotor). Función de nutrición (aparatos respiratorio, digestivo, circulatorio y excretor). Función de reproducción (aparato reproductor). Salud y enfermedad. Principales enfermedades que afectan a los aparatos y sistemas del organismo humano. Hábitos saludables para prevenir enfermedades La conducta responsable. Efectos nocivos del consumo de alcohol y drogas. Avances de la ciencia que

mejoran la vida. Conocimiento de actuaciones básicas de primeros auxilios. Conocimiento de sí mismo y los demás. La identidad y la autonomía personal. La relación con los demás. La toma de decisiones: criterios y consecuencias. La resolución pacífica de conflictos. La igualdad entre hombres y mujeres.

- **Bloque 3. Los seres vivos:** Seres vivos, seres inertes. Diferenciación. Organización interna de los seres vivos. Estructura de los seres vivos: células, tejidos: tipos; órganos; aparatos y sistemas: principales características y funciones. Los seres vivos: Características, clasificación y tipos. Los animales vertebrados e invertebrados, características y clasificación. Las plantas: La estructura y fisiología de las plantas. La fotosíntesis y su importancia para la vida en la Tierra. Las relaciones entre los seres vivos. Cadenas alimentarias. Poblaciones, Comunidades y ecosistemas. Características y componentes de un ecosistema. Ecosistemas, pradera, charca, bosque, litoral y ciudad y los seres vivos. La biosfera, diferentes hábitats de los seres vivos. Respeto de las normas de uso, de seguridad y de mantenimiento de los instrumentos de observación y de los materiales de trabajo. Interés por la observación y el estudio riguroso de todos los seres vivos. Hábitos de respeto y cuidado hacia los seres vivos. Normas de prevención de riesgos. Uso de medios tecnológicos para el estudio de los seres vivos.
- **Bloque 4. Materia y energía:** Estudio y clasificación de algunos materiales por sus propiedades. Utilidad de algunos avances, productos y materiales para el progreso de la sociedad. Diferentes procedimientos para la medida de la masa y el volumen de un cuerpo. Explicación de fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad. La flotabilidad en un

medio líquido. Predicción de cambios en el movimiento o en la forma de los cuerpos por efecto de las fuerzas. Concepto de energía. Diferentes formas de energía. Fuentes de energía y materias primas: su origen. Energías renovables y no renovables. La luz como fuente de energía. Electricidad: la corriente eléctrica. Circuitos eléctricos. Magnetismo: el magnetismo terrestre. El imán: la brújula. Planificación y realización de experiencias diversas para estudiar las propiedades de materiales de uso común y su comportamiento ante la luz, el sonido, el calor, la humedad y la electricidad. Observación de algunos fenómenos de naturaleza eléctrica y sus efectos (luz y calor). Atracción y repulsión de cargas eléctricas. Separación de componentes de una mezcla mediante destilación, filtración, evaporación o disolución. Reacciones químicas: la combustión, la oxidación y la fermentación. Utilidad de algunos avances, productos y materiales para la sociedad. Fuentes de energías renovables y no renovables. El desarrollo energético, sostenible y equitativo.

- **Bloque 5. La tecnología, objetos y máquinas:** Máquinas y aparatos. Tipos de máquinas en la vida cotidiana y su utilidad. Análisis de operadores y utilización en la construcción de un aparato. Construcción de estructuras sencillas que cumplan una función o condición para resolver un problema a partir de piezas moduladas. La electricidad en el desarrollo de las máquinas. Elementos de los circuitos eléctricos. Efectos de la electricidad. Conductores y aislantes. La relación entre electricidad y magnetismo. La ciencia: presente y futuro de la sociedad. Beneficios y riesgos de las tecnologías y productos. Importantes descubrimientos e inventos. Tratamiento de textos. Búsqueda guiada de información en la red. Control

del tiempo y uso responsable de las tecnologías de la información y la comunicación.

A esta asignatura debe añadirse los contenidos del Bloque 2 “El mundo en que vivimos” de la asignatura de Ciencias Sociales, que incluye contenidos propiamente de las Ciencias Experimentales:

- **Bloque 2. El mundo en que vivimos:** El Universo y el Sistema Solar: el Sol. Los Planetas. El planeta tierra y la luna, su satélite. Características. Movimientos y sus consecuencias. La representación de la Tierra. Orientación en el espacio. Globos terráqueos Identificación de los polos, el eje y los hemisferios. Cartografía. Planos y mapas. Escalas. Puntos de la tierra: los paralelos y meridianos. Coordenadas geográficas: Latitud y longitud. El Planisferio: físico y político. La Atmósfera. Fenómenos atmosféricos. El tiempo atmosférico. Medición y predicción. Mapas del tiempo. Símbolos convencionales. El clima y factores climáticos. Las grandes zonas climáticas del planeta. Los tipos de climas de España y sus zonas de influencia. La hidrosfera. Distribución de las aguas en el planeta. El ciclo del agua. La Litosfera: características y tipos de rocas. Rocas y minerales: Propiedades usos y utilidades. La diversidad geográfica de los paisajes de España: relieve e hidrografía. La diversidad geográfica de los paisajes de Europa: relieve, climas, e hidrografía. La Intervención Humana en el Medio. El desarrollo sostenible. Los problemas de la contaminación. El cambio climático: Causas y consecuencias. Consumo responsable.

### *Características de los maestros en formación inicial*

A continuación, enumeraremos algunas de las características de los estudiantes del Grado en Maestro en Educación Primaria, que nos van a ayudar a entender, en gran parte, cómo es la formación científica que se les propone durante el grado.

En primer lugar, encontramos que muchos de ellos no proceden del bachillerato científico. A título de ejemplo, en el curso 2019/20, en la Universitat de València sólo un 12,7% procedía del bachillerato científico (Universitat de València, 2021). Además, posiblemente derivada de esta situación, la formación científica con la que acceden es de nivel básico, cercana a la de tercero de la ESO y suelen presentar una actitud negativa hacia las ciencias (Campanario, 1998; Cañal, 2000; Cortés Gracia et al., 2012; Gavidia, 2008; Mellado et al., 2014; Verdugo-Perona et al., 2019). Estas condiciones influyen en cómo se organiza la formación científica del grado en Educación Primaria, siendo habitual encontrar asignaturas, o partes de asignatura, de contenidos científicos disciplinares, con intención de favorecer su alfabetización científica.

Esta filosofía parece estar presente ya en el Libro Blanco de la ANECA, a partir del cual se pusieron en marcha las guías de las titulaciones de magisterio cuando se convirtieron en grados de cuatro años. En dicho documento, aparece textualmente:

*«Como sucedía en otras áreas del currículo, también aquí encontramos que las competencias más valoradas aluden a aspectos vinculados directamente con el desarrollo didáctico del área, junto con la imprescindible formación y conocimiento de los contenidos del propio currículo de ciencias de la Ed. Primaria» (ANECA, 2005, p. 103),*

en referencia a las valoraciones de las competencias docentes del área de Ciencias experimentales de los docentes de Educación Primaria y mostrando que, desde la creación de los grados en Educación Primaria, la alfabetización científica de los futuros docentes de primaria es una cuestión importante y así se tiene en cuenta en la planificación de su formación de grado. Esto se ve corroborado en trabajos como el de García-Barros (2016), en el que se encuentra una presencia elevada de asignaturas de contenidos disciplinares en los planes del grado en Educación Primaria, a pesar de que su relación con las asignaturas de didáctica es todavía insuficiente (García-Barros, 2016). Además, coincidimos con Repetto Jiménez en que, en Educación Primaria, el papel de la formación en ciencias debe favorecer una «acumulación experiencial precientífica, a través de actividades exploratorias de conocimiento del medio y, con ello, despertar la curiosidad científica, desarrollar un interés crítico hacia el estudio de las ciencias y del papel que juegan en nuestras vidas, en la transformación del medio, etc., promoviendo actitudes y comportamientos de respeto y defensa de la naturaleza» (Repetto Jiménez, 2016, pp. 235-236). Por lo tanto, la única manera de alcanzar esto es mediante una verdadera alfabetización científica del cuerpo docente.

Asimismo, la literatura referencia una falta de conocimiento y presencia de concepciones alternativas de los maestros en formación sobre aspectos disciplinares de las diferentes ciencias experimentales, como aspectos de anatomía (Ruiz-Gallardo et al., 2019), biología celular o microbiología (Marcos & Esteban, 2017), energía (Ibáñez Plana & Barrau, 2014), astronomía (Varela-Losada et al., 2015) o ecología básica de los ríos (Ladrera et al., 2020), entre otros.

Justificada la necesidad de formar en contenidos disciplinares a los futuros maestros, y no sólo en aspectos de didáctica específica, nos surge ahora la siguiente pregunta: ¿qué formación científica y de didáctica es la adecuada para



estos estudiantes del grado en Educación Primaria y cómo la llevamos a cabo de la manera más eficaz posible? Somos conscientes de que dar respuesta a esta cuestión requeriría de diferentes instrumentos y agentes que exceden de la presente tesis doctoral. No obstante, sí recogeremos, como así lo veremos en la primera y segunda parte de este manuscrito, lo que se declara en las guías docentes de los planes de estudio de Educación Primaria y qué opinión tienen acerca de ello los formadores de maestros. Ello nos permitirá tener una primera aproximación a la respuesta de esta pregunta fundamental sobre cómo debe ser la enseñanza científica que reciban los maestros y maestras en formación.

### La enseñanza de las ciencias por indagación

Diferentes informes internacionales (National Research Council, 2000; Rocard et al., 2007) presentan la Enseñanza de las Ciencias basada en la Indagación, ECBI, como una metodología útil para el fomento del interés de los jóvenes hacia las ciencias, para la mejora de las ideas científicas de los alumnos y de su participación, y en una mejor imagen de la ciencia (Aguilera Morales et al., 2018; Romero-Ariza, 2017). También ayuda a aumentar las emociones positivas y disminuir las negativas (Alvarado et al., 2019). Sin embargo, a pesar de que parece una estrategia de enseñanza moderna, Schwab ya sugirió, en los años 60, que los profesores presentaran la ciencia como una indagación y que los estudiantes aprendieran ciencia a través de la indagación (Schwab, 1966) citado en (Garritz, 2006). Y anteriormente, John Dewey recomendó, a principios del siglo XX, incluir la indagación en el currículum científico de primaria y secundaria (Dewey, 1910) citado en (Garritz, 2010). Desde entonces, mucho se ha escrito e investigado sobre indagación en las aulas de todos los niveles educativos.

Cuando leemos trabajos sobre indagación, encontramos que dentro de esta denominación se enmarcan muchas intervenciones didácticas y se han dado

muchas definiciones (Couso, 2014; Garritz, 2010; Reyes-Cárdenas & Padilla, 2012). No hay un consenso general sobre si la ECBI consiste en aprender ciencia indagando o en aprender indagación, o como Abd-El-Khalick et al. definen en su texto original “indagación como medio” o “indagación como fin”, «“inquiry as means” (or inquiry in science)» o «“inquiry as ends” (or inquiry about science)» (Abd-El-Khalick et al., 2004, p. 398). Así, la primera corriente considera la indagación como una estrategia instruccional que ayuda a los estudiantes a entender los contenidos científicos. La segunda corriente tiene a la indagación como fin, de manera que el alumnado aprende a realizar indagaciones en el contexto del contenido científico y aprende sobre la Naturaleza de la Ciencia y cómo se desarrolla el conocimiento científico, junto a competencias investigadoras tales como identificar problemas, generar preguntas de investigación o formular hipótesis, entre otras (Abd-El-Khalick et al., 2004).

También hay diferencias sobre cómo realizar la indagación. Entre los tipos de indagación que encontramos, presentamos aquí la división que realiza Martin-Hansen (2002):

- *Indagación abierta*: estrategia centrada en el estudiante, en la que se parte de una pregunta del estudiante, permitiéndole que, ya sea individualmente o en grupos, diseñe y lleve a cabo una investigación o experimento y comunique los resultados. Es la que más se aproxima al trabajo real de los científicos.
- *Indagación guiada*: estrategia en la que el profesor apoya a los estudiantes a desarrollar sus investigaciones en el aula. Normalmente, el profesor elige la pregunta de investigación, y los estudiantes le ayudan para decidir cómo proceder. Este tipo de indagación es la antesala natural a la indagación abierta.

- *Indagación acoplada*: estrategia que combina las dos indagaciones anteriores. Partiendo de una invitación a indagar mediante una indagación guiada, el profesor elige la pregunta. Después de una indagación guiada, se pasa a una implementación de indagación abierta, de manera que el ciclo de esta estrategia sería: 1) invitación a indagar, 2) el profesor comienza la indagación guiada, 3) el estudiante inicia la indagación abierta, 4) resolución mediante indagación y 5) evaluación.
- *Indagación estructurada*: estrategia que suele consistir en una indagación dirigida por el profesor. Típicamente, suele ser una serie de instrucciones (una lección «de libro de recetas») en la que los estudiantes siguen las directrices del profesor.

Ahora bien, ¿es preferible una indagación completamente abierta en manos del alumno o una indagación guiada que simplemente responda preguntas propuestas en clase? La reflexión teórica que hacía Gil en la década de los 80 sobre que «el aprendizaje por descubrimiento será efectivo sólo en la medida en que la situación de aprendizaje esté muy estructurada, simplificada y programada expertamente» (Gil, 1983, p. 29), se ha visto respaldada recientemente mediante trabajos como el de Romero-Ariza (2017), en el que se presentan evidencias de que una investigación completamente abierta no favorece el aprendizaje, refiriéndose mayores beneficios cuando la indagación es guiada y orientada por el profesor frente a una indagación completamente abierta.

De todos modos, independientemente del tipo de indagación, hay una serie de características comunes a todas ellas (Couso, 2014):

- Se organizan en torno a un escenario de investigación, normalmente de tipo práctico donde el alumnado plantea preguntas y obtienen sus propios datos.
- Se le da mucha importancia a la actitud y motivación de los estudiantes, dándoles un papel muy activo, autónomo y con capacidad de decisión y elección.
- Se fomenta un papel pasivo del profesor, quedando como guía o facilitador de la indagación.
- Se siguen los pasos de una investigación científica real.

Por otro lado, la revisión sistemática de Pedaste et al. enumera las fases principales del aprendizaje basado en indagación, las cuales son (Pedaste et al., 2015):

- *Orientación*: fase en la que estimula la curiosidad mediante un tema y se propone un desafío de aprendizaje a través de un problema.
- *Conceptualización*: fase compuesta de dos sub-fases:
  - *Elección de la pregunta de investigación*: proceso de generar las preguntas de investigación basadas en el problema.
  - *Generación de hipótesis*: proceso de generar las hipótesis relacionadas con el problema
- *Investigación*: fase en la que se diseña la investigación, se realiza el experimento y se recogen los datos. Se compone de tres sub-fases más:
  - *Exploración*: proceso en el que los estudiantes hacen descubrimientos relacionados con sus preguntas sin tener hipótesis claras en mente.
  - *Experimentación*: proceso en el que los estudiantes recogen evidencias relacionadas con una hipótesis. Tanto en esta fase

como en la anterior, se incluye el diseño e implementación de las actividades investigadoras.

- *Interpretación de los datos*: proceso en el que los estudiantes dan sentido a los datos recogidos y resumen el nuevo conocimiento.
- *Conclusión*: fase en la que se extraen las conclusiones básicas del estudio. El resultado de esta fase es una conclusión final sobre los descubrimientos hechos respondiendo a las preguntas de investigación o hipótesis.
- *Discusión*: fase compuesta de dos sub-fases:
  - *Comunicación*: proceso externo en el que los estudiantes presentan y comunican sus hallazgos y conclusiones, y reciben retroalimentación y comentarios de los otros.
  - *Reflexión*: proceso de describir, criticar, evaluar y discutir la indagación, ya sea el ciclo completo o una fase específica. Discusión interior.

Se entienda lo que se entienda por indagación, a partir de lo anteriormente expuesto, puede verse que la Naturaleza de la Ciencia y cómo se genera el conocimiento científico son dos actores principales de esta metodología. Esto conlleva, por lo tanto, dos consecuencias. La primera es que el profesor debe tener conocimientos acerca de la Naturaleza de la Ciencia y, la segunda es que es necesario que el docente conozca en qué consiste la indagación.

Con respecto a la primera cuestión, parece evidente que las cuestiones sobre la Naturaleza de la Ciencia deben tener cabida dentro del plan de formación del futuro maestro de ciencias. Hace cerca de quince años, Guisasola y Morentín ya denunciaron que estos aspectos no se incluían en la formación inicial de maestros (Guisasola & Morentin, 2007), a pesar de que tanto nacional como internacionalmente se hubiera defendido su inclusión (Abd-El-Khalick et al., 2004;

Furió & Carnicer, 2002; Gil, 1991; Rutherford, 1964) entre otros. Sin embargo, queremos destacar la reflexión de Duschl, incluida en su aportación al estudio de Abd-El-Khalick et al. (2004). En dicho trabajo, Duschl comparte con Lederman que las actividades de desarrollo profesional deben encaminarse hacia un conocimiento del profesor tanto en indagación como en Naturaleza de la Ciencia. Sin embargo, se pregunta cómo hacerlo, ya que, según su opinión, la «Naturaleza de la Ciencia no puede ser enseñada directamente, sino que se aprende, como una lengua, siendo parte de una cultura» (Abd-El-Khalick et al., 2004, p. 412). Nos parece muy acertada la expresión, mostrando la singularidad y, a la vez, la complejidad de la Naturaleza de la Ciencia y su enseñanza/aprendizaje.

Con respecto a la segunda cuestión, y relacionada con esta última idea de Duschl, la consecuencia que entrevemos es que se debería asegurar la presencia de la metodología indagatoria en la formación inicial del maestro para que éste la pueda llevar posteriormente al aula. Metaanálisis como el de Furtak et al. encuentran un mayor efecto en el aprendizaje de los estudiantes cuando siguen una indagación guiada por el estudiante que cuando son los estudiantes los que guían, así como destacan la importancia del papel del profesor (Furtak et al., 2012). Por lo tanto, si la importancia del papel del profesor para el éxito de las metodologías indagatorias está demostrada, ¿los futuros maestros de ciencias están formados en indagación? Veamos lo que dice la literatura en el próximo apartado.

### La formación de los maestros y maestras en indagación

La primera realidad que tenemos que tener en cuenta antes de responder a la pregunta anterior es que en las aulas de Primaria todavía se enseña ciencia con metodologías expositivas (Cañal et al., 2013; De Pro & Nortes, 2013; Vilchez & Ceballos, 2014). En el trabajo de Cañal y colaboradores se encontró, no sólo que

la metodología expositiva estaba muy presente, sino además que, en primaria, era frecuente utilizar el libro del texto como principal fuente de información. El trabajo de De Pro y Nortés mostraba que los maestros en formación tenían una experiencia previa como alumnos constituida principalmente por el uso de metodologías transmisivas y el empleo del libro de texto. En el trabajo de Vílchez y Ceballos, analizando qué se hacía en aulas de Sevilla a través de las respuestas del alumnado en prácticas, se encontró que en torno al 60% utilizaba la metodología expositiva. Otro ejemplo más reciente lo encontramos en el estudio de Valverde y Sánchez (2020), en el que se trabajó con más de 130 alumnos de tercer curso del Grado de Educación Primaria al finalizar su formación en ciencias y sus prácticas escolares. Entre otras cuestiones, se les preguntaba acerca de cómo enseñar ciencia y cómo habían visto que se enseñaba la ciencia en sus prácticas. Resulta interesante que los alumnos, a pesar de que rechazaban el método transmisivo en la primera pregunta, prefiriendo la investigación escolar y el descubrimiento, sí reconocían que no eran éstas las metodologías que más habían utilizado en sus prácticas escolares a la hora de enseñar ciencia. Los autores creen que «puede deberse a que los maestros en formación perciben un predominio de enseñanza tradicional en las aulas de primaria» (Valverde Pérez & Sánchez Blanco, 2020, p. 135). Sin embargo, y a pesar de que no sea objeto de estudio en nuestra tesis doctoral, conviene recordar que este problema no es exclusivo de primaria, sino que en la etapa de educación infantil también se ha observado una falta de actividades para trabajar la metodología científica (Cantó et al., 2016).

Por todo ello nos preguntamos: ¿por qué ocurre esto? ¿Por qué, si lo más deseable es utilizar las metodologías indagatorias, no se suelen utilizar en las aulas de primaria? Para responder a esta pregunta, una vez reconocida la importancia de

la indagación para el alumnado de Primaria y teniendo presente el escenario de las aulas de Primaria, sólo nos queda abordar qué se sabe actualmente del conocimiento que tienen los maestros y maestras sobre indagación, tanto en activo como en su etapa de formación. En la literatura se encuentran propuestas para la formación científica de los futuros maestros de esta metodología indagatoria (Carrasquer & Alvarez, 1988; Eugenio-Gozalbo, 2016; Garrido Espeja & Couso, 2017; Godoy et al., 2014; Martínez Chico et al., 2014, 2015; Vílchez & Bravo Torija, 2015), obteniéndose resultados positivos después de realizar este tipo de propuestas (Greca et al., 2017). En este trabajo, después de experiencias con metodologías indagatorias, los alumnos reconocen un aumento de sus conocimientos procedimentales y una mejoría de la imagen de la ciencia, reconociendo la metodología como motivadora para sus futuros alumnos de primaria y su intención de aplicarla. También se presentan resultados positivos en (Godoy et al., 2014) que, a pesar de tener una muestra pequeña, encuentran una mejora en el conocimiento en indagación entre el alumnado de Maestro en Educación Primaria después de realizar actividades de indagación en una asignatura. Asimismo, observan una mejoría en las concepciones de estos estudiantes sobre la potencialidad didáctica de la actividad experimental para enseñar contenidos y fomentar competencias de pensamiento científico entre el alumnado (Godoy et al., 2014).

Sin embargo, hay estudios que indican que los maestros en activo y los futuros maestros tienen dudas sobre qué es exactamente enseñar a investigar. Por ejemplo, se ha encontrado que los maestros en formación inicial fallan en identificar variables cuando construyen un experimento, en elaborar hipótesis o en definir operacionalmente (Montero-Pau et al., 2017). Carrasquer et al. (2021) mostraron que, inicialmente, el alumnado del grado en Educación Primaria



presentaba cierto desconocimiento de las características de la NOS, como la creatividad, que mejoraba después de dos experiencias de investigación. En Crujeiras y Puig (2014) se encontró que la mayoría de los estudiantes estudiados, procedentes del grado en Educación Primaria, tenía dificultades para identificar algunos de los pasos de la planificación de una investigación y presentaba confusiones entre, por ejemplo, hipótesis y conclusiones o variables dependientes e independientes. Este resultado concordaba también con lo referido por (Guisasola & Morentin, 2007), trabajo en el que encontraban una falta de reflexión de los futuros docentes sobre la naturaleza del conocimiento científico (p.257).

Otra área estudiada es cuánto saben los maestros en formación sobre la trasposición didáctica de la indagación. En el trabajo de Toma et al. (2017) se analizaron más de 150 unidades didácticas de estudiantes de Educación Primaria después de cursar una asignatura en la que explícitamente se trabajaba la metodología indagatoria. Este trabajo, entre otros resultados, encontraba que pocas unidades didácticas (aproximadamente un tercio) permitirían desarrollar una indagación y que la concepción de la indagación que presentaban era una actividad práctica en el laboratorio. Todo ello mostraba la dificultad que les supone implementar una actividad indagatoria. Resultados similares encontraban Hamed et al. (2020) después de analizar cómo evolucionaban las propuestas didácticas del alumnado del grado en Educación Primaria. A pesar de que observaban una evolución hacia propuestas más deseables didácticamente, muchas de las propuestas no alcanzaban una metodología indagatoria (Hamed et al., 2020). En este trabajo se menciona que, detrás de este hecho puede estar que los estudiantes consideren el contenido escolar como una simplificación de los conceptos científicos y, por lo tanto, no relacionados con factores como el

alumnado, los problemas socio-ambientales o el contexto, mostrando, por lo tanto, la poderosa influencia de los modelos de enseñanza que vivencian en sus etapas anteriores (Hamed et al., 2020). También se observa resistencia al cambio en los contenidos a enseñar en un tercio de los alumnos de Educación Primaria que se estudian en (Martínez Chico et al., 2015) después de realizar una propuesta formativa basada en indagación.

Por lo tanto, como se reflexiona en (Toma et al., 2017), puede ser que no sólo el grado de formación en ciencia y en metodología indagatoria influya a la hora de llevar a las aulas de primaria la indagación, sino que otros factores también actúen, como por ejemplo, qué entienden estos futuros maestros por indagación, después de haber vivenciado experiencias indagatorias. Es por ello que consideramos necesario no sólo conocer cuánto saben los maestros en formación de indagación, sino analizar otros agentes como puedan ser cómo se estructura su formación científica en el grado, qué opinan sus formadores acerca de los contenidos (didácticos y disciplinares) necesarios, o cómo se relaciona entre sí el conocimiento de los diferentes procedimientos científicos que poseen, y así lo estudiaremos en la presente tesis doctoral.

## Capítulo 3. Primer objetivo de investigación. Diseño metodológico

---

Para dar respuesta al primer objetivo de investigación de la presente tesis doctoral, relacionado con la descripción de la formación científica y didáctica específica de los maestros actualmente, se ha seleccionado mediante un muestreo de conveniencia 28 universidades públicas pretendiendo que estuvieran representadas la mayoría de comunidades autónomas. Las universidades seleccionadas son las siguientes: Universidad de Alicante, Universidad de Almería, Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad Autónoma de Madrid, Universidad de Barcelona, Universidad de Cádiz, Universidad de Castilla La Mancha, Universidad Complutense de Madrid, Universidad de Córdoba, Universidad de Extremadura, Universidad de Gerona, Universidad de Granada, Universidad de Huelva, Universidad de las Islas Baleares, Universidad de Jaén, Universidad Jaime I, Universidad de La Laguna, Universidad de Málaga, Universidad de Murcia, Universidad de Oviedo, Universidad del País Vasco, Universidad Rey Juan Carlos, Universidad de Salamanca, Universidad de Santiago de Compostela, Universidad de Sevilla, Universidad de Valencia, Universidad de Valladolid y Universidad de Zaragoza. Estas universidades engloban a casi 10000 alumnos de nuevo ingreso en el primer curso de grado en el año 2019-20 (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, 2020).

A partir de la información de las páginas web de estas universidades públicas, se ha extraído las guías docentes de las asignaturas obligatorias<sup>1</sup> de ciencias experimentales (CCE), de didáctica de las ciencias experimentales (DCE) y de ciencias experimentales y su didáctica (CyDCE) correspondientes al Grado de Maestro/a en Educación Primaria, del curso 2016/2017.

El instrumento utilizado, por lo tanto, es la guía docente de cada una de estas asignaturas, a partir de la cual se ha extraído la información de las variables siguientes:

Tabla 1 Descripción de las variables analizadas a partir de las guías docentes.

Nombre	Descripción	Categorización	Valores
<b>Créditos</b>	Número de créditos	Variable cuantitativa	-
<b>Curso</b>	Curso de impartición	Variable cualitativa ordinal	Primero, segundo, tercero, cuarto
<b>Materia</b>	Materia impartida en la asignatura	Variable cualitativa policotómica	Exclusiva de contenidos disciplinares de ciencias experimentales (CCE), exclusiva de didáctica de las ciencias experimentales (DCE), que combina tanto contenidos como didáctica de las ciencias experimentales (CyDCE)

<sup>1</sup> Se han considerado también las asignaturas básicas, que son aquellas asignaturas que todos los alumnos de la titulación deben cursar, pero cuyos contenidos no son específicos, sino generales.

Nombre	Descripción	Categorización	Valores
<b>Perspectiva</b>	Si la asignatura combina diferentes ciencias experimentales	Variable cualitativa policotómica	Multidisciplinar (aborda más de una ciencia) o disciplinar (sólo aborda una ciencia en concreto)
<b>Departamento</b>	Departamento responsable de la asignatura	Variable cualitativa policotómica	

También se ha analizado el apartado de Temario de las guías docentes, estudiando los contenidos disciplinares y didácticos que se describían y clasificándolos según los bloques presentados en la Figura 5.

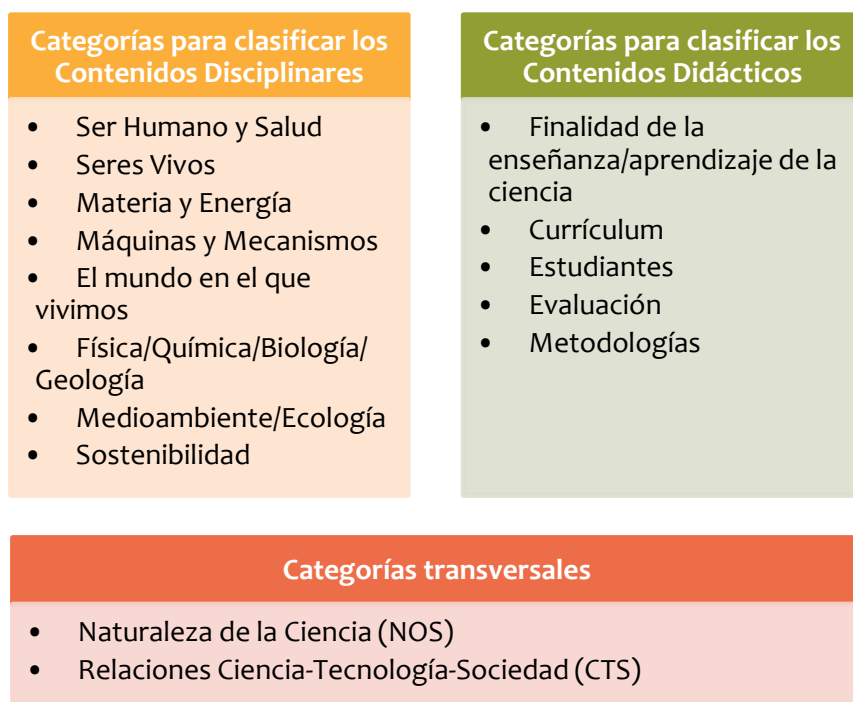


Figura 5 Categorías utilizadas para la clasificación de los contenidos del temario de las guías docentes.

Como se aprecia, para los contenidos disciplinares se han utilizado los bloques de los contenidos de las asignaturas de Ciencias de la Naturaleza y de Ciencias Sociales de Educación Primaria. También se ha realizado una clasificación paralela siguiendo las principales ciencias: física, química, biología y geología. Se ha añadido una categoría separada más, Medioambiente/Ecología, para recoger las guías en las que se tratan el medioambiente y la ecología, y otra de Sostenibilidad, para englobar las guías en las que se menciona explícitamente la sostenibilidad o desarrollo sostenible. Para los aspectos didácticos, se han utilizado las categorías del modelo del CDC de Magnusson, Krajcik y Borko (1999). Por último, se han contabilizado también cuestiones transversales como la Naturaleza de la Ciencia, NOS, y los aspectos de ciencia-tecnología-sociedad, CTS, o cuestiones de contextualización en las guías docentes, agrupando estos dos últimos aspectos en una única categoría.

Lo anteriormente descrito se ha utilizado para conseguir los tres primeros objetivos específicos (O1.1, O1.2 y O1.3). Para alcanzar el cuarto objetivo específico, O1.4, se ha utilizado una serie de palabras clave (o raíces) relacionadas con los procedimientos de la metodología científica, siguiendo las fases descritas por (Pedaste et al., 2015) para la indagación. Las palabras escogidas se presentan en la Tabla 2. Estas palabras se han buscado en las guías docentes y se ha interpretado el contexto en el que aparecían, analizando también cómo se complementan con otras palabras referentes a fases distintas de la indagación.

Tabla 2 Enumeración de las palabras clave relacionadas con las fases de la indagación utilizadas para dar respuesta al cuarto objetivo específico.

Palabras clave/raíces buscadas en las guías docentes
<ul style="list-style-type: none"><li>• indagación (indag*)</li><li>• investigación (investig*)</li><li>• observación (observ*)</li><li>• hipótesis</li><li>• variable</li><li>• datos</li><li>• gráficas</li><li>• prueba</li><li>• experimento (experim*)</li><li>• diseño experimental (diseño experim*)</li><li>• problema</li><li>• pregunta</li><li>• comunicación (comunic*)</li><li>• reflexión (reflex*)</li></ul>

## Procedimiento de tratamiento de los datos

---

Después de obtener todos los datos, se ha construido una matriz de datos en el programa Microsoft Excel 2016, cuya explotación se ha realizado mediante tablas y gráficos dinámicos.

Las variables cuantitativas se han descrito mediante la media, la desviación estándar y los valores máximos y mínimos. Las variables cualitativas se han descrito mediante frecuencias absolutas y/o porcentajes.

Las pruebas estadísticas se han realizado mediante el programa IBM SPSS, utilizando la prueba de Chi cuadrado,  $\chi^2$ , y el test exacto de Fisher para analizar la dependencia entre variables nominales. Se han considerado resultados estadísticamente significativos aquellos con valores  $p < 0.05$ .





## Capítulo 4. Resultados y discusión del primer objetivo: análisis de las guías docentes de asignaturas de Ciencias Experimentales y/o su Didáctica<sup>2</sup>

---

Este capítulo se estructura siguiendo los cuatro objetivos específicos relativos a la descripción de las asignaturas de ciencias y/o su didáctica que se encuentran en los planes de estudio del Grado en Maestro en Primaria de las universidades analizadas.

### Descripción general de las asignaturas de ciencias

---

De las 74 asignaturas científicas y de su didáctica encontradas, 71 son asignaturas obligatorias y 3 son básicas, aunque como se mencionó anteriormente, se van a considerar conjuntamente para el siguiente análisis. El número de créditos medio de las asignaturas es de  $(6,1 \pm 1,5)$  ECTS, y estas asignaturas se imparten, mayoritariamente, en 3º curso, como se presenta en la Figura 6.

Se ha encontrado también que el promedio del número total de créditos por universidad es de  $(16,1 \pm 3,7)$  ECTS. Esto sólo supone el 6,7% de la formación total que recibe el maestro en formación, considerando los 240 ECTS que tienen los grados actuales. Valores similares los obtuvo García-Barros (2016), en cuyo trabajo encontró que este número medio de créditos era  $(15 \pm 3,45)$  ECTS. Como podemos

---

<sup>2</sup> Parte de estos resultados se encuentran publicados en el artículo: Tierno, S.P., Tuzón, P., Solbes, J., & Gavidia, V. (2020). Situación de la enseñanza de las ciencias por indagación en los planes de estudio de Grado de Maestro de Educación Primaria en España. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 39, 99-116. <https://doi.org/10.7203/dces.39.17855>

entender, este resultado es insuficiente, ya que aquí se están considerando no sólo los créditos de didáctica específica, sino también se está dedicando parte de esta formación a recordar o ampliar contenidos disciplinares.

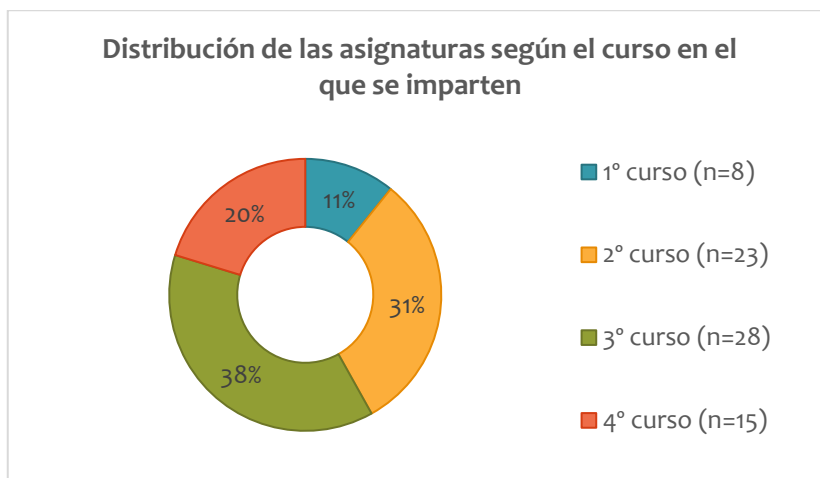


Figura 6 Distribución de las asignaturas según el curso en el que se imparten

En cuanto a la distribución según la materia impartida, encontramos que 59,5% (n=44) de las asignaturas combinan contenidos científicos y didáctica (CyDCE), un 24,3% (n=18) se dedican únicamente a la didáctica de la ciencia (DCE) y el 16,2% (n=12) corresponde a asignaturas únicamente de contenidos disciplinares (CCE). La presencia mayoritaria de asignaturas de contenidos disciplinares y didáctica de la ciencia conjuntamente parece corresponderse con el modelo simultáneo de formación de maestros, en los que el contenido didáctico no se separa de los contenidos científicos, de manera que permite tener en cuenta las interacciones entre sí (Esteve, 2006). Autores como Gess-Newsome y Lederman (1993) citado en (Mellado & González-Bravo, 2000) defienden que los maestros en formación no deben recibir los contenidos científicos de forma separada de la didáctica, tal y como parece que se realiza en nuestras facultades españolas. También defiende esta postura García-Barros (2016). Sin embargo, quedaría por analizar si realmente

estas interacciones ocurren en las asignaturas, o únicamente, se comparte la asignatura, pero se divide el temario, ya que nosotros hemos identificado solamente la presencia de puntos del temario referentes a contenidos y a didáctica, pero no hemos profundizado en cómo se organizan o estructuran estos apartados.

La distribución de los contenidos y la didáctica según el curso se describe en la Figura 7. Como se puede apreciar, las asignaturas de CCE suelen impartirse sobre todo en 1º curso, mientras que la didáctica específica se imparte en cursos superiores. Entendemos que la intención de esta situación es que los alumnos reciban nociones de didáctica específica cuando ya tengan adquiridos los conceptos y estrategias de la didáctica general, y los conocimientos disciplinares.

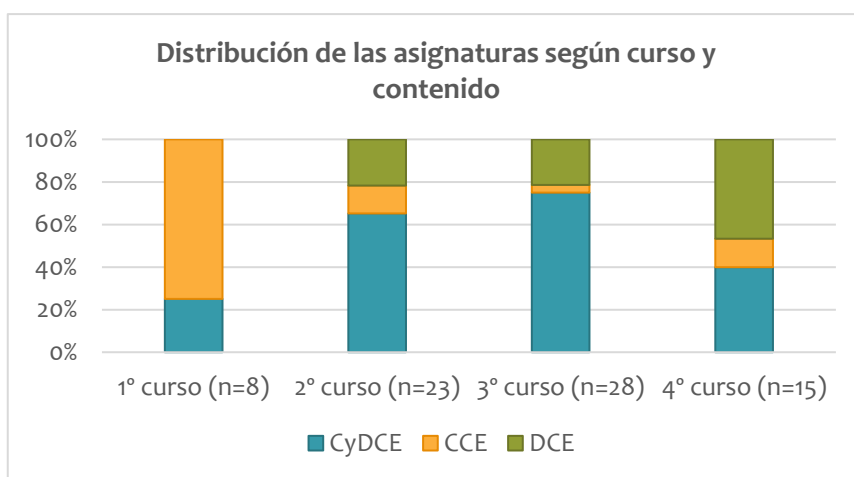


Figura 7 Distribución de las asignaturas obligatorias según curso y materia impartida.

Cómo es esta distribución también puede analizarse en cada universidad de la muestra, para encontrar qué es lo más frecuente en los planes de estudio españoles. La Tabla 3 muestra esta información, presentando cuántas asignaturas de cada categoría hay por universidad y cuántos créditos se imparten en cada

categoría y en global. Como se observa, una única universidad no imparte nada de contenidos disciplinares a sus alumnos (U11), mientras que aproximadamente el 15% de las universidades tienen asignaturas separadas en las que abordan contenidos científicos y contenidos de didáctica de la ciencia, sin tener ninguna asignatura de CyDCE (U04, U06, U17 y U20). El caso contrario es el de universidades que sólo imparten asignaturas combinadas de contenidos y didáctica. En esta situación encontramos 10 universidades (35,7%). Además, el promedio de créditos totales de las universidades que no tienen asignaturas de CyDCE y sí tienen una combinación de asignaturas de CCE y DCE es mayor (18 ECTS) que el promedio de créditos totales impartidos en las universidades que sólo tienen asignaturas de CyDCE (13,6 ECTS). Dicho de otro modo, estos datos parecen indicar que cuando se divide la formación científica en dos o más asignaturas exclusivas de contenidos disciplinares y de didáctica específica de las ciencias experimentales, la cantidad de horas de docencia es mayor que cuando se agrupan los contenidos científicos y la didáctica en una única asignatura.

Tabla 3 Distribución de las asignaturas por universidad, según la materia impartida.

Univ.	CyDCE		DCE		CCE		Total
	Nº asign.	Créditos	Nº asign.	Créditos	Nº asign.	Créditos	Créditos
<b>U01</b>	2	15	0	0	0	0	<b>15</b>
<b>U02</b>	2	12	1	6	0	0	<b>18</b>
<b>U03</b>	1	5	1	10	1	12	<b>27</b>
<b>U04</b>	0	0	1	6	1	6	<b>12</b>
<b>U05</b>	2	12	0	0	0	0	<b>12</b>
<b>U06</b>	0	0	1	6	2	12	<b>18</b>
<b>U07</b>	3	18	0	0	0	0	<b>18</b>
<b>U08</b>	2	9	1	4	1	4	<b>17</b>

<b>U09</b>	2	12	0	0	0	0	<b>12</b>
<b>U10</b>	2	12	0	0	0	0	<b>12</b>
<b>U11</b>	0	0	2	14	0	0	<b>14</b>
<b>U12</b>	1	6	1	8	0	0	<b>14</b>
<b>U13</b>	2	12	1	6	0	0	<b>18</b>
<b>U14</b>	2	12	0	0	1	5	<b>17</b>
<b>U15</b>	2	12	0	0	0	0	<b>12</b>
<b>U16</b>	2	10,5	0	0	1	6	<b>16,5</b>
<b>U17</b>	0	0	1	9	3	15	<b>24</b>
<b>U18</b>	3	15	1	3	0	0	<b>18</b>
<b>U19</b>	2	12	1	6	0	0	<b>18</b>
<b>U20</b>	0	0	2	9	1	9	<b>18</b>
<b>U21</b>	2	12	0	0	0	0	<b>12</b>
<b>U22</b>	2	15	0	0	0	0	<b>15</b>
<b>U23</b>	1	6	1	6	0	0	<b>12</b>
<b>U24</b>	1	6	1	9	1	6	<b>21</b>
<b>U25</b>	2	15	0	0	0	0	<b>15</b>
<b>U26</b>	2	12	1	3	0	0	<b>15</b>
<b>U27</b>	2	13	0	0	0	0	<b>13</b>
<b>U28</b>	2	12	1	6	0	0	<b>18</b>

Un resultado interesante derivado de la Tabla 3 es que hay 9 universidades (32,1%) que imparten alguna asignatura de contenidos científicos exclusivamente (CCE). Estas universidades, siempre ofertan además asignaturas que incluyen aspectos didácticos. La presencia de asignaturas únicamente de contenidos disciplinares se puede relacionar con el bajo nivel científico con el que los alumnos de magisterio

llegan al grado, sumado al hecho de que muchos de ellos proceden de bachilleratos no científicos, como se ha descrito en el Capítulo 2. Por lo tanto, es entendible que algunas universidades consideren necesario impartir obligatoriamente asignaturas de contenidos disciplinares a los futuros maestros. Esto ayudará, además, a combatir la inseguridad que crea en el maestro no dominar el contenido científico, que le suele llevar a utilizar más el libro, a no plantear preguntas a partir de las cuales los alumnos puedan construir y confrontar sus ideas previas y a fomentar actitudes negativas en los alumnos hacia la ciencia (Mellado & González-Bravo, 2000).

Ahora bien, por otro lado, podemos ver un segundo resultado que complementa los datos de la Tabla 3: la formación en contenidos científicos es previa a la formación didáctica específica. Atendiendo a la distribución de las asignaturas según el curso y la materia que se imparte (CCE, DCE o CyDCE) presentada en la Figura 7, puede observarse que la mayoría de las asignaturas obligatorias de ciencias experimentales y/o su didáctica (computadas todas juntas) se encuentra en 3º curso (28 en total, que supone el 37,8%). En cambio, la distribución individual según el tipo de asignatura es diferente, ya que las asignaturas de CCEE y su Didáctica (CyDCE) se imparten mayoritariamente en 2º y 3º curso, mientras que las asignaturas de contenidos disciplinares suelen impartirse en 1º curso. Las asignaturas exclusivamente de didáctica aparecen en cursos más avanzados, como 3º y 4º curso. Parece razonable pensar, pues, que esta opción sigue la opción de que los alumnos reciban primero una formación de ciencias y, después aborden la especificidad de su didáctica, atendiendo a la idea de «No se puede enseñar lo que no se sabe» (Martín del Pozo et al., 2013, p. 3). Sin embargo, como comentábamos anteriormente, el conocimiento científico del profesorado de ciencias se va adquiriendo conforme reciben la formación de estos

conocimientos, pero se ve modificado cuando deben enseñarlo (Mellado & González-Bravo, 2000), por lo que creemos necesario recordar que la formación científica del profesorado de ciencias no puede ser igual que la de un especialista de la materia disciplinar, sino que debe tener siempre en mente su futuro contexto, es decir, cómo aprenderán sus futuros estudiantes.

Por otro lado, podemos analizar en qué cursos se imparten las asignaturas de CCE y DCE para aquellas universidades en las que se separa la parte de contenidos y la parte de didáctica. Como se presenta en la Figura 8, las asignaturas de contenidos, por regla general, se imparten antes que las de didáctica de las ciencias, como ya se había observado a nivel global en la Figura 7.

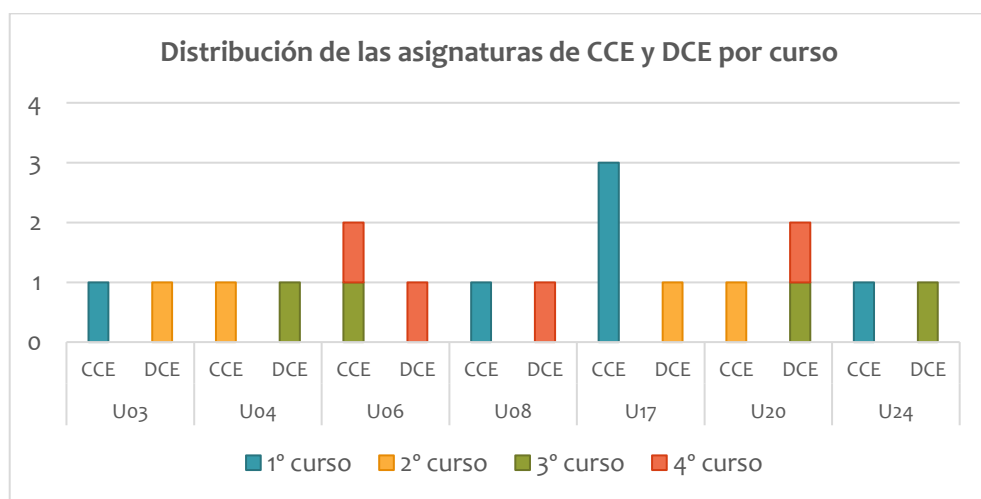


Figura 8 Cursos en los que se imparten las asignaturas de CCE y de DCE en las universidades que tienen estas asignaturas por separado.

De nuevo, estos resultados parecen volver sobre el debate de si debe enseñarse a la vez el conocimiento científico y el didáctico (modelo de formación simultáneo), o debe enseñarse primero los conceptos disciplinares y luego cómo enseñarlos (modelo formativo consecutivo). En el informe Eurydice (2004) ya se compararon estos dos modelos, encontrándose argumentos a favor del primero

de ellos, ya que, entre otras ventajas, permite al profesor en formación reflexionar y proyectar las estrategias y recursos que podría utilizar si tuviera que explicar a unos supuestos alumnos esos contenidos disciplinares que está aprendiendo. Así, el modelo simultáneo ayuda a asimilar mejor estos contenidos disciplinares, ya que el estudiante no sólo reflexiona sobre qué sabe sino también si sabría explicarlo y cómo lo haría. Debido a la presencia de una gran cantidad de asignaturas de CyDCE en nuestra muestra, podríamos decir que, en nuestro país, la formación inicial en ciencias de los maestros sigue este modelo simultáneo. No ocurre así en la formación del profesorado de ciencias de secundaria, ya que en los grados disciplinares apenas reciben formación en didáctica, y es, posteriormente en el máster de formación del profesorado, cuando reciben la formación en didáctica.

Como hemos dicho, 10 universidades sólo imparten la formación en ciencias de manera conjunta, es decir, en asignaturas de CyDCE. Ahora bien, la organización de este tipo de asignatura es diferente según la universidad. Hay asignaturas en las que claramente, la parte didáctica y la de contenido científico están en bloques separados, habitualmente encontrándose primero la parte disciplinar y después, la parte didáctica. No sabemos si realmente en estos casos se realiza la integración esperada entre didáctica y contenido disciplinar, esto requeriría otros instrumentos como observaciones de aula o entrevistas, que excede las pretensiones de esta tesis. Otras veces, la parte didáctica aparece como un punto al final de cada apartado disciplinar, sin especificar el grado de profundidad ni los contenidos didácticos abordados, por ejemplo, “*Diseño y desarrollo de actividades didáctico-experimentales*” (G050). Por último, encontramos el tercer caso en el que la situación es la contraria; el temario de la guía describe puntos principalmente de aspectos didácticos y se hace mención a aspectos de



contenidos disciplinares de manera genérica y/o poco profunda “Contenidos biológicos y geológicos relevantes para la Educación Primaria” (G057).

Analicemos ahora la perspectiva con la que se imparten las asignaturas científicas analizadas (Figura 9). Debido al carácter generalista del docente de primaria, es razonable que encontremos que la mayoría de las asignaturas (86,5%) presentan un enfoque multidisciplinar (asignaturas en las que se integran varias ciencias), frente a un solo 13,5% de asignaturas que siguen el enfoque disciplinar (sólo se aborda una ciencia).

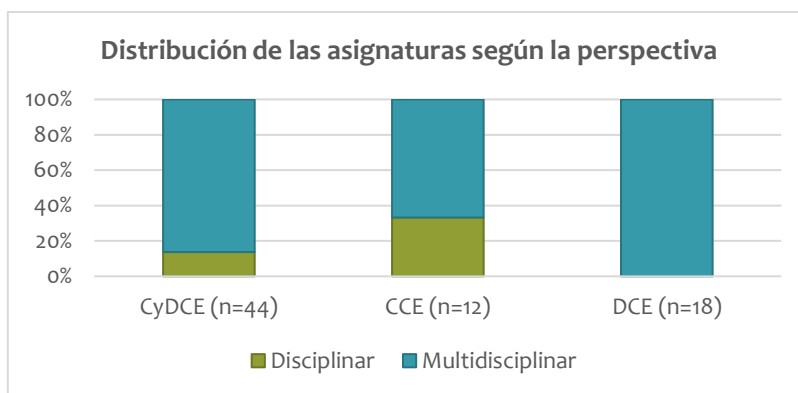


Figura 9 Distribución de las asignaturas según la perspectiva y la materia

Como se aprecia en la Figura 9, esta distribución de la perspectiva es la predominante en todas las materias. Además, como se observa en dicha figura, el porcentaje de disciplinariedad es máximo para las asignaturas exclusivas de contenidos, mientras que no hay enfoque disciplinar en ninguna de las asignaturas exclusivas de didáctica encontradas. Esto suponemos que se encuentra relacionado con la intención de formar maestros en ciencias y no especialistas. Además, es razonable que la formación del maestro sea en toda el área de ciencias y no sólo en una única disciplina. No obstante, podemos preguntarnos acerca de si esta situación depende también del departamento responsable de la

asignatura. Por ello, analizamos la perspectiva con la que se imparten las asignaturas con contenidos disciplinares (CCE y CyDCE) y el departamento en el que se encuentran adscritas.

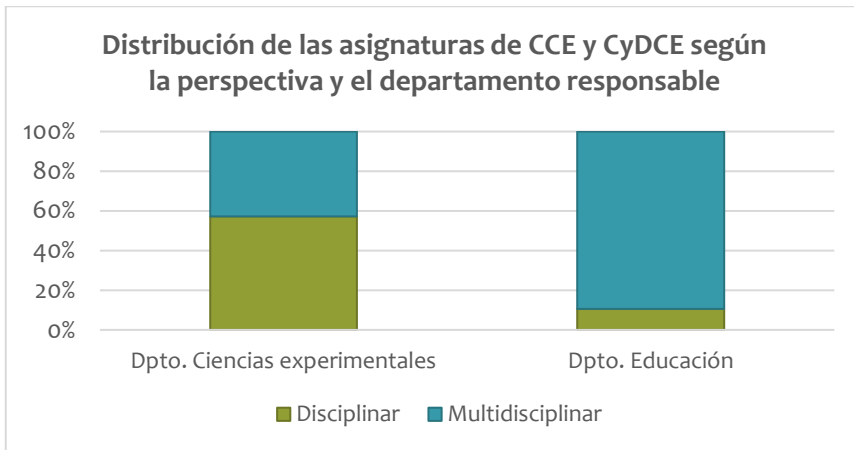


Figura 10 Distribución de las asignaturas de CCE y CyDCE según la perspectiva y el tipo de departamento al que pertenecen.

Como se observa en la Figura 10, las asignaturas adscritas a departamentos de educación suelen presentar una perspectiva multidisciplinaria (89,5%). Sin embargo, para las asignaturas adscritas a departamentos de facultades de ciencias experimentales, este porcentaje baja al 42,9%. Debe comentarse, en último lugar que, aunque los grupos son no comparables en tamaño, esta relación entre el departamento responsable y la visión de la asignatura es estadísticamente significativa ( $p=0,013$ ) cuando realizamos el test exacto de Fisher. Recordemos que sólo se están considerando en la realización de la prueba aquellas asignaturas que tienen contenidos científicos, es decir, las de CCE y las de CyDCE. Debe comentarse, asimismo, que, aunque vemos que las asignaturas a cargo de departamentos didácticos son principalmente impartidas bajo un enfoque multidisciplinario, llama la atención que hay cuatro asignaturas de departamentos de didáctica que no dan una visión multidisciplinaria.

## Contenidos científicos y didácticos presentes en las guías docentes

### Análisis de los contenidos científicos

De las 56 asignaturas que incluyen contenidos científicos (CyDCE y CCE), el 55,4% se organizan completamente según los bloques de primaria y el 35,7% según únicamente las diferentes ciencias. Hay un 8,9% de las asignaturas que combinan ambas opciones. No obstante, se encuentran diferencias según si la asignatura es CCE o también CyDCE. Estos resultados se reflejan en la Figura 11.

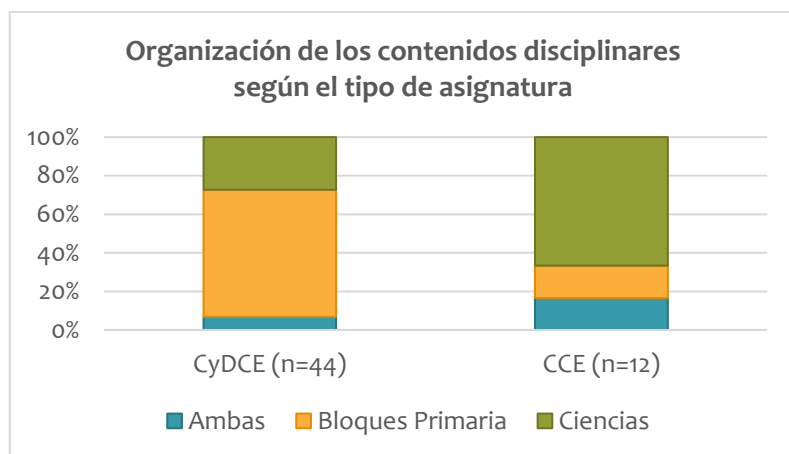


Figura 11 Organización de los contenidos disciplinares según el tipo de asignatura. Sólo se están considerando las asignaturas de CyDCE y CCE.

Como se observa, la tendencia es contraria para las dos asignaturas. Mientras que para CyDCE, la mayoría de las asignaturas (65,9%) organizan sus contenidos disciplinares siguiendo los cuatro bloques (el bloque de Iniciación a la Actividad Científica no lo estamos considerando) de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de primaria. Lo contrario ocurre en las asignaturas de CCE, en las que

la mayoría de las asignaturas (66,7%) se organizan siguiendo las diferentes ciencias.

El análisis estadístico devuelve una diferencia significativa ( $\chi^2 = 9,251$ ,  $p=0,010$ ) entre el tipo de asignatura y la organización de ésta. Cuando las asignaturas son sólo de contenidos disciplinares, se organizan siguiendo las cuatro ciencias principales. Cuando estos contenidos ya se integran con aspectos didácticos, la organización sigue los bloques de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de primaria. Podríamos explicar esta situación siguiendo dos argumentos. El primero se debe al propósito de las asignaturas. Entendemos que una asignatura puramente de contenidos disciplinares puede tener como objetivo alfabetizar científicamente al futuro maestro, por lo tanto, puede ser indiferente organizar esta formación siguiendo las diferentes ciencias o los contenidos de la asignatura de primaria. Sin embargo, cuando se imparte una asignatura en la que se combinan contenidos científicos y didácticos a la vez, parece más sencillo organizarla siguiendo los contenidos de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de primaria, dándoles un contexto concreto (la futura aula de primaria) y, por lo tanto, que empiecen a reflexionar no sólo en el concepto/contenido disciplinar, sino en su trasposición didáctica.

Por otro lado, un segundo argumento relaciona la alta presencia de profesores de facultades de ciencias en las asignaturas de contenidos disciplinares de los grados de Maestro. En nuestra muestra, se encuentran asignaturas de CCE cuyo departamento responsable depende de facultades de ciencias y no de facultades de Educación. Aunque desconocemos el nivel de profundidad con el que se imparten, algunas guías incluyen contenidos científicos muy específicos y con un nivel superior, posiblemente, al necesario para impartir docencia en primaria, como “Óptica cuántica” (G054), “Modelo estándar de partículas” (G023) o

“Cinética química” (Go61). En particular, encontramos 7 asignaturas con contenidos que corresponden a departamentos de facultades diferentes a las de Educación, y de ellas, el 71,4% siguen las cuatro ciencias analizadas (Figura 12), porcentaje muy superior al de las asignaturas dependientes de departamentos de didáctica o educación (15,8%). Esta diferencia es estadísticamente significativa ( $\chi^2 = 9,995$ ,  $p = 0,007$ ), es decir, aquellas asignaturas que incluyen contenidos disciplinares y están a cargo de departamentos de ciencias suelen seguir una organización según las ciencias, a diferencia de las asignaturas a cargo de departamentos de educación, en los que la organización se acerca más a los bloques de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de primaria. Aunque es cierto, no obstante, que los grupos comparados son de tamaño muy diferente.

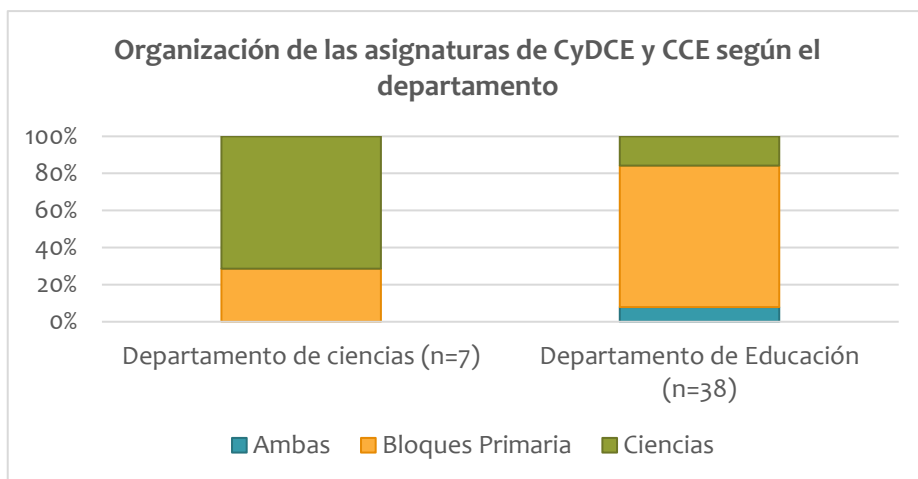


Figura 12 Organización de las asignaturas con contenidos disciplinares según el departamento responsable de la asignatura.

Esta situación puede implicar que aquellos formadores pertenecientes a facultades científicas impartan una ciencia más especializada y con menos referencias a la futura enseñanza de la misma. Esta hipótesis se puede ver, en una primera aproximación, en la propia organización de la asignatura, ya que el

resultado anterior muestra que las asignaturas adscritas a facultades disciplinares no siguen los bloques de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de primaria, bloques en los que, habitualmente, se mezclan contenidos disciplinares de diferentes ciencias, como, por ejemplo, en *Materia y Energía*. Esta formación demasiado especializada puede conllevar, en última instancia, que el maestro en ciencias se cree una identidad falsa como especialista en la materia disciplinar y no como un futuro maestro de ciencias (Esteve, 2006).

Por último, veamos la distribución de los contenidos científicos que aparecen en las asignaturas analizadas. Tal y como se presenta en la Figura 13, el bloque de Seres Vivos es el más frecuente (24 guías), pero entre las ciencias separadamente, prácticamente las cuatro están igualmente presentes (alrededor del 15%). Nuestros resultados muestran concordancias con la literatura. En el trabajo de Valverde y Sánchez (2020), al preguntar al alumnado en prácticas sobre los contenidos impartidos en sus prácticas, que se suele corresponder con la programación de la asignatura hecha por el centro, encontraban un orden similar al aquí observado, aunque con valores más bajos: «seres vivos (26,4%), el ser humano y la salud (23,6%), la materia y energía (22,2%), y la tecnología, los objetos y las máquinas (4,2%)» (Valverde Pérez & Sánchez Blanco, 2020, p. 134). Sin embargo, el resultado contrasta con el trabajo de Escobar et al. (2013), donde los estudiantes del grado en Educación Primaria encontraban dificultades, tanto de conocimiento como de enseñanza, principalmente en el bloque de Materia y Energía, segundo bloque más presente en nuestras guías y, por lo tanto, entendemos que uno de los más estudiados por el profesorado en formación.

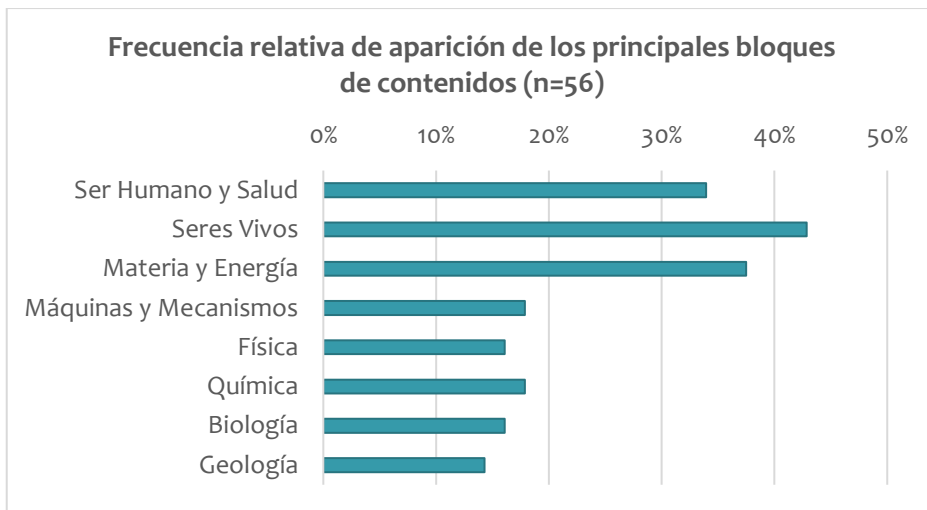


Figura 13 Porcentaje de guías en el que aparecen los diferentes contenidos disciplinares agrupados siguiendo los bloques principales. Sólo se han considerado las asignaturas de CyDCE y CCE.

Cuando consideramos los bloques ampliados, incluyendo el *medioambiente/ecología*, la *sostenibilidad* y el bloque de Ciencias Sociales de *El mundo en el que vivimos*, la situación cambia, como se aprecia en la Figura 14. El bloque de medioambiente, que se ha considerado para identificar aquellas guías en las que se trataba el medioambiente o la ecología como punto explícito, está presente en el 16% de las guías. Sin embargo, la sostenibilidad aparece mucho más, llegando al 26,8% de las guías analizadas. Aunque no es una frecuencia excesivamente alta, contrasta con la poca presencia de aspectos de sostenibilidad encontrada en el currículum de Primaria (Suárez-López & Eugenio-Gozalbo, 2021). Entendemos que los resultados de las guías docentes presentan un interés de las facultades de educación por formar en este aspecto a sus futuros maestros, mostrando el interés de la sostenibilidad a los futuros educadores, así como posiblemente, utilizando el carácter CTS de la sostenibilidad para hacerla más próxima al alumnado.

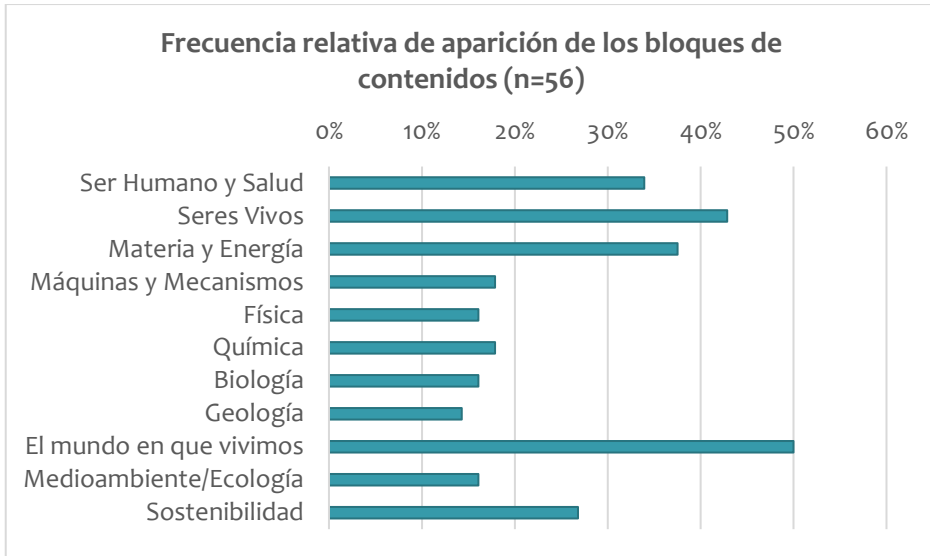


Figura 14 Porcentaje de guías en el que aparecen los diferentes contenidos disciplinares. Sólo se han considerado las asignaturas de CyDCE y CCE.

Por último, quisiéramos hacer mención sobre el porcentaje tan alto de contenidos disciplinares pertenecientes al bloque de *El mundo en el que vivimos* de la asignatura de Ciencias Sociales, llegando al 50% de las guías. Este hecho podría verse como un reclamo de que estos contenidos, recordemos relacionados con astronomía y composición de la tierra, podrían formar parte de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza. Al no depender de esta asignatura, la impartición de estos contenidos puede acabar asignada a departamentos de Didáctica de las Ciencias Sociales, donde el profesorado suele proceder de Historia o Geografía, cuya formación predoctoral no está relacionada con las ciencias experimentales. No obstante, encontrar en las guías analizadas estas materias muestran que esta situación no suele darse, sino que la formación de *El mundo en el que vivimos* sigue recayendo, principalmente, en profesorado de procedencia científica experimental.



## Análisis de los contenidos didácticos

Para analizar los contenidos de didáctica de la ciencia presentes en las guías docentes analizadas, se han utilizado las categorías del Conocimiento Didáctico del Contenido del modelo de Magnusson et al. (1999), cuyas categorías eran *Finalidad*, *Currículum*, *Estudiantes*, *Evaluación* y *Metodologías*. Como se observa en la Figura 15, entre estos componentes, el más impartido es *Metodologías*, presente en el 90% de las guías de asignaturas de DCE y CyDCE (n=62). Esta categoría ha incluido respuestas como “Recursos educativos y propuestas de enseñanza-aprendizaje” (Go72), “Modelos de enseñanza para la evolución conceptual y epistemológica (con especial atención a la investigación guiada)” (Go05), “Recursos TIC” (Go49) o “El debate ético” (Go49), entre otros.

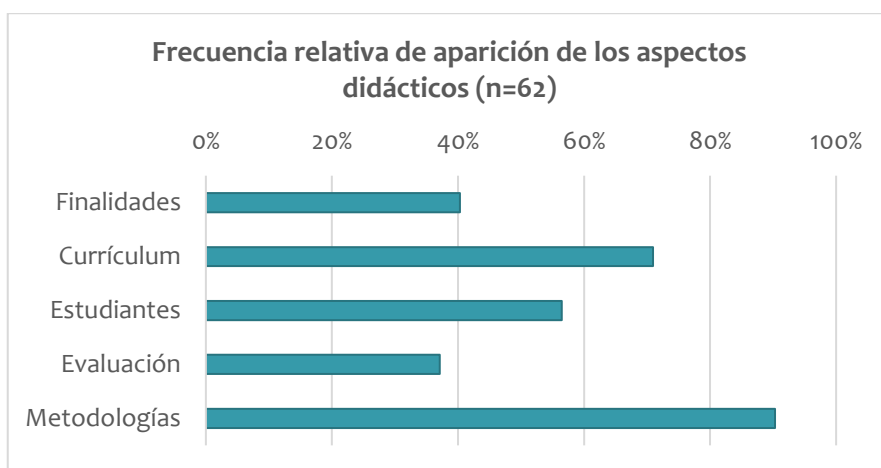


Figura 15 Frecuencia de aparición de los aspectos didácticos según el carácter de la asignatura. Téngase en cuenta que una misma guía docente puede contener más de un aspecto, por lo que la suma total puede dar más de 100%.

El *Currículum* es el segundo aspecto didáctico más presente, con una presencia del 71%, abordando respuestas generales o concretas: “Análisis del currículum en Educación Primaria” (Go90), “¿Qué enseñar sobre Ciencias en el área de Conocimiento del medio?” (Go64), “Currículo del conocimiento del medio natural en

*Educación Primaria” (Go17) o “¿Qué enseñar en relación a los sectores productivos desde esta visión integradora de las relaciones CTS?” (G100).*

El tercer ítem didáctico en orden de aparición es el de *Estudiantes*, con una frecuencia del 56%, con respuestas como *“Investigación de las concepciones de los niños” (Go06), “Dificultades de los alumnos de Educación Primaria en el aprendizaje de los contenidos de física” (Go26) o “Preconceptos, ideas alternativas y razonamiento infantil en diferentes edades infantiles en los Temas [...]” (Go76).*

En cuarto lugar, se encuentra la categoría referida a la *Finalidad* de la Enseñanza/Aprendizaje de las ciencias, con un 40%. Esta finalidad se presenta como el propio concepto o también de manera explícita, como *“Educación científica” (Go52) o “Alfabetización científica” (Go75) o “Finalidades y problemática de la educación científica en la etapa de Primaria” (Go89).*

Por último, la *Evaluación* es el aspecto didáctico menos presente, aunque está muy cerca del anterior ítem, ya que presenta una frecuencia relativa del 37%, posiblemente debido a que es el aspecto más concreto de todos los anteriores. La presencia de este ítem aparece en algunas guías docentes de manera individual, pero también lo hace de manera conjunta con otros de los aspectos analizados como, por ejemplo, en *“La Química en Educación Primaria: objetivos, contenidos, competencias y evaluación” (Go28), “La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Físicas y Químicas. Dificultades de aprendizaje, estrategias de instrucción y estrategias de evaluación” (Go70) o “En este bloque se pretende que el estudiante conozca contenidos, actividades, estrategias, recursos y métodos de evaluación de las Ciencias Experimentales” (Go81).* Esta poca presencia puede estar relacionada con la detección de que al alumnado de Educación Primaria le cuesta mucho evolucionar en cuestiones de evaluación y su finalidad cuando se les pide elaborar diseños para enseñar un contenido de ciencias a sus futuros estudiantes (Rivero,

Solís, et al., 2017). En dicho trabajo se destacaba «la necesidad de prestar especial atención al papel de la evaluación como reguladora del proceso de enseñanza-aprendizaje» (Rivero, Solís, et al., 2017, p. 48).

Por otro lado, hemos detectado una gran diferencia entre la presencia de las metodologías frente a la categoría de los estudiantes en nuestro estudio. Nos resulta interesante puesto que consideramos necesario referir las estrategias instruccionales a su contexto, que en este caso es el estudiante, y a sus concepciones alternativas, etapas cognitivas, etc. para poder entenderlas y llevarlas al campo de la docencia en ciencias. Sin embargo, aunque en prácticamente todas (93,9%) las guías en las que se incluyen aspectos de estudiantes se incluyen aspectos instruccionales, no pasa así al contrario: sólo en la mitad de las guías (55,4%) de las guías con metodologías se incluyen aspectos de los estudiantes. En el trabajo de Hamed et al. (2020) se encontraba que a la hora de seleccionar contenidos, al principio de su formación, el alumnado del grado en Maestro en Educación Primaria no tenía en cuenta a los estudiantes ni el contexto, sino que se centraban en los temas que aparecían en los libros de texto; dato que se puede relacionar con los resultados que hemos encontrado.

Centrándonos en cada universidad y considerando los componentes del modelo de CDC de Magnusson et al (1999), encontramos que sólo 11 universidades forman a sus futuros maestros y maestras en los cinco componentes analizados, suponiendo el 39,3% de las universidades de la muestra. Consideramos que éste es un resultado insuficiente, puesto que es necesaria la integración de todas las categorías de este modelo para ser un profesor de ciencias con éxito (Verdugo-Perona et al., 2017). En cuanto a los diferentes componentes didácticos encontramos que todas las universidades forman en metodologías de enseñanza a sus futuros maestros en ciencias. Este porcentaje también es alto en cuanto a la

formación en currículum (93%) por las diferentes universidades y en cuanto a cuestiones relacionadas con los estudiantes (82%). Sin embargo, sólo el 64% de las universidades aborda explícitamente la Finalidad de la Enseñanza/Aprendizaje de la ciencia en sus guías docentes y sólo aproximadamente la mitad de las universidades analizadas (54%) destina tiempo a la Evaluación en ciencias, en estas asignaturas de CyDCE y DCE analizadas.

### Análisis de las cuestiones transversales (CTS y NOS)

En este subapartado analizaremos los aspectos transversales de CTS y NOS. Así pues, veamos en primer lugar, las asignaturas que incluyen interacciones CTS y cuestiones de contextualización. Estos aspectos aparecen en 22 asignaturas, casi un 30% de la muestra, y presentan puntos como: “*Aplicaciones CTS: la electricidad en la vivienda; política energética nacional e internacional*” (Go95), “*Conocimiento científico y Sociedad*” (Go66), “*Introducción de temas de actualidad científica sobre aspectos físico-químicos del medio*” (Go56), “*La química y la vida cotidiana*” (Go61), o “*Las ciencias de la naturaleza en el entorno próximo del niño*”.

Este resultado muestra que estas interacciones CTS y la intención de enseñar una ciencia contextualizada a los futuros maestros tiene importancia, aunque no es un resultado del todo exitoso. Entendemos que el proceso de aprendizaje-enseñanza de la ciencia debería estar vinculado a una dimensión CTS que le dotara de una alfabetización científica multidimensional y una visión mucho más profunda (Gil & Vilches, 2001; Solbes et al., 2001). Además, dado que las relaciones CTS ayudan a motivar a los alumnos, acercando la ciencia a su día a día y haciéndola más alcanzable (Gil et al., 1991; Solbes & Vilches, 1997), formar a los futuros maestros y maestras en este tipo de recursos y opciones parece razonable si queremos que estos las trasladen a sus aulas en un futuro. Entendemos que, sólo a través de una ciencia contextualizada y cercana a los alumnos, como

defiende Hodson (1992), se podrá formar a futuros ciudadanos capacitados científicamente para juzgar, entender, elegir y valorar los desarrollos científicos que vayan apareciendo en la sociedad.

Por otro lado, es necesario que el futuro docente de ciencias conozca cómo es el método que sigue la ciencia; ello le permitirá entender por qué sus resultados tienen credibilidad y validez. Así que es razonable que se incluyan aspectos de la Naturaleza de la Ciencia (NOS) en la formación inicial de los maestros, siguiendo además, lo que algunos/as autores/as han defendido (Abd-El-Khalick et al., 2004; Furió & Carnicer, 2002; Gil, 1991; Guisasola & Morentin, 2007; Rutherford, 1964). Sin embargo, nuestros resultados muestran que sólo 26 de las guías analizadas (35,1%) incluyen explícitamente puntos de Naturaleza de la Ciencia.

Habitualmente los puntos relacionados con esta área aparecen como puntos introductorios a las asignaturas (en concreto, esto ocurre en el 61,5% de las guías que incluyen NOS), como en “*El método científico. Construcción del conocimiento científico*” (G058), “*El método científico y su evolución histórica*” (G045) o “*¿Qué características tiene la actividad científica?*” (G074). Esta situación iría en consonancia con lo que ocurre en el currículum de Primaria. En la asignatura de Ciencias de la Naturaleza, el primer bloque es el de *Actividad Científica* y aparece separado del resto de contenidos del currículum (DOCV, 2014). Esto puede llevar a la falsa idea de que la actividad científica es una cuestión descontextualizada, a la vez de que resulta difícil entender cómo el alumnado de primaria puede asimilar los procedimientos del método científico si no es mediante su implementación, práctica y experimentación. Por último, sólo 6 de las guías que incluyen NOS en sus temarios incluyen aspectos relacionados con el trabajo experimental (suponiendo un 23,1% de esas guías). Además, teniendo en cuenta que cuestiones sobre técnicas del trabajo experimental o laboratorio escolar sólo aparecen en

13 guías (17,6%), esta diferencia nos lleva a plantearnos si realmente se está enseñando la metodología científica y cómo se está haciendo. ¿Se plantea como un conocimiento disciplinar más? ¿Se presenta su carácter procedimental? Aunque es cierto que, para dar respuesta a estas preguntas, de nuevo, necesitaríamos analizar las prácticas docentes, nos intentaremos acercar a estas respuestas en el apartado siguiente, donde alcanzaremos el objetivo O1.4 de la tesis.

## Presencia de la indagación

---

Para finalizar esta primera parte de la tesis, se ha analizado en qué grado está presente la indagación. Se ha encontrado que 15 asignaturas (20,3%) incluyen algún punto relacionado con la competencia en indagación como “*La importancia de la indagación en la enseñanza de las ciencias*” (G049) o “*Qué es enseñar ciencia por indagación*” (G008), o apartados que hacen referencia a las fases de la indagación, como “*Identificación de pruebas, construcción de explicaciones, elaboración de conclusiones y construcción de predicciones*” (G076).

Para poder cuantificar este grado de presencia de la indagación se ha analizado la aparición de palabras clave relacionadas con las fases de la indagación: indagación (indag\*), investigación (investig\*), observación (observ\*), hipótesis, variable, datos, gráficas, prueba, experimento (experim\*), diseño experimental (diseño experim\*), problema, pregunta, reflexión (reflex\*) y comunicación (comunic\*). Aunque la presencia de estos indicadores no garantiza que se está realizando indagación, lo que podemos asegurar es justo lo opuesto: si no aparecen estos indicadores, seguro que no se está realizando indagación.

Los tres descriptores que más aparecen son aquellos referidos a fases más generales: Experim\* (51,4%), Investig\* (40,5%) y Observa\* (35,1%). Entendemos

que la alta frecuencia de aparición de estas palabras puede deberse a que estos ítems pueden hacer referencia a cuestiones tan generales como experimentar, experimentos, investigar, investigaciones, etc. Entendemos también, la situación opuesta. Aquellos descriptores que menos aparecen son Variable (1,4%), Diseño Experimental (2,7%) y Prueba (5,4%). Como vemos, estos términos hacen referencia a fases muy concretas y determinadas de los procedimientos científicos. Debe tenerse en cuenta, que cuando las palabras analizadas hacían referencia a aspectos no relacionados con las fases del método científico, no se han contabilizado. Esto ha sido especialmente importante en palabras polisémicas como indagar o investigar, que pueden utilizarse en contextos generales y no sólo para hacer referencia a los procedimientos científicos. En la Figura 16 se muestra toda la distribución de los porcentajes para todos los ítems.

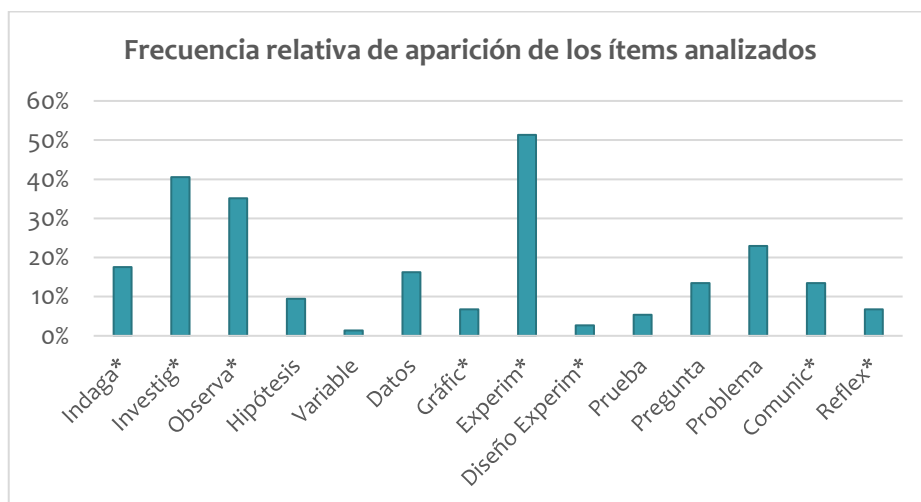


Figura 16 Porcentajes de aparición en las diferentes guías (n=74) de los ítems relacionados con las fases de la indagación.

Estos ítems no aparecen sólo de manera atomizada, como en “Plantear y resolver problemas asociados con las ciencias a la vida cotidiana” (Go9o), “Saber diseñar

secuencias de enseñanza basadas en la indagación” (G006) o “Adaptación de experimentos al nivel de Primaria” (G054), sino que también aparecen agrupados con otros ítems de otros procedimientos científicos, como “Los procedimientos científicos: la observación, la experimentación, la resolución de problemas, el trabajo de campo” (G032), o “Investigación por indagación. Desarrollo del proceso científico: observación, las preguntas, hipótesis de partida, medición de variables y búsqueda de patrones, resultados, discusión y conclusiones” (G086).

Considerando el promedio de aparición de las 14 palabras, encontramos que sólo aparecen 2,4 palabras por guía. Este resultado es extraordinariamente bajo, teniendo en cuenta que algunos de los ítems son tan generales como *experim\** o *investig\**, como se ha mencionado anteriormente. La distribución del número de palabras por guía (presentado en porcentajes, considerando 14 como máximo) se presenta en la Figura 17. Como vemos, sólo 5 guías (6,8%) presentan más de la mitad de los términos y 14 de ellas (18,9%) no presentan ninguno de los ítems seleccionados.

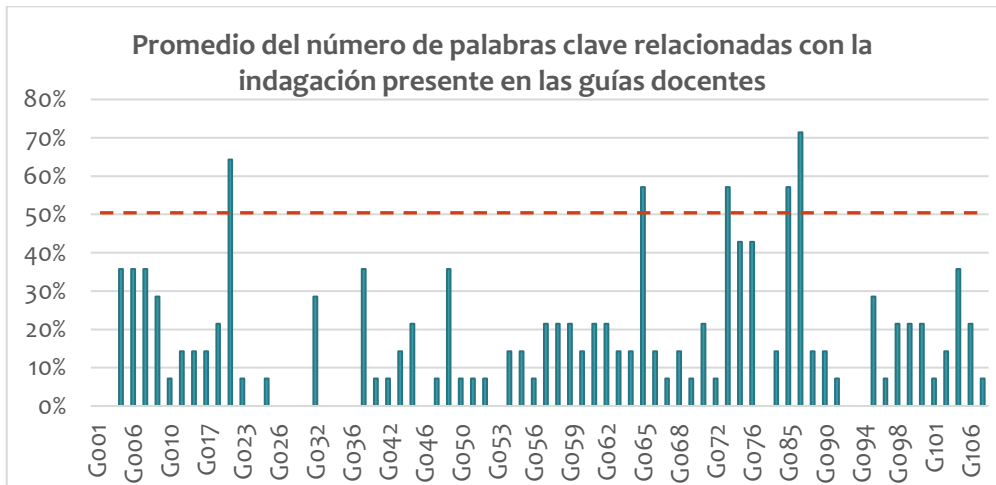


Figura 17 Porcentaje del número de palabras clave relacionadas con la indagación presente en las guías docentes (n=74). La línea roja marca la presencia del 50% de los ítems.



De las 5 guías que presentan más de la mitad de los ítems, 4 son de CyDCE y 1 de CCE. Las dos palabras clave que se repiten en las 5 guías son *Experim\** e *Hipótesis*, mientras que las que menos aparecen son *Variable* y *Reflex\**, que sólo aparecen en una de estas guías. Por otro lado, de las 14 guías que no incluyen ningún ítem de los estudiados, 8 son de CyDCE, 3 son de DCE y 3 son de CCE. Por último, analizando la presencia de estos ítems por tipo de asignatura, encontramos que para las asignaturas de CyDCE este promedio es de 2,48 palabras por guía, mientras que para las de DCE es de 2,5 y para las asignaturas de CCE este valor cae a 2,17. Como vemos, las tres categorías muestran valores muy similares.

La Figura 18 recoge la frecuencia de aparición de las diferentes palabras (en porcentaje) según el tipo de asignatura. Así, encontramos que para las asignaturas CyDCE, las palabras que más aparecen son los descriptores genéricos *Experim\** (aparece en el 52% de las guías de CyDCE), *Observa\** e *Investig\** (ambas aparecen en el 36% de las asignaturas de CyDCE). Estas palabras son también las más frecuentes en las guías de contenidos exclusivamente, aunque los porcentajes varían ligeramente. Los ítems *Experim\**, *Investig\** y *Observa\** se encuentran en el 58%, 50% y 42% de las guías de CCE, respectivamente. Sin embargo, la diferencia aparece con las asignaturas exclusivas de didáctica, en cuyas guías, la palabra que más aparece es *Problema* (ítem que se encuentra en la mitad de las guías de DCE). A continuación, se encuentran *Experim\** e *Investig\**, con un 44% de aparición. Esta diferencia se puede deber a que la metodología indagatoria no se emplea en las asignaturas de didáctica, sino que se enseñe a emplearla en una futura aula de primaria.

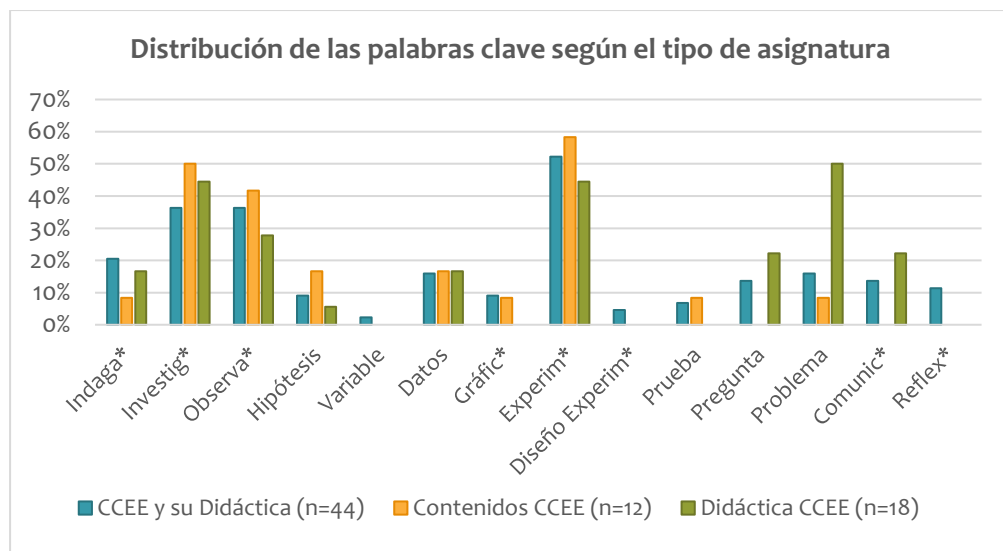


Figura 18 Porcentaje de aparición de las palabras clave en las diferentes guías según el tipo de asignatura.

En la literatura se han encontrado dificultades entre el alumnado de Maestro en Educación Primaria en la diferenciación entre hipótesis y conclusión, y en la identificación de variables (Crujeiras Pérez & Puig Mauriz, 2014). La poca presencia de los ítems Variable, Hipótesis y Reflex\* que hemos observado en nuestro estudio podría estar relacionado con estos hechos. También Cortés y de la Gándara, en un estudio realizado en una asignatura de Laboratorio Científico Escolar para futuros maestros de Primaria, encontraron dificultades para identificar problemas en el mundo natural y sobre los conceptos como variable, problema, hipótesis, conclusión... (Cortés & de la Gándara, 2006), algunos de ellos poco presentes en las guías. Vílchez y Bravo-Torija hallaron problemas entre el alumnado del grado en Educación Primaria para reconocer las acciones necesarias para realizar una investigación, viendo que algunas como la recogida de datos, la comunicación de las conclusiones y la utilización de una muestra patrón son muy poco reconocidas (Vílchez & Bravo Torija, 2015, p. 196).

Por último, se ha estudiado si los ítems encontrados sólo hacían referencia al procedimiento científico o también a la parte didáctica del mismo, destinada a cómo enseñar ese procedimiento. Esto ha implicado que se tuviera que interpretar el contexto de la palabra clave y no sólo su aparición. Los resultados, mostrados en la Figura 19, indican que prácticamente todos los ítems hacen menos referencia a la parte didáctica que a la parte procedimental. Como se aprecia, los ítems Variable, Datos, Gráfic\*, Diseño Experim\*, Prueba y Reflex\* sólo aparecen haciendo referencia al procedimiento, nunca a la parte didáctica del mismo. Por otro lado, los ítems Investig\*, Experim\* y Problema sí que muestran una presencia considerable de referencias a la didáctica del procedimiento. También Observa\*, Hipótesis, Pregunta y Comunic\* presentan algunas referencias al aspecto didáctico. Entendemos, no obstante, que la presencia de estas palabras es insuficiente puesto que, por ejemplo, la generación de hipótesis y la reflexión son cruciales en la superación de las concepciones iniciales, tanto del propio maestro en formación, como en los futuros alumnos y alumnas de primaria que tenga en sus aulas. No contar con una formación adecuada en todas las fases de la indagación puede llevar a que se malinterprete la actividad científica y se vea como una simple manipulación (Gil, 1983).

Por otro lado, el caso que más destaca es el del ítem Indaga\*, en el que predomina la aparición de palabras que hacen referencia a la parte didáctica del procedimiento. Este resultado nos plantea la duda de cómo se está enfocando esa formación didáctica de la indagación, puesto que si no se está reflejando también la formación didáctica del resto de procedimientos involucrados en la indagación como así parecen indicar nuestros datos, la formación no sería del todo completa.

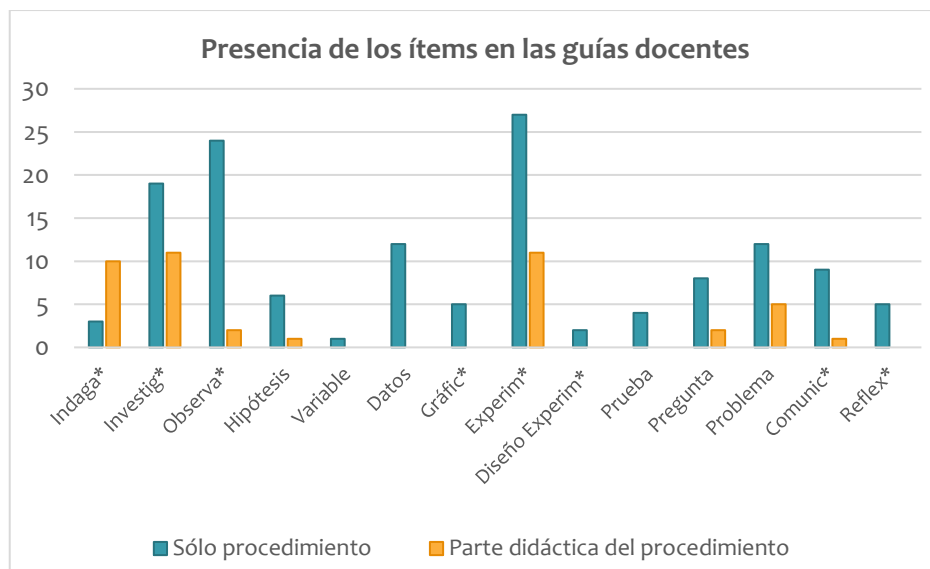


Figura 19 Número de guías en las que aparecen las palabras clave clasificadas según si hacen referencia al procedimiento o a la parte didáctica del mismo.

Veamos por separado, cómo es esta distribución según el tipo de asignatura. En las tres gráficas que se presentan a continuación, se observa que, como era de esperar, en la asignatura de CCE no aparece ninguna referencia a la parte didáctica de los procedimientos, que esta referencia al aspecto didáctico es predominante para las asignaturas de DCE y que, las asignaturas de CyDCE combinan ambas situaciones.

En consecuencia, podríamos decir que, en general, las guías no reflejan una formación para el futuro maestro en la didáctica específica de las fases de la indagación, de manera que la formación en indagación se quedaría únicamente como una declaración de intenciones. Esto ocurre en menor medida en las asignaturas de DCE, aunque sigue habiendo fases de la actividad científica como Variable, Gráfic\*, Diseño Experim\* o Prueba cuya parte didáctica no aparece ni en

las asignaturas exclusivas de didáctica ni en las que combinan contenidos y didáctica.

Consideramos que es difícil llegar a una asimilación de las fases involucradas en la actividad científica, si el método científico se está viendo como un contenido disciplinar más. Sin que la parte didáctica del mismo entre en juego, es difícil que el maestro en formación se plantee cómo llevarla al aula y, por lo tanto, pueda profundizar en su conocimiento de los procedimientos involucrados. Esta situación puede relacionarse con la presencia de diseño de unidades no indagatorias entre el alumnado de primaria (Hamed et al., 2020; Toma et al., 2017). Por ejemplo, el trabajo de Couto et al. (2013) mostraba, después de analizar 23 actividades realizadas en materias de didáctica de la ciencia del grado en Educación Primaria, que en cuanto a los aspectos científicos, se suele potenciar el conocimiento e interpretación de hechos y fenómenos, frente a la indagación científica.

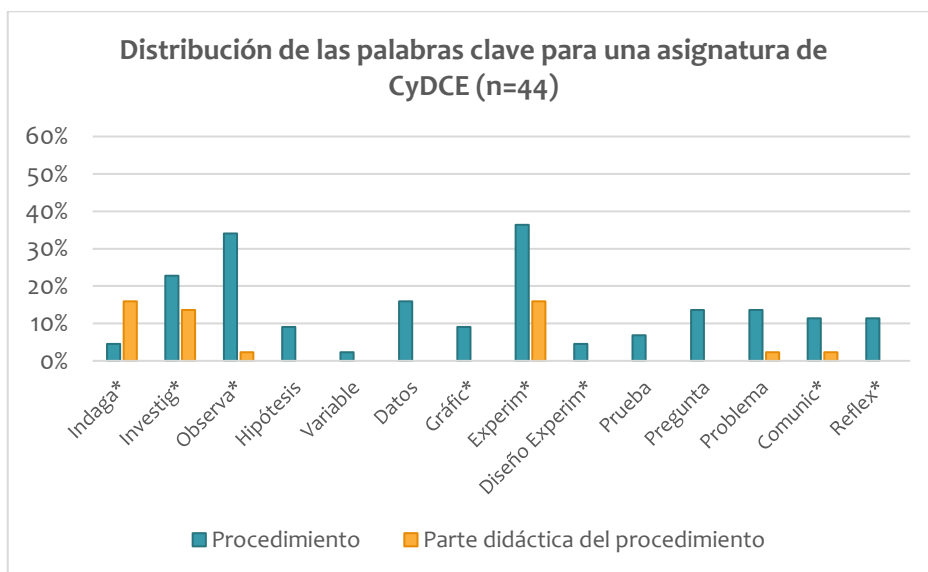


Figura 20 Distribución de las palabras clave para una asignatura de CyDCE.

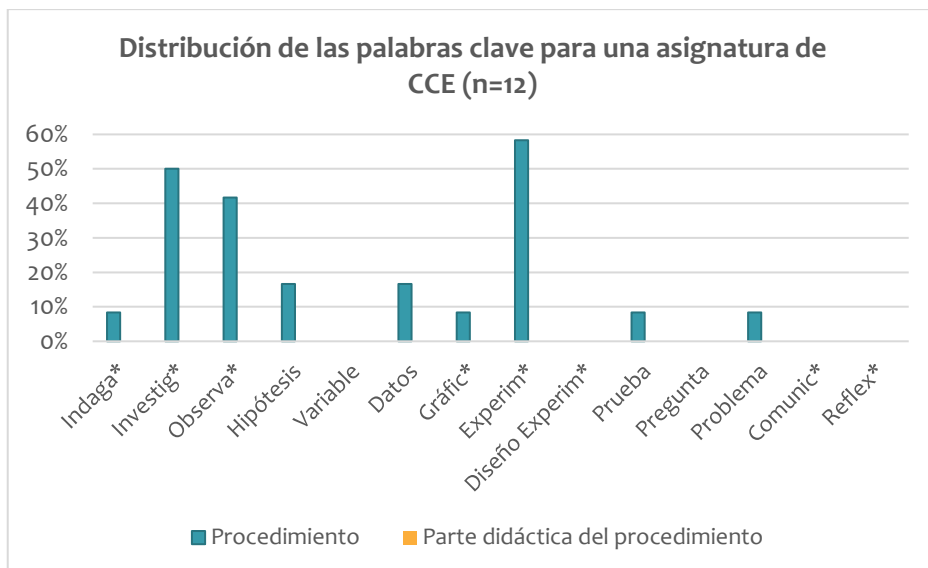


Figura 21 Distribución de las palabras clave para una asignatura de CCE.

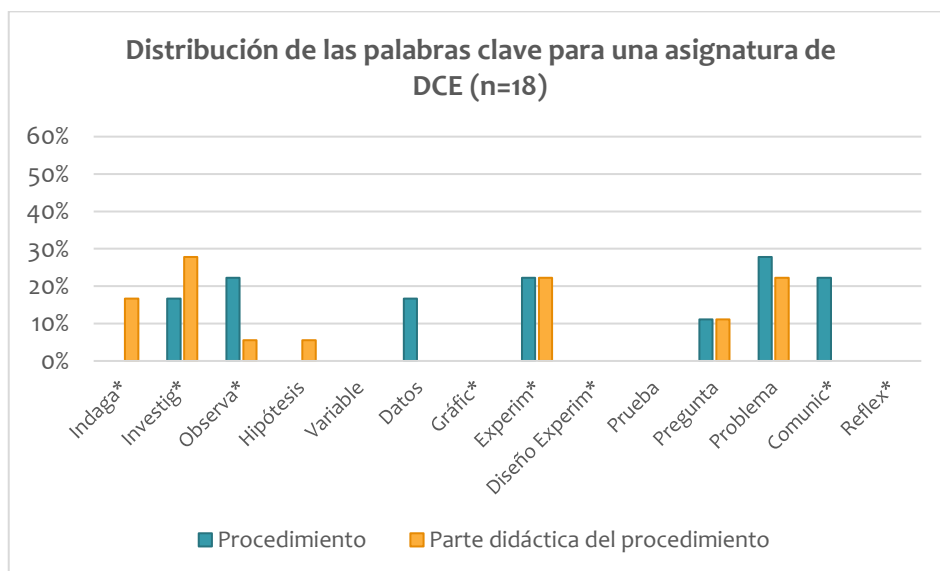


Figura 22 Distribución de las palabras clave para una asignatura de DCE.

## Capítulo 5. Segundo objetivo de investigación. Diseño metodológico

---

Para realizar el segundo objetivo de investigación, el cual pretende analizar la formación en contenidos científicos disciplinares y de didáctica de las ciencias que proponen los actuales formadores de maestros en ciencias, se diseñó un cuestionario ad-hoc compuesto de dos partes claramente diferenciadas. La primera sección constaba de preguntas de carácter sociodemográfico y acerca de la docencia impartida y coordinación realizada por el profesorado, en el que se incluían las variables sexo, universidad, año en el que obtuvo la tesis doctoral y temática, años de experiencia como profesor de universidad, categoría profesional, número de asignaturas de contenidos disciplinares de ciencias experimentales (CCE) o de didáctica de las ciencias (DCE) en las que impartía docencia en el Grado en Maestro de Educación Primaria y cuántas asignaturas de CCE o de DCE coordinaban.

La segunda sección del cuestionario estaba compuesta por cuatro preguntas de carácter abierto, en las que se consultaba al profesorado acerca de sus propuestas tanto de contenidos como de metodologías para dos hipotéticas asignaturas de CCE y de DCE del Grado de Maestro en Educación Primaria:

- **Pregunta 1, P1:** Señale cinco contenidos que considere indispensables (numérelos) para trabajar en una asignatura genérica de Ciencias Experimentales de Grado en Maestro de Educación Primaria.

- **Pregunta 2, P2:** ¿Qué metodología o estrategia de enseñanza utilizaría en una asignatura genérica de Ciencias Experimentales de Grado en Maestro de Educación Primaria?
- **Pregunta 3, P3:** Señale cinco contenidos que considere indispensables (numérelos) para trabajar en una asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales de Grado en Maestro de Educación Primaria.
- **Pregunta 4, P4:** ¿Qué metodología o estrategia de enseñanza utilizaría en una asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales de Grado en Maestro de Educación Primaria?

El cuestionario completo, en formato digital a través de un formulario de Google Forms, se envió por correo electrónico a 347 profesores de los departamentos de didáctica de las ciencias experimentales de 25 universidad españolas, junto con la invitación a participar en el estudio y el enlace online al cuestionario a partir del cual se obtendrían los datos. El cuestionario estuvo abierto desde noviembre de 2017 a enero de 2018, obteniendo 77 respuestas (tasa de respuesta=22%).

Una vez recogidas las respuestas, el equipo investigador interpretó, clasificó y analizó las propuestas a través de un proceso dinámico, en el que se resolvieron las discrepancias en la clasificación e interpretación mediante discusiones hasta llegar al consenso (aceptado por mayoría). La kappa de Cohen entre dos observadores se encontraba entre los valores 0,71 y 1,00. El cuestionario se incluye en el Anexo I.

Para analizar la primera parte del cuestionario, se establecieron las variables incluidas en la tabla siguiente:



Tabla 4 Variables de la primera parte del cuestionario empleado.

Nombre de la variable	Descripción	Clasificación	Valores
<b>Sexo</b>	Sexo	Variable cualitativa dicotómica	Femenino/Masculino
<b>Año de doctorado</b>	Año de obtención de su doctorado	Variable cuantitativa	
<b>Temática del doctorado</b>	Temática de su tesis doctoral	Variable cualitativa policotómica	Ciencias/Tecnología Didáctica de las ciencias experimentales
<b>Universidad</b>	Universidad en la que ha sido o es actualmente profesor	Variable cualitativa policotómica	
<b>Experiencia Docente</b>	Años de experiencia como profesor de universidad	Variable cuantitativa	
<b>Categoría del Profesor</b>	Categoría profesional	Variable cualitativa policotómica	Asociado Ayudante Doctor Contratado Doctor Titular de Universidad Titular de Escuela Universitaria Catedrático de Universidad Catedrático de Escuela Universitaria Emérito Otro
<b>Docencia en CCE</b>	Número de asignaturas genéricas de contenidos de ciencias experimentales en las que imparte docencia en el	Variable cuantitativa	

Nombre de la variable	Descripción	Clasificación	Valores
	Grado en Maestro de Educación Primaria		
<b>Coordinador de CCE</b>	Número de asignaturas genéricas de contenidos de ciencias experimentales de las que es coordinador en el Grado en Maestro de Educación Primaria	Variable cuantitativa	
<b>Docencia en DCE</b>	Número de asignaturas cuyo contenido es únicamente de didáctica de las ciencias experimentales en las que imparte docencia en el Grado en Maestro de Educación Primaria	Variable cuantitativa	
<b>Coordinador DCE</b>	Número de asignaturas cuyo contenido es únicamente de didáctica de las ciencias experimentales de las que es coordinador en el Grado en Maestro de Educación Primaria	Variable cuantitativa	
<b>Docencia en CyDCE</b>	Número de asignaturas que cubren tanto contenidos genéricos de ciencias experimentales como de su didáctica en las que imparte docencia en el Grado en Maestro de Educación Primaria	Variable cuantitativa	
<b>Coordinador CyDCE</b>	Número de asignaturas que cubren tanto contenidos genéricos de ciencias experimentales como de su didáctica de las que es coordinador en el Grado en Maestro de Educación Primaria	Variable cuantitativa	

Con respecto al análisis y categorización de las respuestas abiertas (de la P1 a la P4 descritas en el primer apartado de este capítulo), ésta se realizó post-hoc una vez recogidas todas las respuestas. En este apartado, describimos y ejemplificamos estas categorías, para facilitar el seguimiento del siguiente capítulo, en el que se exponen los resultados obtenidos.

## Análisis de las preguntas del cuestionario

### Primera pregunta: contenidos de una asignatura de contenidos científicos disciplinares

En el análisis de esta pregunta se han identificado los bloques de ciencias experimentales a los que hace referencia la propuesta: Ser Humano y Salud, Seres Vivos, Materia y Energía, Máquinas y Mecanismos, El mundo en el que vivimos, Física/Química/Biología/Geología, Medioambiente y Sostenibilidad. Asimismo, se ha hecho mención explícita a aquellas propuestas que incluyen aspectos de Naturaleza de la Ciencia (NOS) y/o de relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS). También se ha considerado una categoría de “Aspectos didácticos” para incluir las propuestas con contenidos referentes a aspectos didácticos de la ciencia y no a contenidos científicos explícitamente.

Tabla 5 Categorías empleadas en el análisis de las respuestas a la pregunta 1.

Contenidos científicos incluidos	
Categorías	Descripción
<b>Ser Humano y Salud</b>	Los contenidos propuestos incluyen cuestiones del bloque de Ser humano y Salud de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de Primaria
<b>Seres Vivos</b>	Los contenidos propuestos incluyen cuestiones del bloque de Seres Vivos de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de Primaria

<b>Materia y Energía</b>	Los contenidos propuestos incluyen cuestiones del bloque de Materia y Energía de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de Primaria
<b>Máquinas y Mecanismos</b>	Los contenidos propuestos incluyen cuestiones del bloque de Máquinas y mecanismos de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de Primaria
<b>El mundo en el que vivimos</b>	Los contenidos propuestos incluyen cuestiones del bloque de El mundo en el que vivimos de la asignatura de Ciencias Sociales de Primaria
<b>Física/Química/Biología/Geología</b>	Los contenidos propuestos incluyen aspectos generales de las diferentes ciencias experimentales
<b>Medioambiente/Ecología</b>	Los contenidos propuestos incluyen aspectos de medioambiente o ecología
<b>Sostenibilidad</b>	Los contenidos propuestos incluyen cuestiones sobre sostenibilidad
<b>NOS</b>	Los contenidos propuestos incluyen aspectos de la Naturaleza de la ciencia (NOS) o de Historia de la Ciencia
<b>CTS</b>	Los contenidos propuestos incluyen aspectos de relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS)
<b>Aspectos didácticos</b>	Los contenidos propuestos sólo hacen referencia a aspectos didácticos, no a contenidos científicos disciplinares

## Segunda pregunta: metodologías o estrategias de enseñanza en una asignatura de contenidos científicos disciplinares

En primer lugar, hemos cuantificado el número de metodologías propuestas, clasificando las respuestas en “Una metodología”, “Dos metodologías” o “Más de dos metodologías”. En segundo lugar, hemos clasificado las metodologías propuestas a partir de las respuestas disponibles. Debe aclararse que no todas las

metodologías se ven aquí reflejadas, sino que se ha escogido una serie de metodologías, y se ha cuantificado su presencia en las respuestas. Hay respuestas como “metodología activa” o “constructivista” que no se han contabilizado por ser demasiado generalistas y poco específicas. Las categorías escogidas se presentan y describen en la Tabla 6.

Tabla 6 Categorías empleadas en el análisis de las respuestas a la pregunta 2.

<b>Número de metodologías propuestas</b>	
<b>Categorías</b>	<b>Descripción</b>
<b>Una única metodología</b>	La metodología propuesta es de un solo tipo
<b>Dos metodologías diferentes</b>	Se han propuesto dos metodologías diferentes
<b>Más de dos metodologías</b>	Se han propuesto más de dos metodologías diferentes
<b>Clasificación de las metodologías propuestas</b>	
<b>Categorías</b>	<b>Descripción</b>
<b>Expositiva</b>	Se propone la metodología tradicional, magistral.
<b>Aprendizaje basado en proyectos o Aprendizaje basado en problemas</b>	Se propone el aprendizaje basado en proyectos o en problemas
<b>Indagación</b>	Se propone una metodología de indagación
<b>Experimentación o Laboratorio</b>	Se propone una metodología de experimentación o de prácticas de laboratorio
<b>Modelización</b>	Se propone la modelización
<b>Argumentación</b>	Se propone la argumentación como propuesta independiente
<b>Casos prácticos y simulación</b>	Se proponen metodologías en las que el alumno simula ser un maestro o el análisis de casos
<b>Salidas</b>	Se incluyen las salidas al entorno como propuesta

<b>Multimedia y TIC</b>	Se proponen recursos multimedia y/o relacionados con las TIC
<b>CTS y contextualización</b>	Se proponen aspectos de CTS o de contextualización
<b>Evaluación</b>	Se propone la evaluación como metodología
<b>Otros</b>	Se proponen metodologías no incluidas en los grupos anteriores

### Tercera pregunta: contenidos de una asignatura de didáctica de las ciencias experimentales

Con respecto a las respuestas de esta tercera pregunta, las categorías empleadas para el análisis de las respuestas se incluyen en la Tabla 7, tomándose como referencia el modelo de CDC de Magnusson et al. (1999): finalidad de la ciencia, currículum, estudiantes, evaluación y metodologías de enseñanza. A estas categorías se le han añadido los aspectos transversales de Naturaleza de la Ciencia y cuestiones CTS o contextualización.

Tabla 7 Categorías empleadas en el análisis de las respuestas a la pregunta 3.

<b>Contenidos incluidos en las propuestas de didáctica</b>	
<b>Categorías</b>	<b>Descripción</b>
<b>Estudiantes</b>	Si la propuesta incluye aspectos sobre cómo aprende el alumnado y/o sus ideas previas
<b>Currículum</b>	Si la propuesta incluye aspectos del currículum de primaria, incluyendo los objetivos por etapa, la selección de ideas, programación, etc.
<b>Evaluación</b>	Si la propuesta considera aspectos de evaluación en ciencias
<b>Metodologías</b>	Si la propuesta incluye metodologías de enseñanza/aprendizaje

<b>Finalidad ciencia</b>	<b>E/A</b>	Si la propuesta incluye aspectos relacionados con la finalidad de la enseñanza/aprendizaje (E/A) de la ciencia
<b>NOS</b>		Si la propuesta incluye aspectos de Naturaleza de la Ciencia o de Historia de la Ciencia
<b>CTS y contextualización</b>		Se incluyen aspectos de CTS o de contextualización en la propuesta

### Cuarta pregunta: metodologías o estrategias de enseñanza en una asignatura de didáctica de las ciencias experimentales

En este caso, se han clasificado las metodologías propuestas siguiendo un esquema similar al utilizado en la pregunta 2, cuyas categorías se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8 Categorías empleadas en el análisis de las metodologías propuestas en la pregunta 4.

<b>Clasificación de las metodologías propuestas</b>	
<b>Categorías</b>	<b>Descripción</b>
<b>Expositiva</b>	Se propone la metodología tradicional, magistral.
<b>Aprendizaje basado en proyectos o Aprendizaje basado en problemas</b>	Se propone el aprendizaje basado en proyectos o en problemas
<b>Indagación</b>	Se propone una metodología de indagación
<b>Experimentación o Laboratorio</b>	Se propone una metodología de experimentación o de prácticas de laboratorio
<b>Modelización</b>	Se propone la modelización
<b>Argumentación</b>	Se propone la argumentación como propuesta independiente

<b>Casos prácticos y simulación</b>	Se proponen metodologías en las que el alumno simula ser un maestro o el análisis de casos
<b>Salidas</b>	Se incluyen las salidas al entorno como propuesta
<b>Multimedia y TIC</b>	Se proponen recursos multimedia y/o relacionados con las TIC
<b>CTS y contextualización</b>	Se proponen aspectos de CTS o de contextualización
<b>Evaluación</b>	Se propone la evaluación como metodología

## Procedimiento de tratamiento de los datos

---

Después de obtener todos los datos, se ha construido una matriz de datos en el programa Microsoft Excel 2016, cuya explotación se ha realizado mediante tablas y gráficos dinámicos.

Las variables cuantitativas se han descrito mediante la media, la desviación estándar y los valores máximos y mínimos. Las variables cualitativas se han descrito mediante frecuencias absolutas y/o porcentajes.

Las pruebas estadísticas se han realizado mediante el programa IBM SPSS, utilizando la prueba de Chi cuadrado,  $\chi^2$ , y la prueba exacta de Fisher para analizar la dependencia entre variables nominales independientes. La prueba U de Mann-Whitney se ha utilizado para comparar medias entre dos grupos, en el caso no paramétrico. La prueba rho de Spearman se ha empleado para analizar la correlación entre dos variables que no siguen distribución normal, evaluada a su vez, por una prueba de normalidad. Se han considerado resultados estadísticamente significativos aquellos valores con  $p < 0,05$ .



# Capítulo 6. Resultados y discusión del segundo objetivo: opinión del profesorado de asignaturas de ciencias<sup>3</sup>

---

## Descripción general de los participantes

---

De los 77 profesores que respondieron al cuestionario, 37 (48,1%) correspondían al sexo femenino y 40 (51,9%) al masculino, y pertenecían a las siguientes universidades: Alicante, Almería, Autónoma de Barcelona, Cádiz, Castilla La Mancha, Complutense de Madrid, Córdoba, Extremadura, Granada, Huelva, Jaén, Jaime I, Málaga, Murcia, Oviedo, Sevilla, Santiago de Compostela, Valencia, Valladolid y Zaragoza. Uno de los participantes no cumplimentó el campo *Universidad*.

La media de los años de experiencia como profesor universitario fue de 15,3 años, con un mínimo de 2 años y un máximo de 42 años. En cuanto al nivel académico, 74 eran doctores, 2 de ellos no lo eran y 1 no lo indicó. La media de años desde la obtención de su doctorado era de 13,9 años, y, al respecto de la temática de su doctorado, 40 (53,3% de los doctores) eran doctores en Ciencias o Tecnología (a partir de ahora los consideraremos de manera conjunta en una única categoría) y 34 en Didáctica de las ciencias experimentales (45,3%). Por lo referente a las figuras del profesorado, 22 de ellos eran profesores asociados (28,6%),

---

<sup>3</sup> Parte de estos resultados se encuentran recogidos en el artículo: Tierno, S.P., Solbes, J., Gavidia, V. & Tuzón, P. (2021). La formación científica y didáctica en el grado de Maestro en Educación Primaria y la presencia de la indagación según el profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, actualmente en revisión.

17 ayudantes doctores (22,1%), 12 (15,6%) contratados doctores, 14 (18,2%) titulares, 7 (9,1%) catedráticos y un profesor emérito. Se clasificaron 4 profesores dentro de la categoría de *Otros* (5,2%), para incluir figuras no clasificables en las anteriores categorías, como profesor sustituto interino.

Por último, con respecto a la actividad docente actual de estos profesores, la mayoría de los profesores impartía entre 1 y 3 asignaturas, aunque es destacable que dos profesores reconocieron impartir 8 y 9 asignaturas cada uno. El 70% de los profesores impartían tanto asignaturas de contenidos disciplinares, CCE, como de didáctica de las ciencias experimentales, DCE, el 12% sólo impartían asignaturas de DCE y el 8% sólo de CCE. El resto o no impartían docencia en el Grado en Maestro en Educación Primaria (9,1%) en el momento de la encuesta. Uno de ellos no lo indica.

## Opiniones sobre los contenidos de una asignatura de CCE

---

Esta primera pregunta respondía a qué contenidos científicos incluiría el profesorado para una asignatura de contenidos disciplinares para futuros maestros y maestras. Hubo cinco respuestas en blanco y una respuesta clasificada dentro de la categoría “*Otros*”, cuyo profesor/a indicaba que no procede tener una asignatura de contenidos científicos en el grado de Maestro porque “*Los estudiantes deberían acceder a los estudios de grado con los contenidos mínimos indispensables*” (P55).

En primer lugar, encontramos que el 23,4% de los profesores (18 en total) propusieron incluir algún aspecto didáctico en este tipo de asignatura, ya fuera únicamente aspectos didácticos (11,7%) o combinando la didáctica y los

contenidos científicos (también el 11,7%). Este porcentaje demuestra la intención del profesorado de no separar de manera explícita los contenidos disciplinares de su didáctica, tal y como diferentes autores proponen (Esteve, 2006; García-Barros, 2016; Mellado & González-Bravo, 2000), llegando otros incluso a proponer que *«el profesor debe integrar, explícita o implícitamente, sus conocimientos científicos, didácticos y su propia práctica educativa en la planificación de su acción docente y en su intervención en el aula»* (De Pro Bueno, 1995, p. 379).

La identificación y clasificación de los contenidos científicos propuestos por los profesores no ha sido sencilla debido a respuestas poco explícitas en las que no se detallaban los contenidos que se proponían impartir, como *“Todos los temas de ciencia que se dan en primaria con contenido extendido”* (P01), *“Contenidos científicos”* (P24, P53), *“El resto de contenidos son igual de necesarios/innecesarios”* (P73) o *“Contenidos curriculares”* (P31), o a respuestas con expresiones complejas de clasificar en una única categoría tales como *“Biosanitarios”* (P02), *“Vida”* (P10), *“Evolución”* (P28) o *“Cambios”* (P49). No obstante, es cierto que muchas respuestas podían dividirse según las diferentes ciencias (Física, Química, Biología, Geología) o siguiendo los diferentes bloques de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de primaria (Seres Vivos, Ser Humano y Salud, Materia y Energía, y Máquinas y Mecanismos), como se presenta en la Figura 23. No obstante, debemos mencionar que algunas respuestas combinaban ambas opciones como, por ejemplo, *“1. Materia. 2. Energía. 3. La Tierra. 4. El Universo. 5. Biología”* (P27) o *“1. Clasificación y funciones vitales en los reinos animal y vegetal. 2. Funciones vitales en el cuerpo humano. 3. Física. 4. Química. 5. Ciencias de la tierra y el espacio”* (P37). La Figura 23 muestra la presencia de los contenidos científicos en las diferentes categorías.

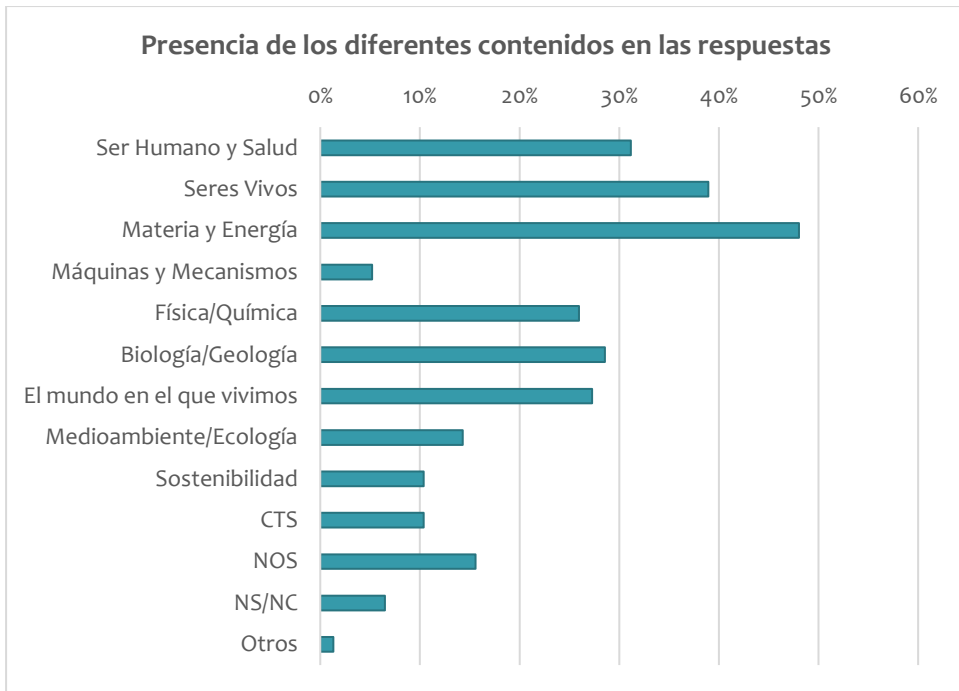


Figura 23 Presencia de los contenidos disciplinares incluidos en las propuestas (n=77).

Como vemos en la Figura 23, la categoría de Materia y Energía es la más común. Seguida de las categorías de Seres Vivos y Ser Humano y Salud. Destaca también la presencia de aspectos de El mundo en el que vivimos, ligeramente superior a un 25% de las respuestas, de la asignatura de Ciencias Sociales de Primaria. El bloque de Ciencias Naturales menos representado en las respuestas fue el de *Mecanismos* y *Máquinas*, dado que en sólo 4 opiniones encontramos estos contenidos explícitamente. Esto también ocurría en el primer objetivo de la tesis, ya que este apartado era el menos presente de los bloques de primaria en las guías docentes. También encontrábamos que en el trabajo de Valverde y Sánchez (2020), al preguntar al alumnado en prácticas sobre los contenidos impartidos en sus prácticas, se encontraba este bloque como el menos impartido.

Por otro lado, resulta interesante que un 15,6% de las respuestas incluyen aspectos de la Naturaleza de la ciencia (NOS) como este quinto contenido, como en los ejemplos siguientes: “(1) *Biología: Clasificación de seres vivos.* (2) *Geología: estructura del planeta Tierra (hidrosfera, geosfera y atmosfera).* (3) *Química: reacciones básicas.* (4) *Física: ondas (luz y sonido).* (5) *General: los pasos completos del método científico*” (P51). Ha sido frecuente también (10,4%) propuestas que incluyeran explícitamente relaciones CTS o aspectos de medioambiente/ecología (14,3%) o sostenibilidad (10,4%).

Por último, y aunque la presencia de estas respuestas no es muy elevada, debe hacerse mención a que una de las respuestas enumeraba los contenidos siguiendo las Grandes Ideas, y otra propuesta dividía los contenidos en Materia Viva/Inerte. Así como debemos mencionar la presencia de contenidos disciplinares muy específicos, como “*Teorías Creacionistas*”, “*Física aplicada a educación vial*” (Po7) o “*Metabolismo*” (P48). Recordemos que estas propuestas se están incluyendo en una pregunta sobre cinco contenidos específicos de una asignatura de CCE. Es decir, debemos tener en cuenta estas respuestas no porque aparezcan estos contenidos, sino porque al aparecer están “sustituyendo” a otros aspectos más generales que, consideramos, serían más adecuados en la formación generalista de un maestro.

## Opiniones sobre la metodología a utilizar en una asignatura de CCE

---

Continuemos ahora con el análisis de las metodologías propuestas para esta asignatura de contenidos científicos para maestros/as. Aunque nuestra pregunta en el cuestionario era en condicional (*¿Qué metodología o estrategia de enseñanza utilizaría...?*), algunos de los profesores mostraron un tono pesimista en cuanto a

la posibilidad de implementar algunas metodologías, como se entrevé en respuestas como *“Debido al número de alumnado alto no queda otra que clase tradicional-magistral. Con grupos menos numerosos experiencias prácticas y diversas metodologías activas, también está el problema del material para hacerlo”* (P31) o en expresiones dubitativas como en *“A ser posible, aprendizaje a través de experimentos sencillos con materiales poco costosos; aprendizaje guiado y, en caso de adultos, indagación”* (P09). En este caso, tenemos 7 respuestas en blanco y una que no detalla el tipo de metodología - *“Las máximas posibles”* (P03)-, considerada dentro de la categoría *“Otros”*.

Hemos clasificado las respuestas de los profesores según diferentes categorías post-hoc, para poder aproximarnos al tipo preferido de metodología por los profesores para impartir una asignatura de contenidos disciplinares en el grado de Maestro de Educación Primaria.

En primer lugar, encontramos que 33 (42,9%) propuestas incluían metodologías indagatorias, siendo ésta la metodología preferida por los profesores, como puede apreciarse en la Figura 24. En 16 propuestas (20,8%) se incluía el aprendizaje basado en problemas o en proyectos, que hemos agrupado en la misma categoría. La metodología expositiva por parte del profesor estaba presente en 14 respuestas, suponiendo el 18,2% de las respuestas. La experimentación o prácticas/actividades en el laboratorio aparecía en 9 (11,7%) propuestas, y un número similar de propuestas (10 propuestas, 13,0%) incidían en actividades grupales o actividades prácticas, así como en estrategias o aprendizajes cooperativos. Hemos interpretado que estas respuestas se referían a trabajos grupales, de manera que las hemos categorizado juntas. Así, dentro de este grupo denominado *Trabajos grupales* se englobaron repuestas explícitamente referidas al trabajo grupal o colaborativo y respuestas donde la parte grupal estaba menos

explícita, pero podía interpretarse como tal, “Estrategias activas, cooperativas y colaborativas” (P82) o “Aprendizaje cooperativo” (P58). Por su parte, la modelización sólo aparecía explícitamente en 3 respuestas (3,9%) y las metodologías relacionadas con la argumentación en 4 (5,2%). Resultados entendibles si tenemos en cuenta la concreción de estas estrategias de enseñanza. Los casos prácticos y las metodologías de simulación, contabilizadas conjuntamente en una misma categoría, aparecían en 7 propuestas (9,1%), incluyendo propuestas como “Métodos de caso” (P15), “Juegos de simulación” (P38) o “role play (maestro-niño)” (P51). También nos parece razonable este resultado, puesto que la pregunta hace referencia a una asignatura de contenidos disciplinares únicamente. Otras respuestas analizadas presentan “salidas de campo” (P38) o “salidas al entorno” (P51), recursos multimedia como “vídeos” (P07), “búsqueda guiada de información” (P67) o “Flipped Classroom” (P32) o actividades CTS y contextualización, con unas frecuencias de 2 (2,6%), 3 (3,9%) y 3 (3,9%), respectivamente. Por último, la categoría *Evaluación* englobaba a aquellas respuestas en la línea de “dar importancia a los procesos de evaluación y regulación individuales y grupales” (P44) o simplemente “evaluación” (P59), y suponían únicamente el 2,6% de las respuestas.

Que la indagación sea la metodología más frecuente en las propuestas de la Figura 24 resulta interesante, puesto que nos podría llevar a pensar que se hace mucha indagación en la formación inicial de los maestros. Nuestro resultado estaría de acuerdo, pues, con el trabajo de Martínez-Chico en el que se entrevistaba a catorce formadores de maestros acerca de qué declaraban que hacían en sus clases encontrándose, entre otros resultados, que los enfoques de enseñanza indagatorios estaban entre sus prioritarios (Martínez-Chico et al., 2014). Sin embargo, hay estudios que demuestran que los maestros no conocen cómo llevar

a la práctica la indagación al aula (Montero-Pau & Tuzon, 2017; Toma et al., 2017; Vílchez & Bravo Torija, 2015), por lo que esto supondría una contradicción. De la misma manera, los resultados aquí obtenidos también difieren de lo encontrado en artículos recientes, como (Tierno et al., 2020) y en la primera parte de la tesis, en los que referencian que la indagación no está demasiado presente en las guías docentes de los planes del grado en Educación Primaria. Por lo tanto, estos resultados nos suscitan la duda de si la indagación que se quiere impartir, realmente se está llevando a cabo en las aulas, y si así es, si realmente se está realizando de manera efectiva. Entendemos que esto requeriría estudios posteriores como una observación de las prácticas docentes, que excede a lo realizado aquí.

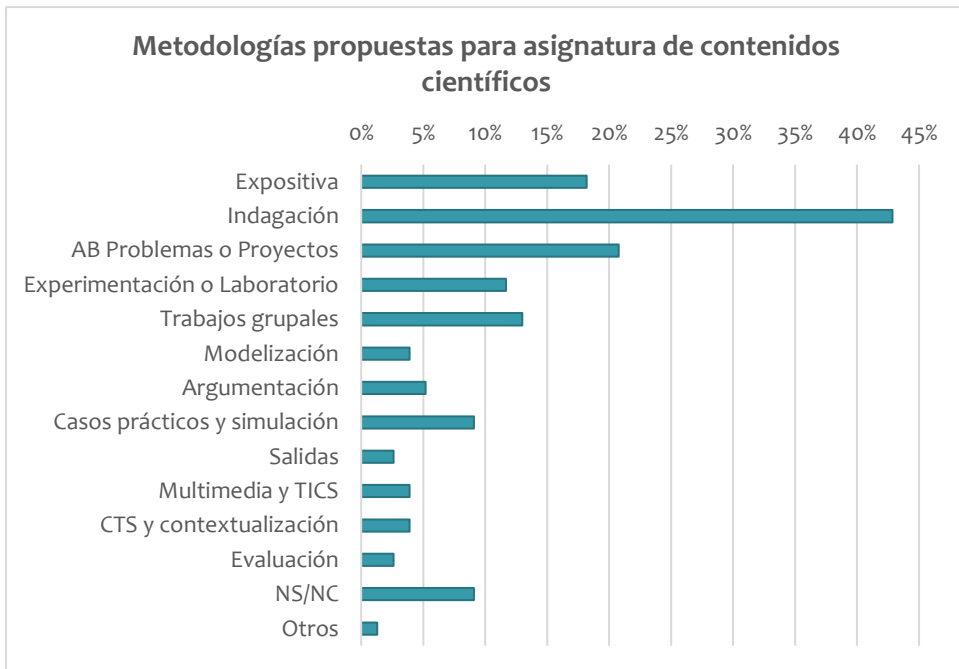


Figura 24 Distribución de las metodologías propuestas para una asignatura de contenidos científicos (n=77).



## Perfil del profesorado que incluye metodologías indagatorias para una asignatura de CCE

Estudiemos, por último, el perfil del profesorado que proponía indagación en las asignaturas de contenidos disciplinares. En primer lugar, entre los formadores doctores a favor de la indagación ( $n=31$ ), los que predominaban en esta elección eran los doctores en didáctica de las ciencias (54,8%) frente a los doctores en ciencias/tecnología (45,2%). Esta tendencia contrasta con la que presentaban los profesores doctores que propusieron la metodología expositiva, ya que, en este segundo caso, la mayoría de estos profesores eran doctores en ciencias (69,2%), no en didáctica de las ciencias (30,8%).

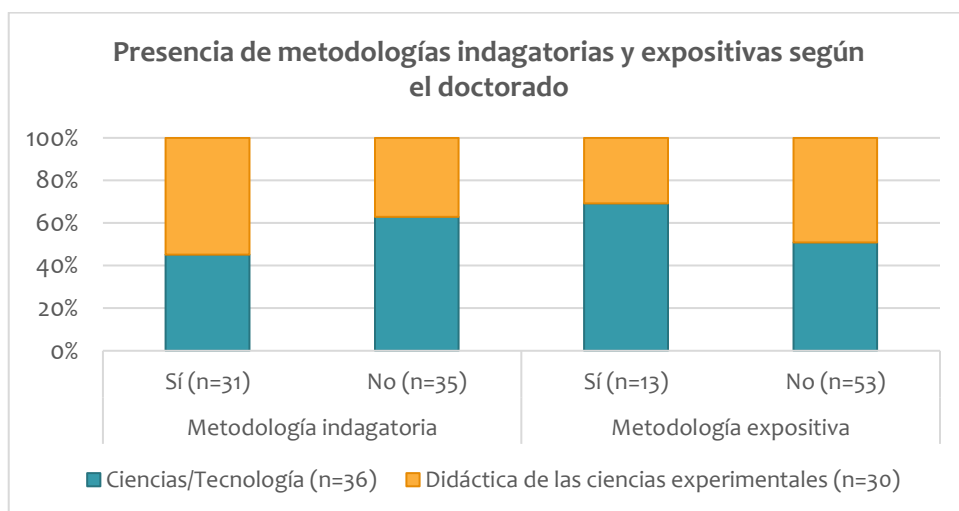


Figura 25 Presencia de la metodología indagatoria según el tipo de doctorado del profesor para una asignatura de CCE. Sólo se han contado los profesores doctores ( $n=66$ ).

Por otro lado, comparando el promedio de experiencia docente universitaria de los profesores a favor de la indagación según el tipo de doctorado, encontramos una diferencia que queremos discutir. Entre los profesores con tesis científicas, los que proponían indagación eran los que más años de experiencia docente

tenían. Sin embargo, para el caso de los doctores en didáctica de las ciencias, la diferencia entre el promedio de la experiencia era mucho menor entre los que elegían indagación y los que no, siendo ligeramente superior para los que no proponían indagación. Esto podría relacionarse, por lo tanto, con la hipótesis de que la experiencia docente en el grado en Maestro en Educación Primaria es importante para el profesorado que procede de estudios pre-doctorales o doctorales en ciencias experimentales, para que “vean” a sus estudiantes como futuros maestros y no como especialistas en ciencias, que deberán llevar a sus aulas metodologías, como la indagatoria, exitosas a la hora de alfabetizar científicamente a los niños y niñas de primaria. Dicho de otro modo, podríamos entender que, durante los primeros años de docencia, aquellos formadores procedentes de doctorados científicos impartirán sus clases de CCE tal y como la han recibido: probablemente, mediante metodologías transmisivas. En el caso de los formadores procedentes de doctorados didácticos, seguramente ya utilicen metodologías indagatorias desde el principio de sus años profesionales, puesto que conocen las recomendaciones del campo de la didáctica de las ciencias. Esto explicaría la diferencia observada en el promedio de experiencia docente.

Tabla 9 Promedio de la experiencia docente universitaria (en años) de los profesores que proponen indagación para la asignatura de CCE según su doctorado.

Doctorado	Sí propone indagación	No propone indagación
Ciencias/Tecnología	22,9 años	14,5 años
Didáctica de las CCEE	10,0 años	15,7 años

Podemos relacionar estos resultados con algunos comentarios hechos por Magnusson, Krajcik y Borko en su trabajo del CDC. Los autores referían que debemos mostrarnos cautos sobre la inferencia de que suficiente conocimiento

disciplinar es todo lo que necesita un profesor para desarrollar el conocimiento deseado de estrategias instruccionales (Magnusson et al., 1999, p. 115). Eso se puede relacionar con lo aquí encontrado. Nuestros datos parecen mostrar que hay aspectos, como la experiencia docente, que permiten al formador de maestros complementar o ampliar, según como se vea, su Conocimiento Didáctico del Contenido, optando por metodologías necesarias, como la indagatoria, que ayudarán al futuro maestro cuando imparta ciencias.

Analicemos ahora el número de metodologías elegidas por aquellos profesores que proponen utilizar la indagación en sus asignaturas. Para la asignatura de CCE, encontramos que la mayoría de los profesores (55,7%) proponen una única metodología (Tabla 10). De estas propuestas, debe destacarse que sólo 2 profesores (2,9%) han propuesto como única metodología la tradicional transmisiva y magistral. En referencia a la indagación, encontramos que un poco más de la cuarta parte de los profesores encuestados consideran que la mejor metodología para una asignatura de contenidos científicos sería la indagatoria únicamente (27,1%). De las propuestas que incluyen indagación, en el caso de considerar dos metodologías diferentes, estas segundas metodologías han sido: clases teórico-prácticas, experimentos sencillos, problemas y actividades prácticas. Este caso corresponde al 15,2% de las respuestas con aspectos indagatorios.

Tabla 10 Número de metodologías propuestas para una asignatura de contenidos científicos según las respuestas de todos los profesores y según las respuestas de los profesores que incluyen métodos indagatorios.

Número de metodologías propuestas	Todas las respuestas	Únicamente respuestas que incluyen la indagación
<b>Una única metodología</b>	39 (55,7%)	19 (57,6%)
<b>Dos metodologías diferentes</b>	11 (15,7%)	5 (15,2%)
<b>Más de dos metodologías diferentes</b>	20 (28,6%)	9 (27,3%)
<b>Total general</b>	<b>70</b>	<b>33</b>

Por último, queremos analizar la opinión de los profesores y su relación con su docencia. Encontramos una evidente diferencia en el porcentaje de profesores que proponen metodologías indagatorias, ya que el 50% de los profesores que impartían sólo asignaturas de contenidos están a su favor. Sin embargo, este porcentaje llega hasta el 87,5% entre los profesores de asignaturas únicamente de DCE. Este porcentaje alcanza el mínimo cuando consideramos también los profesores que impartían clase tanto en asignaturas de contenidos como de didáctica, puesto que sólo el 38,8% de ellos incluyeron la metodología indagatoria en sus propuestas, como se observa en la Figura 26. Por lo tanto, a pesar de la diferencia entre los tamaños de los grupos, podríamos interpretar que los profesores de DCE están mucho más a favor de las metodologías indagatorias que los profesores de CCE. Esto podría deberse a que el impartir asignaturas de didáctica permite “ver” al alumno como el futuro maestro que va a ser, llevando al formador a adecuar los contenidos y la metodología a esta circunstancia, permitiéndole ver al alumno como maestro de ciencias, con un perfil generalista, y no como un especialista de la materia.

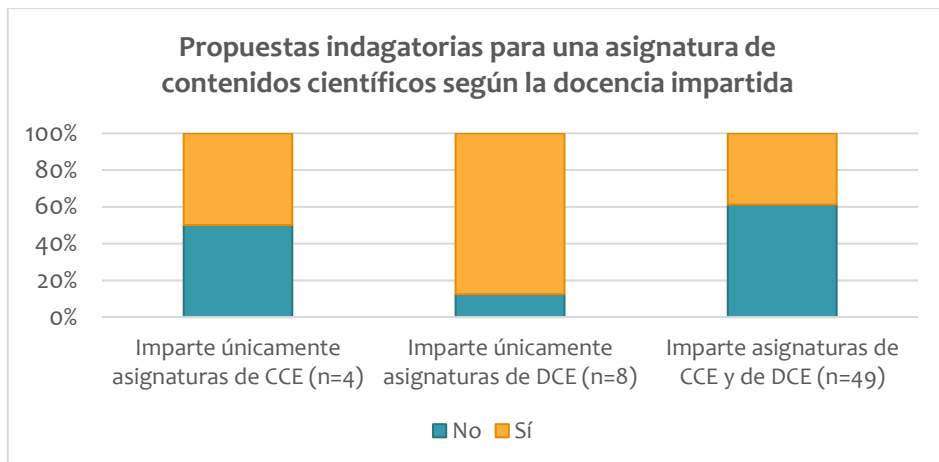


Figura 26 Distribución de las propuestas indagatorias para una asignatura de contenidos disciplinares según la coordinación realizada.

En cuanto a las opiniones de los coordinadores, como se observa en la Figura 27, los coordinadores de DCE están mucho más a favor de las metodologías indagatorias que los coordinadores de CCE.

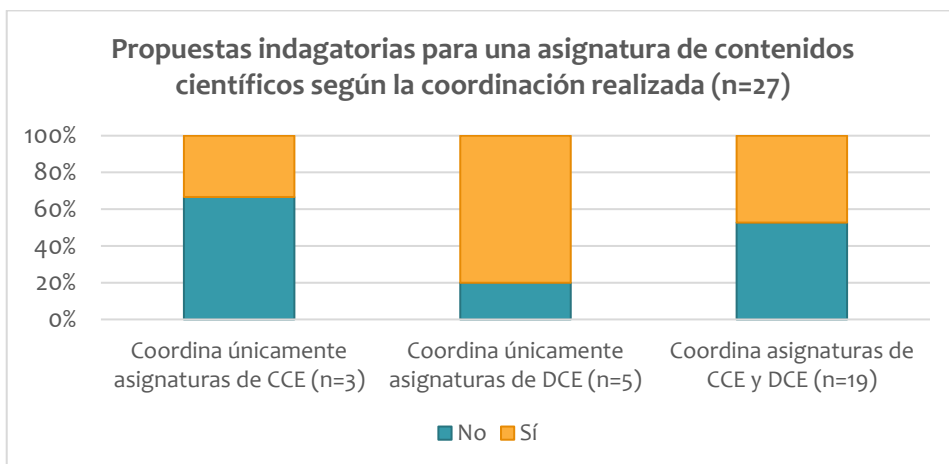


Figura 27 Distribución de las propuestas indagatorias para una asignatura de contenidos disciplinares según la coordinación realizada.

Esto coincide, en parte, con lo que encontramos en las guías docentes analizadas en la primera parte de la tesis, en la que el promedio de palabras clave relacionadas con la indagación era ligeramente menor para las asignaturas de CCE (1,8 palabras por guía) que para las otras asignaturas (2,0 para las de DCE y 2,2 para las de CyDCE).

## Opiniones sobre los contenidos de una asignatura de DCE

---

La tercera pregunta del cuestionario hacía referencia a los contenidos que se incluirían en una asignatura de didáctica de las ciencias. La clasificación de las respuestas se ha realizado siguiendo las categorías empleadas en la primera parte de la tesis, que recordemos eran *Finalidad*, *Currículum*, *Estudiantes*, *Evaluación* y *Metodologías*, según el modelo de Magnusson et al (1999). Se ha ampliado, igual que se hizo en la parte anterior de la tesis, mediante dos categorías más: la referente a aspectos de Naturaleza de la Ciencia y la de CTS/Contextualización. En este caso se tienen 4 respuestas en blanco y una respuesta en la categoría “Otros”: “No entiendo” (P25). En estas respuestas, cada formador/a ha incluido, en general, cinco puntos sobre los aspectos didácticos que ellos impartirían en una asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales en el Grado en Maestro en Educación Primaria. No obstante, algunos profesores han incluido menos puntos de los solicitados o más puntos. Se han considerado todas las respuestas, independientemente del número de contenidos incluidos.

Hemos de comentar, antes de comenzar el análisis, que, algunas respuestas incluían puntos demasiado ambiguos o poco descritos, por lo que se ha debido interpretar en muchos de estos casos.

La presencia de los aspectos didácticos en las diferentes respuestas se muestra en la Figura 28, donde es evidente que la categoría *Metodologías* está más del 80% de las respuestas y la categoría *Finalidad* está en el extremo opuesto, apenas superando el 15% de las respuestas.

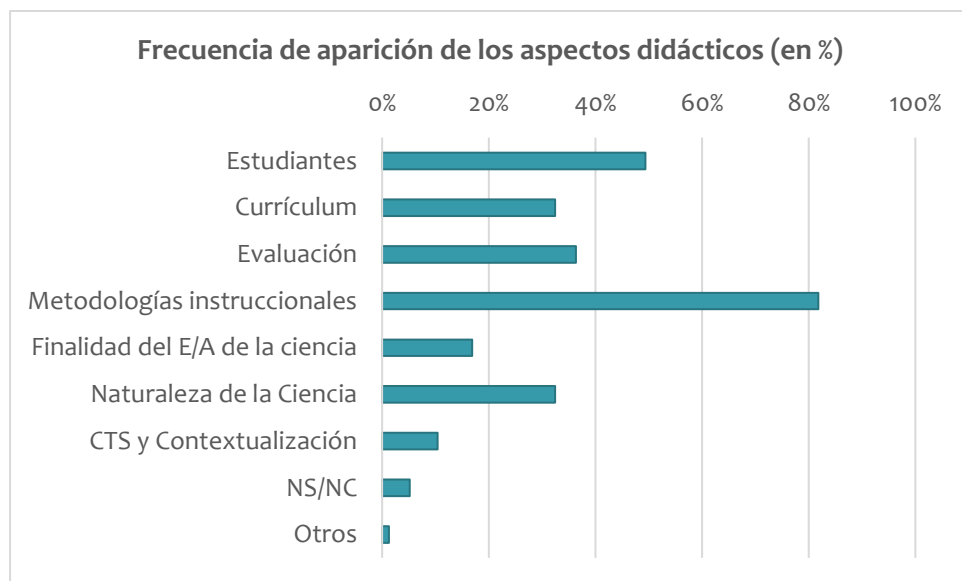


Figura 28 Frecuencia de aparición de los aspectos didácticos en las respuestas de los profesores (n=77).

Por lo referente a la categoría de Estudiantes, presente en 38 propuestas (49,4%), encontramos aspectos relacionados con las *“Dificultades habituales de los alumnos en el aprendizaje de la ciencia”* (P04), *“Misconceptions en profundidad (temáticamente)”* (P51), *“Principales obstáculos en el proceso de Enseñanza-Aprendizaje de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria y estrategias para abordarlos”* (P75) o *“¿Cómo se aprenden los conocimientos científicos?”* (P77). Como se aprecia, hay dos grandes bloques en las opiniones: uno de dificultades en el aprendizaje de la ciencia y un segundo en las ideas previas/pensamiento de

los alumnos, mostrando la importancia del alumno y sus ideas en el aprendizaje, como se trabajaba en el primer capítulo del libro “Enseñando ciencia con ciencia” (Couso et al., 2020), intentando desmontar el mito de que los niños/as son *tabula rasa* (Pozo, 2020).

El 32,5% de las propuestas de los profesores incluyen aspectos de los contenidos y objetivos del currículum de ciencias experimentales en la etapa de Educación Primaria. Así, encontramos algunas respuestas de esta categoría que incluyen explícitamente un “*módulo de programación*”, con puntos como: “1.- *Programación didáctica y de aula. Qué va a aprender el alumnado en ese curso y a lo largo de la etapa y cómo se va a evaluar*” y “2.- *Programación de actividades de aprendizaje. Donde se debería incluir la evaluación de dicha actividad*” (P07). Otros profesores son menos descriptivos, y responden simplemente aspectos como “*Tratamiento transversal de los contenidos*” (P20), “*Las ciencias experimentales y las competencias clave. Su relación con el currículo de Primaria*” (P33), “*Los contenidos curriculares en ciencias en Primaria*” (P72) o directamente “*Currículum*” (P38).

Los aspectos de evaluación como “*Evaluación formativa, coherencia entre objetivos, actividades y evaluación*” (P09), “*La evaluación de los procesos de enseñanza-aprendizaje en el aula de ciencias de Primaria*” (P33) o la “*autorregulación de aprendizajes y evaluación formativa*” (P46) están presentes en 28 propuestas (36,4%).

El aspecto didáctico más frecuente en las respuestas de los profesores es el de *Metodologías*, con una presencia del 81,8% (63 propuestas). Esto puede deberse, en parte a que, esta categoría incluye las respuestas que proponen métodos de enseñanza y recursos instruccionales, por lo que es la categoría con respuestas más heterogéneas de todas las consideradas. Así, algunas respuestas son muy



genéricas, haciendo referencia a aspectos de didáctica general como “Bases metodológicas” (P03), “innovación educativa” (P07), “modelos de instrucción” (P12), “Técnicas didácticas (Técnicas de comunicación persuasiva, participación activa, cooperación, mixtas...)” (P43), “el trabajo cooperativo tanto entre alumnos como entre profesores” (P44) o “Análisis del uso de imágenes (fotografía y video)” (P51). Como vemos, estas respuestas abarcan desde contenidos teóricos hasta técnicas didácticas generales, aspectos del propio maestro, etc.

La mayoría de las respuestas sobre metodologías, sí hacen referencia a aspectos de didáctica de las ciencias experimentales, aunque aborden aspectos diferentes como “actividades y recursos en ciencias” (P05), “Métodos y modelos; analogías” (P06), “El papel del profesorado de ciencias” (P30), “Ejemplos de problemas para trabajar en primaria” (P32) o “Gestión del aula de ciencias” (P53). Asimismo, algunos puntos propuestos combinan tanto didáctica general como específica de las ciencias experimentales como en “Alfabetización científica y cómo desarrollarla: conocimiento didáctico del contenido en ciencias, componentes y saberes de un maestro” (P09).

Como comentábamos, esta categoría engloba muchas respuestas diferentes. Por ejemplo, algunas respuestas no son tan generales como las anteriores, sino que explicitan la metodología o recurso concreto que querrían explicar en su asignatura hipotética: “Estrategias de enseñanza de la ciencia por indagación” (P04), “El laboratorio y su metodología” (P16), “Recursos TIC” (P16), “Procedimientos (Indagación)” (P28) o “realización de talleres de ciencias” (P48). Y otras también abordan el diseño de actividades, tales como “diseño de actividades prácticas” (P24), “Saber preparar actividades y dirigir la actividad del alumnado” (P29) o “¿Cómo diseñar propuestas de enseñanza?” (P79).

Por último, la categoría de *Finalidad de la enseñanza de la ciencia* está presente en 13 respuestas (16,9%) que han incluido aspectos como “*competencia científica*” (P05), “*Educación ambiental*” (P24) o “*Educación para la salud y sexual (cuerpo humano, higiene, alimentación, sistema nervioso y comportamiento)*” (P43). Otras propuestas también han incluido aspectos relacionados con la finalidad de la enseñanza de la ciencia de manera menos explícita, como en “*Importancia de la ciencia en los niños*” (P58), “*(...) y todo aquello relacionado con el "para qué enseñar ciencias"*” (P78) o “*Papel del saber*” (P82).

Por otro lado, aunque la pregunta hace referencia a una asignatura de didáctica de las ciencias experimentales, hay un número considerable de respuestas (18,2%) que incluyen contenidos científicos disciplinares de manera explícita, como “*Biología, Química, Salud, Física y Geología*” (P02), “*Masa, volumen, peso, energía*” (P11), “*unidades, la química que nos rodea, energía, física cotidiana, pseudociencias*” (P19) o “*Medida, unidades y error; Teoría cinético-corpúscular; Seres vivos y biodiversidad; Ciencias de la Tierra; Astronomía diurna*” (P41); y otras que también incluyen estos contenidos científicos, pero no los describen explícitamente, como pueda ser “*Complementos de contenidos científicos básicos para el/la docente de Primaria*” (P33) o “*Fenómenos naturales cotidianos (conocimiento científico, ideas previas, propuestas didácticas)*” (P21), entendiendo que al hacer referencia al *conocimiento científico* se aborda la parte disciplinar.

Esta respuesta (P21) es un ejemplo de propuestas que en un solo punto incluyen ya varias de las categorías, ya que se está incluyendo contenidos disciplinares junto a aspectos de los estudiantes y de metodologías. Sin embargo, también hemos encontrado todo lo contrario, respuestas en las que el conjunto de sus cinco puntos sólo incluye una categoría (habitualmente, suele ser de metodología), como “*1.- Pizarra Digital Interactiva, 2.- Actividades interactivas en*

Internet (Educaplay, Edmodo, Cerebrity, ...), 3.- Aulas virtuales y trabajo cooperativo (Google Classroom, Additio, Google docs, Idoceo, etc), 4.- Edición de vídeos (Touchcast, Stopmotion, ...), 5.- Laboratorios virtuales o modelos (Stellarium, ...)” (P50) o “Diseñar secuencias didácticas, Analizar libros de texto” (P81).

Completemos el análisis analizando la presencia de los aspectos transversales, como NOS y CTS. En total, un 32,5% de las propuestas incluyen explícitamente la Naturaleza de la Ciencia. Por citar ejemplos textuales, encontramos “la ciencia y la pseudociencia” (P06), “Didáctica del Método Científico” (P15), “Naturaleza e historia de la Ciencia” (P32) o “Implicaciones didácticas de la naturaleza de la ciencia” (P67). Recordemos que las respuestas que incluyen la Historia de la ciencia también se han contabilizado aquí.

En cuanto a los aspectos de CTS y/o contextualización, la presencia es menor. El porcentaje de profesores/as que incluyen dentro de sus propuestas es un 10,4%, con respuestas como “la química que nos rodea” o “física cotidiana” (P19), “Conocimiento científico en contexto” (P21), “Contextualización (CTS, CSC)” (P28) o “Relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente” (P67).

Por último, queremos analizar si hay alguna variable relacionada con el número de aspectos didácticos incluidos en las propuestas. En primer lugar, encontramos que hay una correlación débil pero significativa entre el número de aspectos didácticos propuestos y la experiencia docente, como se presenta en la Tabla 11. Esto nos indicaría que sigue teniendo importancia la experiencia docente, ya que (aunque de manera débil) se observa que, a mayor experiencia docente, más aspectos didácticos incluidos en las propuestas.

Sin embargo, con respecto a la formación doctoral, no se encuentran diferencias significativas al comparar el promedio de los rangos del número de aspectos

didácticos incluidos entre los doctores en ciencias y los doctores en didáctica de las ciencias (U de Mann-Whitney = 493,5; p = 0,179).

Tabla 11 Correlación entre la experiencia docente y el número de aspectos didácticos propuestos

Correlaciones			Experiencia docente	Nº aspectos didácticos
Rho de Spearman	Experiencia docente	Coefficiente de correlación	1,000	,263*
		Sig. (bilateral)	.	,028
		N	75	70
	Nº aspectos didácticos	Coefficiente de correlación	,263*	1,000
		Sig. (bilateral)	,028	.
		N	70	72

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

## Opiniones sobre la metodología a utilizar en una asignatura de DCE

Analicemos la última pregunta abierta del cuestionario, en la que se solicitaba a los formadores que indicaran qué metodología/s utilizarían para una asignatura de didáctica de las ciencias experimentales. En este caso, había 4 respuestas en blanco y 2 respuestas categorizadas en “Otros”, relacionadas con respuestas no clasificables por no explicitar la metodología preferida. Recordemos que, en esta parte, hemos clasificado las metodologías propuestas según las categorías utilizadas en el análisis de la pregunta análoga de contenidos científicos (Figura 29).

En primer lugar, la metodología expositiva está presente en 14 propuestas (18,2%), donde sólo 1 de ellas la propone como única metodología “tradicional” (P66). No obstante, 13 propuestas más incluyen una combinación de metodologías, entre las cuales se encuentra la expositiva como, por ejemplo, “Mezcla de metodologías, clase magistral, trabajos grupales, prácticas de laboratorio, etc.” (P48),

“Transmisiva, constructivista y aprendizaje cooperativo” (P27) o “Fundamentalmente trabajo colaborativo, resolución de casos y en menor medida, sesiones magistrales con combinación de métodos participativos y trabajo en grupo” (P75).

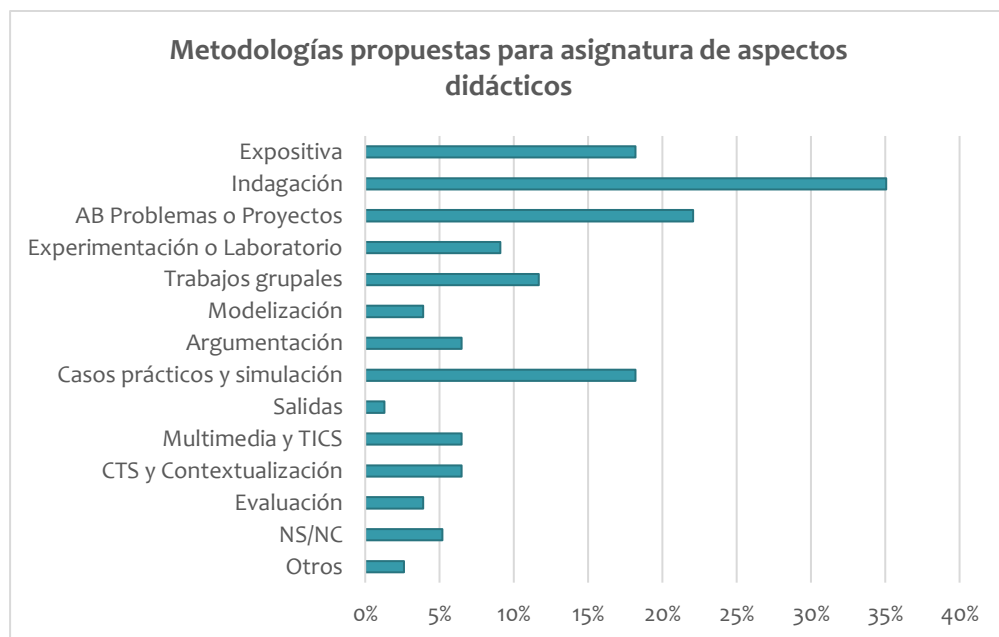


Figura 29 Metodologías propuestas para asignatura de DCE (n=77).

Cuando analizamos el perfil doctoral de estos profesores, encontramos que aproximadamente el 70% de los profesores doctores que proponen metodologías expositivas tienen tesis científicas, aunque debe reconocerse que estamos hablando únicamente del análisis de 13 profesores. Cuando agrupamos por rama temática de tesis doctoral, la diferencia entre los que proponen lecciones magistrales es menos evidente, como se puede apreciar en la Figura 30, aunque se observa una pequeña diferencia a favor de las propuestas expositivas en los doctores en ciencias, pero la prueba exacta de Fisher no devuelve un resultado estadísticamente significativo ( $p = 0,365$ ).

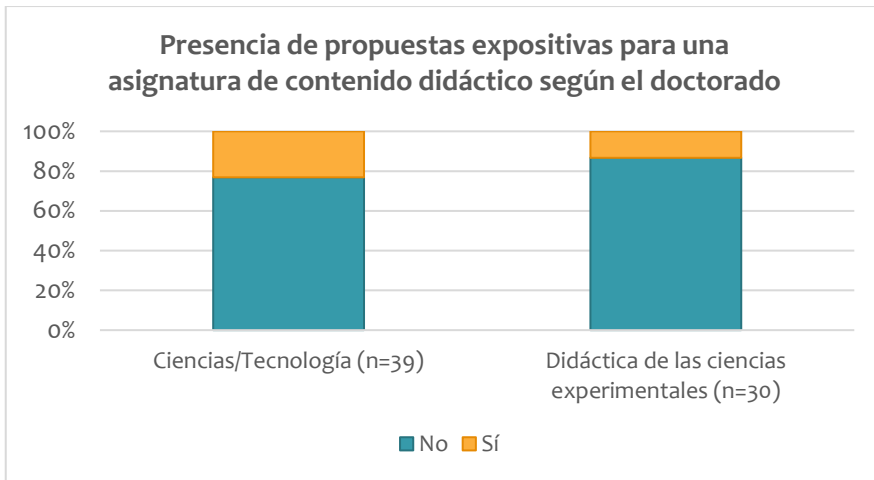


Figura 30 Presencia de propuestas expositivas para una asignatura de didáctica según el doctorado (n=69).

El 35% de las propuestas incluyen la indagación como metodología, siendo de nuevo la más elegida entre el profesorado: “*indagación dirigida*” (P82), “*descubrimiento*” (P65), “*investigación escolar*” (P73) o “*Metodología de investigación o indagación*” (P39). Asimismo, la riqueza de las respuestas relacionadas con esta metodología es grande, llegando incluso a proponer la indagación como la metodología a la que deben evolucionar las metodologías preferidas para una asignatura de didáctica, como en la respuesta “(…) *Diversas actividades prácticas utilizando las metodologías según han ido evolucionando, desde los primeros métodos de preguntas hasta el máximo grado de indagación.*”

De estos profesores que incluyen la indagación en sus propuestas, el 44,4% de ellos proponen la indagación como única metodología en esta asignatura de didáctica, valor más bajo que el que encontrábamos en la asignatura de contenidos, el cual era 57,6%. El resto la combinan con una única metodología más (el 25,9%) o con más de una (29,6%). Estos valores son ligeramente diferentes si

consideramos las opiniones de todos los profesores y no solamente nos centramos en la indagación, como se puede apreciar en la Tabla 12.

Tabla 12 Número de metodologías propuestas para una asignatura de DCE según las respuestas de todos los profesores y según las respuestas de los profesores que incluyen métodos indagatorios.

Número de metodologías propuestas	Todas las respuestas	Únicamente respuestas que incluyen la indagación
<b>Una única metodología</b>	36 (50,7%)	12 (44,4%)
<b>Dos metodologías diferentes</b>	16 (22,5%)	7 (25,9%)
<b>Más de dos metodologías diferentes</b>	19 (26,8%)	8 (29,6%)
<b>Total general</b>	<b>71</b>	<b>27</b>

Volviendo ahora a la clasificación de las metodologías propuestas, cuyo detalle se encuentra en la Figura 29, podemos ver que el segundo grupo de metodologías más frecuente en las respuestas de los profesores es el de Aprendizaje basado en proyectos o problemas, con un porcentaje del 22,1%. Algunas respuestas de esta categoría incluyen ambas metodologías, como en “*Trabajo por proyectos. Aprendizaje basado en problemas*” (P73), mientras que otras sólo incluyen una de las dos metodologías de la categoría, como “*Aprendizaje por proyectos*” (P30) o “*Aprendizaje basado en problemas*” (P16). Algunos profesores han hecho referencia a “*Resolución de problemas*” (P21, P38, P39, P83) únicamente. La falta de detalle nos ha llevado a tener que interpretar estas respuestas, dado que una resolución de problemas puede realizarse de manera expositiva por el profesor, en grupos, etc. En estos casos, hemos optado por considerar estas respuestas únicamente dentro de la metodología basada en problemas.

La parte de laboratorio/experimentación, incluida en respuestas como “*experiencias prácticas*” (P31) o “*prácticas de laboratorio*” (P48), está presente en

7 propuestas (9,1%). La presencia de este tipo de respuestas nos hace preguntarnos si realmente se están refiriendo a la realización de prácticas de laboratorio por parte de los alumnos para la adquisición de contenidos científicos, o la realización de prácticas como ejemplos de prácticas que podrán proponer los alumnos en un futuro, como parece indicar la respuesta “*Actividades experimentales estrechamente relacionados con la teoría y adaptadas a los niños de Educación Primaria*” (P61). En este caso, sólo se propone esta metodología para la asignatura. Lo que es evidente es que los que apuestan por estas metodologías, suelen ser doctores en Ciencias, como se desprende de la Figura 31, donde el porcentaje que proponen utilizar el laboratorio o la experimentación es del 15,3% mientras que para los doctores en DCE es sólo del 3,3%. Quizás ocurre que cuando señalan la metodología de problemas, proyectos o indagación, ya dan por sentado que incluyen el laboratorio. No obstante, la diferencia encontrada no es estadísticamente significativa ( $p = 0,128$ ).

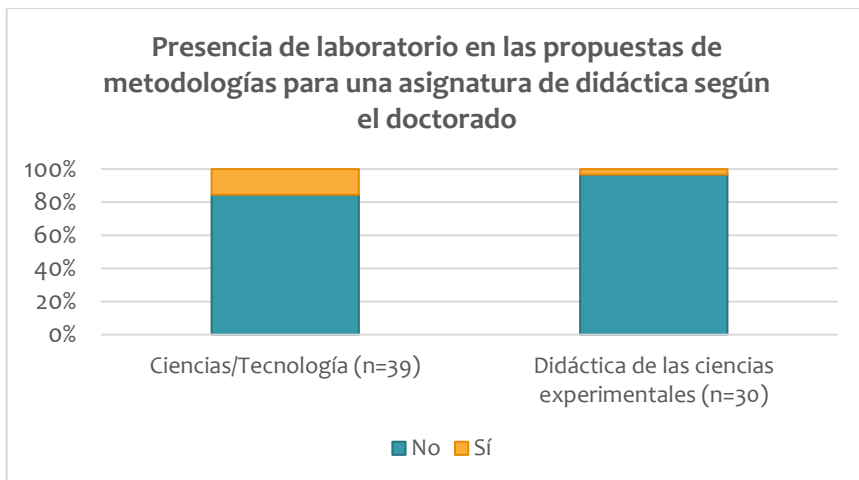


Figura 31 Presencia de laboratorio en las propuestas de metodologías para una asignatura de didáctica según el doctorado (n=69).



La categoría de Trabajos grupales, presente en 9 respuestas (11,7%), incluye respuestas genéricas como “*aprendizaje cooperativo*” (P27), “*resolviéndolos en grupos cooperativos*” (P10) o “*grupos de discusión y reflexión*” (P46), donde observamos que los profesores optan por realizar trabajos en grupo junto a metodologías como la argumentación-debate. La argumentación está presente en 5 propuestas (6,5%) y la modelización en 3 (3,9%).

En las propuestas para esta asignatura de didáctica, toman fuerza las metodologías donde el alumno tiene que simular ser maestro. En total, estas respuestas relacionadas con la simulación y el análisis de casos aparecen en 14 propuestas, que supone el 18,2% de las respuestas. Dentro de esta categoría, encontramos opiniones como “*Necesariamente hay que transferir la responsabilidad de enseñar a los maestros en formación; ponerlos en acción y en situación (simplificada) de enseñar (...)*” (P09) o “*Fundamentalmente práctica, haciendo que el alumnado del Grado adopte el papel de un docente y use esas herramientas diseñando clases, actividades y propuestas didácticas*” (P50). También se han incluido aquí respuestas relacionadas con los Métodos de caso como “*casos prácticos*” (P83), “*resolución de casos*” (P74) o “*Planteando problemas profesionales y resolviéndolos en grupos cooperativos*” (P10); y con el role-play como en “*Microteachings (hacer que los estudiantes hagan de maestro por turnos) con posterior reflexión*” (P78).

Mientras que una sola propuesta incluye las salidas (1,3%), las opiniones que optan por “*Recursos multimedia y TICs*” es del 6,5% (5 propuestas). De nuevo, algunas propuestas incluyen únicamente recursos multimedia, otras combinan este recurso con metodologías diversas como “*Aprendizaje por proyectos*” (P30). Mientras que todas estas respuestas han incluido el *flipped-classroom*, sólo una incluye más recursos multimedia. El mismo porcentaje presenta las actividades

CTS o contextualización, incluidas por 5 profesores, en propuestas como “*análisis de ciencia que nos rodea*” (P19) o “*Contextualización*” (P38), mientras que la categoría de “Evaluación” la componen 3 propuestas (3,9%) que han incluido aspectos como “*la evaluación como autoregulación del alumno*” (P44) o “*autoevaluación, co-evaluación y heteroevaluación*” (P72), reflejando la capacidad de la evaluación como metodología de aprendizaje.

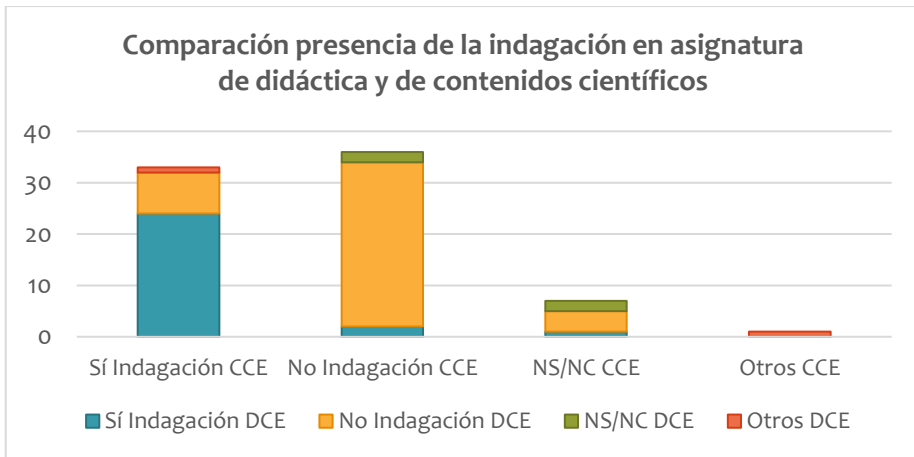
### Comparación de las metodologías propuestas para las asignaturas de contenidos científicos y de didáctica

Comparemos ahora la presencia de las metodologías en las diferentes asignaturas. En un primer lugar, la indagación es la metodología predominante para ambas asignaturas, aunque el porcentaje es mayor para la asignatura de ciencias. Es evidente la propuesta en firme del profesorado encuestado por una asignatura de CCE impartida mediante indagación, tal y como recomienda el campo de la didáctica de las ciencias y organismos internacionales. El ABP y la metodología expositiva son las siguientes opciones. Para el caso de la asignatura de didáctica, el tercer lugar lo ocupan las metodologías de estudio de casos y *role-play/simulación*. Este tipo de estrategias son mucho más frecuentes en la asignatura de DCE que en la de CCE. Lo contrario ocurre con Salidas y Laboratorio, que son más utilizadas en las asignaturas de CCE. Leves diferencias se observan en el uso de recursos TIC, Expositiva, CTS, Evaluación o Argumentación y Trabajos grupales.

Entendemos que las diferencias presentadas para la Indagación y para las metodologías de casos y simulación son las que nos indican que los profesores opinan que las metodologías deben ser diferentes para las asignaturas de CCE y DCE. Para el caso de la indagación, para la asignatura de contenidos científicos

disciplinares el porcentaje es mayor que para el caso de las asignaturas de didáctica de las ciencias experimentales, al contrario de lo que ocurre con las metodologías de simulación y estudio de casos, que son más escogidas para la asignatura didáctica. En concreto, para la asignatura de CCE, el 42,9% de los profesores están a favor de la indagación, frente al 35,7% que lo están para una asignatura de DCE. Al contrario, para la asignatura de CCE, la metodología de casos prácticos y simulación está presente en el 9,1%, mientras que para la de DCE, esta metodología se encuentra en el 18,2% de las respuestas.

Analicemos ahora cuántos profesores que proponen una metodología indagatoria en la asignatura de didáctica, también lo hicieron en la asignatura de contenidos. Como vemos, hay una correlación visual entre los que no indican indagación en ciencias y los que no indican indagación en didáctica (Figura 32). Así, encontramos que el 72,7% de los formadores que apuestan por indagación en la asignatura de CCE, también lo hacen para la de DCE. Análogamente, el 88,9% de los profesores que no incluyen indagación para la asignatura de CCE, tampoco lo hacen para la de DCE. Además, estas diferencias observadas son estadísticamente significativas, según arroja la prueba de Chi cuadrado ( $\chi^2=32,985$ , p-valor<0,001). Esto indicaría, pues, que el profesorado que apuesta por la indagación prefiere usar esta metodología en ambas asignaturas; y el que no elige estas metodologías, no lo hace para ninguna.



**Figura 32** Comparación presencia de la indagación en asignatura de didáctica y de contenidos científicos en frecuencia absoluta.

Ahora bien, nuestros datos indican que la indagación está bastante presente en las respuestas del profesorado, siendo la metodología preferida; mientras que vimos que el porcentaje de aparición medio de las palabras buscadas en las guías era de 2,4 palabras por guía (de las 14 empleadas). Estos resultados pueden parecer contradictorios y entendemos que puede deberse a varios factores. El primero sería que las guías docentes, habitualmente, son un documento consensuado entre diferentes profesores, de manera que, ante diferencias de opinión, se incluye la información mínima y desde la posición más consensuada. Además, es un documento que suele modificarse poco a lo largo de los cursos y el profesorado suele tenerlo como referencia, pero puede hacer pequeños cambios, actualizar la materia y/o utilizar metodologías diferentes para impartir la asignatura. En segundo lugar, en esta parte de la tesis, las preguntas se han dirigido individualmente a los formadores, de manera que han podido mostrar su opinión personal sobre las metodologías preferidas. Además de que las preguntas se han enunciado en condicional, permitiéndoles responder más libremente. Entendemos que los formadores conocen y secundan las recomendaciones de la

disciplina de la didáctica de las ciencias a favor de formar a los futuros docentes en esta estrategia de enseñanza y, es por ello, que aparecen explícitamente en las opiniones de esta segunda parte de la tesis.

### Perfil del profesorado que incluye metodologías indagatorias para una asignatura de DCE

Estudemos ahora el perfil del profesorado que propone indagación en las asignaturas de contenidos disciplinares. En primer lugar, las propuestas que incluyen indagación aparecen más frecuentemente entre doctores en didáctica de las ciencias (50,0%) que en las propuestas de los doctores en ciencias/tecnología (30,8%), como se puede ver en la Figura 33, aunque no hay diferencia estadísticamente significativa ( $p=0,137$ ).

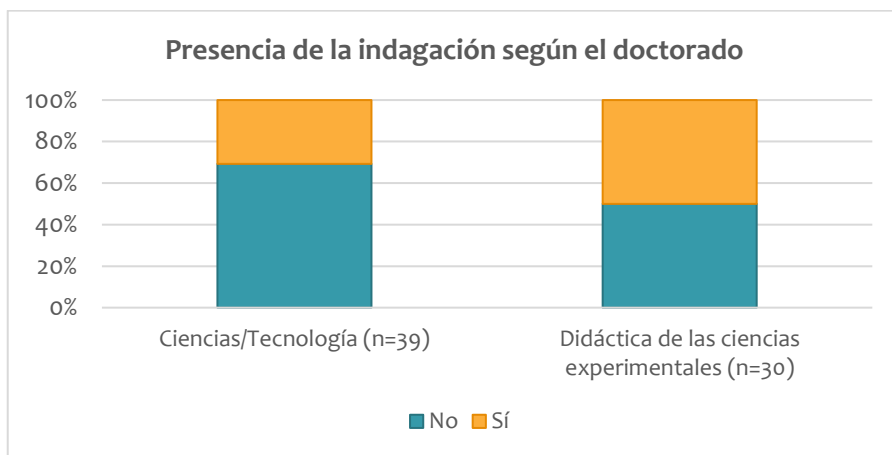


Figura 33 Presencia de la metodología indagatoria según el tipo de doctorado del profesor para una asignatura de DCE. Sólo se han considerado los profesores doctores.

Al igual que pasaba en la asignatura de contenidos científicos, aquí tampoco encontramos diferencias importantes al comparar la elección de indagación según la experiencia docente universitaria. Si comparamos el promedio de la

experiencia docente de los profesores según si optan por la metodología indagatoria o no (Tabla 13), vemos que entre los doctores en ciencias, los que están a favor de la indagación tienen más experiencia docente en promedio. Ocurre lo contrario en el caso de los doctores en DCE: los que apuestan por la indagación tienen menos experiencia en promedio que los que no la eligen como metodología, aunque es cierto que la diferencia es menor que en el caso de los doctores en ciencias.

Tabla 13 Promedio de la experiencia docente universitaria (en años) de los profesores que proponen indagación para la asignatura de DCE según su doctorado.

Doctorado	Sí propone indagación	No propone indagación
<b>Ciencias/Tecnología</b>	21,8 años	16,1 años
<b>Didáctica de las CCEE</b>	10,7 años	15,2 años

Por último, analizamos la opinión de los profesores y los coordinadores según el tipo de asignatura que imparten/coordinan. Aunque, de nuevo, los grupos no son comparables entre sí por su tamaño, sí podemos comparar únicamente los grupos de profesores/coordinadores de CCE con los de DCE, y así lo haremos.

Comencemos con la opinión de los profesores. Siguiendo la Figura 34, mientras que para los profesores que sólo imparten docencia de DCE la presencia de la indagación está en el 55,6% de las respuestas, para los profesores que sólo imparten asignaturas de contenidos, este porcentaje baja hasta el 20%. El porcentaje de los profesores que imparten ambos tipos de materias e incluyen la indagación en sus propuestas es del 32,7%, valor bajo pero intermedio entre los dos anteriores.

Valores similares se aprecian entre las opiniones de los coordinadores. Los resultados correspondientes se recogen en la Figura 35, en la que se ve que la indagación está más presente en las propuestas de los coordinadores de

asignaturas de DCE (60,0%) que en las de los coordinadores de asignaturas de CCE (33,3%). En este caso y, a diferencia de lo que ocurría con los profesores, para los coordinadores de asignaturas tanto de DCE como de CCE, el porcentaje de ellos que apuestan por la indagación es menor que los dos anteriores, siendo del 27,3%.

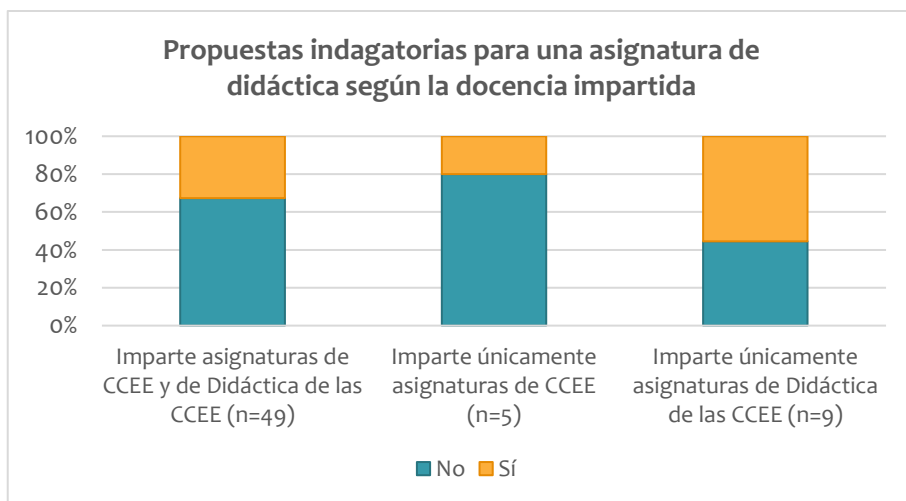


Figura 34 Distribución de las propuestas indagatorias para una asignatura de didáctica de la ciencia según la docencia impartida.

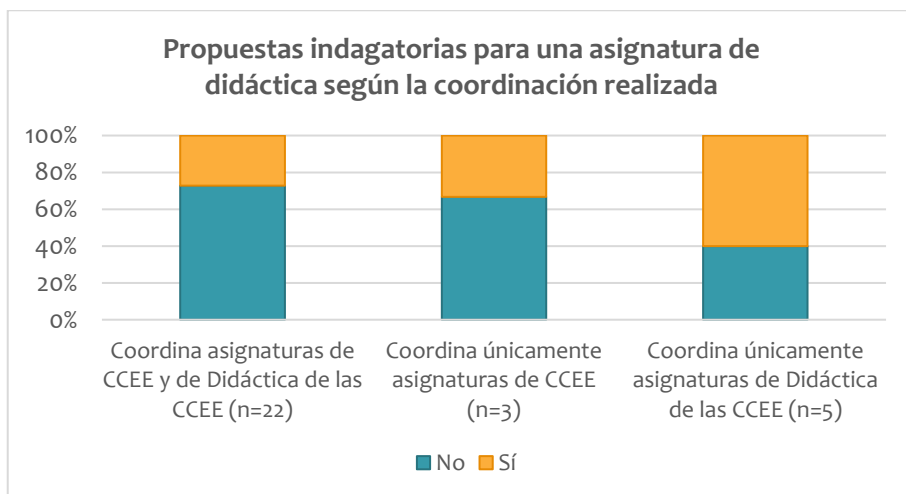


Figura 35 Distribución de las propuestas indagatorias para una asignatura de didáctica de la ciencia según la coordinación realizada.





## Capítulo 7. Tercer objetivo de investigación. Diseño metodológico

---

El tercer objetivo de la tesis consiste en analizar el grado de conocimiento del alumnado del Grado en Maestro en Educación Primaria sobre diferentes procedimientos científicos. Para alcanzarlo, se ha utilizado como instrumento una versión en castellano del cuestionario TIPS II (Test of Integrated Process Skills II) de Burns, Okey y Wise (1985).

Esta prueba consiste en un test con 36 preguntas de respuesta múltiple, con cuatro opciones y una única respuesta correcta. A lo largo de las 36 preguntas, se evalúan los procesos científicos mostrados en la tabla siguiente, siempre en un contexto general, de manera que la pregunta no está relacionada con aspectos concretos del currículum de ciencias. La estructura general del cuestionario se muestra en la Tabla 14. El cuestionario utilizado se ha incluido en el Anexo 2.

Tabla 14 Estructura general del cuestionario TIPS-II utilizado.

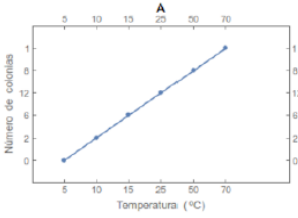
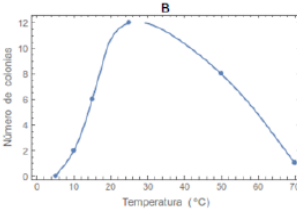
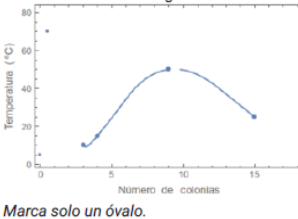
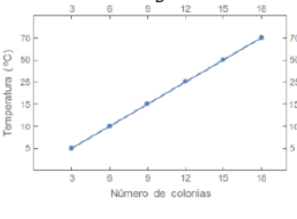
Proceso científico	Descripción	Ítems
<b>Definir operacionalmente</b>	Dada la descripción de una investigación, identificar lo necesario para medir las variables.	P02, P07, P22, P23, P26, P33
<b>Identificar variables</b>	Ante la descripción de una investigación, identificar la variable independiente, dependiente y controlada.	P01, P03, P13, P14, P15, P18, P19, P20, P30, P31, P32, P36
<b>Establecer hipótesis</b>	Dada la descripción de unas variables involucradas en una investigación, seleccionar una hipótesis contrastable.	P04, P06, P08, P12, P16, P17, P27, P29, P35
<b>Interpretar gráficas</b>	Ante la descripción de una investigación y obtenidos los datos, identificar la gráfica	P05, P09, P11, P25, P28, P34

	que representa los datos y describe la relación entre las variables.	
<b>Diseñar experimentos</b>	Dada una hipótesis, seleccionar un diseño de investigación apropiado para contrastar la hipótesis.	P10, P21, P24

A continuación, incluimos un ejemplo de pregunta de cada uno de los procedimientos anteriores analizados:

Tabla 15 Ejemplos de pregunta del cuestionario TIPS-II para los diferentes procedimientos evaluados.

Procedimiento	Ejemplo de pregunta
<b>Definir operacionalmente</b>	<p>7. Una clase de ciencias está estudiando el efecto de la anchura de las ruedas en la facilidad de rodar. La clase le pone unas ruedas anchas a un carrito y lo deja caer por una rampa inclinada y después rodar por el suelo. La investigación se repite utilizando el mismo carrito pero con ruedas más estrechas. ¿Cómo podría la clase medir la facilidad de rodar?</p> <p><i>Marca solo un óvalo.</i></p> <p><input type="radio"/> a) Midiendo la distancia total que recorre el carrito.</p> <p><input type="radio"/> b) Midiendo el ángulo de inclinación de la rampa.</p> <p><input type="radio"/> c) Midiendo la anchura de cada set de ruedas.</p> <p><input type="radio"/> d) Midiendo el peso de cada carrito.</p>
<b>Identificar variables</b>	<p>3. Un fabricante quiere hacer coches con un menor consumo. Están estudiando las variables que afectan al número de kilómetros por litro que los coches hacen. ¿Qué variable es más probable que afecte al número de kilómetro por litro?</p> <p><i>Marca solo un óvalo.</i></p> <p><input type="radio"/> a) El peso del coche.</p> <p><input type="radio"/> b) El tamaño del motor.</p> <p><input type="radio"/> c) El color del coche.</p> <p><input type="radio"/> d) Ambas a) y b).</p>

Procedimiento	Ejemplo de pregunta
<p><b>Establecer hipótesis</b></p>	<p>16. Susana está estudiando la cantidad de alimento que producen sus plantas de judías. Para ello, mide la cantidad de alimento según la cantidad de almidón producido. Se da cuenta de que puede cambiar la cantidad de luz, de dióxido de carbono y de agua que las plantas reciben. ¿Cuál es la hipótesis que podría comprobar en su investigación?</p> <p>Marca solo un óvalo.</p> <p><input type="radio"/> a) Cuanto más dióxido de carbono recibe la planta, más almidón produce.</p> <p><input type="radio"/> b) Cuanto más almidón produce la planta, más luz necesita.</p> <p><input type="radio"/> c) Cuanta más agua recibe la planta, más dióxido de carbono necesita.</p> <p><input type="radio"/> d) Cuanta más luz recibe la planta, más dióxido de carbono produce.</p>
<p><b>Interpretar gráficas</b></p>	<p>10. ¿Qué gráfica representa correctamente los datos del experimento?</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>A</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>B</b></p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p><b>C</b></p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><b>D</b></p> </div> </div> <p>Marca solo un óvalo.</p> <p><input type="radio"/> A</p> <p><input type="radio"/> B</p> <p><input type="radio"/> C</p> <p><input type="radio"/> D</p>
<p><b>Diseñar experimentos</b></p>	<p>10. Jaime cree que a cuanto más presión de aire tenga un balón de baloncesto, más alto botará. Para investigar esta hipótesis coge varias pelotas de baloncesto y una bomba de aire con medidor de presión.</p> <p>Marca solo un óvalo.</p> <p><input type="radio"/> a) Debería botar pelotas de baloncesto con distinta fuerza desde la misma altura.</p> <p><input type="radio"/> b) Debería botar pelotas de baloncesto con diferente presión de aire desde la misma altura.</p> <p><input type="radio"/> c) Debería botar pelotas de baloncesto con la misma presión de aire a diferentes ángulos del suelo.</p> <p><input type="radio"/> d) Debería botar pelotas de baloncesto con la misma presión de aire desde diferentes alturas.</p>

El cuestionario se administró mediante Google Forms a 233 alumnos, de los cuales 60 eran de segundo curso y 173 eran de tercer curso del grado en Maestro en Educación Primaria de la Universitat de València, durante los cursos 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019 y 2021-2022. En concreto, los estudiantes cursaban la asignatura de Ciencias Naturales para Maestros de 2º curso (n=60), Didáctica de las Ciencias: Materia, Energía y Máquinas, del 1º cuatrimestre de 3º curso (n=120) y Propuestas Didácticas de Ciencias del 2º cuatrimestre de 3º curso (n=53). Las dos primeras asignaturas son obligatorias, mientras que la tercera es una asignatura optativa. La muestra la componían 59 varones (25,3%) y 174 mujeres (74,7%). Ningún estudiante respondió por duplicado el cuestionario, es decir, ningún estudiante volvió a responder en tercero el cuestionario si ya lo había respondido en segundo. Parte de los resultados de esta muestra se han analizado previamente en trabajos de nuestro grupo de investigación (Domínguez Martín, 2019).

Este cuestionario se administró en clase, en presencia del profesor, entre el inicio y la primera mitad de la asignatura. Las variables escogidas para el análisis de esta parte de la tesis se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16 Descripción de las variables analizadas para la consecución del O3.

Nombre	Descripción	Categorización	Valores
<b>Aciertos</b>	Número total de aciertos	Variable cuantitativa	0-35
<b>Porcentaje de aciertos</b>	Porcentaje total de aciertos	Variable cuantitativa	0-100%
<b>Asignatura</b>	Asignatura en curso por el alumnado	Variable cualitativa policotómica	Ciencias naturales para maestros, Didáctica de las Ciencias experimentales,

			Propuestas didácticas
<b>Curso</b>	Curso en el que se encuentra la asignatura	Variable cualitativa ordinal	Segundo, Tercero
<b>Curso 2</b>	Curso en el que se encuentra la asignatura considerando los cuatrimestres en los que se imparte	Variable cualitativa ordinal	Segundo, Tercero, Cuarto
<b>Número de aciertos de cada procedimiento</b>	Número de aciertos para cada uno de los procedimientos analizados	Variable cuantitativa	0-35
<b>Porcentaje de aciertos de cada procedimiento</b>	Porcentaje de aciertos para cada uno de los procedimientos analizados	Variable cuantitativa	0-100%

## Procedimiento de tratamiento de los datos

Después de obtener todos los datos, se ha construido una matriz de datos en el programa Microsoft Excel 2016, cuya explotación se ha realizado mediante tablas y gráficos dinámicos.

Las variables cuantitativas se han descrito mediante la media y la desviación estándar. Las variables cualitativas se han descrito mediante frecuencias absolutas y/o porcentajes.

Las pruebas estadísticas se han realizado mediante el programa IBM SPSS, utilizando la prueba de Chi cuadrado,  $\chi^2$  para analizar la dependencia entre variables nominales. Se han estudiado las diferencias entre grupos mediante las pruebas U de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis, así como la normalidad mediante

las pruebas de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk según correspondiera por el tamaño del grupo. La prueba rho de Spearman se ha empleado para analizar la correlación entre dos variables que no siguen distribución normal, evaluada a su vez, por la prueba de normalidad correspondiente. Se han considerado resultados estadísticamente significativos aquellos con valores  $p < 0,05$ .

## Análisis de la fiabilidad

---

La fiabilidad se ha calculado mediante el coeficiente de Kuder-Richardson 20 (KR-20) por contar con variables dicotómicas. De los 36 ítems, se ha escogido solamente 35, dado que la pregunta 27 se ha eliminado por dificultades en la interpretación de la misma.

27. Algunos estudiantes están considerando las variables que pueden afectar al tiempo que tarda el azúcar en disolverse en agua. Creen que la temperatura del agua, la cantidad de azúcar y la cantidad de agua son variables a considerar. ¿Qué hipótesis podrían comprobar los estudiantes para comprobar el tiempo que tarda el azúcar en disolverse en el agua?

*Marca solo un óvalo.*

- a) Cuanto mayor es la cantidad de azúcar, más agua se necesita para disolverlo.
- b) Cuanto más fría está el agua, más rápido hay que remover para disolver.
- c) Cuanto más caliente está el agua, más azúcar se disuelve.
- d) Cuanto más caliente está el agua, más tiempo tarda el azúcar en disolverse.

Figura 36 Pregunta 27 del cuestionario

Para los 35 ítems, el coeficiente de fiabilidad es de 0,804. En el trabajo de Palacios, López, Garrote y Montes (1989) se utilizó una versión adaptada al castellano del TIPS, el cual es un instrumento similar al TIPS II tanto en fiabilidad como en dificultad o puntuaciones, según se concluye en Burns, Okey y Wise (1985). En dicho trabajo se administró el instrumento a 189 alumnos de España y se obtuvo una fiabilidad de 0,67, según KR-21. En el estudio de Dillashaw y Okey (1980), en el

que se utilizó el TIPS con 308 alumnos estadounidenses, la fiabilidad fue del 0,89, y en el trabajo de Burns, Okey y Wise (1985), de 0,82 para TIPS y 0,86 para TIPS II. Por lo tanto, nuestro valor se encuentra cerca de los de los trabajos americanos, pero es superior al trabajo de Palacios et al. (1989) con estudiantes españoles. De todos modos, debe tenerse en cuenta que nuestro número de ítems es diferente, ya que hemos eliminado una pregunta.

Como se observa en la Tabla 17, para el proceso de Diseñar experimentos, el coeficiente KR-20 es muy bajo, posiblemente por el número reducido de preguntas englobadas en esta categoría. También son bajos los índices de fiabilidad de Definir operacionalmente e Interpretar gráficas. Debe recordarse que el alfa de Cronbach aumenta si hay más ítems; si consideramos toda la escala hay 35 ítems, pero en cada subescala este número es mucho menor, llegando al caso extremo de Diseñar experimentos, en el que sólo contamos con tres preguntas.

Tabla 17 Índice KR-20 de cada uno de los procesos científicos analizados en el TIPS-II.

Proceso científico	Ítems	Fiabilidad (KR-20)
<b>Definir operacionalmente</b>	P02, P07, P22, P23, P26, P33	0,385
<b>Identificar variables</b>	P01, P03, P13, P14, P15, P18, P19, P20, P30, P31, P32, P36	0,697
<b>Establecer hipótesis</b>	P04, P06, P08, P12, P16, P17, P29, P35	0,509
<b>Interpretar gráficas</b>	P05, P09, P11, P25, P28, P34	0,337
<b>Diseñar experimentos</b>	P10, P21, P24	0,359

Estos resultados difieren de los índices de fiabilidad obtenidos para estas categorías en el trabajo de Burns, Okey y Wise (1985). En su estudio, los índices para cada categoría se encuentran entre 0,49 el más bajo y 0,65 el más alto. En todos los casos, en el trabajo de Burns, Okey y Wise, el índice de fiabilidad

obtenido es mayor que el nuestro a excepción de la categoría de Identificar variables, en cuyo caso nuestro índice de fiabilidad es mayor (0,70 frente a 0,57).



## Capítulo 8. Resultados y discusión del tercer objetivo: formación en indagación del alumnado del grado en Educación Primaria

En este capítulo se presentan los resultados del tercer objetivo de esta tesis doctoral, concerniente al grado de formación en procedimientos científicos del alumnado del grado en Educación Primaria.

### Resultados generales

En primer lugar, comenzaremos analizando el promedio de aciertos general (sobre 35 ítems) y su desviación típica para cada una de las asignaturas, presentados en la Tabla 18.

Tabla 18 Comparación de los descriptivos según la asignatura.

Asignatura	Media y desv. típica
Ciencias naturales para maestros (Ciencias)	20,8 ± 4,7
Didáctica de las Ciencias Experimentales (Didáctica)	25,8 ± 4,7
Propuestas Didácticas de Ciencias (Propuestas)	26,3 ± 6,0

Como se puede observar, los alumnos de 2º curso, que están comenzando la asignatura de Ciencias, obtienen las menores medias, con 20,8 puntos sobre 35. Teniendo en cuenta que los cuestionarios se han suministrado entre el inicio y la primera mitad de la asignatura, podríamos asumir que la formación de los alumnos de segundo es la recibida en sus cursos pre-universitarios y, por lo tanto, podríamos aceptar que el nivel de conocimientos en indagación de los alumnos

de 2º curso es similar al de los estudiantes de secundaria. Esto nos permite comparar nuestros resultados con los del trabajo de Burns, Okey y Wise (1985), en el que se encontró un promedio de 19,49 puntos para los estudiantes de grado 9º. Este valor es similar al de nuestro alumnado de segundo curso, cuya mayoría ha dejado de cursar física y química en 3º de ESO, su equivalente a 9º grado. Las medias aumentan hasta 25,8 puntos entre los subgrupos de estudiantes de las asignaturas de tercer curso: Didáctica y Propuestas. Se trata de un promedio similar al de 25,27 puntos de los estudiantes de grados 10º-12º (equivalente a nuestro 4º ESO, 1º y 2º de bachillerato)

En consecuencia, esto podría suponer dos cuestiones. En primer lugar, que los estudiantes de la asignatura de Ciencias tienen un conocimiento de los procedimientos científicos equivalente al que presenta alumnado de secundaria puesto que, como hemos dicho anteriormente, la mayoría del alumnado no ha cursado Física y Química desde 3º ESO. Y, en segundo lugar, puede ser que el test utilizado sea un cuestionario de un nivel asequible, cuyas preguntas puedan resolverse con razonamientos lógicos, ya sea por su estructura o porque fue concebido originariamente para alumnado no universitario, y esa sea la razón por la que obtengamos estos promedios de acierto.

Considerando el curso como una variable ordinal (correspondiente a la variable Curso 2 de la Tabla 16), ya que Propuestas se cursa posteriormente a Didáctica, podemos analizar la correlación entre el número de aciertos y el curso, mediante una prueba rho de Spearman por no cumplirse los requisitos paramétricos ( $p < 0,001$  para la prueba de Kolmogorov-Smirnov). Los resultados de esta prueba arrojan una correlación moderada positiva entre ambas variables, en un nivel de 0,01, es decir, se observan mayores puntuaciones según el curso aumenta, tal y como habíamos comprobado anteriormente.

Tabla 19 Correlación entre la variable curso y el número de aciertos

Correlaciones			Curso	Aciertos
Rho de Spearman	Curso	Coefficiente de correlación	1,000	,381**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	233	233
	Aciertos	Coefficiente de correlación	,381**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	233	233

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Por último, comprobamos si la diferencia de medias encontrada entre las diferentes asignaturas es estadísticamente significativa mediante una prueba de Kruskal-Wallis, encontrando que, efectivamente sí lo es ( $p < 0,001$ ), como se muestra en la Tabla 20 y Figura 37.

Tabla 20 Resumen de la prueba Kruskal-Wallis entre la variable número de aciertos y asignatura

### Aciertos entre Asignatura

#### Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes

N total	233
Estadístico de prueba	41,295 <sup>a</sup>
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

A partir de este resultado, realizamos las comparaciones múltiples *post-hoc* (Tabla 21), encontrando lo que a simple vista parecía intuirse: las diferencias en el número medio de aciertos entre las dos asignaturas de tercer curso no son significativas, mientras que sí lo son cuando comparamos las medias de los aciertos de Ciencias y las otras dos asignaturas de tercero. Esto podría indicar, por lo tanto, que adquirir destrezas indagatorias es un proceso complejo que requiere la acumulación de conocimientos a lo largo del tiempo.

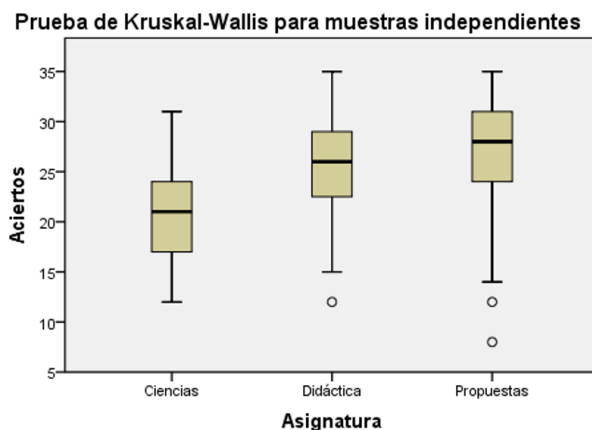


Figura 37 Distribución del número de aciertos por asignatura

Tabla 21 Resultados de la comparación por parejas post-hoc del número de aciertos por asignatura

Comparaciones por parejas de Asignatura					
Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Error estándar	Estadístico de prueba estándar	Sig.	Significación ajustada
Ciencias-Didáctica	-60,754	10,641	-5,709	,000	,000
Ciencias-Propuestas	-71,521	12,686	-5,638	,000	,000
Didáctica-Propuestas	-10,766	11,100	-.970	,332	,996

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05.

Así, las destrezas indagatorias todavía no están asimiladas en segundo curso, o lo están sólo de manera parcial. Cuando en tercer curso cumplimentan el cuestionario, estas habilidades ya han sido adquiridas, encontrándose una mejor puntuación en el test, por lo que podríamos suponer que las destrezas han sido asimiladas a finales de segundo curso o a principio de tercer curso. Posteriormente, recibir más formación en esta materia, no supone aumentar el conocimiento en la indagación, correspondiente esta situación a la cumplimentación del cuestionario en la asignatura de segundo cuatrimestre de tercero, Propuestas. Esto ya se visto anteriormente en trabajos como en el de Ruiz

et al. (2017) en el que se encontraba que adquirir competencias en argumentación, destreza compleja, requería de más de un debate para que se observaran aprendizajes apreciables de las mismas. En concreto, estos aprendizajes empezaban a ser evidentes a partir del tercer debate, encontrándose muy ligeras mejoras en el cuarto y quinto debate, de acuerdo con la curva sigmoïdal de aprendizaje (Mayer, 2020).

## Resultados para los diferentes procedimientos científicos analizados

Realizando ahora el análisis entre las diferentes categorías, veamos en primer lugar, el promedio de aciertos para cada uno de los procedimientos. En la Figura 38 se puede ver el promedio de cada uno de los procedimientos por asignatura, observándose claramente que la asignatura de Ciencias de 2º curso es la que presenta un promedio de aciertos más bajo.

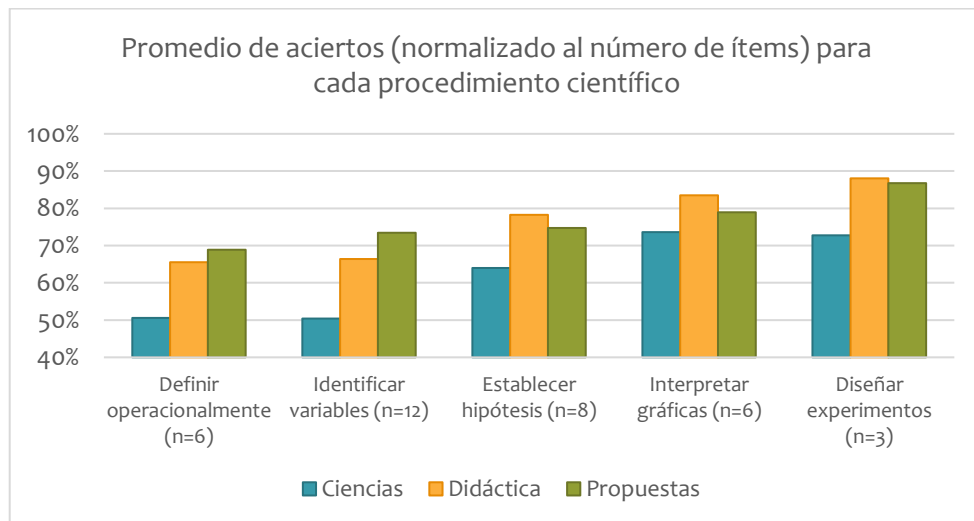


Figura 38 Promedio de aciertos de cada procedimiento según la asignatura. El número de aciertos se ha dividido entre el número de ítems de cada procedimiento.

En la Tabla 22 se presentan los promedios y desviación estándar (en valor relativo según el número de ítems de cada procedimiento) para las diferentes asignaturas. Para cada asignatura, se ha sombreado en salmón el procedimiento con menos aciertos y en verde el que más aciertos presenta. También se presentan los resultados totales en la última columna.

Tabla 22 Media de aciertos para cada procedimiento, por asignatura, sobre 10 puntos. Entre paréntesis se encuentran las desviaciones estándar de las medias (DE). El sombreado rosado se refiere al procedimiento con menos aciertos y el verde al que más aciertos presenta, para cada una de las asignaturas.

	Ciencias Media ± DE	Didáctica Media ± DE	Propuestas Media ± DE	Total Media ± DE
<b>Definir operacionalmente (n=6)</b>	5,06 ± 2,34	6,56 ± 2,27	6,89 ± 2,24	<b>6,24 ± 2,38</b>
<b>Identificar variables (n=12)</b>	5,04 ± 1,52	6,64 ± 2,21	7,34 ± 2,25	<b>6,39 ± 2,22</b>
<b>Establecer hipótesis (n=8)</b>	6,40 ± 1,86	7,82 ± 1,81	7,48 ± 2,17	<b>7,38 ± 1,99</b>
<b>Interpretar gráficas (n=6)</b>	7,36 ± 1,87	8,35 ± 1,65	7,89 ± 1,97	<b>7,99 ± 1,82</b>
<b>Diseñar experimentos (n=3)</b>	7,28 ± 2,85	8,81 ± 1,92	8,68 ± 2,30	<b>8,38 ± 2,36</b>

En general, el procedimiento que tiene más porcentaje de aciertos es el de Diseñar experimentos y el que menos el de Definir operacionalmente. Este resultado se repite tanto para la asignatura de Didáctica como la de Propuestas, sin embargo, es diferente para el caso de Ciencias, en la que el procedimiento que peor resultado obtiene es Identificar variables (en rosa) y el que mejor, Interpretar gráficas (en verde). Esto difiere de lo encontrado en la literatura para estudiantes del grado en Educación Primaria de la Comunidad Valenciana, en el que el grado de conocimientos procedimentales sobre Diseñar experimentos era la categoría con peores resultados (Verdugo-Perona et al., 2019). O en el trabajo de Blanca et

al. (2021) en el que era la identificación de variables. Entendemos que las diferencias puedan deberse al número tan bajo de ítems de nuestro cuestionario con esa categoría (sólo tres).

Estudios sobre cómo los maestros en formación construyen el conocimiento científico se han llevado a cabo previamente. Crujeiras y Puig (2014) realizaron el estudio de cómo planificarían los estudiantes del Grado en Educación Primaria una investigación para responder a la pregunta “¿Cuál es la mejor bolsa para transportar la compra del supermercado?”. Las autoras encontraron que la mayoría de los estudiantes tenía dificultades para identificar algunos de los pasos de esta planificación y que presentaba confusiones entre, por ejemplo, hipótesis y conclusiones o variables dependientes e independientes. Cortés y de la Gándara (2006) también referían que el alumnado del grado en Primaria analizado en su trabajo no presentaba un modelo claro de lo que significaba la actividad científica. También se han reportado dificultades para reconocer y ubicar correctamente todas las etapas de la indagación, referenciando una falta de conocimiento entre el profesorado en formación sobre cómo se genera y valida el conocimiento científico, encontrándose un aprendizaje previo por su parte, posiblemente memorístico, «sin reflexionar sobre las acciones concretas que se deben realizar para acometerlas [las diferentes fases de la investigación científica]» (Vílchez & Bravo Torija, 2015, p. 195).

En nuestra muestra encontramos que algunos procedimientos complejos, como puede ser definir operacionalmente, obtienen bajos promedios de acierto en comparación con los otros procedimientos analizados. Sin embargo, otras fases de la actividad científica, también complejas, como la de diseñar un experimento, no obtiene tan bajos porcentajes de aciertos. Esto nos lleva, pues, a aceptar con cautela los resultados y a plantearnos ampliar el análisis del conocimiento de

estos procedimientos por medio de entrevistas o del estudio del grado de indagación presente en sus propuestas didácticas, como se realizó en Montero-Pau et al. (2017).

## Estudio correlacional

---

En primer lugar, se ha analizado la matriz de correlaciones entre los diferentes elementos del test, la cual se muestra en la Figura 39, donde se ha utilizado una gradación de color para identificar la fuerza de las correlaciones (un color más oscuro indica mayor grado de correlación). En esta matriz también se han marcado con líneas gruesas los elementos pertenecientes a los cinco procedimientos anteriores, para ayudar en la visualización de las correlaciones intra-procedimiento. No se observa una gran diferencia entre la correlación de ítems de un mismo procedimiento y de otro, es decir, los ítems de un mismo procedimiento no están mayormente correlacionados que con los ítems de otros procedimientos. Si esta correlación entre ítems de un mismo procedimiento fuera mayor que la de otros, deberían apreciarse colores más oscuros en las celdas marcadas por las líneas gruesas. Esto puede deberse a que los diferentes procesos involucrados en la actividad científica están conectados entre ellos, de manera que no son conocimientos estancos, sino interrelacionados. Esta hipótesis la podremos corroborar a continuación, analizando la correlación entre el número de aciertos de cada procedimiento.

Dado que estas puntuaciones (calculadas sobre 1 punto) de cada categoría no siguen una distribución normal, es posible analizar las correlaciones entre ellas utilizando la prueba no paramétrica de rho de Spearman. En la Tabla 23 se recogen todos los coeficientes de las correlaciones (Coef. Correl.), observándose que todas las categorías presentan correlaciones positivas entre ellas, de manera



estadísticamente significativa en un nivel 0,01. Este resultado está, por lo tanto, relacionado con la matriz de correlaciones de la Figura 39, en la que comentamos que todos los ítems se encontraban relacionados entre ellos con la misma fuerza aproximadamente, no observándose mayores grados de correlación entre los ítems de un único procedimiento.

En la Tabla 23 también se han incluido el curso (categorizado de manera ordinal para las tres asignaturas) y el número total de aciertos para complementar el análisis correlacional. El hecho de que el número de aciertos de cada procedimiento presente correlación con el número de aciertos de otros procedimientos implica que el estudiante que más sabe de un procedimiento también sabe más de otro. A la inversa, si un estudiante no acierta las preguntas de un procedimiento tampoco acierta las de otros procedimientos.

Estos resultados podrían relacionarse con el hecho de que el alumnado aprende indagación de manera integral, es decir, no aprende un procedimiento por separado y luego otro y otro, sino que va conformando su idea de actividad científica a la vez, conjugando todos los procedimientos involucrados. Resultados similares se reportaron al aplicar otro instrumento similar, el Test of Integrated Science Process (TISP) desarrollado por Shahali y Halim (2010), con estudiantes de sexto año de primaria de Malasia. El instrumento, con 30 ítems, analizaba las competencias del alumnado en cinco procedimientos: formular hipótesis, controlar variables, definir operacionalmente, interpretar datos y diseñar experimentos. Los autores encontraron correlaciones significativas entre todos los subtests de cada procedimiento y el total de aciertos.

**Matriz de correlaciones entre elementos**

	P2	P7	P22	P23	P26	P33	P1	P3	P13	P14	P15	P18	P19	P20	P30	P31	P32	P36	P4	P6	P8	P12	P16	P17	P29	P35	P5	P9	P11	P25	P28	P34	P10	P21	P24		
P2		.059	.105	.036	.212	-.003	.008	-.022	.158	.132	.094	.137	.011	-.026	.119	.061	.062	.087	-.011	.108	.091	.001	.031	.031	.071	.163	.020	-.006	-.030	-.049	.082	.008	.044	.093	.000		
P7			.045	.057	.057	.178	-.030	-.024	.020	.190	.085	.175	.168	.072	-.034	.086	-.070	.000	.138	.104	.109	.105	.140	.207	.130	.119	.049	.006	.011	.162	.079	.041	.055	.044	.153		
P22				.149	.045	.181	.052	.120	.064	.217	.120	.216	.217	.189	.077	.268	.199	-.061	-.088	.098	.097	.031	.091	.228	.192	.227	.068	.025	.085	.000	.160	.089	.046	.098	.112		
P23					.115	.174	.062	.090	-.022	.204	.115	.165	.204	.223	.059	.152	.178	.065	-.024	-.031	.151	.034	.084	.122	.205	.082	.152	-.088	-.047	.127	.033	.048	.163	.145	.110		
P26						.115	.002	-.030	.062	.173	.102	.199	.137	.124	.093	.156	.109	.218	.106	.004	.008	.088	.019	-.012	.171	.259	.268	.146	-.089	.011	.138	.194	.021	.166	.153	.224	
P33							-.014	.033	.107	.082	.100	.222	.205	.208	.116	.235	.203	.069	.099	.070	.099	.155	.173	.167	.294	.183	.192	.093	.153	.122	.135	.186	.119	.166	.128		
P1								.080	-.024	.030	-.095	-.022	-.015	-.035	.132	.014	.031	.019	-.025	-.046	-.079	-.057	-.022	.110	-.063	.031	-.057	.012	-.024	-.070	-.052	.020	.004	-.049	.002		
P3									-.150	-.054	-.086	-.051	.036	.013	-.012	.042	.038	.046	-.088	.001	-.010	.005	.046	.005	.045	-.093	.020	-.081	.063	-.090	-.083	-.036	.063	.023	-.041		
P13										.175	.347	.391	.075	.085	.339	.289	.184	.089	.038	.116	.191	-.037	.030	.058	.199	.092	.055	-.028	.024	-.097	.124	-.044	.052	.091	.073		
P14											.313	.235	.373	.140	.174	.381	.166	.063	-.058	.051	.181	.118	.227	.284	.235	.164	.101	.077	.340	.038	.208	.154	.075	.082	.162		
P15												.191	.293	.245	.105	.164	.195	.115	-.067	.080	.147	.080	-.107	.120	.173	.116	.127	-.091	.049	-.003	.140	.026	.070	.131	-.004		
P18													.295	.278	.497	.227	.244	.014	.057	.197	.363	.080	.116	.068	.190	.248	.137	-.021	.070	.075	.222	.017	.109	.230	.219		
P19														.513	.114	.521	.317	.085	-.034	.092	.203	.179	.127	.284	.316	.276	.101	.126	.166	.141	.188	.154	.134	.334	.236		
P20															.202	.258	.457	.120	-.046	.057	.163	.130	.035	.274	.253	.155	.116	.004	.132	.060	.243	.218	.164	.169	.171		
P30																.207	.300	.129	-.065	.127	.158	.106	.047	.101	.096	.152	.072	.107	.031	.187	.110	.109	.170	.133			
P31																	.457	.115	-.052	.121	.124	.092	.098	.289	.459	.194	.030	.079	.170	.069	.279	.205	.136	.227	.243		
P32																		.163	.049	.033	.142	.033	.044	.088	.364	.282	.101	-.048	.083	.070	.311	.216	.047	.151	.248		
P36																			-.080	-.042	.095	.023	.035	.104	.187	.232	.006	.055	.055	.045	.068	.007	.001	.028	.135		
P4																				.089	.022	-.118	.028	-.085	-.027	.111	.061	.032	-.091	-.056	-.039	.017	-.098	-.068	.098		
P6																					.195	.133	.118	.150	.055	.149	.076	-.005	.062	.051	.107	.055	-.045	.154	.014		
P8																						.114	.239	.085	.107	.254	.167	.088	.202	.113	.189	.049	.209	.166	.196		
P12																							.063	.183	.080	.176	.112	.113	.248	.156	.104	.194	.010	.109	.134		
P16																								.127	.114	.151	.031	.084	.167	.075	.092	.062	.125	.106	.201		
P17																								.127		.264	.146	.103	.097	.280	.070	.147	.186	.137	.053	.135	
P29																								.114	.264		.327	.137	.078	.146	.060	.263	.228	.195	.197	.241	
P35																											.235	.154	.102	.228	.241	.268	.061	.150	.266		
P5																												-.104	.071	.132	.160	.068	.169	.115	.079		
P9																													.225	-.101	.036	.040	-.037	.023	.105		
P11																																				.111	
P25																																					.147
P28																																					.248
P34																																					.162
P10																																					.175
P21																																					
P24																																					

Figura 39 Matriz de correlaciones entre elementos.

Tabla 23 Coeficientes de rho de Spearman

Correlaciones

		Curso	Definir operacionalmente	Identificar variables	Establecer hipótesis	Interpretar gráficas	Diseñar experimentos	Aciertos
Rho de Spearman	Coef. Correl.	1,000	,280**	,373**	,223**	,124	,222**	,381**
	Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,001	,059	,001	,000
	N	233	233	233	233	233	233	233
Definir operaciona lmente	Coef. Correl.	,280**	1,000	,436**	,426**	,308**	,348**	,697**
	Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,000	,000	,000	,000
	N	233	233	233	233	233	233	233
Identificar variables	Coef. Correl.	,373**	,436**	1,000	,403**	,320**	,356**	,838**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,000	,000	,000	,000
	N	233	233	233	233	233	233	233
Establecer hipótesis	Coef. Correl.	,223**	,426**	,403**	1,000	,425**	,352**	,723**
	Sig. (bilateral)	,001	,000	,000	.	,000	,000	,000
	N	233	233	233	233	233	233	233
Interpretar gráficas	Coef. Correl.	,124	,308**	,320**	,425**	1,000	,320**	,583**
	Sig. (bilateral)	,059	,000	,000	,000	.	,000	,000
	N	233	233	233	233	233	233	233
Diseñar experimen tos	Coef. Correl.	,222**	,348**	,356**	,352**	,320**	1,000	,542**
	Sig. (bilateral)	,001	,000	,000	,000	,000	.	,000
	N	233	233	233	233	233	233	233
Aciertos	Coef. Correl.	,381**	,697**	,838**	,723**	,583**	,542**	1,000
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	.
	N	233	233	233	233	233	233	233

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Asimismo, recordemos las habilidades necesarias para hacer indagación científica que Garritz (2010, p. 108), siguiendo (NRC, National Research Council (1996) recogía en su editorial sobre indagación:

- Identificar preguntas que puedan ser respondidas a través de la investigación científica.
- Diseñar y conducir una investigación científica.
- Usar herramientas apropiadas y técnicas para reunir, analizar e interpretar datos.
- Desarrollar descripciones, explicaciones, predicciones y modelos al utilizar las pruebas.
- Pensar crítica y lógicamente para establecer la relación entre las pruebas y la explicación.
- Reconocer y analizar explicaciones alternas y predicciones.
- Comunicar procedimientos científicos y explicaciones.
- Usar matemáticas en todos los aspectos de la indagación científica.

Como vemos, estas habilidades son también capacidades relacionadas entre ellas mismas, ya que, por ejemplo, es difícil diseñar y conducir una investigación científica si no se es capaz de identificar preguntas investigables, o no será fácil analizar explicaciones alternativas y predicciones si no se sabe razonar críticamente para establecer la relación entre las evidencias y la explicación. Así pues, podríamos entender que estas habilidades necesarias para realizar indagación científica son necesarias por separado, pero a la vez también en relación con las demás. Y esto es lo que reflejan las correlaciones que hemos encontrado entre los cinco procedimientos analizados mediante el cuestionario TIPS-II.

En consecuencia, debemos plantearnos la formación de los futuros docentes en destrezas indagatorias desde ese punto de vista; sería ineficaz la formación sólo de aspectos de diseño experimental, por ejemplo, si a la vez no se trabajara la definición de hipótesis y la operativización de las variables. Esto también refuerza lo que muchos autores ya defienden desde hace años: la indagación no se aprende sólo en el laboratorio, ni con una práctica guiada tipo «receta de cocina». Aprender los procesos involucrados en la actividad científica es algo más complejo e integral, que pone en juego muchas habilidades diferentes a la vez. Por lo tanto, entendemos que los formadores de maestros deberían tener esto en cuenta al plantear y diseñar la formación indagatoria de los futuros docentes, combinando y complementando los diferentes procesos involucrados en la actividad científica.

Por otro lado, como se observa y se esperaba, la variable curso está también correlacionada con el número de aciertos de cada procedimiento, a excepción del de Interpretar gráficas, que ya comentamos anteriormente puede ser debido a que las preguntas de este apartado eran relativamente sencillas de acertar con razonamiento lógico.

Y, por último, puede analizarse también la correlación del número total de aciertos con los procedimientos por separado, observándose que esta correlación es moderada-alta para Definir operacionalmente, Identificar variables y Establecer hipótesis, mientras que desciende un poco para Interpretar gráficas y Diseñar experimentos. Posiblemente debido a que estos procedimientos no tenían un gran número de preguntas ( $n=6$  y  $3$ , respectivamente) en comparación con los otros procedimientos ( $n=6, 12$  y  $8$ ).

## Comparación entre asignaturas y análisis del tamaño del efecto

---

Un resultado que se desprende de lo mostrado anteriormente es que la formación en indagación de los estudiantes de nuestra muestra es, en general, moderada, observándose un incremento en el grado de conocimiento de procedimientos científicos entre el alumnado de segundo y tercer curso. La diferencia principal entre estos dos grupos de estudiantes es que unos no han cursado todavía ninguna asignatura de ciencias experimentales en el grado (los alumnos de segundo) y los otros, al menos, ya han cursado Ciencias Naturales para Maestros completamente y parte de las asignaturas de tercero; incluso, los alumnos de la asignatura de Propuestas Didácticas ya han recibido las dos asignaturas previas, Ciencias y Didáctica.

Puede aceptarse que la asignatura de Ciencias Naturales para Maestros, que cursa nuestro alumnado, tiene en cuenta la indagación, debido a dos razones principalmente: la guía docente de esta asignatura es una de las guías analizadas en la primera parte de la tesis con más del 50% de los ítems de indagación y, por otra parte, el 64,2% del profesorado de la Universitat de València (n=14) proponía utilizar la indagación para impartir una asignatura de CCE, según sus respuestas al cuestionario de la segunda parte de la tesis. Por todo ello, puede decirse que la asignatura de Ciencias de segundo curso se imparte, si no completamente sí en parte, siguiendo una metodología indagatoria. Esto supone que el alumnado encuestado de la asignatura de Didáctica ha experimentado la indagación en su curso anterior, asimilado las destrezas indagatorias y mostrando un mayor conocimiento de los procedimientos científicos analizados con el TIPS-II, como así obtenemos. Ahora bien, ¿podríamos conocer el tamaño del efecto de esta formación?

Comencemos, por lo tanto, por analizar si las diferencias entre el número de aciertos de los alumnos de segundo y de tercero son significativas mediante una prueba de Kruskal-Wallis. En la Tabla 24 se presentan los resultados de la prueba, encontrándose que sí son significativas en un nivel 0,01, menor que 0,05. Realizando también las comparaciones por parejas *post-hoc* (Figuras 40-44), encontramos de nuevo el resultado que ya vimos de manera general: las diferencias significativas se encuentran entre la asignatura de Ciencias y Didáctica y entre la de Ciencias y Propuestas, pero no se observan entre las dos asignaturas de tercero (Didáctica y Propuestas). El único procedimiento en el que esto no se observa es en el de Interpretar gráficas (Figura 43), cuya única diferencia de medias significativa se da entre Ciencias y Didáctica, y no se refleja entre Ciencias y Propuestas. Podríamos explicar este resultado con el hecho de que las preguntas de Interpretar gráficas eran relativamente sencillas y podrían responderse con *razonamientos lógicos* y, por lo tanto, los resultados de esta categoría son muy buenos, independientemente de qué asignatura se haya cursado.

Tabla 24 Prueba Kruskal-Wallis entre la variable número de aciertos y asignatura, para cada procedimiento científico por separado.

**Estadísticos de prueba<sup>a,b</sup>**

	Definir operacionalmente	Identificar variables	Establecer hipótesis	Interpretar gráficas	Diseñar experimentos	Aciertos
Chi-cuadrado	21,304	34,150	22,322	12,077	16,436	41,295
gl	2	2	2	2	2	2
Sig. asintótica	,000	,000	,000	,002	,000	,000

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación: Asignatura

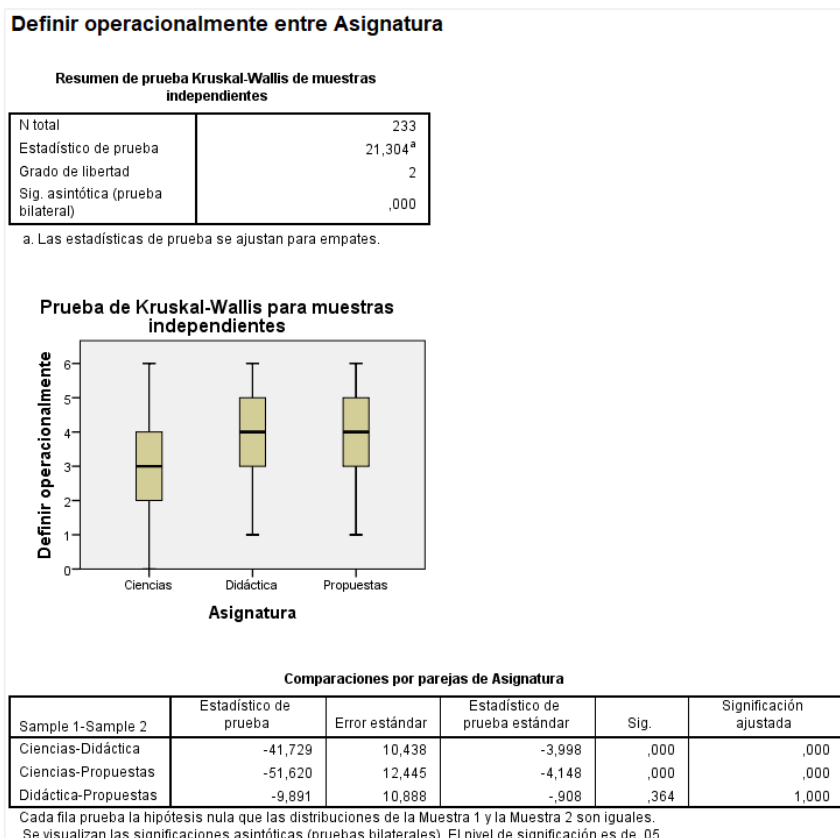


Figura 40 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los aciertos del procedimiento Definir operacionalmente entre las tres asignaturas, y las comparaciones por parejas post-hoc



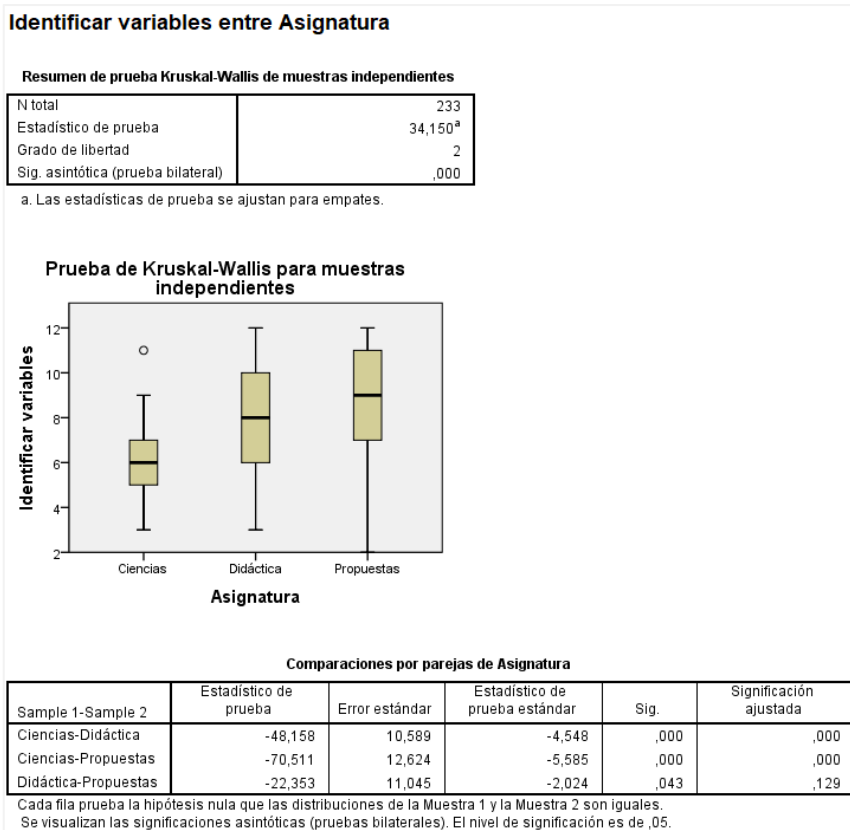


Figura 41 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los aciertos del procedimiento Identificar variables entre las tres asignaturas, y las comparaciones por parejas post-hoc

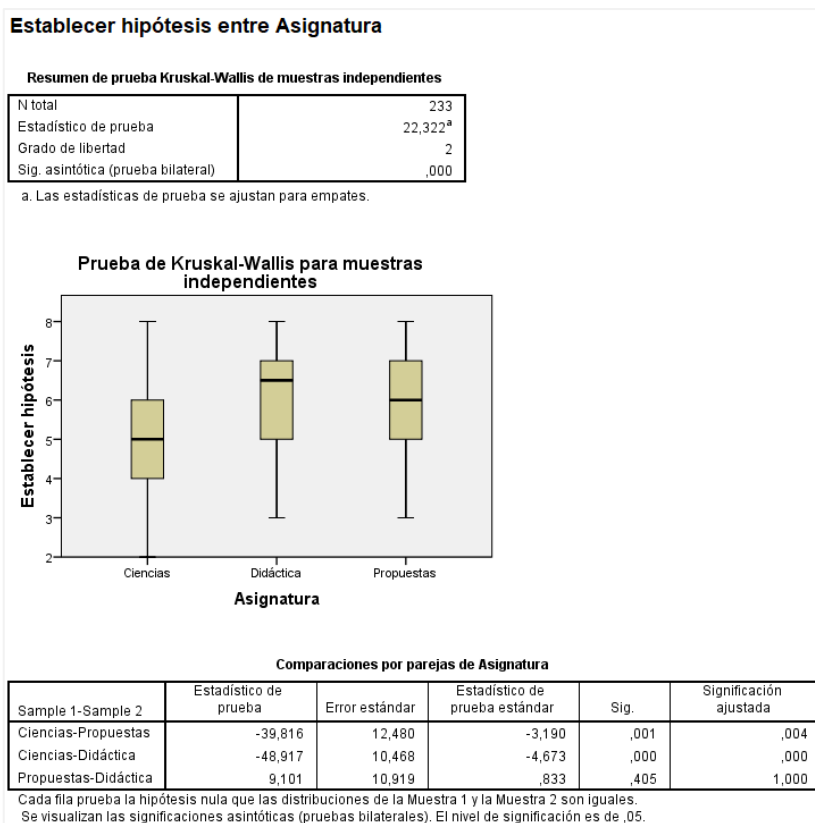


Figura 42 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los aciertos del procedimiento Establecer hipótesis entre las tres asignaturas, y las comparaciones por parejas post-hoc

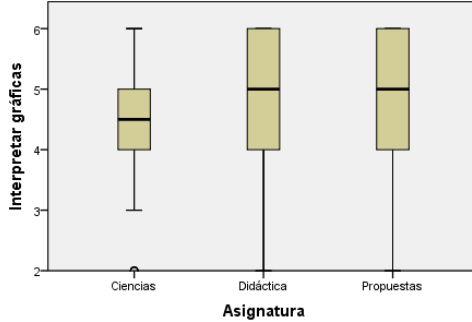
### Interpretar gráficas entre Asignatura

#### Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes

N total	233
Estadístico de prueba	12,077 <sup>a</sup>
Grado de libertad	2
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,002

a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

#### Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes



#### Comparaciones por parejas de Asignatura

Sample 1-Sample 2	Estadístico de prueba	Error estándar	Estadístico de prueba estándar	Sig.	Significación ajustada
Ciencias-Propuestas	-20,855	12,170	-1,714	,087	,260
Ciencias-Didáctica	-35,367	10,208	-3,465	,001	,002
Propuestas-Didáctica	14,512	10,648	1,363	,173	,519

Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es de ,05.

Figura 43 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los aciertos del procedimiento Interpretar gráficas entre las tres asignaturas, y las comparaciones por parejas *post-hoc*

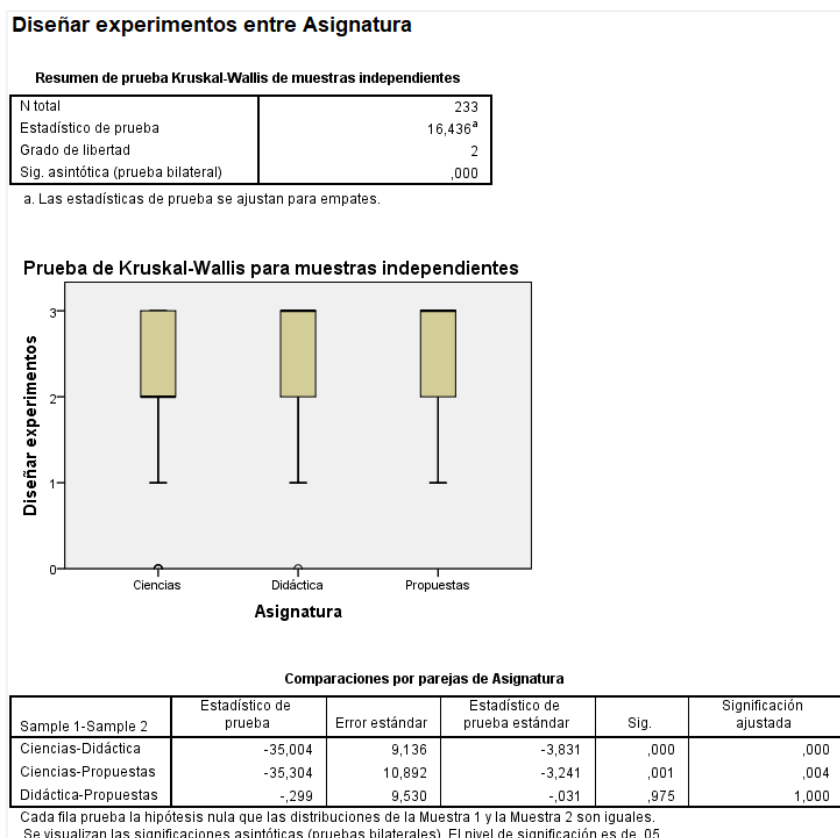


Figura 44 Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los aciertos del procedimiento Diseñar experimentos entre las tres asignaturas, y las comparaciones por parejas *post-hoc*

De los resultados de las Figuras 40-44 se extrae lo que ya vamos observando desde el inicio de este capítulo: a medida que los estudiantes van recibiendo formación sobre indagación, sus destrezas indagatorias mejoran. Recuérdese que estamos suponiendo que la metodología indagatoria se imparte en la asignatura de segundo curso. Por lo tanto, la pregunta es: ¿una formación científica que incluya indagación explícitamente ayudaría a que los conocimientos indagatorios del futuro profesorado mejoraran? Podemos dar respuesta a esto considerando

un diseño *ex-post facto*, de manera que establezcamos dos niveles: los alumnos de 2º curso (que se entiende que todavía no han recibido formación explícita en indagación, y su formación se debe a lo recibido en los cursos pre-universitarios) y los estudiantes de Didáctica (que suponemos sí han recibido cierta formación en indagación en la asignatura de Ciencias). Así, podríamos analizar el tamaño del efecto (TE) de una formación en la que se utiliza la metodología indagatoria. Los resultados se muestran en la Tabla 25, en la que se ve que el tamaño del efecto de esta formación es grande, considerando todos los aciertos, y un efecto medio para cada uno de los diferentes procedimientos por separado. Se presentan en dicha tabla tanto la *d* de Cohen, parámetro habitual para analizar el tamaño del efecto, como la *g* de Hedges, parámetro que tiene en cuenta los tamaños de los grupos control y experimental (se ha preferido escoger este parámetro por la gran diferencia de tamaño entre 2º y 3º curso). La interpretación del tamaño se ha extraído de Cohen (1992).

Tabla 25 Cálculo del tamaño del efecto de la formación entre el alumnado de Ciencias (2º curso) y el de Didáctica (3º curso).

	d Cohen	g Hedges	Interpretación TE
<b>Aciertos</b>	1,07	1,06	Grande
<b>Definir operacionalmente</b>	0,65	0,65	Medio
<b>Identificar variables</b>	0,84	0,79	Medio
<b>Establecer hipótesis</b>	0,78	0,78	Medio
<b>Interpretar gráficas</b>	0,56	0,57	Medio
<b>Diseñar experimentos</b>	0,63	0,67	Medio

Nota: TE = Tamaño del efecto

En el artículo de Hamed et al. (2020) se menciona que en la literatura, citando el artículo de Binns y Popp (2013), se encontraba que no era suficiente un curso para integrar la metodología indagatoria y Rivero et al. indican que «un enfoque de

investigación requiere un cambio profundo en las tareas de maestros y alumnos, que no es fácil promover en el marco de un único programa formativo» (Rivero, Solís, et al., 2017, p. 45). Esto es lo que estamos observando nosotros también, a partir de nuestros resultados. Y, en consecuencia, podríamos concluir que, a pesar de que, como indicaban las guías docentes la formación en indagación en los planes de estudio no parece estar muy presente en las aulas, los formadores de maestros sí la tienen en cuenta como una opción a la hora de formar científicamente a sus estudiantes. Además, mediante el análisis de la muestra local de la Universitat de València, hemos encontrado, de forma general, que los estudiantes sí tienen un conocimiento moderado de indagación, que mejora significativamente cuando se les ofrece una formación que incluye aspectos indagatorios, en consonancia con los resultados positivos referidos después de realizar propuestas indagatorias que se encuentran en la literatura (Greca et al., 2017). Esto podría suponer un punto de partida para diseñar la futura formación de los maestros y maestras en la que debe tenerse en cuenta la indagación.

## Capítulo 9. Conclusiones e implicaciones didácticas

---

En este último capítulo, haremos mención a las conclusiones más importantes extraídas de cada apartado, siguiendo los objetivos de investigación enunciados. Finalizaremos el capítulo y, por lo tanto, la tesis doctoral, con una reflexión sobre las posibles implicaciones pedagógicas que se extraen del estudio aquí descrito.

Las preguntas de investigación abordadas han sido las siguientes:

1. ¿Cómo es la formación en ciencias experimentales que se declara en los planes de estudio españoles del grado en Educación Primaria? ¿En qué grado la indagación está presente?
2. ¿Aparece la indagación en la formación en ciencias experimentales que proponen actualmente los formadores de maestros?
3. ¿Qué grado de conocimiento tienen los estudiantes del grado de Maestro en Educación Primaria sobre los procedimientos científicos?

Para dar respuesta a las mismas hemos planteado los tres objetivos de investigación formulados en los siguientes términos:

- **Primer objetivo de investigación, O1:** *Analizar la formación científica y de didáctica de las ciencias que se ofrece en los planes de estudio de los grados en Maestro en Educación Primaria de las facultades españolas.*
- **Segundo objetivo de investigación, O2:** *Analizar la formación científica y de didáctica de las ciencias que proponen los actuales formadores de maestros en ciencias.*

- **Tercer objetivo de investigación, O3:** *Determinar el grado de conocimiento en cinco procedimientos científicos (identificar variables, definir operacionalmente, diseñar experimentos, establecer hipótesis e interpretar gráficas) que poseen los estudiantes de Grado en Maestro en Educación Primaria de la Universitat de València.*

Para dar cumplimiento a los mismos se han utilizado tres instrumentos de evaluación diferentes: las guías docentes de las asignaturas de ciencias experimentales y su didáctica del grado en Maestro en Educación Primaria, un cuestionario de opinión sobre contenidos y metodologías para dos asignaturas de ciencias experimentales y su didáctica y un cuestionario de grado de conocimiento de procedimientos científicos.

## Conclusiones del primer objetivo de investigación

---

La propuesta de formación científica que aparece en las 74 guías docentes de las asignaturas de ciencias experimentales y/o su didáctica analizadas sólo supone el 6,7% de la formación total que recibe el futuro maestro, y tiene las siguientes características:

- Combina contenidos disciplinares y didáctica específica, con frecuencia, en una única asignatura, ya que el 59,4% de las asignaturas eran de CyDCE. La perspectiva de estas asignaturas suele ser multidisciplinar del área de las ciencias (86,5%), aunque se encuentra más disciplinariedad en las asignaturas de CCE que en las de DCE (en este último caso, todas son multidisciplinarias). Las asignaturas de contenidos (CCE o CyDCE) adscritas a departamentos de educación suelen presentar una perspectiva



multidisciplinar (89,5%), mientras que, para aquellas adscritas a departamentos de facultades de ciencias experimentales no ocurre tanto.

- La apuesta de las universidades por una formación en contenidos disciplinares para el futuro maestro es evidente: todas las universidades, menos una, incluyen contenidos disciplinares en su formación (ya sea con asignaturas de CCE o de CyDCE). Sólo una ofrece únicamente DCE. Esto puede deberse a la necesidad de actualizar o nivelar a los futuros maestros, que llegan al grado con un nivel bajo de conocimientos científicos, acentuado por proceder de estudios pre-universitarios diferentes al bachillerato de ciencias. Además, cuando se da esta formación separada en contenidos disciplinares, estas asignaturas CCE se imparten en cursos anteriores a los cursos en los que se imparte la DCE.
- En el caso de que las universidades no ofrezcan asignaturas combinadas de CyDCE, sino asignaturas de CCE y DCE por separado, el promedio de formación total de ciencias y su didáctica es mayor (18 ECTS frente a 13,6 ECTS), por lo que habría que estudiar qué es más adecuado: menor formación y más integrada, como se presupone para las asignaturas de CyDCE, o mayor formación y, en principio, menos integrada. Esto excede del análisis realizado en esta tesis doctoral, dado que implicaría estudiar los beneficios a largo plazo de ambas propuestas.
- En las asignaturas de CyDCE, la mayoría de ellas (65,9%) organizan sus contenidos disciplinares siguiendo los cuatro bloques principales de la asignatura de educación primaria (Seres vivos, Ser Humano y Salud, Materia y Energía y Tecnología, objetos y máquinas). Esto es diferente para las asignaturas de CCE, ya que el 66,7% de ellas organizan sus contenidos en base a las diferentes ciencias (Biología, Física, Química,

Geología). Esta tendencia en las asignaturas de contenidos científicos puede estar relacionada con la presencia de profesores de facultades científicas en las asignaturas disciplinares de los grados de Maestro.

- Al desglosar los contenidos científicos que se estudian, se encuentra que el bloque de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza de primaria más frecuente es Seres Vivos (incluido en el 43% de las guías). Por su parte, las diferentes ciencias aparecen en un número similar de guías (en alrededor del 15% de las guías). Los bloques de primaria son los más frecuentes, y esto puede tener relación también con la multidisciplinariedad que mencionábamos antes, necesaria a la hora de formar maestros y no especialistas en ciencias.
- En cuanto a la formación didáctica específica, se encuentra que las universidades prácticamente siempre forman a sus futuros maestros en Metodologías, ya que el 90% de las guías presenta contenidos de estrategias instruccionales; y en el Currículum (71% de las guías con parte didáctica presenta contenidos sobre el currículum). No obstante, la Evaluación y la Finalidad de la Enseñanza/Aprendizaje de la Ciencia son los componentes del modelo del CDC de Magnusson et al. (1999) menos frecuentes en las guías docentes, con un 37% y un 40% de frecuencia relativa de aparición. Es destacable también que sólo 11 universidades de las 28 analizadas incluyen explícitamente en sus guías los cinco componentes del modelo de CDC Magnusson, Krajcik y Borko. Esto nos lleva a considerar esta situación un tanto preocupante, puesto que este modelo es un mínimo, no un máximo a alcanzar, de manera que se hace necesaria que un profesor de ciencias se forme, al menos, en estos cinco componentes.

- En cuanto a la presencia de la indagación en las guías docentes, estudiada a partir de la identificación de ítems o raíces de palabras relacionadas con las fases de la actividad científica, se ha encontrado que algunos ítems son muy frecuentes, habitualmente los más genéricos, como *Experim\** (51,4%) e *Investig\** (40,5%), mientras que los que menos aparecen son *Variable* (1,4%) y *Diseño Experimental* (2,7%). Considerando el promedio de aparición de las 14 palabras, encontramos que sólo aparecen 2,4 palabras por guía, resultado extraordinariamente bajo. Además, de todas las guías analizadas, sólo el 6,8% presentan más de la mitad de los términos y el 18,9% de ellas no presentan ningún descriptor analizado.

En definitiva, estos resultados parecen indicar que, al menos explícitamente, las guías docentes de las asignaturas no reflejan una formación notable en indagación ni en su didáctica.

## Conclusiones del segundo objetivo de investigación

---

En primer lugar, la propuesta de formación científica que proponen los 77 formadores de maestros encuestados para una asignatura de contenidos científicos es la siguiente:

- Alrededor de una cuarta parte de los profesores encuestados proponen aspectos didácticos entre el contenido a impartir en una asignatura de este estilo, inicialmente sólo de contenidos disciplinares. Esto refleja la intención del profesorado de querer integrar los contenidos científicos y la didáctica específica, haciendo eco de las recomendaciones del área de la didáctica de las ciencias experimentales. Las propuestas de los

formadores incluyen sobre todo contenidos organizados siguiendo los bloques de primaria.

- Más de una cuarta parte de los docentes encuestados (26%) incluyen contenidos de ciencias experimentales que actualmente se encuentran en la asignatura de Ciencias Sociales de primaria.
- En un 15,6% de las respuestas aparece la naturaleza de la ciencia como quinto contenido a impartir en esta asignatura de CCE y en un 10,4% cuestiones CTS o sostenibilidad.
- La metodología preferida por el profesorado es la indagatoria, con casi la mitad de las respuestas a favor de ella (42,9%). Los profesores que proponen esta estrategia de enseñanza suelen ser doctores en didáctica de las ciencias experimentales (54,8%) y con más experiencia docente universitaria. La preferencia por esta metodología también parece estar relacionada con la docencia y coordinación de asignaturas de DCE.

La propuesta para una asignatura exclusiva de didáctica de las ciencias que realizan estos formadores de maestros/as es la siguiente:

- Principalmente incluye aspectos de estrategias instruccionales (81,8% de las respuestas) y estudiantes (49,4%). No se le da tanta importancia al currículum y a la finalidad de la enseñanza/aprendizaje de la ciencia, con una frecuencia de aparición del 32,5% y del 16,9%.
- Un 32,5% de las propuestas incluyen explícitamente la Naturaleza de la Ciencia y sólo un 10,4% las relaciones CTS y/ contextualización.
- El número de aspectos didácticos considerados en la propuesta se encuentra correlacionado significativamente, de forma moderada y directa, con la experiencia docente.

- Vuelve a haber un número considerable de respuestas, cercano a una quinta parte (18,2%), que incluyen contenidos disciplinares, entendemos que motivados, al igual que pasaba en la asignatura de CCE, por la integración entre contenidos y didáctica.
- Por último, con respecto a las metodologías preferidas, también aquí la indagación es la más propuesta, con un 35,1% de las respuestas a favor de esta estrategia de aprendizaje. No obstante, se observa un incremento considerable de la metodología de Métodos de caso y simulación, en comparación de la frecuencia de aparición para la asignatura de CCE; para la asignatura exclusiva de didáctica, esta metodología aparece en un 18,2% de las respuestas, mientras que, para la asignatura de contenidos, aparece en el 9,1%.
- Se encuentra también que aquellos profesores que proponen indagación en la asignatura de contenidos, también la suelen proponer para la asignatura de DCE.
- El perfil del profesorado que propone metodologías indagatorias para la asignatura de DCE es, más frecuentemente, doctor en didáctica, y con una ligera mayor experiencia docente universitaria, y en cuanto a la docencia y coordinación realizada, de nuevo se vuelven a encontrar más propuestas a favor de la indagación entre el profesorado de DCE, que de CCE.

## Conclusiones del tercer objetivo de investigación

---

A la vista de los resultados de los dos primeros objetivos y de la posible contradicción que podría encontrarse entre lo que se declarara en los planes de estudio y lo que opinaran los formadores de maestros, se ha realizado el tercer estudio directamente con el alumnado del grado en Maestro en Educación

Primaria (n=233). Mediante el cuestionario TIPS-II (Burns et al., 1985) se ha analizado su grado de conocimiento en cinco procedimientos científicos (identificar variables, definir operacionalmente, diseñar experimentos, establecer hipótesis e interpretar gráficas), y los resultados encontrados se enumeran a continuación:

- Los resultados generales muestran que el grado de conocimiento es diferente según la formación recibida por el alumnado: los estudiantes de la asignatura de Ciencias Naturales para Maestros, cursada en segundo curso, tienen un promedio de aciertos en el test (20,8), menor que los alumnos de las asignaturas de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Propuestas Didácticas, cursadas en tercer curso (25,8 y 26,3, respectivamente). Además, se ha encontrado una correlación moderada positiva, estadísticamente significativa, entre el curso y el número de aciertos.
- De forma separada, el procedimiento Definir operacionalmente era el que menos aciertos presentaba, y el de Diseñar experimentos el que más, a pesar de que también se han encontrado una correlación positiva significativa entre las puntuaciones de los diferentes procedimientos, es decir, el que más sabe de un procedimiento también sabe más de otro. Esto se podría relacionar con que el estudiante aprende indagación de manera integral; no aprende por separado cada procedimiento de la actividad científico, sino todos a la vez.
- Por último, se ha encontrado un tamaño del efecto grande al estudiar cómo influye una formación que tiene en cuenta la indagación en el grado de conocimiento en procedimientos científicos.

## Limitaciones, perspectivas e implicaciones didácticas

---

Las principales limitaciones de este estudio hacen referencia a que:

- la información de las guías docentes no siempre contiene todo lo que se hace o imparte en las asignaturas;
- el cuestionario de opinión fue online y no se complementó mediante entrevista, y
- la muestra de estudiantes fue sólo de la Universidad de Valencia.

En línea con estas limitaciones, podemos enumerar las siguientes futuras perspectivas de investigación:

- complementar los resultados de las guías docentes analizando qué se hace en las clases realmente, mediante observación directa de la práctica docente y entrevista al profesorado;
- ampliar el estudio de la opinión de los formadores acerca de qué impartirían en las asignaturas de CCE y DCE y cómo lo harían mediante entrevistas personales;
- recoger datos del grado de conocimiento de procedimientos científicos de estudiantes de secundaria y de otras universidades españolas, y
- diseñar un estudio experimental pre-post con una formación explícita en indagación, que nos permita cuantificar el tamaño del efecto de esta formación en las destrezas investigadoras del alumnado.

El estudio realizado aquí nos permite componer una radiografía de cómo es la formación en indagación del grado en Maestro en Educación Primaria, a partir de los resultados encontrados. Aun cuando en el primer análisis realizado, la indagación no se ha encontrado frecuentemente en las guías docentes, el estudio de las opiniones de los formadores de maestros revela que la indagación sí está

presente en las aulas. Es cierto que estamos asumiendo que la formación que proponen es la que hacen, y esto no siempre es así de sencillo, puesto que depende de muchos factores externos. No obstante, la elección de metodologías indagatorias para formar al futuro profesorado ayudará, no nos cabe duda, a mejorar aquellos resultados encontrados en la literatura y referenciados a lo largo de este texto, sobre el bajo conocimiento del alumnado del grado en Educación Primaria en indagación y en procedimientos científicos. Somos conscientes de que, no sólo las metodologías indagatorias están sobre la mesa, sino que el debate de la formación científica de los futuros maestros se extiende también a si incluir o no contenidos disciplinares, cuáles de ellos considerar, qué aspectos de la didáctica específica de las ciencias experimentales abordar y cómo conjugar todo ello, dentro de la rigidez de los planes de estudio o de las relaciones interdepartamentales de una facultad. Lo que hemos presentado en esta tesis muestra, ligeramente, lo que podríamos encontrarnos cuando se iniciara este debate para decidir, conjuntamente, las líneas de formación científica de los maestros en formación. No obstante, desde la posición de una investigadora novel en este campo de la didáctica de las ciencias, queremos finalizar este trabajo con una propuesta formativa, nuestra propuesta formativa.

Defendemos un modelo de educación científica que aúne todo lo que necesitará el maestro en formación: un modelo en el que los conocimientos científicos y didácticos estén impartidos a la vez, y que también tenga en cuenta las prácticas docentes que realizarán en su etapa universitaria. Esto permitirá al alumnado poder ver su formación científica desde una posición de futuro docente, haciéndole reflexionar sobre qué sabe en este momento y cómo podría enseñar esa materia si estuviera ahora mismo en un aula de Primaria. Creemos que este



tipo de formación ayudaría a mejorar la visión de la actividad científica y la investigación que desarrollan algunos maestros y maestras.

Así pues, defendemos una propuesta de formación como la de Martínez-Chico et. al (2014), entendiendo la formación «como un proceso de reflexión, cuestionamiento y cambio de las ideas y prácticas aprendidas como alumno», y empleándose las metodologías que esperamos o queremos que los futuros docentes lleven a cabo en sus aulas, en concreto, la metodología indagatoria. Proponemos una formación en la que los alumnos, que a su vez serán futuros maestros, entiendan los procesos de la ciencia, valoren por qué se le da credibilidad a las respuestas que da la ciencia y estén motivados a fomentar la alfabetización científica en sus futuras aulas.

Dado que el modelo simultáneo de formación no siempre es posible, puesto que los planes de estudio, y también las rutinas profesionales de los docentes, son difíciles de cambiar, cuando se divide la formación del maestro en contenidos disciplinares y las de didáctica de la ciencia, proponemos igualmente emplear la metodología indagatoria para que puedan vivenciarla y comenzar a asumirla. A lo largo del texto nos hemos referido en varias ocasiones que enseñamos como hemos aprendido, especialmente en los primeros tiempos de ejercer la profesión, por ello, ¿qué mejor que enseñar a nuestros futuros maestros mediante indagación para que después ellos la lleven a sus aulas? O mejor todavía, ¿y si les damos la oportunidad de llevar esta enseñanza de la ciencia mediante indagación a sus aulas? Y ahí entra el último factor que ayudaría a completar esta propuesta: las prácticas docentes. Si además de lo tratado en la/s asignatura/s de didáctica de las ciencias experimentales y de contenidos científicos disciplinares, conseguimos que las prácticas docentes también vayan en consonancia con ellas, el futuro maestro podría experimentar, no ya como alumno sino como docente, lo

aprendido en las clases universitarias, y contextualizar su aprendizaje de la mejor manera posible: en un aula real. Las prácticas docentes dependen de muchos agentes (Mellado, 2003), sin embargo, una propuesta formativa de calidad requeriría la actuación de diferentes frentes, saliendo de las aulas universitarias, e involucrando a los centros universitarios, a los centros de formación permanente del profesorado y a los centros escolares. Con una actuación conjunta se conseguiría la educación científica que deseamos que adquieran nuestros maestros en formación inicial y que ayudaría a alfabetizar científicamente a su futuro alumnado, ciudadanos y ciudadanas de nuestra sociedad. Es una necesidad imperiosa abordar y mejorar la formación inicial del profesorado y recordar la trascendencia que tiene lo que, como formadores de maestros, llevamos a nuestras clases.

## Referencias bibliográficas

---

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Mansoor, N., Treagust, D., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88, 397-419. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Abell, S. K. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. En S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 1105-1150). Routledge.
- Abell, S. K., & Lederman, N. G. (Eds.). (2007). *Handbook of Research on Science Education*. Routledge.
- Aguilera Morales, D., Martín Páez, T., Valdivia Rodríguez, V., Ruiz Delgado, Á., Williams Pinto, L., Vílchez, J. M., & Perales-Palacios, F. J. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación. Una revisión sistemática de la producción española. *Revista de Educación*, 381, 259-284. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2017-381-388>
- Alvarado, D. A. R., De las Heras Pérez, M. Á., Vázquez-Bernal, B., & Jiménez-Pérez, R. (2019). ¿Cómo cambian las emociones en docentes en formación inicial hacia la asignatura Didáctica de Ciencias de la Naturaleza I con un proyecto de indagación de aula? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 3(2), 55-69. <https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.2.4629>
- ANECA. (2005). *Libro Blanco. Título de Grado en Magisterio. Volumen 1*.
- Binns, I. C., & Popp, S. (2013). Learning to Teach Science through Inquiry: Experiences of Preservice Teachers. *Electronic Journal of Science Education*, 17(1), 1-24.

- Blanca Ruiz, M., Solaz-Portolés, J. J., Verdugo-Perona, J. J., & Sanjosé, V. (2021). Capacidad de indagación científica de maestros y maestras en formación: Efectos de la mención cursada y de la temática. *Actas electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021. Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible, Lisboa, Enseñanza de las Ciencias.*, 737-740.
- BOE. (2014). *Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria.*
- Burns, J. C., Okey, J. R., & Wise, K. C. (1985). Development of an integrated process skill test: TIPS II. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(2), 169-177.
- Campanario, J. M. (1998). ¿Quiénes son, qué piensan y qué saben los futuros maestros y profesores de ciencias? *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 33, 121-140.
- Cantó, J., De Pro, A., & Solbes, J. (2016). ¿Qué ciencias se enseñan y cómo se hace en las aulas de educación infantil? La visión de los maestros en formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 34(3), 25-50. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1870>
- Cañal, P. (2000). El conocimiento profesional sobre las ciencias y la alfabetización científica en Primaria. *Alambique*, 24, 46-56.
- Cañal, P. (2002). Entrevista a J. Delval: La reforma educativa y la Ley de Calidad de la Educación. *Investigación en la Escuela*, 48, 71-80.
- Cañal, P., Criado, A. M., García-Carmona, A., & Muñoz, G. (2013). La enseñanza relativa al medio en las aulas españolas de educación infantil y primaria: Concepciones didácticas y práctica docente. *Investigación en la Escuela*, 81, 21-42.

- Carlsen, W. (1999). Domains of teacher knowledge. En J. Gess-Newsome & N. G. Lederman, *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 133-144). Kluwer Academic Publishers.
- Carrasquer, J., & Alvarez, M. V. (1988). El método científico aplicado a una experiencia de Ciencias naturales. *RIFOP: Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 2, 245-256.
- Carrasquer, J., Carrasquer, B., & Ponz, A. (2021). La naturaleza de la ciencia, contenido fundamental en los grados de Magisterio. *Actas electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021. Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible, Lisboa, Enseñanza de las Ciencias.*, 527-530.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112, 155-159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Cortés, A. L., & de la Gándara, M. (2006). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: Una experiencia didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 435-450.
- Cortés Gracia, A. L., de la Gándara Gómez, M., Calvo Hernández, J. M., Martínez Peña, M. B., Gil Quílez, M. J., Ibarra Murillo, J., & Arlegui de Pablos, J. (2012). Expectativas, necesidades y oportunidades de los maestros en formación ante la enseñanza de las ciencias en la educación. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(3), 155-176.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: Una reflexión crítica. *Investigación y transferencia para una educación en ciencias: Un reto emocionante*, 1-28.
- Couso, D., Jiménez-Liso, M. R., Refojo, C., & Sacristán, J. A. (Eds.). (2020). *Enseñando ciencia con ciencia*. Penguin Random House.

- Couto Candelo, P., García-Barros, S., & Martínez Losada, C. (2013). Cómo son las actividades de didáctica de las ciencias que proponemos a los futuros maestros de Primaria. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 877-882.
- Crujeiras Pérez, B., & Puig Mauriz, B. (2014). Trabajar la naturaleza de la ciencia en la formación inicial del profesorado planificando una investigación. *Educació Química*, 17, 55-61. <https://doi.org/10.2436/20.2003.02.128>
- De Pro, A., & Nortes, R. (2013). Algunos datos de la historia académica de nuestros maestros en el ámbito de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 1007-1017.
- De Pro Bueno, A. (1995). ¿Formación de profesor de Secundaria vs. Profesor-tutor de prácticas de Secundaria? En *La formación del profesorado de ciencias y matemáticas en España y Portugal* (pp. 375-394). Diputación Provincial de Badajoz.
- Dewey, J. (1910). Science as Subject-Matter and as Method. *Science*, 31(787), 121-127.
- Dillashaw, F. G., & Okey, J. R. (1980). *A test of integrated science process skills for secondary students*. Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching.
- DOCV. (2014). *Decreto 108/2014, de 4 de julio, del Consell, por el que establece el currículo y desarrolla la ordenación general de la educación primaria en la Comunitat Valenciana*. [http://www.docv.gva.es/datos/2014/07/07/pdf/2014\\_6347.pdf](http://www.docv.gva.es/datos/2014/07/07/pdf/2014_6347.pdf)

- Domínguez Martín, M. (2019). *Análisis del nivel de conocimiento de la enseñanza de ciencias por indagación de estudiantes de magisterio y maestros en formación* [Trabajo Fin de Grado]. Universidad de Valencia.
- ECl/3857/2007. (2007). *ECl/3857/2007 por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Maestro en Educación Primaria*.
- Escobar, T., Ceballos, M., & Vílchez, J. E. (2013). Dificultades previas al prácticum que perciben los maestros en formación sobre los contenidos de ciencias del currículo de Primaria. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*, 1126-1131.
- Esteve, J. M. (2006). La profesión docente en Europa: Perfil, tendencias y problemática. La formación inicial. *Revista de Educación*, 340, 19-40.
- Eugenio-Gozalbo, M. (2016). Huerto ecológico como recurso y contexto para la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Naturales en formación inicial de maestros/as de Infantil. En M. Eugenio-Gozalbo & L. Aragón (Eds.), *Huertos EcoDidácticos: Compartiendo experiencias educativas en torno a huertos ecológicos* (pp. 7-14). Jolube.
- Eurydice. (2004). *The teaching profession in Europe: Profile, trends and concerns. Report IV: Keeping teaching attractive for the 21st century*. Eurydice. <http://www.eurydice.org>
- Fernandez, C. (2014). Knowledge base for Teaching and Pedagogical Content Knowledge (PCK): Some useful models and implications for teachers' training. *Problems of Education in the 21st Century*, 60, 79-100. <https://doi.org/10.33225/pec/14.60.79>
- Furió, C., & Carnicer, J. (2002). El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos.

- Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(1), 47-74.
- Furió, C., & Gil, D. (1989). La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado: Una orientación y un programa teóricamente fundamentados. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(3), 257-265.
- Furió, C., & Gil, D. (1999). Hacia la formulación de programas eficaces en la formación continuada del profesorado de ciencias. En J. M. Sánchez, A. Oñorbe, & I. Bustamante (Eds.), *Educación científica* (pp. 129-146). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alcalá.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>
- García-Barros, S. (2016). Conocimiento científico Conocimiento Didáctico. Una tensión permanente en la formación docente. *Campo Abierto*, 35(1), 31-44.
- Garrido Espeja, A., & Couso, D. (2017). La modelización en la formación inicial de maestros: ¿qué mecanismos o estrategias la promueven? *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas, Extra*, 137-144.
- Garritz, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: Cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 127-152.
- Garritz, A. (2010). Indagación: Las habilidades para desarrollarla y promover el aprendizaje. *Educación Química*, 21(2), 106-110.
- Garritz, A., & Trinidad-Velasco, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*, 15(2), 98-102.



- Gavidia, V. (2008). Las actitudes en la educación científica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 22, 53-66.
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical context knowledge: An introduction and orientation. En J. Gess-Newsome & N. G. Lederman, *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 3-17). Kluwer Academic Publishers.
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (1993). Preservice biology teachers' knowledge structures as a function of professional teacher education: A year-long assessment. *Science Education*, 77(1), 25-45. <https://doi.org/10.1002/sce.3730770103>
- Gess-Newsome, J., & Lederman, N. G. (Eds.). (1999). *Examining Pedagogical Content Knowledge*. Kluwer Academic Publishers.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 1(1), 26-33.
- Gil, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y «saber hacer» los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 9(1), 69-77.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), 197-212.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., & Martínez, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Horsori.
- Gil, D., Furió, C., & Gavidia, V. (1998). El profesorado y la reforma educativa en España. *Investigación en la Escuela*, 36, 49-64.
- Gil, D., & Vilches, A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Investigación en la Escuela*, 43, 27-37.

- Godoy, A. V., Segrra, C. I., & Di Mauro, M. F. (2014). Una experiencia de formación docente en el área de Ciencias Naturales basada en la indagación escolar. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 11(3), 381-397. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2014.v11.i3.o8](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2014.v11.i3.o8)
- Greca, I. M., Meneses-Villagrà, J. A., & Diez Ojeda, M. (2017). La formación en ciencias de los estudiantes del grado en maestro de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 231-256.
- Grossman, P. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. Teachers College Press.
- Guisasola, J., & Morentin, M. (2007). ¿Comprenden la naturaleza de la ciencia los futuros maestros y maestras de Educación Primaria? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 246-262.
- Hamed, S., Ezquerro, Á., Porlán, R., & Rivero, A. (2020). Exploring pre-service primary teachers' progression towards inquiry-based science learning. *Educational Research*, 62(3), 357-374. <https://doi.org/10.1080/00131881.2020.1780624>
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.
- Ibáñez Plana, M., & Barrau, J. (2014). El balance energético en escenarios reales. Propuesta didáctica en la formación inicial de maestros. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 11(2), 216-230. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2014.v11.i2.o7](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2014.v11.i2.o7)
- Ladrera, R., Rodríguez-Lozano, P., Verkaik, I., Prat, N., & Díez, J. R. (2020). What Do Students Know about Rivers and Their Management? Analysis by

Educational Stages and Territories. *Sustainability*, 12, 8719.  
<https://doi.org/10.3390/su12208719>

Leal Castro, A. (2014). El Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC): Una herramienta que contribuye en la configuración de la identidad profesional del profesor. *Magistro*, 8(15), 89-110.

Magnusson, S., Krajcik, L., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Kluwer.

Marcos, J. M., & Esteban, R. (2017). Concepciones alternativas sobre biología celular y microbiología de los maestros en formación: Implicaciones de su presencia. *Campo Abierto*, 36(2), 167-169. <https://doi.org/10.17398/0213-9529.36.2.167>

Martín del Pozo, R., Fernández-Lozano, P., González-Ballesteros, M., & de Juanas, Á. (2013). El dominio de los contenidos escolares: Competencia profesional y formación inicial de maestros. *Revista de Educación*, 360, 363-387. <https://doi.org/10.44381/1988-592X-RE-2011-360-115>

Martínez Chico, M., López-Gay Lucio-Villegas, R., & Jiménez Liso, M. R. (2014). ¿Es posible diseñar un programa formativo para enseñar ciencias por Indagación basada en Modelos en la formación inicial de maestros? Fundamentos, exigencias y aplicación. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 0(28), 153-173. <https://doi.org/10.7203/dces.28.3153>

Martínez Chico, M., López-Gay Lucio-Villegas, R., & Rut Jiménez Liso, M. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros

- maestros. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 12(1), 149-166.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2015.v12.i1.10](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.10)
- Martínez-Chico, M., López-Gay Lucio-Villegas, R., & Jiménez-Liso, M. R. (2014). La indagación en las propuestas de formación inicial de maestros: Análisis de entrevistas a formadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 591-608.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1376>
- Martínez-Chico, M., López-Gay, R., Jiménez Liso, M. R., & Acher, A. (2013). Demandas de maestros en activo y materiales curriculares para la enseñanza de las ciencias. *Revista de Investigación en la Escuela*, 80, 35-48.
- Martin-Hansen, L. M. (2002). Defining Inquiry: Exploring the Many Types of Inquiry in the Science Classroom. *Science teacher*, 69(2), 34-37.
- Mayer, R. J. (2020). *Aplicando la ciencia del aprendizaje*. Graó.
- Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de Primaria y Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 289-302.
- Mellado, V. (2003). Cambio didáctico del profesorado de Ciencias Experimentales y Filosofía de la Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 21(3), 343-358.
- Mellado, V., Borrachero, A. B., Brígido, M., Melo, L. V., Dávila, M. A., Cañada, F., Conde, M. C., Costillo, E., Cubero, J., Esteban, R., Martínez, G., Ruiz, C., Sánchez, J., Garritz, A., Mellado, L., Vázquez, B., Jiménez, R., & Bermejo, M. L. (2014). Las emociones en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 11-36. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1478>

- Mellado, V., & González-Bravo, T. (2000). La formación inicial del profesorado de Ciencias Experimentales. En J. Perales & P. Cañal, *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 535-556). Marfil.
- Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. (2020). *Qué estudiar y dónde*. <https://www.educacion.gob.es/notasdecorte/busquedaSimple.action>
- Montero-Pau, J., Tierno, S. P., & Tuzon, P. (2017). Are pre-service Primary School teachers prepared to teach science by inquiry? *3rd International Conference on Higher Education Advances, HEAd'17*, 1294-1301. <http://dx.doi.org/10.4995/HEAd17.2017.55>
- Montero-Pau, J., & Tuzon, P. (2017). Inquiry-based science education in primary school in Spain: Teachers' practices. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas, extra*, 2237-2242.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. National Academy Press.
- NRC, National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Academic Press.
- Palacios, C., López, F., Garrote, R., & Montes, P. (1989). Procesos de la ciencia y desarrollo cognitivo en bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 132-140.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Porlán, R. (2018). Didáctica de las ciencias con conciencia. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(3), 5-22. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2795>

- Porlán, R., & Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores: Una propuesta formativa en el área de ciencias*. Díada.
- Porlán, R., Rivero, A., & Martín del Pozo, R. (1998). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudios empíricos y conclusiones. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 271-288.
- Pozo, J. I. (2020). Aprender ciencias es reconstruir las ideas personales por medio del diálogo con otras personas y otros conocimientos. En D. Couso, M. R. Jiménez-Liso, C. Refojo, & J. A. Sacristán (Eds.), *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 14-23). Penguin Random House.
- Repetto Jiménez, E. (2016). La educación científica y la formación de los maestros. *El Guiniguada*, 9, 233-243.
- Reyes-Cárdenas, F., & Padilla, K. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Educación Química*, 23(4), 415-421. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30129-5](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30129-5)
- Rivero, A., Martín del Pozo, R., Solís, E., & Porlán, R. (2017). *Didáctica de las ciencias experimentales en educación primaria*. Síntesis.
- Rivero, A., Solís, E., Porlán, R., Azcárate, P., & Martín del Pozo, R. (2017). Cambio del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(1), 29-52. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2068>
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *A renewed pedagogy for the future of Europe. Report EU22-845*. Directorate-General for Research Science, Economy and Society.
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista*

- Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 14(2), 286-299.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2017.v14.i2.01](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.01)
- Ruiz, J. J. (2017). *Qüestions sòcio-científiques i debats per a millorar l'argumentació en classes de Física i Química* [Tesis doctoral]. Universidad de Valencia.
- Ruiz-Gallardo, J. R., García Fernández, B., & Mateos Jiménez, A. (2019). Visual Literacy in Preservice Teachers: A Case Study in Biology. *Research in Science Education*, 49(2), 413-435. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9634-2>
- Rutherford, F. J. (1964). The role of inquiry in science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 2, 80-84. <https://doi.org/10.1002/tea.3660020204>
- Sanmartí, N. (2002). Necesidades de formación del profesorado en función de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. *Pensamiento Educativo, Revista De Investigación Latinoamericana (PEL)*, 30(1), 35-60.
- Schwab, J. J. (1964). The structure of disciplines: Meanings and significance. En G. W. Ford & L. Pugno (Eds.), *The structure of knowledge and the curriculum*. Rand McNally.
- Schwab, J. J. (1966). *The Teaching of Science*. Harvard University Press.
- Shahali, E. H. M., & Halim, L. (2010). Development and validation of a test of integrated science process skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 9, 142-146. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.127>
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-22.
- Solbes, J., Domínguez-Sales, M. C., Fernández-Sánchez, J., Furió, C., Cantó, J. R., & Guisasola, J. (2013). ¿El profesorado de física y química incorpora los

- resultados de la investigación en didáctica? *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 27, 155-178. <https://doi.org/10.7203/DCEs.27.2617>
- Solbes, J., Fernández-Sánchez, J., Domínguez-Sales, M. C., & Cantó, J. R. (2018). Influencia de la formación y la investigación didáctica del profesorado de ciencias sobre su práctica docente. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(1), 25-44. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2355>
- Solbes, J., & Vilches, A. (1997). STS Interactions and the teaching of physics and chemistry. *Science Education*, 81(4), 377-386.
- Solbes, J., Vilches, A., & Gil, D. (2001). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad. Formación científica para la ciudadanía* (pp. 221-231). Narcea.
- Suárez-López, R., & Eugenio-Gozalbo, M. (2021). How is sustainability addressed in primary and secondary education curricula? Assessing the cases of Spain and Portugal. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/10382046.2021.1924498>
- Thibaut, E., Lozano, O., & Solbes, J. (2021). *Especialidades de acceso y de ejercicio de los docentes de ciencias de Infantil y Primaria*. 523-527.
- Tierno, S. P., Tuzón, P., Solbes, J., & Gavidia, V. (2020). Situación de la enseñanza de las ciencias por indagación en los planes de estudio de Grado de Maestro de Educación Primaria en España. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 39, 99-116. <https://doi.org/10.7203/dces.39.17855>
- Toma, R. B., Greca, I. M., & Meneses-Villagrà, J. A. (2017). Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la



- metodología de indagación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 442-457.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2017.v14.i2.11](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.11)
- Universitat de València. (2021). *Anuario de Datos Estadísticos de la UV*.  
<https://www.uv.es/uvweb/servicio-analisis-planificacion/es/estadisticas-indicadores/anuario-datos-estadisticos-uv/anuario-datos-estadisticos-uv-1285868428356.html>
- Vallbuena Ussa, E. O. (2007). *El Conocimiento Didáctico del Contenido biológico: Estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia)* [Tesis doctoral]. Universidad Complutense de Madrid.
- Valverde Pérez, M., & Sánchez Blanco, G. (2020). Futuros maestros: Qué piensan sobre su formación en ciencias y qué hacen en sus prácticas escolares. *Revista Investigación en la Escuela*, 102, 122-139.  
<https://doi.org/10.12795/IE.2020.i102.09>
- Varela-Losada, M.-M., Pérez-Rodríguez, U., Álvarez-Lires, M., & Arias-Correa, A. (2015). Concepciones alternativas sobre Astronomía de profesorado español en formación. *Ciência & Educação (Bauru)*, 21(4), 799-816.  
<https://doi.org/10.1590/1516-731320150040002>
- Verdugo-Perona, J. J., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé, V. (2016). Pre-service Primary Teachers' Scientific Knowledge and Attitudes towards Science Learning and Their Influence on Understanding of the Nature of Science. *Croatian Journal of Education*, 18(3), 779-815.  
<https://doi.org/10.15516/cje.v18i3.1760>
- Verdugo-Perona, J. J., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé, V. (2019). Evaluación del Conocimiento Científico en Maestros en formación inicial: El caso de la

- Comunidad Valenciana. *Revista de Educación*, 383, 133-162.  
<https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2019-383-404>
- Verdugo-Perona, J. J., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé-López, V. (2017). El conocimiento didáctico del contenido en ciencias: Estado de la cuestión. *Cadernos de Pesquisa*, 47(164), 586-611.  
<https://doi.org/10.1590/198053143915>
- Vilchez, J. E., & Ceballos, M. (2014). Percepción de futuros maestros en sus prácticas docentes sobre estrategias metodológicas para la enseñanza de las ciencias en Primaria. *26 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 908-916.
- Vílchez, J. M., & Bravo Torija, B. (2015). Percepción del profesorado de ciencias de educación primaria en formación acerca de las etapas y acciones necesarias para realizar una indagación escolar. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 33(1), 185-202.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1529>

# Anexos

---

## Anexo 1: Cuestionario online para abordar el segundo objetivo

---

En este anexo se incluye el cuestionario completo utilizado en el capítulo 6 para realizar el segundo objetivo de investigación, referente a la opinión de los formadores de maestros sobre la formación científica y didáctica y las metodologías que utilizarían.

### Cuestionario para Profesores de Facultades de Educación

Esta encuesta servirá para la realización de un estudio sobre la formación en ciencias experimentales y su didáctica recibida por los alumnos de Grado de Maestro en Educación Primaria de Universidades Públicas Españolas.  
La información recogida en este formulario será tratada de manera anónima.  
Este cuestionario estará disponible hasta el 15 de diciembre de 2017.  
Le agradecemos de antemano su colaboración.

Sexo:

Año de obtención de su doctorado:

Temática de su doctorado:

- Ciencias (física, química, biología...)
- Didáctica de las ciencias experimentales
- Didáctica en general y Pedagogía
- Otro: \_\_\_\_\_

Universidad en la que ha sido o es actualmente profesor:

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Años de experiencia como profesor de universidad:

Tu respuesta \_\_\_\_\_

Categoría profesional:

- Asociado
- Ayudante Doctor
- Contratado Doctor
- Titular de Universidad
- Titular de Escuela Universitaria
- Catedrático de Universidad
- Catedrático de Escuela Universitaria
- Emérito
- Otro: \_\_\_\_\_

Siguiente

### Sobre su docencia actual

¿Imparte actualmente docencia en asignaturas genéricas de ciencias experimentales en el Grado en Maestro de Educación Primaria? Por favor, indique el número:

Elige ▼

¿Es coordinador de alguna de las asignaturas anteriores? Por favor, indique el número:

Elige ▼

¿Imparte actualmente docencia en asignaturas cuyo contenido es únicamente de didáctica de las ciencias experimentales en el Grado en Maestro de Educación Primaria? Por favor, indique el número:

Elige ▼

¿Es coordinador de alguna de las asignaturas anteriores? Por favor, indique el número:

Elige ▼

¿Imparte actualmente docencia en asignaturas que cubren tanto contenidos genéricos de ciencias experimentales como de su didáctica en el Grado en Maestro de Educación Primaria? Por favor, indique el número:

Elige ▼

¿Es coordinador de alguna de las asignaturas anteriores? Por favor, indique el número:

Elige ▼

Atrás

Siguiente

Sobre la formación universitaria de los maestros en ciencias

Señale cinco contenidos que considere indispensables (numérelos) para trabajar en una asignatura genérica de Ciencias Experimentales de Grado en Maestro de Educación Primaria:

Tu respuesta

¿Qué metodología o estrategia de enseñanza utilizaría en una asignatura genérica de Ciencias Experimentales de Grado en Maestro de Educación Primaria?

Tu respuesta

Señale cinco contenidos que considere indispensables (numérelos) para trabajar en una asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales de Grado en Maestro de Educación Primaria:

Tu respuesta

¿Qué metodología o estrategia de enseñanza utilizaría en una asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales de Grado en Maestro de Educación Primaria?

Tu respuesta

Atrás Enviar

Figura 45 Imagen del cuestionario utilizado para la toma de datos mediante Google Forms.

## Anexo 2: Cuestionario online para determinar el grado de conocimiento sobre procedimientos científicos

---

En este anexo se incluye el cuestionario online utilizado para realizar el tercer objetivo de la tesis, el cual es una traducción al castellano del TIPS-II (Burns et al., 1985).

1. Un entrenador de fútbol cree que su equipo pierde porque a sus jugadores les falta fuerza. Decide estudiar los factores que influyen en la forma física. ¿Cuál de las siguientes variables podría estudiar el entrenador para ver si afecta a la forma física de sus jugadores? 1 punto

*Marca solo un óvalo.*

- a) La cantidad de vitaminas que toman cada día.
- b) La cantidad de ejercicios de estiramiento que hacen cada día.
- c) La cantidad de tiempo invertida en hacer ejercicio.
- d) Todas las anteriores.

2. Se ha hecho un estudio de la eficiencia de los automóviles. La hipótesis a comprobar es que un aditivo en la gasolina incrementa la eficiencia. 5 coches idénticos reciben la misma cantidad de gasolina pero con diferentes cantidades del aditivo. Los coches recorren el mismo camino hasta que se quedan sin gasolina. El equipo de investigación registra el número de kilómetros que cada coche ha recorrido. ¿Cómo se mide la eficiencia en este estudio? 1 punto

*Marca solo un óvalo.*

- a) Por el tiempo que cada coche tarda en quedarse sin gasolina.
- b) Por la distancia que cada coche recorre.
- c) Por la cantidad de gasolina empleada.
- d) Por la cantidad de aditivo usado.

3. Un fabricante quiere hacer coches con un menor consumo. Están estudiando las variables que afectan al número de kilómetros por litro que los coches hacen. ¿Qué variable es más probable que afecte al número de kilómetro por litro? 1 punto

*Marca solo un óvalo.*

- a) El peso del coche.
- b) El tamaño del motor.
- c) El color del coche.
- d) Ambas a) y b).

4. Una clase está estudiando la velocidad de los objetos al caer al suelo. 1 punto

Diseñan una investigación donde tiran bolsas de gravilla con pesos diferentes desde la misma altura. En esta investigación, ¿cuál de las siguientes hipótesis podrían comprobar sobre la velocidad de los objetos cayendo al suelo?

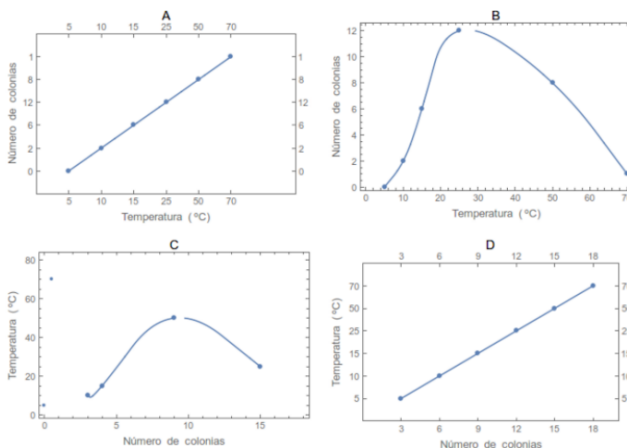
Marca solo un óvalo.

- a) Un objeto caerá más rápido cuando se deje caer desde más alto.
- b) Cuanto más elevado está un objeto en el aire más rápido caerá.
- c) Cuanto más grandes sean las piedras de gravilla en la bolsa más rápido caerá.
- d) Cuando más pesado sea un objeto más rápido caerá.

5. Una estudiante quiere investigar el efecto de la temperatura en el crecimiento de bacterias. La estudiante obtiene los siguientes datos:

Temperatura de la cámara de crecimiento (°C)	Número de colonias de bacterias
5	0
10	2
15	6
25	12
50	8
70	1

¿Qué gráfica representa correctamente los datos del experimento? 1 punto



Marca solo un óvalo.

- A
- B
- C
- D



6. Un jefe de policía estaba interesado en ver cómo reducir la velocidad de los coches. Pensó en varios factores que podían afectar a la velocidad de los coches. ¿Cuál de las siguientes hipótesis podría comprobar sobre la rapidez a la que conduce la gente? 1 punto

*Marca solo un óvalo.*

- a) Cuanto más jóvenes son los conductores es más probable que conduzcan más rápido.
- b) Cuando más grandes son los coches involucrados en un accidente, menos probable es que haya heridos.
- c) Cuantos más policías haya patrullando menos accidentes de coche habrá.
- d) Cuanto más viejos son los coches es más probable que haya accidentes.

7. Una clase de ciencias está estudiando el efecto de la anchura de las ruedas en la facilidad de rodar. La clase le pone unas ruedas anchas a un carrito y lo deja caer por una rampa inclinada y después rodar por el suelo. La investigación se repite utilizando el mismo carrito pero con ruedas más estrechas. ¿Cómo podría la clase medir la facilidad de rodar? 1 punto

*Marca solo un óvalo.*

- a) Midiendo la distancia total que recorre el carrito.
- b) Midiendo el ángulo de inclinación de la rampa.
- c) Midiendo la anchura de cada set de ruedas.
- d) Midiendo el peso de cada carrito.

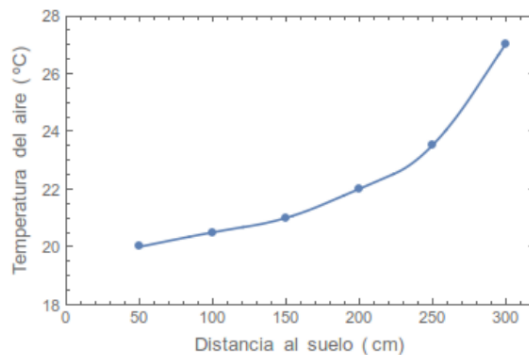
8. Un granjero se pregunta cómo podría incrementar la cantidad de maíz que produce. Para ello, planea estudiar los factores que afectan a la cantidad de maíz producido. ¿Cuál de las siguientes hipótesis podría comprobar? 1 punto

*Marca solo un óvalo.*

- a) Cuanta más cantidad de fertilizante, mayor será la cantidad de maíz producido.
- b) Cuanta más cantidad de maíz, mayor será el beneficio anual.
- c) Según aumenta la cantidad de lluvia, más efectivo es el fertilizante.
- d) Según aumenta la cantidad de maíz producido, el coste de la producción aumenta.

9. Se ha hecho un estudio sobre la temperatura en una habitación a diferentes distancias del suelo. La gráfica de los datos se muestra abajo  
¿Cómo están relacionadas las variables?

1 punto



Marca solo un óvalo.

- a) Según aumenta la distancia al suelo, la temperatura del aire disminuye.
- b) Según aumenta la distancia al suelo, la temperatura del aire aumenta.
- c) Un incremento en la temperatura del aire implica una disminución de la distancia al suelo.
- d) La distancia al suelo no está relacionada con el incremento de la temperatura del aire.

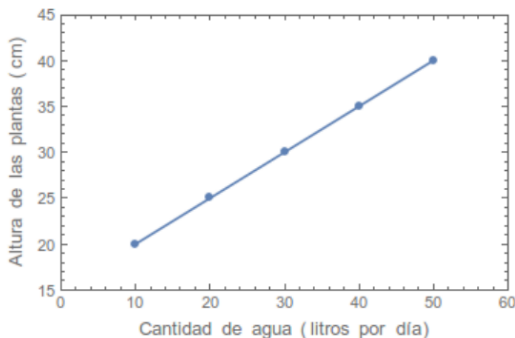
10. Jaime cree que a cuanto más presión de aire tenga un balón de baloncesto, más alto botará. Para investigar esta hipótesis coge varias pelotas de baloncesto y una bomba de aire con medidor de presión.

1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) Debería botar pelotas de baloncesto con distinta fuerza desde la misma altura.
- b) Debería botar pelotas de baloncesto con diferente presión de aire desde la misma altura.
- c) Debería botar pelotas de baloncesto con la misma presión de aire a diferentes ángulos del suelo.
- d) Debería botar pelotas de baloncesto con la misma presión de aire desde diferentes alturas.

11. Se está haciendo un estudio sobre la cantidad de agua que se necesita para hacer crecer las plantas. Se riegan 5 jardineras con distinta cantidad de agua. Después de 2 meses se mide la altura de las plantas. Los datos de esta investigación se muestran en la siguiente gráfica ¿Cuál es la relación entre las variables? 1 punto



Marca solo un óvalo.

- a) Aumentado la cantidad de agua, aumenta la altura de las plantas.
- b) Aumenta la altura de las plantas, aumenta la cantidad de agua.
- c) Disminuyendo la cantidad de agua, aumenta la altura de las plantas.
- d) Disminuyendo la altura de las plantas, disminuye la cantidad de agua.

María se pregunta si la tierra y los océanos se calientan igual por el sol. Decide hacer una investigación. Llena un balde con tierra y otro del mismo tamaño con agua. Los pone de manera que cada balde recibe la misma cantidad de luz solar. Se mide la temperatura en cada balde cada hora desde las 8 am hasta las 6 pm.

12. ¿Qué hipótesis se está comprobando? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) Cuanta más cantidad de luz solar, más se calentarán la tierra y el agua.
- b) Cuanto más tiempo estén al sol la tierra y el agua, más se calentarán.
- c) Distintos tipos de material se calientan de manera diferente bajo el sol.
- d) Se reciben cantidades diferentes de sol en distintos momentos del día.

13. ¿Cuál de las siguientes variables controla María en este estudio? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) El tipo de agua que se pone en el balde.
- b) La temperatura del agua y la tierra.
- c) El tipo de material que se pone en los baldes.
- d) La cantidad de tiempo que cada balde se deja al sol.

14. ¿Cuál es la variable respuesta (o variable dependiente) en el estudio de Maria? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) El tipo de agua que se pone en el balde.
- b) La temperatura del agua y la tierra.
- c) El tipo de material que se pone en los baldes.
- d) La cantidad de tiempo que cada balde se deja al sol.

15. ¿Cuál es la variable que se manipula (o variable independiente) en el estudio de Maria? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) El tipo de agua que se pone en el balde.
- b) La temperatura del agua y la tierra.
- c) El tipo de material que se pone en los baldes.
- d) La cantidad de tiempo que cada balde se deja al sol.

16. Susana está estudiando la cantidad de alimento que producen sus plantas de judías. Para ello, mide la cantidad de alimento según la cantidad de almidón producido. Se da cuenta de que puede cambiar la cantidad de luz, de dióxido de carbono y de agua que las plantas reciben. ¿Cuál es la hipótesis que podría comprobar en su investigación? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) Cuanto más dióxido de carbono recibe la planta, más almidón produce.
- b) Cuanto más almidón produce la planta, más luz necesita.
- c) Cuanta más agua recibe la planta, más dióxido de carbono necesita.
- d) Cuanta más luz recibe la planta, más dióxido de carbono produce.

Jose quiere averiguar si la temperatura del agua afecta a la cantidad de azúcar que puede disolver en ella. Pone 50 ml de agua en 4 jarras idénticas, respectivamente. Cambia la temperatura de las jarras de agua hasta que una está a 0 °C, otra a 50 °C, otra a 75 °C y otra a 95 °C. Entonces disuelve (removiendo) tanta cantidad de azúcar como puede en cada jarra.

17. ¿Qué hipótesis se comprueba en esta investigación? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) Cuanto más se remueve, mayor es la cantidad de azúcar que se disuelve.
- b) Cuanto mayor es la cantidad de azúcar que se disuelve, más dulce es el líquido.
- c) Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la cantidad de azúcar disuelto.
- d) Cuanta más cantidad de agua se usa, mayor es la temperatura.

18. ¿Cuál es la variable que controla en el estudio de Jose? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) La cantidad de azúcar disuelto en cada jarra.
- b) La cantidad de agua que se pone en cada jarra.
- c) El número de jarras empleadas para poner agua.
- d) La temperatura del agua.

19. ¿Cuál es la variable respuesta (o variable dependiente) en el estudio de Jose? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) La cantidad de azúcar disuelto en cada jarra.
- b) La cantidad de agua que se pone en cada jarra.
- c) El número de jarras empleadas para poner agua.
- d) La temperatura del agua.

20. ¿Cuál es la variable que se manipula (o variable independiente) en el estudio de Jose? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) La cantidad de azúcar disuelto en cada jarra.
- b) La cantidad de agua que se pone en cada jarra.
- c) El número de jarras empleadas para poner agua.
- d) La temperatura del agua.

21. La encargada de un invernadero quiere acelerar la producción de las tomates para llegar a la demanda de los agricultores. Para ello, planta semillas de tomate en bandejas. Su hipótesis es que cuanto más humedad reciban las semillas, más rápido germinarán. ¿Cómo puede comprobar su hipótesis? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) Contando el número de días que tardan en germinar semillas que han recibido diferentes cantidades de agua.
- b) Midiendo la altura de las tomates una de día de cada riego.
- c) Midiendo la cantidad de agua vertida en las plantas en las distintas bandejas.
- d) Contando el número de semillas de tomate puestas en cada bandeja.

22. Un jardinero se da cuenta de que sus plantas de calabacín tienen pulgón. Necesita deshacerse del pulgón. Su hermano le dice que los polvos "Adiós Pulgón" son el mejor insecticida. El agente municipal le dice que el spray "Salva Calabacín" es el que mejor funciona. El jardinero escoge 6 plantas de calabacín y les pone los polvos a 3 de ellas y el spray a las otras 3. Una semana después cuenta el número de pulgones vivos en cada planta. ¿Cómo se mide la efectividad de los insecticidas en este estudio?

Marca solo un óvalo.

- a) Midiendo la cantidad de spray y polvos utilizada.
- b) Determinando el estado de las plantas después de aplicarles el spray y los polvos.
- c) Pesando los calabacines que cada planta produce.
- d) Contando el número de pulgones que quedan en las plantas.

23. Lisa quiere medir la cantidad de energía calorífica que produce una llama en cierta cantidad de tiempo. Se usa un hornillo para calentar durante 10 minutos un recipiente que contiene un litro de agua fría. ¿Cómo va a medir Lisa la cantidad de energía calorífica producida por la llama?

Marca solo un óvalo.

- a) Determinando el cambio en la temperatura del agua después de 10 minutos.
- b) Midiendo el volumen de agua después de 10 minutos.
- c) Midiendo la temperatura de la llama después de 10 minutos.
- d) Calculando el tiempo que tarda en hervir el litro de agua.

24. Mario está estudiando el efecto de la temperatura en la tasa de fluidez del aceite. Su hipótesis es que según aumenta la temperatura del aceite, más rápido fluye. ¿Cómo podría comprobar su hipótesis?

Marca solo un óvalo.

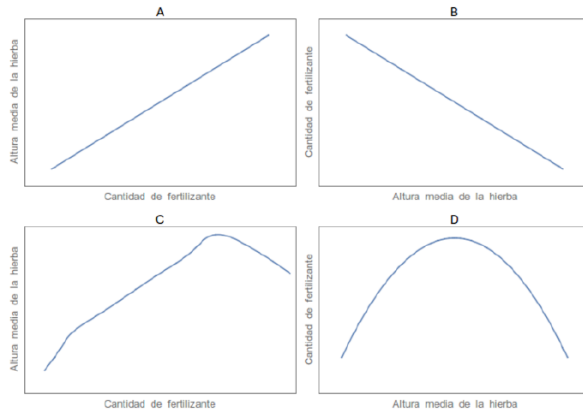
- a) Calentando el aceite a diferentes temperaturas y pesándolo al salir de la lata
- b) Observando la velocidad a la que fluye el aceite a diferentes temperaturas por una superficie lisa.
- c) Dejando que el aceite fluya por superficies lisas con distinta inclinación y observando su velocidad.
- d) Midiendo el tiempo que tarda el aceite de diferentes espesores en salir de la lata

25. Un investigador está comprobando un nuevo fertilizante. Se utilizan 5 campos pequeños del mismo tamaño. Cada campo recibe una cantidad distinta de fertilizante. Un mes después se mide la altura media de la hierba en cada campo. Las medidas se muestran en la siguiente tabla:

Cantidad de fertilizante (kg)	Altura media de la hierba (cm)
10	7
30	10
50	12
80	14
100	12

¿Qué gráfica representa los datos de la tabla?

1 punto



Marca solo un óvalo.

- A
- B
- C
- D

26. Una bióloga comprueba la siguiente hipótesis: Cuanto mayor es la cantidad de vitaminas que se les da a las ratas, más rápido crecen. ¿Cómo puede la bióloga medir cómo de rápido crecen las ratas?

1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) Midiendo la velocidad de las ratas.
- b) Midiendo la cantidad de ejercicio que hacen las ratas.
- c) Pesando a las ratas todos los días.
- d) Pesando la cantidad de vitaminas que comen las ratas.

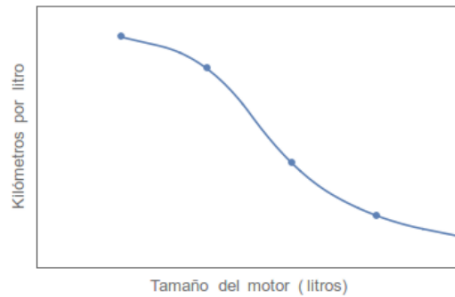
27. Algunos estudiantes están considerando las variables que pueden afectar al tiempo que tarda el azúcar en disolverse en agua. Creen que la temperatura del agua, la cantidad de azúcar y la cantidad de agua son variables a considerar. ¿Qué hipótesis podrían comprobar los estudiantes para comprobar el tiempo que tarda el azúcar en disolverse en el agua?

1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) Cuanto mayor es la cantidad de azúcar, más agua se necesita para disolverlo.
- b) Cuanto más fría está el agua, más rápido hay que remover para disolver.
- c) Cuanto más caliente está el agua, más azúcar se disuelve.
- d) Cuanto más caliente está el agua, más tiempo tarda el azúcar en disolverse.

28. Un grupo de consumidores mide los kilómetros por litro que hacen los coches con motores de diferente tamaño. Los resultados son los siguientes:



¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe la relación entre las variables? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) Cuanto más grande es el motor, más kilómetros por litro hace el coche.
- b) Cuantos menos kilómetros por litro hace el coche, más pequeño es el motor.
- c) Cuanto más pequeño es el motor, más kilómetros por litro hace el coche.
- d) Cuantos más kilómetros por litros hace un coche, más grande es el motor.

Se ha hecho un estudio para ver si poner hojas en la tierra tiene un efecto en la producción de tomates. Las tomateras crecen en cuatro baldes. Cada balde tiene el mismo tipo y cantidad de tierra. A un balde se le añadieron 15 kg de hojas marchitas mezcladas en la tierra, al segundo balde 10 kg, al tercero 5 kg y al cuarto no se le añadió nada. Cada balde se dejó al sol y se regó con la misma cantidad de agua. Se registró el número de kilos de tomates producidos en cada balde.

29. ¿Cuál es la hipótesis que se ha comprobado? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) Cuanto mayor es la cantidad de luz solar, más cantidad de tomates se producen.
- b) Cuanto mayor es el balde, más cantidad de hojas se han de añadir.
- c) Cuanto mayor es la cantidad de agua añadida, más rápido se marchitan las hojas en los baldes.
- d) Cuanto mayor es la cantidad de hojas que se añaden, mayor es la cantidad de tomates que se producen.

30. ¿Cuál es la variable que se controla en este estudio? 1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) La cantidad de tomates producidos en cada balde.
- b) La cantidad de hojas añadidas a los baldes.
- c) La cantidad de tierra en cada balde.
- d) El número de baldes que reciben hojas marchitas.



31. ¿Cuál es la variable respuesta (o variable dependiente)?

1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) La cantidad de tomates producidos en cada balde.
- b) La cantidad de hojas añadidas a los baldes.
- c) La cantidad de tierra en cada balde.
- d) El número de baldes que reciben hojas marchitas.

32. ¿Cuál es la variable que se manipula (o variable independiente)?

1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) La cantidad de tomates producidos en cada balde.
- b) La cantidad de hojas añadidas a los baldes.
- c) La cantidad de tierra en cada balde.
- d) El número de baldes que reciben hojas marchitas.

33. Un estudiante está investigando la capacidad de elevación de los imanes. 1 punto

Utiliza muchos imanes de diferentes tamaños y formas. Pesa la cantidad de limaduras de hierro atraídas (elevadas) por cada imán. ¿Cómo se define la capacidad de elevación de los imanes en esta investigación?

Marca solo un óvalo.

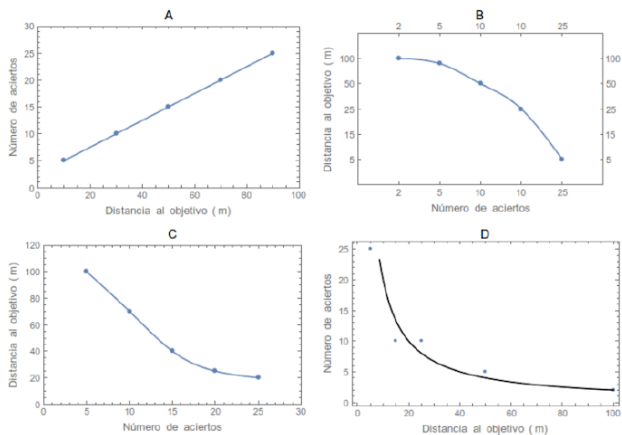
- a) Por el tamaño del imán utilizado.
- b) Por el peso del imán utilizado para atrapar las limaduras de hierro.
- c) Por la forma del imán utilizado.
- d) Por el peso de las limaduras de hierro atrapadas por los imanes.

34. Se hacen 25 disparos contra un blanco desde distintas distancias. La siguiente tabla muestra el número de aciertos en 25 intentos, desde cada una de las distancias.

Distancia al objetivo (m)	Número de aciertos
5	25
15	10
25	10
50	5
100	2

¿Qué gráfica representa los datos?

1 punto



Marca solo un óvalo.

- A
- B
- C
- D

35. Ana tiene un acuario en el que viven carpas. Se da cuenta de que los peces están muy activos a veces pero otras veces no. Se pregunta qué afecta a la actividad de los peces. ¿Qué hipótesis podría comprobar sobre los factores que afectan a la actividad de los peces?

1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) Cuanto más alimentas a los peces, más grandes se hacen.
- b) Cuanto más activos están los peces, más comida necesitan.
- c) Cuanto más oxígeno hay en el agua, más grandes se hacen los peces.
- d) Cuanta más luz hay en el acuario, más activos están los peces.

36. Bea tiene una casa eléctrica y está preocupada por la factura de la electricidad. Decide estudiar qué factores podrían afectar a la cantidad de energía que usa. ¿Qué variable puede influenciar la cantidad de energía eléctrica utilizada?

1 punto

Marca solo un óvalo.

- a) La cantidad de televisión que ve la familia.
- b) El sitio donde está situado el medidor de electricidad.
- c) El número de veces que se bañan los miembros de la familia con agua caliente.
- d) a) y c).