



Universidad de Jaén

Escuela de Doctorado

TESIS DOCTORAL



**DESARROLLO DE COMPETENCIAS
PROFESIONALES DEL PROFESORADO EN
FORMACIÓN INICIAL PARA LA ENSEÑANZA
DEL PENSAMIENTO CRÍTICO Y LA
COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA DE LA
CIENCIA**

**PRESENTADA POR:
CRISTINA COBO HUESA**

**DIRIGIDA POR:
ANA MARÍA ABRIL GALLEGO
MARTA ROMERO ARIZA**

JAÉN, A 18 DE MAYO DE 2022

ISBN



Universidad de Jaén

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación I

Departamento de Didáctica de Didáctica de las Ciencias

TESIS DOCTORAL

DESARROLLO DE COMPETENCIAS PROFESIONALES DEL PROFESORADO EN FORMACIÓN INICIAL PARA LA ENSEÑANZA DEL PENSAMIENTO CRÍTICO Y LA COMPRENSIÓN DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

Tesis realizada por Dña. Cristina Cobo Huesa para el título de Doctor por la
Universidad de Jaén

Modalidad: Tesis Doctoral por compendio de publicaciones

2022

Autora: Dña. Cristina Cobo Huesa

Tutora: Dra. Dña. Marta Romero Ariza

Directoras: Dra. Dña. Ana María Abril Gallego y Dra. Dña. Marta Romero Ariza

Programa de Doctorado: Innovación Didáctica y Formación de Profesorado



Universidad de Jaén

Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación I

Departamento de Didáctica de Didáctica de las Ciencias

La Tesis Doctoral titulada “Desarrollo de competencias profesionales del profesorado en formación inicial para la enseñanza del pensamiento crítico y la comprensión de la naturaleza de la ciencia”, que presenta la doctoranda Dña. Cristina Cobo Huesa para optar al título de Doctor, ha sido realizada dentro del Programa de Doctorado en Innovación Didáctica y Formación de Profesorado de la Universidad de Jaén bajo la dirección de las doctoras Dña. Ana María Abril Gallego y Dña. Marta Romero Ariza.

Para su evaluación, esta Tesis Doctoral se presenta como compendio de publicaciones, según lo establecido en el artículo 25.2 del Reglamento de los Estudios de Doctorado de la Universidad de Jaén, aprobado por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Jaén en el 6 de febrero de 2012. (Modificado por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Jaén el 25 de junio de 2015. Modificado por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Jaén de fecha 18 de febrero de 2019.).

En Jaén, a 18 de mayo de 2022

La Doctoranda:

Fdo.: Dña. Cristina Cobo Huesa

Las directoras:

Fdo.: Dra. Dña. Ana María Abril Gallego

Fdo.: Dra. Dña. Marta Romero Ariza

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS

PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

Dña. Cristina Cobo Huesa,

Estudiante del programa de doctorado en Innovación Didáctica y Formación de Profesorado de la Universidad de Jaén, autora de la Tesis Doctoral, presentada para la obtención del título de Doctor por la Universidad de Jaén, titulada: Desarrollo de competencias profesionales del profesorado en formación inicial para la enseñanza del pensamiento crítico y la comprensión de la naturaleza de la ciencia, realizada bajo la tutorización de la doctora Dña. Marta Romero Ariza y la dirección de las doctoras Dña. Ana María Abril Gallego y Dña. Marta Romero Ariza

DECLARO QUE:

La Tesis Doctoral presentada es una obra original, en respuesta al Acuerdo del Comité de Dirección de la Escuela de Doctorado de la Universidad de Jaén de fecha 21 de febrero de 2020 sobre originalidad de las tesis doctorales, que cumple con lo establecido en el artículo 13.1 del Real Decreto 99/2011 de 28 de enero, por el que se regulan las enseñanzas oficiales de doctorado, así como en el artículo 25.1 del Reglamento de los Estudios de Doctorado de la Universidad de Jaén (Aprobado por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Jaén el 6 de febrero de 2012. Modificado por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Jaén el 25 de junio de 2015. Modificado por el Consejo de Gobierno de la Universidad de Jaén de fecha 18 de febrero de 2019). En base a ello, asumo la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

En Jaén, a 18 de mayo de 2022

Fdo.: Dña. Cristina Cobo Huesa

Agradecimientos

La realización de esta Tesis Doctoral no hubiera sido posible si no me hubiera rodeado de tanta gente maravillosa, a la que quisiera expresar mi más sincero agradecimiento. En solo unas líneas, es difícil plasmar lo agradecida que le estoy a cada una de las personas que, de un modo u otro, han contribuido al desarrollo de este trabajo. Sin embargo, creo que es lo menos que puedo hacer para que su apoyo quede reflejado en este trabajo por siempre.

En primer lugar, sin duda alguna, me considero una afortunada porque, en 2017, el destino puso en mi camino a dos personas que ya forman parte de mi vida. Sin esperarlo, me ofrecieron la oportunidad de continuar con mi formación académica en la Universidad de Jaén y de conocer, el que aún era para mí, el gran desconocido mundo de la Didáctica de las Ciencias. Desde ese momento, Dña. Ana María Abril Gallego y Dña. Marta Romero Ariza han sido mi guía y el espejo en el que mirarme cada día. Son la viva imagen del esfuerzo, de la rigurosidad, de la pasión por su trabajo, por la ciencia y su didáctica, pero, sobre todo, del compañerismo y de la amistad. Cualquiera que las conozca, sabrá que Ana y Marta forman el tándem perfecto, y no concibo la realización de esta Tesis sin las aportaciones que cada una me ha ofrecido desde su experiencia y profesionalidad. Desde el primer momento, me abrieron las puertas de su casa, haciéndome sentir una más. Sinceramente, no tengo palabras para agradecer la confianza ciega que siempre depositaron en mí, y todos los momentos personales que me han dedicado para sacar este trabajo adelante. Como siempre digo, he aprendido (y sigo haciéndolo) de las mejores y, aunque ello ha sido una gran responsabilidad, también me ha ayudado a crecer y a afrontar los retos que han ido surgiendo durante estos años de formación.

También quisiera mostrar mi gratitud a los que también han sido mis compañeros y compañeras todo este tiempo. En especial, agradecer a Dña. Fátima Aguilera Padilla y a D. Antonio Quesada Armenteros, quienes, desinteresadamente, me facilitaron el desarrollo de la investigación que aquí presento, y de quienes tanto he aprendido. Todas y cada una de las personas que integran el “Departamento Singular” de la Didáctica de las Ciencias de la Universidad de Jaén, en el que he tenido la gran suerte de trabajar, han contribuido a alentar mi pasión por la enseñanza y a ver que, más allá del trabajo, siempre debe prevalecer la humanidad. Gracias por todos vuestros consejos y por los momentos vividos.

A mis alumnos y alumnas del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Jaén también quisiera agradecerles su participación en este estudio. Conocerles y guiarles en su formación docente ha sido una experiencia más que gratificante. Para mí, ha sido todo un reto

ayudarles en la mejora de sus competencias en pos de la alfabetización científica, de la que, algún día, serán los principales promotores. Sin su compromiso, no hubiera sido posible aportar el granito de arena que supone este trabajo para la formación de personas conocedoras críticas de la ciencia.

A mi grupo de la IV Escuela de Doctorado y a los profesores y las profesoras que participaron en ella, les agradezco enormemente hacerme sentir partícipe de la gran familia de la Didáctica de las Ciencias y su ayuda en mi primera andadura por la investigación en el área.

Igualmente, también quisiera agradecer a las personas implicadas en el proyecto CYTPENCRI toda la ayuda ofrecida para el desarrollo de este trabajo. Gracias por todo el apoyo que me habéis dado para realizarlo del modo más riguroso posible.

Tampoco quiero olvidar a mis compañeros y compañeras de la sala D2-011, quienes hicieron de ese lugar, un peculiar hogar de gente apasionada por conocer y aprender. Compartimos preocupaciones, inquietudes y momentos que siempre quedarán en mi recuerdo.

También agradezco a la Universidad de Jaén las oportunidades que me ha ofrecido para continuar con mis estudios académicos. Desde que comencé en el grado en Biología, siguiendo con los posteriores estudios de Máster en Biotecnología y Biomedicina y en Formación del Profesorado, hasta los estudios de Doctorado, siempre he estado rodeada de grandes personas, que me hacen sentir orgullosa de formar parte de la generación UJA.

Por último, quisiera hacer una mención especial a mi familia, mi apoyo incondicional, sufridora de mis altibajos, y siempre vigía de mi bienestar y del desarrollo de esta Tesis Doctoral que, finalmente, se da a conocer, y que de tantos momentos especiales y viajes me ha privado y no me ha permitido disfrutar como era debido. Gracias por vuestra comprensión y paciencia durante todo este tiempo, pues no siempre es fácil lidiar con los cambios emocionales de una doctoranda, pero, sobre todo, gracias por creer siempre en mí. En este momento, es inevitable recordar a las personas que, desgraciadamente, no han podido vivir el final de esta etapa. Siempre se me hacía complejo explicarles en qué consistía realizar una Tesis Doctoral. Sin embargo, más allá de cualquier explicación, para ellos, siempre ha sido un orgullo el trabajo que realizaba en esta Universidad. Lo que, quizás no dije lo suficiente, es que, para mí, ellos son y serán mi orgullo, y uno de los grandes motivos por los que presento con alegría este trabajo. Sé que, desde algún lugar, están conmigo y se alegran de lo que he conseguido.

Esta Tesis Doctoral es fruto de cinco años de trabajo y, aunque su culminación parecía no tener fin, como todo en la vida, también llegó el suyo. Sin embargo, espero que el depósito de este trabajo no sea el fin, sino el comienzo de otra etapa en mi vida que, espero, al menos, sea igual de satisfactoria que la vivida.

“La ciencia puede ser el camino dorado...hace funcionar las economías nacionales y la civilización global.

La ciencia nos enseña los aspectos más profundos de orígenes, naturalezas y destinos: de nuestra especie, de la vida, de nuestro planeta, del universo.

Los valores de la ciencia y los valores de la democracia son concordantes. La ciencia confiere poder a todo aquel que se tome la molestia de estudiarla. La ciencia prospera con el libre intercambio de ideas. Tanto la ciencia como la democracia alientan opiniones poco convencionales y un vivo debate. Ambas exigen raciocinio suficiente, argumentos coherentes, niveles rigurosos de prueba y honestidad. Pero los productos de la ciencia también pueden subvertir la democracia más de lo que pueda haber soñado jamás cualquier demagogo preindustrial.

Para encontrar una brizna de verdad ocasional flotando en un gran océano de confusión y engaño se necesita atención, dedicación y valentía. Pero si no ejercitamos esos duros hábitos de pensamiento, no podemos esperar resolver los problemas realmente graves a los que nos enfrentamos...y corremos el riesgo de convertirnos en una nación de ingenuos.

¿Qué tipo de sociedad podríamos crear si inculcáramos la ciencia y un soplo de esperanza?”

Un resumen de “Ciencia y esperanza”, de Carl Sagan, extraído de “El mundo y sus demonios. La ciencia como una luz en la oscuridad” (3º Ed.). Crítica, 2016.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	16
1.1. Motivación del estudio	17
1.2. La naturaleza de la ciencia y el pensamiento crítico. Estrategias para su enseñanza en ciencias.	21
1.3. Competencias profesionales docentes para abordar la enseñanza de la naturaleza de la ciencia y del pensamiento crítico	26
2. OBJETIVOS	34
3. RESUMEN GLOBAL DE LOS RESULTADOS, Y DISCUSIÓN	36
3.1. Modelo teórico del CdC sobre la NdC y el PC para el diseño de la propuesta formativa inicial de docentes	39
3.2. Propuesta formativa para la enseñanza de la NdC y del PC	48
<i>3.2.1. Diseño de la parte A: Comprensión de la NdC y desarrollo del PC</i>	49
<i>3.2.2. Diseño de la parte B: Planificación didáctica de la NdC y del PC en las Ciencias de la Naturaleza</i>	51
3.3. Instrumentos de evaluación del efecto de la propuesta formativa	55
3.4. Implementación de la propuesta formativa y comprobación de su efecto	62
<i>3.4.1. Evaluación del desarrollo de la propuesta formativa</i>	62
<i>3.4.2. Evaluación del CdC sobre la NdC y el PC: comprensión de la NdC y desarrollo del PC</i>	69
<i>3.4.3. Evaluación del CdC sobre la NdC y el PC: conocimiento sobre la planificación didáctica de la NdC y del PC</i>	77
<i>3.4.4. Evaluación del CdC sobre la NdC y el PC: creencias docentes</i>	82
4. CONCLUSIONES FINALES	86
5. PRESENTACIÓN DE LAS CONTRIBUCIONES REALIZADAS	91
6. CONTRIBUCIONES QUE INTEGRAN LA TESIS DOCTORAL	96
Contribución 1	97
Contribución 2	98
Contribución 3	99

7. CONTRIBUCIONES COMPLEMENTARIAS	100
Contribución complementaria A	101
Contribución complementaria B	102
Contribución complementaria C	103
Contribución complementaria D	105
Contribución complementaria E	106
Contribución complementaria F	107
Contribución complementaria G	109
Contribución complementaria H	110
8. BIBLIOGRAFÍA	111
9. ANEXOS	127
Anexo I. Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje: Investigando sobre el origen de los seres vivos	128
Anexo II. Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje: Hidratación de legumbres	143
Anexo III. Secuencia de enseñanza y aprendizaje: Integración de la naturaleza de la ciencia y del pensamiento crítico en la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza	148
Anexo IV. Repositorio de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje que ejemplifican la integración de la NdC y del PC en la enseñanza de contenidos científicos sobre Biología, elaborado para la intervención desarrollada en “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I”	157
Anexo V. Repositorio de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje que ejemplifican la integración de la NdC y del PC en la enseñanza de contenidos científicos sobre Física y Química, elaborado para la intervención desarrollada en “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza II”	169
Anexo VI. Material de apoyo para el desarrollo de las destrezas críticas de argumentación y toma de decisiones	178
Anexo VII. Instrumento empleado para evaluar el progreso en la comprensión de la NdC y en el PC	180
Anexo VIII. Instrumento empleado para evaluar las creencias de eficacia en la enseñanza de las ciencias	192
Anexo IX. Ejemplos representativos de ReCo desarrolladas por docentes en formación inicial partícipes de la propuesta formativa	194

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Motivación del estudio

La investigación que se presenta en esta Tesis Doctoral surge de la aspiración de contribuir a la mejora de la alfabetización científica de las futuras generaciones, y con ello, al desarrollo económico y bienestar de la sociedad. Este objetivo ha sido ampliamente descrito y discutido en la literatura (Howell y Brossard, 2021; Lee, 1997; Pearson, 1990; Rigden, 1981; Yore et al., 2007), incluido como meta fundamental de las políticas educativas (European Commission, 2015; NGSS Lead States, 2013; OECD, 2019) y es de casi obligada mención en cualquier contribución en el área de la Didáctica de las Ciencias Experimentales (Cañal et al., 2016; Perales y Cañal, 2000; Sanmartí, 2002).

La alfabetización científica persigue formar a la sociedad, desde una perspectiva global, para satisfacer las aspiraciones y los retos de la humanidad y, desde una perspectiva individual, para el desarrollo de la autonomía personal en los múltiples contextos de la vida cotidiana en los que la ciencia se hace evidente (Perales y Cañal, 2000). En los últimos años, la ciencia y la tecnología se presentan como la solución a las grandes problemáticas de nuestro siglo, entre otras, relacionadas con la contaminación, el agotamiento de recursos o el tratamiento y la cura de enfermedades. Este auge tecno-científico ha derivado en múltiples aplicaciones que ponen en tela de juicio sus límites e influencia en la sociedad, por lo que resulta vital capacitar a la ciudadanía con el conocimiento y las habilidades necesarios para comprender, evaluar y participar en tales cuestiones (Yacoubian, 2015).

Al respecto, el Programa para la Evaluación Internacional de Estudiantes (PISA) 2018 estableció un marco para definir los componentes de la alfabetización científica, mediante la concreción de tres competencias necesarias para el debate razonado sobre cuestiones sociales que implican la ciencia y la tecnología, y para las que se requieren tres formas de conocimiento científico y la capacidad de aplicarlas en variados contextos (OECD, 2019). De modo que, una adecuada formación científica implica, por un lado, conocer los hechos, conceptos, ideas, teorías y leyes del mundo natural (conocimiento sobre los contenidos), los procedimientos, prácticas y estándares seguidos en las investigaciones científicas para su obtención (conocimiento procedimental), así como el papel de dichos procesos en el avance de la ciencia, junto a otros aspectos que ayudan comprender las características del conocimiento científico y su proceso de validación (conocimiento epistémico). Por otro lado, también requiere aplicar estos conocimientos en situaciones más o menos próximas a la realidad de cada individuo, es decir, poner en juego el conocimiento científico, en su más amplio sentido, en contextos personales, locales/nacionales y globales (OECD, 2019).

El conocimiento sobre los contenidos es el más reconocible y abordado en las aulas. Sin embargo, enseñar ciencias implica mostrar, más allá de conceptos y teorías, el contexto y la dinámica que conducen a la construcción del conocimiento científico, así como el papel cultural de la ciencia y su relevancia para razonar, actuar y valorar nuestro mundo (OECD, 2019; Sanmartí, 2002). Para ello, es esencial introducir los conocimientos procedimental y epistémico en las intervenciones educativas.

El conocimiento procedimental hace referencia al conocimiento del pensamiento científico. Este pensamiento es complejo, múltiple e integra las diversas formas de pensar y de hacer de la comunidad científica en el intento de coordinar las explicaciones y las evidencias sobre los fenómenos de la naturaleza (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018). Las destrezas propias del pensamiento científico son claves en el proceso de construcción de conocimiento y presentan un claro paralelismo con las del Pensamiento Crítico (PC) (Saido et al., 2018; Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018). Este último se define como un pensamiento razonado y reflexivo enfocado a decidir qué hacer o en qué creer (Ennis, 1991), y que implica el uso deliberado de destrezas cognitivas para incrementar la probabilidad de obtener un resultado deseable con éxito (Halpern, 1998, 2014). Así pues, destrezas cognitivas del PC implicadas en el contraste de hipótesis, la argumentación, la resolución de problemas o la toma de decisiones (Halpern, 1998, 2014), están vinculadas al pensamiento científico (al referirse a procesos propios de la ciencia) y, de sus estándares de aplicación (rigurosidad, mentalidad abierta, persistencia, etc.) emana el éxito de las investigaciones y de la comprensión, evaluación y participación en asuntos sociocientíficos (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012, Schmaltz et al., 2017; Yacoubian, 2015).

Por su parte, el conocimiento epistémico ha sido referido en la literatura como la Naturaleza de la Ciencia (NdC) (Cañal et al., 2016; Perales y Cañal, 2000; Sanmartí, 2002). La NdC engloba las características del conocimiento científico y de los procesos implicados en su construcción, validación y difusión (Abd-El-Khalick, 2013; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2019). Por ello, conocer sobre la NdC es importante para evaluar la calidad de la información científica y valorar la ciencia como producto de la actividad humana y elemento fundamental en la configuración de la sociedad actual (Cañal et al., 2016; Perales y Cañal, 2000). Así, la NdC atiende a la dimensión más cultural de la alfabetización científica (Sanmartí, 2002), entendida como el fomento de una ciencia para todos y todas.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente comentados, el conocimiento sobre el PC y la NdC justifica su contribución a la alfabetización científica, y su adecuada articulación con el conocimiento sobre los contenidos y aplicación en contextos particulares de diferente

alcance social, contribuye al fomento de las competencias científicas (Figura 1). Así, la enseñanza integrada de estos tres tipos de conocimiento atiende a las metas actuales de la educación científica: aprender ciencia, aprender sobre ciencia, aprender a hacer ciencia y aprender a afrontar problemáticas sociocientíficas (Hodson, 2014).

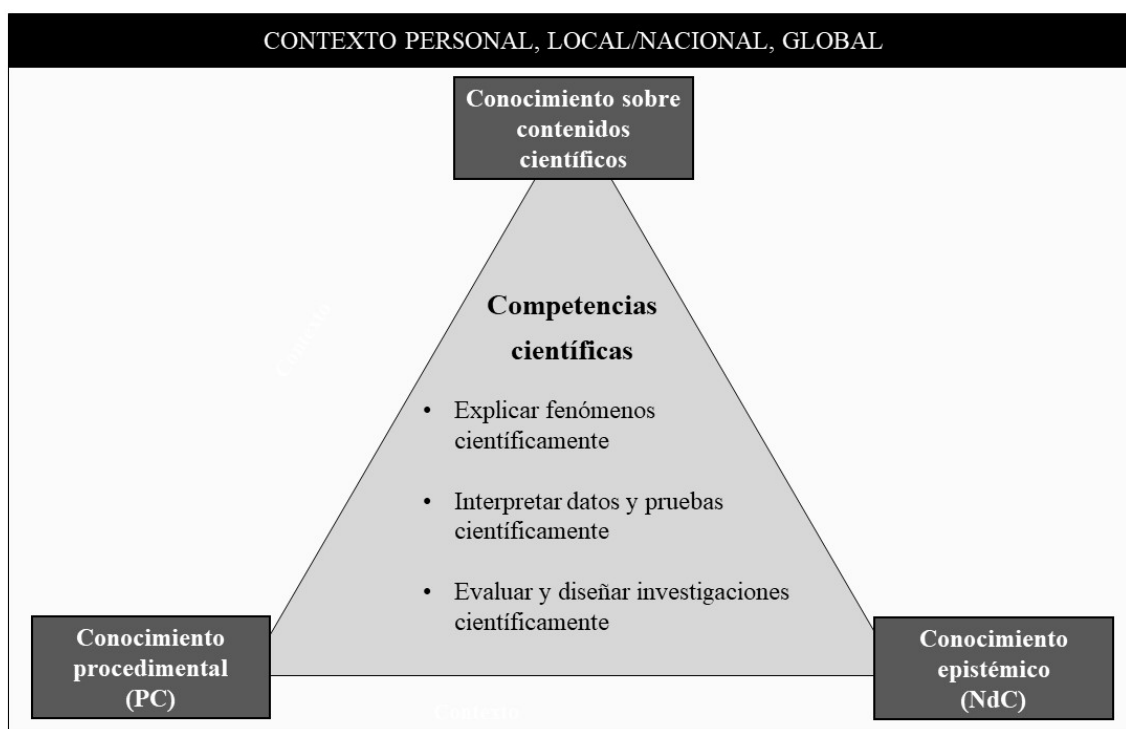


Figura 1. Elementos que engloba la alfabetización científica de acuerdo al marco PISA 2018, que incluye la Naturaleza de la Ciencia (NdC) y el Pensamiento Crítico (PC). Fuente: elaboración propia

Si bien la consideración didáctica de la NdC y del PC ha quedado justificada por su papel esencial en la alfabetización científica, existen dos aspectos esenciales para abordar su adecuada materialización en las aulas de ciencias: cómo enseñar ambos constructos (NdC y PC) y cómo preparar adecuadamente al profesorado para su enseñanza.

Por un lado, las interrelaciones que se establecen entre la NdC y el PC vienen a reivindicar su enseñanza conjunta. Así, comprender los meta-conocimientos sobre cómo la ciencia desarrolla, justifica y valida su conocimiento (NdC) conlleva conocer el desarrollo de destrezas de la propia práctica científica (PC), y viceversa (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018). Es por ello que, el desarrollo de experimentos controlados para evitar resultados confusos e identificar posibles mecanismos causales durante la comprobación de hipótesis ayudaría a comprender el papel predictivo de las hipótesis, la finalidad y las limitaciones de la ciencia y, en sentido contrario, conocer los rasgos de la ciencia y sus procesos, fomentaría la rigurosidad experimental para incrementar la validez del conocimiento resultante. Por tanto, las formas de conocimiento científico procedimental y epistémico presentan una

interdependencia que sugieren su conjunta integración en ciencias para lograr la coherente formación de la ciudadanía hacia la alfabetización científica.

En relación a este punto, encontramos varios trabajos que han defendido y discutido la relación entre la NdC y el PC (Khishfe, 2012; Yacoubian, 2015; Yacoubian y Khishfe, 2018), y que han estudiado la correlación entre el conocimiento sobre determinados aspectos de la NdC y destrezas del PC como la argumentación (Allchin y Zemplén, 2020; McDonald y McRobbie, 2012; Khishfe, 2012) y la toma de decisiones (Díaz-Moreno et al., 2018). Como ejemplo ilustrativo de ello, Khishfe (2012) encontró una relación significativa entre la comprensión de la naturaleza empírica, subjetiva y provisional de la ciencia (rasgos de la NdC) y la capacidad argumentativa, particularmente, en relación a la elaboración de contraargumentos. De manera que, promover la argumentación en contextos científicos ayudaría a tomar conciencia sobre la existencia de puntos de vista alternativos (acorde al rasgo subjetivo de la NdC), a comprender el papel de la evidencia para defender las ideas (rasgo empírico de la NdC) y a ser más flexibles al cambio de prejuicios, creencias y posiciones iniciales (rasgo tentativo de la NdC).

Por otra parte, si entendemos que enseñar la NdC y el PC implica considerarlos como contenidos curriculares, esto requerirá de un profesorado con las competencias necesarias para desarrollar su planificación didáctica. En este contexto, atender a la formación inicial del profesorado es clave para apoyar y producir cambios sostenibles en la calidad de la educación (Lederman et al., 2013; Romano, 2010), como lo es la promoción de la alfabetización científica. Concretamente en España, la OECD (2020) resalta que nuestro sistema educativo debe apostar por reforzar el desarrollo profesional docente, sobre todo, en las etapas más iniciales de formación, para garantizar las competencias del alumnado y su persistencia en el sistema educativo. La base de una educación sólida reside en manos del profesorado, cuyas decisiones y actuaciones en el aula, tienen una indudable influencia en los resultados del aprendizaje (Carlson y Daehler, 2019; Gess-Newsome, 2015). Sin embargo, a pesar de la importancia social de la NdC y del PC, aún son pocas las investigaciones que abordan estos dos elementos conjuntamente en la enseñanza de las ciencias y en la formación profesional de docentes.

Por todas las razones expuestas, esta Tesis Doctoral ha puesto el foco en el estudio de la mejora de las competencias profesionales del profesorado en formación inicial para la enseñanza de la NdC y del PC en ciencias, a fin de arrojar luz sobre cómo empezar a abordar el ambicioso objetivo de ofrecer una educación científica que contribuya a la emancipación y participación fundamentada y efectiva de la ciudadanía en cuestiones sobre ciencia y sociedad.

1.2. La naturaleza de la ciencia y el pensamiento crítico. Estrategias para su enseñanza en ciencias.

La complejidad de la NdC y del PC ha derivado en variadas conceptualizaciones de ambos constructos, así como en diversas estrategias para promover su adecuada enseñanza.

Por un lado, de las múltiples definiciones sobre el PC, podemos extraer que se trata de una habilidad cognitiva de orden superior, que resulta en un proceso metacognitivo, razonado, reflexivo y consciente dirigido a mejorar nuestro propio pensamiento y a lograr nuestras metas con éxito (Ennis, 1991; Facione, 2011; Halpern, 1998, 2014; Zoller y Nahum, 2012). El análisis de la literatura especializada evidencia el consenso de distinguir en el PC dos dimensiones: una cognitiva (integrada por habilidades y destrezas de pensamiento) y otra disposicional/motivacional (integrada por actitudes propias de una persona crítica y comprometida en su aplicación en la vida cotidiana), aunque existen varios marcos teóricos que difieren en la concreción de sus componentes. Así, por ejemplo, Halpern (1998, 2014) estableció una taxonomía de cinco categorías cognitivas (comprobación de hipótesis, razonamiento verbal, análisis de argumentos, probabilidad e incertidumbre, y toma de decisiones y resolución de problemas) y una serie de actitudes, como la mentalidad abierta y la persistencia. Otras personalidades reconocidas por su contribución al concepto del PC proponen una batería de destrezas y actitudes similares, aunque con cambios en su definición y categorización (Ennis, 1991; Facione, 2011). En relación al componente más afectivo, Valenzuela et al. (2011, 2014) sugieren que las disposiciones del PC deben entenderse como una motivación consolidada a pensar críticamente, producto de la expectativa y el valor de emplear este pensamiento en un determinado contexto. De este modo, en lugar de elaborar un listado de actitudes críticas, inciden en crear la necesidad de actuar con rigor, imparcialidad, curiosidad, etc., para satisfacer tareas que requieren una alta implicación cognitiva.

Pese a estas discrepancias sobre la conceptualización del PC, existe el consenso general de que los aspectos emocionales pueden desempeñar un papel en la capacidad de pensar críticamente y de que las destrezas críticas se pueden desarrollar a través de la enseñanza (Abrami et al., 2015; Halpern, 2014; Niu et al., 2013). Este hecho conduce a considerar que la enseñanza del PC requiere atender a su dual concepción y, por tanto, a contemplar que pensar críticamente conlleva trabajar una serie de destrezas de alto nivel cognitivo y fomentar una activa predisposición a tal notable esfuerzo intelectual.

Al respecto, el metaanálisis realizado por Abrami et al. (2008) y otros estudios (Barak et al., 2007; Marin y Halpern, 2011) indican que, para mejorar las habilidades críticas es

necesario tomar consciencia de su aprendizaje a través de una enseñanza explícita que guíe su debida aplicación. En este sentido, con el fin de favorecer su asimilación y transferencia a diversas situaciones, Marin y Halpern (2011) también abogan por potenciar la metacognición para visibilizar los procesos de pensamiento implicados en la resolución eficaz de las tareas.

Siguiendo con las directrices pedagógicas recomendadas para una enseñanza eficaz del PC, la literatura reconoce diferentes estrategias que varían desde enfoques que abordan la enseñanza explícita del PC de manera independiente a la de los contenidos de la materia (general) hasta enfoques que abordan el tratamiento educativo del PC dentro de la materia, ya sea de manera explícita (infusión) o implícita (inmersión) (Abrami et al., 2008). Al respecto, diversas contribuciones defienden una enseñanza del PC dependiente del contexto, que active el componente motivacional y que, por tanto, promueva su desarrollo y aplicación en escenarios de aprendizaje que evidencien su utilidad para comprender e interpretar el objeto de estudio y dar soluciones a problemas reales y cercanos al individuo (Abrami et al., 2015; Barak et al., 2007; Saiz-Sánchez y Fernández-Rivas, 2012; ten Dam y Volman, 2004). En cambio, otros trabajos consideran el obstáculo que puede suponer el contexto en la enseñanza del PC, ya que su aplicación depende del conocimiento que cada individuo tenga sobre el contenido en cuestión (Bonney y Sternberg, 2016; Khalid et al., 2021; Willingham, 2008; Yacoubian y Khishfe, 2018). En línea con este último enfoque, Manassero-Mas y Vázquez-Alonso (2020) elaboraron y validaron instrumentos de medida de destrezas del PC libres de contexto y cultura.

Con el fin de arrojar luz sobre el debate en torno a la consideración del PC como un contenido dependiente o no del contexto, el estudio desarrollado por Abrami et al. (2008) revela que las intervenciones que producen unos mayores efectos en el aprendizaje del PC son aquellas que desarrollan su enseñanza de manera explícita y promueven su aplicación en la materia. En este sentido, precisamente, la estrecha relación existente entre el dominio de los procesos del pensamiento y del contenido del pensamiento (es decir, del contenido de la materia) (Willingham, 2008), se presenta como una oportunidad para tratar la enseñanza integrada del PC en la de los contenidos fácticos, sobre todo, si consideramos que la necesidad de aplicar el PC siempre surge ante determinadas situaciones (Bailin, 2002). Un enfoque contrario, independiente del contexto, contribuiría a ofrecer una imagen abstracta del PC, complementaria a la enseñanza del resto de contenidos. Además, limitaría el reconocimiento de su aplicación en situaciones concretas, reales y/o cotidianas, ya que el desarrollo del PC requiere de una enseñanza altamente reforzada y de un entrenamiento que evidencie su necesidad en variados contextos de aprendizaje (Abrami et al., 2015; Bailin, 2002; Barak et al., 2007; Halpern, 2008, 2014). Junto a estas justificaciones de abordar una enseñanza

contextualizada del PC, también cabe considerar las directrices del actual marco PISA 2018 (OCDE, 2019), que fundamentan el estudio de la presente Tesis Doctoral. En base a estas, la consecución de las competencias científicas requiere formas del conocimiento científico (entre las que se encuentra el conocimiento procedimental, asociado al PC), que dependen de contextos más o menos próximos a la realidad de cada persona (Figura 1). Por tanto, el fundamento teórico de la alfabetización científica aboga por la enseñanza del PC en situaciones de enseñanza y aprendizaje sobre variados temas científicos y perspectivas de análisis.

Así pues, desarrollar una enseñanza eficaz del PC en contexto implica el diseño de tareas que exijan y guíen su adecuado empleo en situaciones concretas y auténticas (Bailin, 2002). En la enseñanza de las ciencias, las estrategias metodológicas basadas en la evaluación de evidencias y, por tanto, en el desarrollo de procesos científicos como el razonamiento, la argumentación, la indagación y la toma de decisiones, favorecen el PC (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012; Osborne, 2014; Saido et al., 2018; Schmaltz et al., 2017; Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018). De modo que, la promoción de dichas estrategias en torno a cuestiones científicas y/o problemas reales supone presentar a los individuos “retos críticos”, que impulsen el desarrollo y la motivación hacia el PC (Abrami et al., 2015; Bailin, 2002; Qing et al., 2010; Romero-Ariza, 2017). En este sentido, Bailin (2002) describe diferentes desafíos de indagación contextualizados en la enseñanza de las ciencias, como el diseño de un hábitat para un insecto en Educación Primaria, para fomentar el PC. Para este caso, resalta el desarrollo de destrezas como acordar criterios de juicio sobre las características de un buen hábitat (p. ej., suministro de agua, fuente de alimento) y argumentar con fundamento los diseños, así como de actitudes, a saber, la curiosidad. Igualmente, también destaca el alto componente motivacional de la tarea, ya que los hábitats podrían emplearse para albergar insectos “mascota”, lo que, además, conllevaría la observación cuidada sobre el estado de los insectos en el tiempo y el análisis de la idoneidad de los criterios de diseño seguidos.

Por otra parte, en relación a la NdC, encontramos varios aspectos relativos a su definición y enseñanza en los que converge con los mencionados para el PC. Así, la NdC también ha destacado por ser un constructo difícil de definir, de carácter evolutivo y cambiante. A finales de la década de los 90 del siglo pasado, nutrido por el movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad de los años 60-70, los continuos esfuerzos por aunar las distintas características sobre la ciencia por parte de las áreas de Historia, Filosofía, Sociología, Ciencias y Didáctica, desembocaron en la denominada visión consenso de la NdC (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; Vesterinen et al., 2014). Bajo dicha conceptualización, se reconocieron una serie de rasgos sobre el conocimiento científico (provisional, empírico, subjetivo), sobre

procesos científicos como la observación y las inferencias, se desechó la idea de un único método científico universal, y se definieron las leyes y teorías como productos diferenciados de la ciencia. Además de estos rasgos epistémicos, referidos a la fundamentación cognitiva de la ciencia, se destacaron rasgos de su dimensión social, como el papel de la imaginación y la creatividad, y la influencia del contexto socio-cultural en la construcción del conocimiento científico (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Akerson et al., 2000; Lederman et al., 2013).

A pesar de que la visión consenso ha sido la predominante en la literatura sobre la NdC, en los últimos años, ha suscitado diferentes críticas (Hodson y Wong, 2017; Kampourakis, 2016). Así, la principal discusión deriva de su fuerte posicionamiento hacia la dimensión epistémica, en detrimento de su dimensión social, siendo varios los trabajos que han reivindicado recientemente destacar las características de las personas que se dedican a hacer ciencia, sus relaciones profesionales y la influencia de la política y la economía en el desarrollo científico, entre otros (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; Dagher y Erduran, 2016; Hodson y Wong, 2017; Irzik y Nola, 2011; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2019; Vázquez et al., 2004). Este nuevo enfoque ofrecería una visión más amplia, realista, humana y funcional de la ciencia, que atendería de manera más efectiva a la formación de una ciudadanía informada y crítica de sus procesos y productos (Allchin, 2011).

Más allá de la lucha por buscar una visión sofisticada de la ciencia, Kötter y Hammann (2017), en el marco de la alfabetización científica, abogan por fomentar las propias habilidades para reflexionar sobre la ciencia y analizar críticamente su contenido, sus métodos, sus límites y su alineación con los valores y necesidades de la sociedad. En línea con este discurso, varios trabajos (Abd-El-Khalick, 2013; Akerson et al., 2000; Khishfe y Abd-El-Khalick, 2002) ya aludían a la importancia de abordar una enseñanza eficaz de la NdC desde un enfoque explícito y reflexivo. Concretamente, Yacoubian (2015) propuso un marco teórico reflexivo para la enseñanza de la NdC en ciencias, en el que el PC era considerando el eje vertebrador de su enseñanza (pensar críticamente sobre la NdC para promover su comprensión) y aplicación (pensar críticamente con el conocimiento adquirido sobre la NdC para tomar decisiones sobre cuestiones sociocientíficas). De nuevo, estas propuestas defienden la pertinencia de abordar la enseñanza de la NdC y del PC de manera conjunta e integrada en materias científicas, sobre todo, cuando estos aluden a escenarios de aprendizaje auténticos, de la vida cotidiana (Abrami et al., 2015, Allchin, 2011; Barak et al., 2007; Clough, 2018).

Además de estas recomendaciones para enseñar la NdC, y en línea con la relevancia destacada de las estrategias de indagación para la promoción del PC, Ozgelen et al. (2013) y Yacoubian y BouJaoude (2010) ofrecen evidencias de cómo a través de un enfoque explícito y

reflexivo también es posible promover visiones adecuadas sobre la ciencia a través de tareas de investigación. Estos trabajos proponen hacer explícitos los rasgos sobre la NdC trabajados, tras el fin de la indagación, mediante la discusión reflexiva. De igual manera, enfocar la indagación en torno a diferentes contextos, bien sobre controversias sociocientíficas (Khishfe, 2015; Vázquez-Alonso et al., 2016; Yacoubian, 2015; Yacoubian y Khishfe, 2018) o la historia de la ciencia (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2017; Aragón-Méndez et al., 2019; Rudge y Howe, 2009) ha mostrado ser eficaz en la mejora de la comprensión de la NdC. Estos dos contextos ofrecen una imagen más detallada sobre la sociología interna y externa de la ciencia, es decir, sobre los aspectos internos (p. ej. competencia profesional) y externos (p. ej. fuerzas políticas, económicas, culturales...) a la comunidad científica que influyen en el desarrollo de la ciencia. En especial, el empleo de la historia de la ciencia destaca por su potencial para analizar la construcción del conocimiento científico en su auténtico contexto social (Abd-El-Khalick, 2013), contribuyendo tanto al conocimiento sobre la NdC como al PC (Archila, 2015; McComas, 2011).

Por último, también cabe señalar que la adopción de un enfoque socio-constructivista, orientado a la construcción social del conocimiento mediante la discusión, el diálogo y la búsqueda de consenso, favorece el conocimiento sobre la NdC (Allchin, 2011; Lederman et al., 2013; Ozgelen et al., 2013) y el PC (Abrami et al., 2015; Barak et al., 2007; ten Dam y Volman, 2004). Este enfoque cobra especial sentido si atendemos a los objetivos de la enseñanza de la NdC y del PC en ciencias, orientados a la alfabetización científica de la ciudadanía y, por tanto, al fomento de sus competencias para comprender la naturaleza de la empresa científica y participar en sociedad en los discursos sobre sus normas y prácticas.

En definitiva, y siguiendo las apreciaciones realizadas por Forawi (2016) y Schmaltz et al. (2017) en relación al PC, la enseñanza tanto del PC como de la NdC debe seguir una conceptualización particular para poder integrarse en la formación de docentes de manera clara y coherente. Estos marcos teóricos deben atender a las últimas recomendaciones de la literatura especializada y satisfacer las actuales necesidades educativas. No obstante, más allá de trasladar una visión paradigmática de la NdC y del PC, esta enseñanza debe procurarse dentro de espacios que fomenten la construcción dialogada de visiones adecuadas sobre la empresa científica, así como destrezas y motivaciones en torno al acto de pensar críticamente, como parte de la comprensión del mundo natural y del análisis de problemáticas científicas.

1.3. Competencias profesionales docentes para abordar la enseñanza de la naturaleza de la ciencia y del pensamiento crítico

Formar a docentes para introducir eficazmente la NdC y el PC en las aulas requiere trabajar sus competencias profesionales para planificar el proceso de enseñanza y aprendizaje de ambos constructos. En las últimas décadas, múltiples trabajos han estudiado los conocimientos y las habilidades docentes implicados en la enseñanza de los contenidos, con el fin de establecer un marco teórico que guíe de manera fundamentada su formación inicial y permanente.

En la asamblea de la Asociación Americana de Investigadores Educativos de 1985, Shulman reconoció que el conocimiento profesional docente debía incluir un conocimiento sobre la materia en cuestión y sobre métodos de enseñanza de eficacia contrastada (Neumann et al., 2018). Posteriormente, reconoció que la combinación de estos conocimientos (materia y métodos de enseñanza) era esencial para transformar los contenidos y convertirlos en accesibles para el estudiantado. Así, Shulman (1987) introdujo el concepto de Conocimiento Didáctico del Contenido (CdC), como el conocimiento que distingue al docente del especialista, que resulta de combinar el contenido y la didáctica, y que incluye la comprensión de cómo un determinado contenido se organiza, se adapta a los intereses y habilidades del alumnado y se presenta para su enseñanza.

El concepto de CdC recibió gran aceptación y muchos autores y autoras lo incorporaron en sus marcos teóricos (Acevedo, 2009a, b; Gess-Newsome, 1999; Grossman, 1990; Hashweh, 2005; Loughran et al., 2004, 2012; Magnusson et al., 1999; Park y Oliver, 2008; van Driel et al., 1998). Estas diversas interpretaciones sobre el CdC ilustran su poliédrica naturaleza y ambigüedad, pero también su importancia como conocimiento exclusivo profesional docente requerido para la transposición didáctica del contenido especializado al contenido escolar (Acevedo, 2009a). Concretamente, en la enseñanza de las ciencias, destaca la propuesta de Magnusson et al. (1999), referente en recientes estudios en el área (Demirdöğen et al., 2016; Hanuscin, 2013; Hanuscin et al., 2011; Supprakob et al., 2016), según la cual, el CdC consta de cinco componentes, en forma de conocimientos y creencias sobre: (i) las orientaciones y los propósitos de la enseñanza, (ii) el currículo, (iii) la evaluación, (iv) la comprensión de los temas de ciencias por parte del alumnado y (v) las estrategias de enseñanza.

Como consecuencia de los variados modelos propuestos sobre el CdC, en 2012, se celebró una cumbre para proponer un modelo sustentado en evidencias empíricas que aunara las investigaciones realizadas hasta la fecha. De ella, surgió el modelo de conocimientos y

habilidades docentes, que incluye el CdC (Gess-Newsome, 2015), también conocido como *modelo de consenso del CdC* (Figura 2).

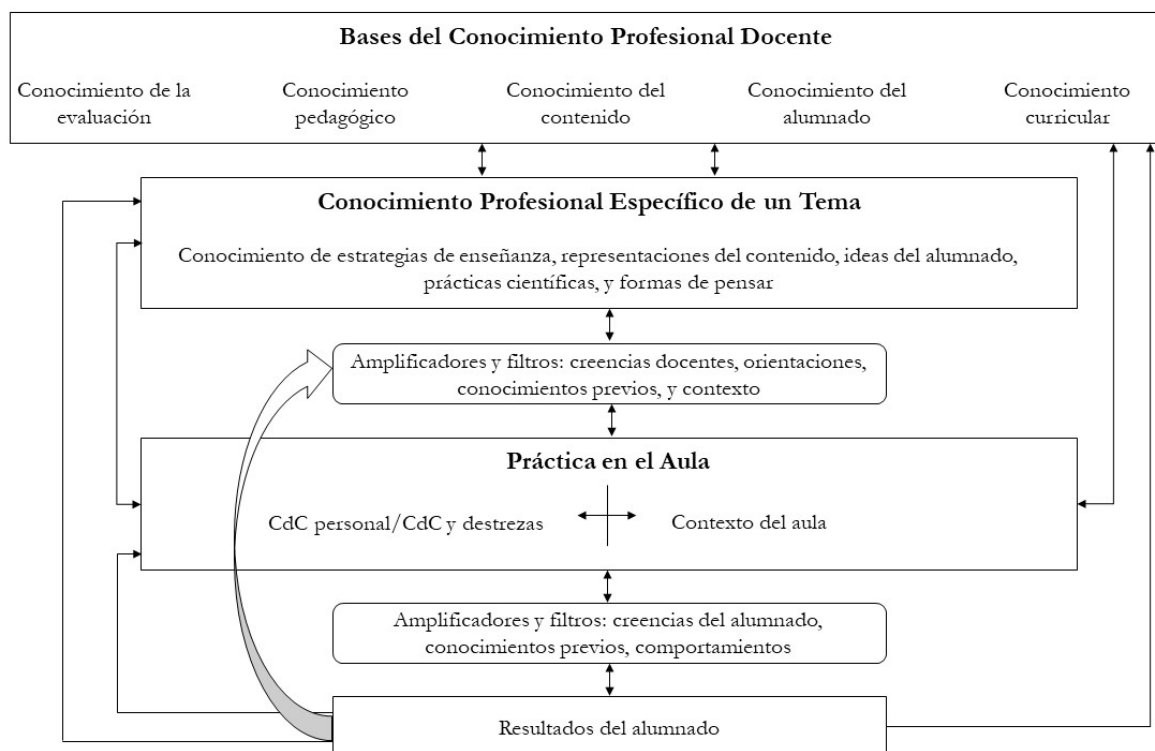


Figura 2. Modelo de consenso del CdC. Elaboración propia, traducido de Gess-Newsome (2015)

El modelo de consenso del CdC se presentó mediante un diagrama de flujo de múltiples capas para resaltar los diferentes tipos de conocimientos docente (Figura 2). De manera que, en el nivel superior, encontramos las bases del conocimiento profesional docente. Estas bases representan “el conocimiento elaborado *para* el profesorado”, desarrollado por expertos de cada conocimiento general requerido para planificar y desarrollar el proceso de enseñanza y aprendizaje (p. ej. desarrolladores curriculares). Este primer nivel interactúa de manera recíproca con el conocimiento profesional específico del tema (CPET), representado por un tipo de conocimiento elaborado para guiar y desarrollar la enseñanza de determinadas temáticas, aplicando las bases del conocimiento profesional docente y, por tanto, disponible para su uso y transformación por parte del profesorado. De manera que el CPET equivale a la definición original del CdC de Shulman (1987), al considerarse el producto de combinar las directrices de las teorías pedagógicas generales en el aprendizaje de particulares contenidos curriculares. Este conocimiento se transforma, debido a amplificadores y filtros relacionados con las creencias y orientaciones docentes y las características del contexto educativo, surgiendo así el CdC que cada docente emplea en el aula. Así pues, tanto el CPET como el

CdC asociado a la práctica, pueden considerarse diferentes formas de “conocimiento moldeadas/elaboradas *por* el profesorado”, siendo la última de ellas, la mayor expresión individual del conocimiento profesional docente. Concretamente, en la práctica en el aula, puede diferenciarse, por un lado, el conocimiento, razonamiento y planificación (CdC personal) y, por otro, el acto de enseñar (CdC y destrezas) en relación a un contenido particular de una determinada manera para un propósito concreto a un grupo determinado de estudiantes para mejorar los resultados de su aprendizaje (Gess-Newsome, 2015). Finalmente, este conocimiento desarrollado en torno a la práctica en el aula deriva en los resultados del alumnado, una vez es procesado por sus creencias, conocimientos y comportamientos.

Este modelo combina diferentes perspectivas sobre el CdC que han sido objeto de discusión en las últimas décadas (Acevedo, 2009a; Neumann et al., 2018; Park y Oliver, 2008). Por una parte, desde un enfoque transformador, reconoce al CPET como el resultado de la amalgama entre las bases del conocimiento profesional docente, y desde un enfoque integrador, como un conocimiento base que cada docente puede moldear para planificar y desarrollar su práctica en un determinado contexto educativo. Por otra parte, el CPET se presenta como un conocimiento esencial a trabajar para guiar una práctica docente de calidad, por tanto, pudiendo concebirse como objeto de la educación formal de docentes. En cambio, el CdC personal/CdC destrezas se trata de un conocimiento que se desarrolla durante las acciones de cada docente en las particularidades contextuales de su aula, por lo que se desarrolla en torno a la práctica. De modo que, el modelo de consenso considera el CdC como un conocimiento elaborado a través de la “reflexión sobre la acción”, no solo tras completar la práctica docente, sino también antes de desarrollar la misma, a través de los procesos de modelación y reflexión sobre el CPET (*knowledge-on-action*), así como como un conocimiento elaborado a través de la “reflexión en la acción”, durante la práctica en el aula, ante inesperados desafíos educativos que requieren poner en juego los componentes del CdC accesibles en dicho momento y aplicarlos para desarrollar una respuesta educativa adecuada al grupo de estudiantes en cuestión (*knowledge-in-action*).

Por tanto, el modelo de consenso del CdC permitió clarificar la naturaleza del CdC y ubicarlo dentro de las competencias profesionales docentes de ciencias, destacando diversos aspectos de interés en torno a su concepción y guías para su desarrollo. Así, por un lado, remarcó su carácter dual, concibiéndose como una forma de conocimiento, pero también de destrezas. Por otro lado, introdujo la idea de que su forma más canónica de conocimiento (CPET) podría articularse de manera independiente a la práctica en el aula (CdC personal/CdC y destrezas). Además, identificó dos conjuntos de "amplificadores y filtros" como mediadores

entre las capas de conocimiento, una referente al profesorado y, otra, al alumnado (Figura 2), a fin de reconocer la relevancia de los aspectos afectivos en el desarrollo del CdC, aún sin ser componentes integrantes del mismo (Carlson y Daehler, 2019; Neumann et al., 2018). Así, por un lado, en el modelo de consenso, las creencias y orientaciones docentes contribuyen al conocimiento, destrezas y prácticas docentes, pero sin considerarse un aspecto central para el desarrollo de la transposición didáctica de los contenidos, lo que le diferencia de los marcos teóricos de Grossman (1990) y Magnusson et al. (1999). Del mismo modo, la eficacia docente, considerada por algunos modelos del CdC como un componente más del mismo (Park y Oliver, 2008), pasa a considerarse un elemento que influye en su construcción. Estos cambios conceptuales en el CdC, manifestados en la modificación del papel de determinados elementos, contribuyen a delimitar y guiar las actuaciones para optimizar la formación profesional docente. No obstante, cabe destacar que siguen manteniendo la importancia de dichos elementos para el estudio y desarrollo del CdC, al reconocer su contribución al aprendizaje del alumnado a través de la mediación de las acciones docentes en la práctica.

Con el fin de ahondar en la definición e implicaciones de la conceptualización del CdC en la formación de docentes y las actuaciones políticas y curriculares, en 2017, se celebró una segunda cumbre de la que surgió el *modelo de consenso refinado del CdC*, nutrido por el modelo de la primera cumbre (Figura 2) y por marcos teóricos como el de Shulman (1987) y Magnusson et al. (1999), pero sin considerarse un remplazo de estos.

En líneas generales, este modelo identificó tres ámbitos distintos del CdC, referentes al conocimiento profesional especializado que poseen múltiples docentes en un campo (CdC colectivo), al conjunto de conocimientos y destrezas personalizadas que posee cada docente en particular (CdC personal), y al subconjunto único de conocimientos y destrezas empleados para la planificación, enseñanza y reflexión de una materia en la práctica (CdC en acción) (Carlson y Daehler, 2019). Este último ámbito estaría estrechamente relacionado con el CdC personal/CdC y destrezas del modelo de la primera cumbre (Figura 1), y se consideraría un subconjunto del reservorio de conocimientos y destrezas de cada docente (CdC personal), al que recurre en un concreto episodio educativo. Entre estos tres ámbitos del CdC, se establecen múltiples interacciones que evidencian que el CdC se desarrolla dinámicamente a través de las relaciones profesionales y las experiencias en el aula. Además, englobando estos tres ámbitos, se encuentran los conocimientos incluidos en las bases del conocimiento profesional docente del primer modelo de consenso, manteniendo, por tanto, la influencia que estos ejercen en el CdC.

En consecuencia, esta segunda cumbre remarcó diversos factores que modifican e informan la práctica docente y median los resultados de aprendizaje del alumnado, a fin de continuar definiendo el marco teórico para el desarrollo del CdC a través de la formación profesional inicial y continua de docentes.

En resumen, de las últimas contribuciones en el campo de estudio del CdC, por un lado, se destaca que este representa un conjunto de conocimientos especializados, que, finalmente, cada docente modela y transforma durante su actuación en el aula para la enseñanza más adecuada de los contenidos a un grupo particular de estudiantes. Para ello, debe desarrollar una serie de destrezas que también pasan a formar parte de su CdC. De modo que, tanto los conocimientos como las destrezas integrantes del CdC particular de cada docente suponen un elemento clave en los resultados de aprendizaje de su alumnado. Además, los modelos de consensos del CdC destacan que su desarrollo implica, no solo conocimientos y destrezas, sino también una serie de elementos afectivos y contextuales, siendo necesario atender a estos para su adecuada promoción. Por otro lado, en cuanto a cuál sería el momento idóneo para abordar su desarrollo, estos modelos resaltan que el CdC puede empezar a desarrollarse desde la formación inicial de docentes, mediante la planificación del proceso de enseñanza y aprendizaje de contenidos concretos, siendo, posteriormente, refinado con la práctica en el aula, junto con la participación en programas de formación y el diálogo con la comunidad educativa.

En relación al último punto destacado, para solventar el obstáculo de hacer explícito el CdC a fin de conocer y guiar su desarrollo en la formación del profesorado de ciencias, Loughran et al. (2004, 2012) desarrollaron dos instrumentos: la Representación del Contenido (ReCo) y el Repertorio de experiencia Profesional y Didáctica (Re-PyD). Ambos son complementarios y permiten reflejar el CdC sobre la enseñanza de un determinado contenido, el primero, a través de una serie de preguntas sobre su planificación didáctica; el segundo, mediante la narración de la actuación docente en base a la observación en el aula y a entrevistas. De manera que, de entre estos dos instrumentos, la ReCo destaca por su potencial para recoger de manera explícita el razonamiento didáctico en las primeras etapas de formación del profesorado, de manera previa a su primer contacto en el aula.

Así pues, la ReCo permite ofrecer una visión global sobre el modo en que el profesorado en formación inicial enfoca y justifica la enseñanza de determinados contenidos científicos, atendiendo de manera explícita a los propósitos de su enseñanza, su importancia y secuenciación didáctica, las ideas previas del alumnado sobre ellos, y las estrategias para su enseñanza y evaluación (Loughran et al., 2004, 2012). Por tanto, aunque, originariamente, este instrumento se desarrolló para reflejar el CdC de docentes experimentados, diversas

contribuciones posteriores han centrado su atención en el uso de la ReCo en su formación inicial, mostrando su utilidad para orientar su acción en la enseñanza de los contenidos (Bertram y Loughran, 2014; Hume y Berry, 2011; Nilsson y Loughran, 2012). Esta aplicación de la ReCo en el marco del CdC para orientar la formación del profesorado en sus primeras etapas de desarrollo profesional fue abordado por Shulman (1987), quien señalaba que la acción docente se inicia con la planificación reflexiva de su actividad docente.

Una vez abordada la compleja conceptualización del CdC, aún en proceso de refinamiento (Gess-Newsome et al., 2017; Neumann et al., 2018), poniendo de nuevo el foco en la enseñanza de la NdC y el PC, la literatura especializada muestra que el profesorado cuenta con un conocimiento profesional limitado para abordar una planificación y acción docente eficaces sobre ambos constructos en el aula de ciencias.

En el caso de la NdC, Bilican et al. (2012) evidenciaron la dificultad de docentes en formación inicial para integrar contenidos sobre la NdC en sus lecciones de aula. Wahbeh y Abd-El-Khalick (2014) también obtuvieron resultados similares en una muestra de profesorado en ejercicio, cuyas estrategias de enseñanza de la NdC estaban mayoritariamente desvinculadas de la enseñanza de los contenidos científicos. Igualmente, respecto a las estrategias de evaluación de la NdC, en Bilican et al. (2012), la mayoría del profesorado optó por una evaluación sumativa, basada en la realización de preguntas al final de la clase o como deberes. Por su parte, Supprakob et al. (2016) destacaron una limitada comprensión docente de las concepciones y dificultades del alumnado sobre la NdC, así como dificultades para aunar los propósitos del aprendizaje de los contenidos con una enseñanza y evaluación explícitas de la NdC.

En relación al PC, Aliakbari y Sadeghdaghighi (2013) y Khalid et al. (2021) recogieron obstáculos dificultades para promover destrezas del PC y evaluarlas, así como para diseñar y desarrollar tareas capaces de lidiar con la resistencia a pensar críticamente del estudiantado, todo ello sin desatender a un currículo sobrecargado de contenidos científicos. Aspectos similares también fueron sugeridos en Solbes-Matarredona y Torres-Merchán (2013), donde se identificó entre el profesorado una prevalencia de la enseñanza de contenidos científicos (conceptos y formulas), debido a la falta de competencias para abordar el PC y a la falta de dinamismo del alumnado.

Además, cabe considerar el obstáculo de identificar los contenidos sobre la NdC y el PC en el currículo, generalmente, implícitos en el mismo (Fernandes et al., 2018, Vieira et al., 2011), lo que ha llevado a considerarlos como complejos, de menor relevancia didáctica, e incluso en el caso del PC, difíciles de practicar por el alumnado y solo accesibles para

estudiantes de alto rendimiento académico (Acevedo, 2009b; Khalid et al., 2021; Kötter y Hammann, 2017; Zohar y Schwartz, 2005).

Por otra parte, son varios los estudios que, actualmente, analizan y buscan definir las complejas interacciones que se establecen entre los elementos que integran el modelo de consenso del CdC, con el fin de concretar las rutas teóricas de influencia entre los mismos y, en consecuencia, guiar de manera más efectiva los programas de formación docente (Gess-Newsome et al., 2017; Neumann et al., 2018).

Una de las relaciones que más atención ha suscitado es la establecida entre el conocimiento sobre la materia y su CdC, este último, propiamente entendido como el conocimiento y las destrezas implicados en la planificación y enseñanza de sus contenidos. Así, varios trabajos (Nilsson, 2008; Rollnick et al., 2008; Stender et al., 2017) han investigado el papel del conocimiento sobre la materia en la transformación del contenido, sugiriendo que docentes con un buen conocimiento sobre los contenidos, exhibían un CdC acorde a una enseñanza de alta calidad. Por tanto, resulta lógico pensar que, de manera previa a la enseñanza de cualquier contenido, es esencial que el profesorado disponga de un conocimiento fundamentado sobre este. Sin embargo, si atendemos a los contenidos sobre la NdC y el PC, la literatura especializada muestra que el profesorado presenta una serie de conocimientos, habilidades y actitudes inadecuados sobre ellos.

En línea con lo anterior, y respecto a la NdC, destacan concepciones y obstáculos asociados a una visión empírico-inductivista, estática, absoluta y objetiva de la ciencia, desarrollada en base al desempeño individual y aislada del contexto histórico socio-cultural en que se desarrolla (Ariza et al., 2015; Cofré et al., 2019; Escrivà-Colomar y Rivero-García, 2017; García-Carmona et al., 2011), que dificultan la adopción de posiciones adecuadas y cercanas a los rasgos del conocimiento científico y su construcción. Además, otros estudios evidencian dificultades en el profesorado por expresar sus ideas sobre la NdC y argumentar sobre la construcción del conocimiento científico (Aragón-Méndez et al., 2019; Mesci, 2020). En ese sentido, Aragón-Méndez et al. (2019) identificaron obstáculos en la integración de factores epistémicos y sociales para justificar el retraso en la aceptación de nuevas teorías, lo que alude a un conocimiento compartimentado de la NdC.

En referencia al PC, en Aliakbari y Sadeghdaghighi (2013), el propio profesorado reconoció su falta de conocimiento sobre el mismo. Qing et al. (2010) revelaron un dominio limitado de las destrezas del PC entre el profesorado y, Akgun y Duruk (2016) y Dermihan y Köklükaya (2014), una disposición baja-media a su empleo. Al respecto, Aliakbari y

Sadeghdaghighi (2013) encontraron que el profesorado no era realmente consciente de la importancia del PC, lo que podría relacionarse con su baja disposición a emplearlo.

Trabajar la NdC y el PC en el aula también se justifica por responder al porqué y para qué enseñar ciencias y, por tanto, por fomentar una enseñanza de las ciencias acorde a los actuales puntos de vista sobre la ciencia y la actividad científica (Acevedo, 2009b; Bennássar et al., 2010). De esta manera, si el profesorado admite el carácter empírico, evolutivo, humano y social de la ciencia, y la necesidad de enseñar ciencias fomentado la reflexión y análisis crítico de su evolución histórica, prácticas y productos, se fomentaría el relevo de una enseñanza memorística y transmisiva de los contenidos, por otra enfocada a los procesos de construcción del conocimiento, al razonamiento y al debate.

Otro aspecto de interés en la construcción del CdC es el sistema de creencias docentes, representado en el modelo de consenso como un elemento modulador (Figura 2). Entre estas creencias, pueden identificarse las relativas a la concepción del propio proceso de enseñanza y aprendizaje, al papel docente en los resultados de aprendizaje del alumnado, así como a sus percepciones de autoeficacia (Enochs y Riggs, 1990; Nilsson y Loughran, 2012; Park y Oliver, 2008). En relación a la NdC y al PC, las creencias del profesorado han mostrado ser un obstáculo en la promoción de su CdC y, por tanto, en la enseñanza eficaz de ambos constructos. Al respecto, Mesci y Schwartz (2017) sugieren que docentes con mayor autoeficacia, presentarían un mayor dominio para planificar la enseñanza de la NdC. Igualmente, en el estudio realizado por Aliakbari y Sadeghdaghighi (2013), el profesorado reconoció no estar seguro de sus capacidades para enseñar destrezas del PC y expresó la necesidad de una mayor formación profesional para solventar sus sentimientos de falta de preparación al respecto.

En resumen, no cabe duda de que integrar la NdC y el PC en la enseñanza de las ciencias requiere una cuidadosa preparación del profesorado. El actual modelo de consenso del CdC revela la pertinencia de promoverlo en las etapas de formación inicial de docentes. Sin embargo, aún resultan escasos los estudios en torno al CdC sobre la NdC y el PC, sobre todo, de manera conjunta, en coherencia con una formación científica integral y funcional. Del mismo modo, la literatura especializada evidencia la importancia de, no solo atender a los conocimientos implicados directamente en la enseñanza de la NdC y del PC (p.ej., sobre la importancia y secuenciación de los contenidos, los métodos de enseñanza y de evaluación), sino también a otros aspectos que influyen en el CdC, como los conocimientos que los propios docentes poseen sobre los contenidos (en este caso, sobre la NdC y el PC) y sus creencias para abordar la enseñanza de los mismos.

2. OBJETIVOS

Esta Tesis Doctoral tiene como objetivo general la mejora de las competencias profesionales del profesorado en formación inicial para enseñar la NdC y el PC en ciencias.

Para la consecución de dicho objetivo general, se concretaron y abordaron los siguientes objetivos específicos (O.E.):

O.E.1. Elaborar un marco teórico del CdC sobre la NdC y el PC de referencia para guiar las estrategias educativas dirigidas a promover las competencias de docentes en formación inicial para la enseñanza de la NdC y del PC.

O.E.2. Diseñar una propuesta formativa que promueva el CdC sobre la NdC y el PC de docentes en formación inicial.

O.E.3. Definir instrumentos para evaluar el efecto de la propuesta formativa en la promoción del CdC sobre la NdC y el PC de docentes en formación inicial.

O.E.4. Implementar la propuesta formativa en la educación formal universitaria de docentes y comprobar su efecto en la mejora del CdC sobre la NdC y el PC.

3. RESUMEN GLOBAL DE LOS RESULTADOS, Y DISCUSIÓN

Con el fin de abordar el objetivo general de la presente Tesis Doctoral, se siguió la metodología de investigación enfocada al diseño o DBR (en inglés, *Design Based Research*) (Plomp, 2013), para diseñar, desarrollar y evaluar una propuesta de formación inicial de docentes dirigida a mejorar sus competencias para la enseñanza de la NdC y el PC. Esta investigación se desarrolló bajo la siguiente pregunta: ¿Qué características ha de tener una propuesta de formación inicial de docentes eficaz que prepare para enseñar la NdC y el PC de manera integrada en ciencias?

Partiendo del consenso generalizado sobre la DBR (Romero-Ariza, 2014), la investigación se desarrolló en tres grandes etapas (Figura 3):

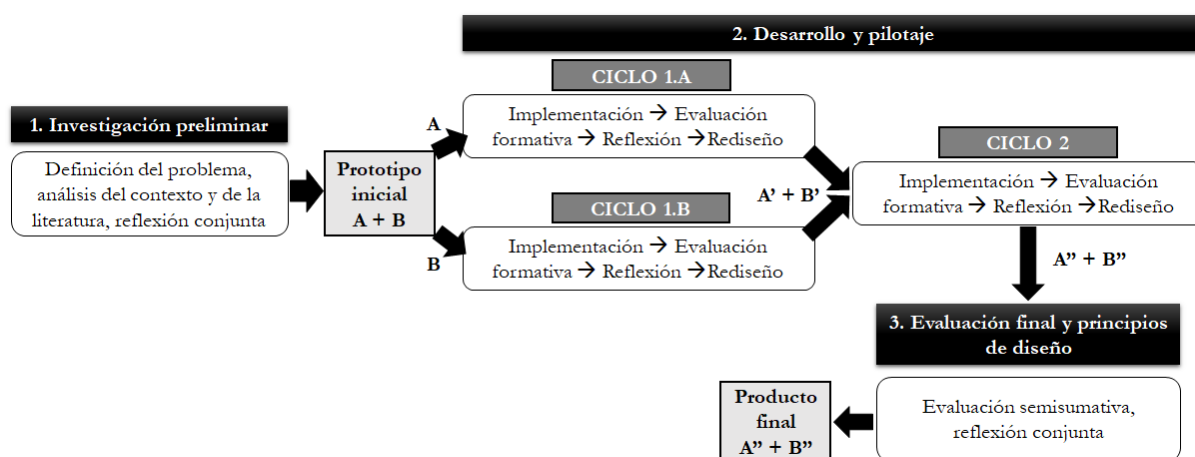


Figura 3. Etapas de la DBR de la propuesta de formación inicial de profesorado. Fuente: elaboración propia

De modo que, en la etapa 1 (investigación preliminar), se llevó a cabo la definición del problema y la revisión de la literatura especializada para abordar los objetivos propuestos, considerando las particularidades del contexto del estudio. Esto permitió concretar el marco teórico y los principios que guiaron el diseño del prototipo de la propuesta formativa, los cuales serían validados y/o refinados en la siguiente fase.

Durante la etapa 2 (desarrollo y pilotaje), se desarrollaron dos ciclos iterativos de implementación, evaluación, reflexión y rediseño del prototipo de la propuesta en grupos de estudiantes del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Jaén, matriculados en las asignaturas “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I” y “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza II”. Estos ciclos se distribuyeron en el tiempo de manera lineal: el ciclo 1 entre febrero de 2018 y enero de 2019 (ciclo 1 parte A -1.A- y ciclo 1 parte B -1.B-, antes y después de las vacaciones estivales, respectivamente, en dos cuatrimestres diferentes); y el ciclo 2 entre febrero y mayo de 2019 (Figura 3). En el ciclo 1, se implementó la propuesta en un mismo grupo de estudiantes, aunque de manera interrumpida. Así, primero se implementó y evaluó la parte A de la propuesta en el contexto de la asignatura “Didáctica de las Ciencias de la

Naturaleza I”, la cual estaba enfocada a mejorar la comprensión de la NdC y el PC. Después, en la asignatura “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza II”, se implementó y evaluó la parte B, orientada a trabajar la planificación de la enseñanza de la NdC y del PC y, por tanto, propiamente su CdC, (ver detalles de la propuesta formativa en el subapartado de resultados 3.2). En el ciclo 2, se pilotó la propuesta completa (partes A y B) en un solo cuatrimestre, con nuevo grupo de estudiantes matriculados en “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I”, tras incorporar las mejoras derivadas del ciclo anterior.

Tras cada ciclo, los cambios introducidos en la propuesta se orientaron mediante una evaluación formativa, dirigida a valorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, más allá de los resultados finales del aprendizaje (Guisasola y Oliva, 2020). Para ello, se recurrió a los productos del alumnado, a la observación y a los registros anecdóticos. Esta segunda fase finalizó cuando se alcanzó un balance adecuado entre los objetivos previstos y los resultados alcanzados, de acuerdo a las percepciones recogidas en la evaluación formativa cualitativa, y al análisis cuantitativo. En este último caso, la eficacia de la propuesta se evaluó a través de una metodología pretest-postest con grupo control. A diferencia del grupo experimental (partícipe de la propuesta formativa), el grupo control recibió una enseñanza tradicional, basada en la enseñanza de los contenidos disciplinares de las Ciencias de la Naturaleza y, por tanto, no vertebrada en la enseñanza explícita sobre la NdC y el PC, ni en el tratamiento educativo de ambos en contextos científicos. Ambos grupos estaban matriculados en las mismas asignaturas científicas del Grado en Educación Primaria y compartían el mismo perfil de docentes en formación inicial, caracterizado por no haber recibido una enseñanza explícita previa sobre la NdC, el PC ni sobre su CdC, así como por una formación preuniversitaria mayoritariamente orientada a las Ciencias Sociales y Humanidades.

Por último, para la valoración final del efecto de la propuesta en el desarrollo profesional del profesorado en formación inicial, en la etapa 3 (evaluación final y principios de diseño) se realizó una evaluación, principalmente, de carácter sumativo (McKenney, 2001), pero que mantuvo los elementos de la evaluación formativa. Tras la reflexión derivada de los resultados generales obtenidos en los ciclos 1 y 2, se concretó el diseño final de la propuesta de formación, y se definieron los principios y las sugerencias de diseño para guiar la construcción del CdC sobre la NdC y el PC de docentes en formación inicial.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada objetivo específico planteado en esta Tesis Doctoral, fruto de la aplicación y desarrollo de las etapas de la DBR en el contexto de la formación inicial universitaria de docentes de Educación Primaria.

3.1. Modelo teórico del CdC sobre la NdC y el PC para el diseño de la propuesta formativa inicial de docentes

Este apartado presenta los resultados relacionados con el O.E.1: Elaborar un marco teórico del CdC sobre la NdC y el PC de referencia para guiar las estrategias educativas dirigidas a promover las competencias de docentes en formación inicial para la enseñanza de la NdC y del PC.

Lograr una enseñanza de las ciencias orientada a la alfabetización científica y que, por tanto, asuma a la NdC y al PC como cualquier otro contenido de ciencias que debe planificarse y enseñarse de manera explícita e integrada en la de los contenidos científicos (Figura 1), requiere guiar al futuro profesorado en la construcción de su CdC sobre la NdC y el PC (Abd-El-Khalick, 2013; Acevedo, 2009b; Acevedo-Díaz, 2010; Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; Kadir, 2017; Mesci et al., 2020; McNeill et al., 2016; Wahbeh y Abd-El-Khalick, 2014).

En relación a la enseñanza de la NdC, encontramos diversos trabajos que recurren al modelo de Magnusson et al. (1999) para trabajar su CdC. De manera que, de acuerdo a este marco, el CdC sobre la NdC lo conforman las orientaciones y propósitos de la enseñanza de la NdC, así como los conocimientos sobre su contribución y desarrollo curricular, sobre las concepciones y dificultades de aprendizaje del alumnado de Educación Primaria en torno a la NdC, y sobre las estrategias, los materiales y los recursos para su enseñanza y evaluación. Este modelo ha sido empleado para guiar el diseño de modelos específicos del CdC sobre la NdC (Mesci et al., 2020), desarrollar propuestas de formación para promover sus conocimientos integrantes y evaluar la planificación y el desarrollo de lecciones de aula en ciencias que incluyen aspectos sobre la NdC (Demirdöğen et al., 2016; Faikhamta, 2013; Hanuscin et al., 2011; Supprakob et al., 2016). Por otra parte, el empleo de la ReCo de Loughran et al. (2004, 2012) como instrumento para hacer explícito el CdC, ha nutrido estrategias para conocer el CdC sobre la NdC (Demirdöğen et al., 2016; Supprakob et al., 2016) y guiar el diseño de lecciones de aula (Mesci, 2020).

Los resultados motivadores de estos estudios abogan por la eficacia de los fundamentos teóricos en los que se sustentan. Así, estos trabajos muestran cómo emplear el modelo de Magnusson et al. (1999) ayuda a docentes en formación inicial a definir, desarrollar y valorar los conocimientos profesionales para la enseñanza de la NdC en ciencias (Demirdöğen et al., 2016; Faikhamta, 2013; Supprakob et al., 2016). De manera que, este modelo resulta eficaz en detallar la naturaleza del CdC, al aludir a la reflexión sobre elementos clave y cotidianos del proceso de enseñanza y aprendizaje, lo cual también es esencial para materializar la

importancia del trabajo docente en la consecución de resultados de aprendizaje exitosos. Por otra parte, reflexionar en torno a los componentes del CdC a través de preguntas guía que dirigen el diseño de las lecciones de aula (como las integradas en la ReCo), contribuye a reconocer a la NdC como cualquier otro contenido científico y a promover su integración explícita en ciencias (Demirdöğen et al., 2016; Mesci, 2020). En este sentido, Hume y Berry (2011) defendieron el uso de la ReCo para reflejar los componentes del CdC de Magnusson et al. (1999), lo que refuerza la idea de construir el CdC sobre la NdC en base a estos dos marcos conceptuales.

En cambio, la investigación relativa al CdC sobre el PC es más limitada y evidencia una serie de discrepancias sobre cómo abordar la formación docente para la enseñanza del PC. En concreto, existen dos posiciones contrapuestas que condicionan la formación docente en el marco del CdC.

Por un lado, Zohar y Schwartz (2005) defienden que la enseñanza de los procesos (meta)cognitivos no estaría ligada a una temática concreta. Esto impediría orientar su planificación didáctica desde el CdC, al no ser considerados como contenidos propios de la materia (en este caso, de ciencias), cuya enseñanza deba orientarse y aplicarse en tal contexto. En este caso, los autores prefieren hablar de un CdC en el contexto de la enseñanza del pensamiento. Por tanto, abogan por promover las competencias docentes para favorecer la transición de una educación tradicional, centrada en la transmisión de la información, a una educación que contemple el desarrollo del pensamiento mediante la enseñanza general del lenguaje y de los patrones asociados a este, así como de estrategias para promover el compromiso en tareas cognitivas y superar las dificultades de su aprendizaje, entre otros.

Por otro lado, Bailin (2002) o Halpern (2014) defienden que el empleo del PC siempre responde ante situaciones concretas que requieren el uso de habilidades cognitivas que incrementen las posibilidades de éxito en dichos contextos. Siguiendo esta última postura, existen autores que defienden que el ejercicio del PC se ve condicionado por el contexto (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012) y por el conocimiento específico sobre el tema (Romero-Ariza, Quesada-Armenteros et al., 2021), lo que sugiere abordar su enseñanza desde escenarios de aprendizaje concretos. Los reclamos y evidencias de estos últimos estudios, se reflejan en el modelo del CdC sobre el PC elaborado por Kadir (2017), que indica que este surge de las interacciones entre diversos conocimientos, entre los que se encuentra el necesario para promover el PC en la materia a impartir en cuestión. De modo que, la enseñanza del PC requeriría considerar las particularidades del contexto en que se pretende desarrollar y, adoptar las consecuentes acciones docentes para favorecer su integración curricular. En el contexto de

las materias científicas, la estrecha relación entre los procesos asociados al pensamiento científico (indagación, argumentación, modelización...) y las destrezas críticas (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018), vendría a defender la enseñanza del PC considerando su integración en la enseñanza de los procedimientos de la ciencia para *aprender a hacer ciencia*, así como para *aprender sobre ciencia* desde un enfoque reflexivo (Abd-El-Khalick, 2013; Hodson, 2014, OECD, 2019; Yacoubian, 2015), lo cual ayudaría a su reconocimiento y desarrollo curricular.

Así pues, promover las competencias para enseñar el PC en base al CdC y, por tanto, considerándolo un contenido más a desarrollar en ciencias, permitiría, por una parte, que el profesorado le otorgara un mayor valor dentro de la materia (más allá de su carácter transversal) y, por tanto, justificar su planificación didáctica; y, por otra parte, recurrir a los modelos teóricos del CdC para guiar de manera fundamentada el diseño y desarrollo de la formación profesional docente para la enseñanza del PC. Además, considerar el PC como un contenido curricular de ciencias que planificar bajo las directrices del CdC ayudaría a reconocer sus vínculos con la actividad científica (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018; Saido et al., 2018; Schmaltz et al., 2017), lo que, además, propiciaría la comprensión de la NdC (Khishfe, 2012; McDonald y McRobbie, 2012; Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018) y la alfabetización científica de los individuos (Vieira et al., 2011; Hodson, 2014; Yacoubian, 2015; Yacoubian y Khishfe, 2018).

En base a los aspectos comentados, en el presente estudio se adoptó la propuesta de conceptualización del CdC de Magnusson et al. (1999) y la ReCo (Loughran et al., 2004, 2012) para dirigir la mejora de las competencias profesionales docentes, tanto para la enseñanza de la NdC como del PC. En el caso particular de este estudio, esta conceptualización se empleó para construir el CdC de docentes en sus etapas iniciales de formación universitaria, promoviendo la reflexión sobre la planificación didáctica de contenidos sobre la NdC y el PC en ciencias. Esta perspectiva haría referencia al CPET del modelo de consenso del CdC (Figura 2) y representaría el conocimiento sobre la acción docente (*knowledge-on-action*), previo a la práctica en el aula. Siguiendo este modelo de consenso, que evidencia diferentes variables en el desarrollo del CdC, se consideró, además, el estudio del conocimiento sobre los contenidos (NdC y PC) y las creencias docentes, al ser notables obstáculos en su construcción, como se resalta en las siguientes líneas.

Por un lado, el conocimiento sobre los contenidos se presenta como un conocimiento básico profesional docente para organizar y presentar su enseñanza (Figura 2). En el contexto de la enseñanza de la NdC y del PC, este conocimiento base cobra especial importancia al

tratarse de contenidos considerados como novedosos para el profesorado (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; Aliakbari y Sadeghdaghighi, 2013; Kötter y Hammann, 2017) y sobre los que sostiene una visión y desarrollo inadecuados (Akgun y Duruk, 2016; Cofré et al., 2019; García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2016; García-Carmona et al., 2011; Qing et al., 2010). Este hecho, además, se ve reforzado por las recomendaciones de estudios y programas de formación de docentes en torno a la NdC y al PC que abogan por mejorar, en primer lugar, los conocimientos sobre los contenidos y, después, trabajar explícitamente su planificación didáctica y enseñanza (Demirdöğen et al., 2016; Kadir, 2017; Mesci, 2020; Schwartz y Lederman, 2002). De hecho, en recientes modelos del CdC sobre el PC (Kadir, 2017) y la NdC (Mesci et al., 2020), el conocimiento sobre ambos se destaca como un elemento importante a considerar en su promoción.

No obstante, cabe destacar que, a pesar de que un conocimiento adecuado sobre la NdC y el PC es fundamental para su enseñanza, no es suficiente para su eficaz traslado al aula, es decir, de manera explícita, reflexiva y con enfoques didácticos adecuados. En este sentido, Broadbear (2003) sostiene que, a pesar de que el profesorado pueda disponer de información en profundidad sobre el PC, desconoce cómo enseñarlo e integrarlo en el aprendizaje del alumnado. Del mismo modo, en relación, a la NdC, Demirdöğen et al. (2016) mostraron cómo la mejora de la visión sobre la NdC de una muestra de docentes en formación inicial no se tradujo en su integración explícita en las planificaciones de aula. De nuevo, esto incide en la importancia de complementar esta formación junto con la de una enseñanza explícita sobre el tratamiento educativo de la NdC y del PC en los contenidos de la materia. Así, el desarrollo profesional docente debe procurar la promoción de competencias para justificar y abordar contenidos sobre la NdC y el PC en el aula de ciencias mediante estrategias activas que promuevan su enseñanza reflexiva y explícita a través de actividades basadas en la indagación, la historia de la ciencia, controversias sociocientíficas o la argumentación (Abrami et al., 2015; Acevedo, 2009b; Aliakbari y Sadeghdaghighi, 2013; Bailin, 2002; Bilican et al., 2012; Solbes-Matarredona y Torres-Merchán, 2013; Supprakob et al., 2016; Vieira et al., 2011).

Por otro lado, otro aspecto a destacar en la promoción del CdC es el relativo a las propias creencias del profesorado. Las creencias docentes influyen en su comportamiento en el aula (Bandura, 1977) y son la clave de su motivación para producir cambios en sus actuaciones (Khader, 2012). Concretamente, las creencias de autoeficacia han sido introducidas explícitamente en los modelos del CdC, bien como elementos constituyentes del mismo (Park y Oliver, 2008) o como mediadores de su desarrollo (Gess-Newsome, 2015). Las percepciones de autoeficacia se refieren a las creencias que sostiene el profesorado en relación a su capacidad

para desarrollar una enseñanza eficaz en el aula y, por tanto, a sus niveles de seguridad y confianza como profesionales docentes. Concretamente, en relación a los constructos que nos ocupan (NdC y PC), algunos estudios presentan las preocupaciones del profesorado sobre sus propios sentimientos de inseguridad a la hora de enseñar habilidades del PC (Aliakbari y Sadeghdaghighi, 2013), así como ideas sobre la NdC (Bartholomew et al., 2004; Demirdöğen et al., 2016), lo que merma su actuación en el aula, mientras que, otros, ponen énfasis en las relaciones entre la autoeficacia y el dominio en la enseñanza del PC (Choy y Cheah, 2009) y la NdC (Mesci y Schwartz, 2017).

Del mismo modo, otras creencias relacionadas con la importancia otorgada a la planificación de la actuación docente (p.ej. importancia de considerar los conocimientos previos del alumnado para dirigir la enseñanza) (Nilsson y Loughran, 2012) y con la influencia de una enseñanza eficaz en los resultados de aprendizaje (expectativa de resultados) (Enochs y Riggs, 1990; Deniz y Akerson, 2013; Lumpe et al., 2012) también han sido objeto de estudio en la formación profesional de docentes. Así, en Choy y Cheah (2009) se presenta cómo el profesorado percibe la importancia de su papel como guía, mediador y facilitador de espacios para animar a su alumnado a practicar el PC de manera más eficaz. Respecto a la NdC, Bartholomew et al. (2004) mostraron la especial preocupación de docentes por desarrollar una enseñanza centrada en el estudiante, orientada a entablar un discurso dialógico con el alumnado y promover, así, su aprendizaje sobre la NdC. Del mismo modo, otros trabajos (Aliakbari y Sadeghdaghighi, 2013; Bartholomew et al., 2004; Khalid et al., 2021; Solbes-Matarredona y Torres-Merchán, 2013; Wahbeh y Abd-El-Khalick, 2014) también ponen de manifiesto los reclamos del profesorado por mejorar su formación profesional para establecer las metas de la NdC y del PC en la educación científica, desarrollar estrategias para visibilizar las concepciones del estudiantado sobre ambos constructos, así como enseñar y evaluar la NdC y el PC. Todas estas preocupaciones reflejan el valor que conceden a los diversos procesos implicados en su proceso de enseñanza y aprendizaje.

Por tanto, todos estos aspectos destacados evidencian que una implementación eficaz de la NdC y del PC en ciencias no es un proceso sencillo, sino fruto de una enseñanza amplia a lo largo de la formación docente, mediante el fomento de los múltiples elementos que condicionan el desarrollo óptimo del CdC.

Junto a estas consideraciones, en línea con las aportaciones del modelo de consenso refinado del CdC (Carlosn y Daehler, 2019), la construcción del CdC sobre la NdC y el PC del futuro profesorado abordado en este trabajo de investigación, también se basó en la reflexión, tanto compartida como personal, sobre la planificación didáctica de la NdC y el PC. Así pues,

por un lado, considera la importancia de contemplar espacios para compartir ideas sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje de la NdC y el PC (CdC colectivo) y, así, contribuir a la retroalimentación y construcción del CdC personal de cada docente. Por otro lado, promueve la autorreflexión sobre las capacidades para planificar y desarrollar actuaciones en el aula de ciencias en torno a la NdC y al PC, que tan importante es para despertar la necesidad de mejorar las propias competencias y, en consecuencia, los resultados de aprendizaje del alumnado.

Así, la Figura 4 presenta el modelo teórico del CdC sobre la NdC y el PC seguido para guiar el diseño de la propuesta formativa dirigida a promover las competencias de docentes en formación inicial para enseñar la NdC y el PC en ciencias. Su diseño sigue las recomendaciones de la literatura para orientar la formación profesional del profesorado recién comentadas, y recoge las variables del CdC objeto de estudio de la Tesis Doctoral (resaltadas en gris).

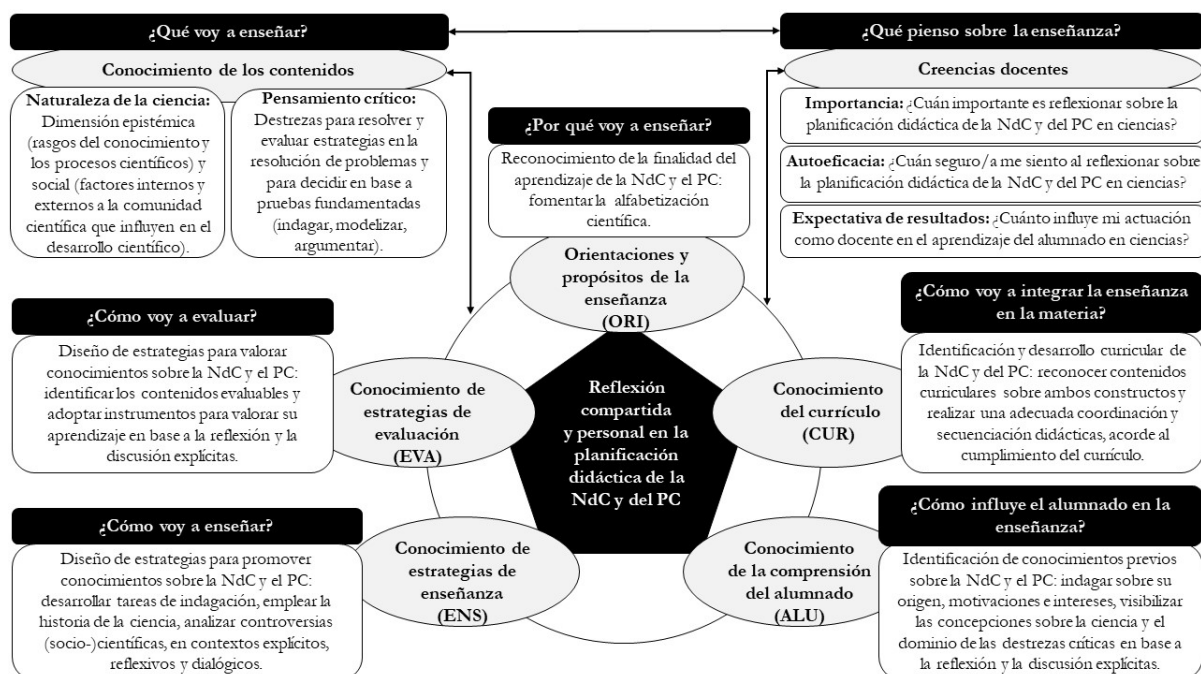


Figura 4. Modelo teórico del CdC sobre la NdC y el PC elaborado para guiar el diseño de la propuesta de formación inicial de docentes. Fuente: elaboración propia

En primer lugar, se destaca que este modelo teórico ofrece una imagen simplificada del CdC, a fin de resaltar las convergencias en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la NdC y del PC, y de iniciar al futuro profesorado en su tratamiento educativo en contextos científicos. Así pues, a pesar de que el CdC representa el conocimiento especializado para enseñar un determinado contenido, este marco muestra una visión sintética sobre cómo es posible abordar la planificación de la enseñanza de la NdC y del PC de manera conjunta en ciencias. Con ello, se pretende ofrecer una vía de actuación para reconocer que, mediante propuestas de aula sustentadas en similares principios didácticos, es posible enseñar sobre la NdC y el PC.

En segundo lugar, representa distintos elementos interrelacionados del CdC, enmarcados en preguntas reflexivas que atienden a los elementos evaluables de la planificación didáctica, según las directrices de la ReCo de Nilsson y Loughran (2012). Entre ellos, considera el conocimiento sobre los contenidos como un elemento que influye en la planificación de la enseñanza de la NdC y del PC. Siguiendo las actuales demandas educativas, este modelo aboga por ofrecer una visión amplia de la ciencia y, por tanto, de su dimensión epistemológica y sociológica (Cañal et al., 2016; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2019), y una batería sintética de destrezas críticas, que busca facilitar su aplicación en variados contextos cotidianos y educativos (Forawi, 2016; Halpern, 2014). Además, también integra las creencias sobre la importancia, autoeficacia y expectativa de resultados, en torno a la enseñanza de las ciencias, la NdC y el PC, esenciales para su buen abordaje y promover actitudes positivas hacia su integración en el aula de ciencias (Aliakbari y Sadeghdaghighi, 2013; Demirdöğen et al., 2016; Mesci, 2020; Mesci et al., 2020; Mesci y Schwartz, 2017).

En tercer lugar, el modelo señala algunos aspectos comunes en la planificación didáctica de la NdC y el PC, representada por los cinco conocimientos del CdC sugeridos por Magnusson et al. (1999). Estas similitudes emanan de la propia naturaleza de ambos constructos, pues la NdC hace referencia a la fundamentación epistémica y social de los procesos implicados en la construcción y validación del conocimiento científico, procesos en los que las destrezas del PC entran en juego. Por ello, proponemos que esta sinergia puede ser empleada para facilitar al futuro profesorado la consideración conjunta de la NdC y del PC en la enseñanza de las ciencias.

Así pues, respecto al conocimiento sobre las orientaciones y propósitos de la enseñanza, su papel como pilares fundamentales de la alfabetización científica (Howell y Brossard, 2021; OECD, 2019), hacen que la NdC y el PC se identifiquen como esenciales para el fomento de las competencias científicas y la formación íntegra de la ciudadanía. Para ello, se requiere incidir en la importancia de ambos elementos para conocer y comprender nuestro entorno, participar en asuntos científicos de alcance social, cuestionar los avances científico-tecnológicos, así como para comprender las características y el desarrollo adecuado de los procesos que han derivado en la construcción del conocimiento científico (OECD, 2019; Yacoubian, 2015; Yacoubian y Khishfe, 2018)

En línea con el anterior, el conocimiento del currículo implica saber identificar y desarrollar de manera explícita los elementos curriculares en relación a la enseñanza de la NdC y del PC. La consecución de las metas de la educación científica requiere la adopción de una serie de enfoques didácticos activos y dialógicos (como se comenta más adelante) que, sin una

adecuada formación docente, planificación didáctica y el apoyo de los centros educativos, tanto a nivel de valores como de recursos, podría mermar el adecuado desarrollo del currículo (Abril et al., 2014; Acevedo, 2009b; Khalid et al., 2021; Solbes-Matarredona y Torres-Merchán, 2013; Wahbeh y Abd-El-Khalick, 2014). Siguiendo con las dificultades asociadas al desarrollo curricular sobre la NdC y el PC, también cabe considerar las variadas conceptualizaciones en torno a estos dos constructos, que limitan su adecuada comprensión y la identificación de los contenidos objeto de enseñanza a lo largo de la educación formal y, por ende, su transposición y valoración didácticas (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; Kampourakis, 2016; Kötter y Hammann, 2016; Forawi, 2016; Yacoubian y Khishfe, 2018)

En relación al conocimiento de la comprensión del alumnado, se destaca que es posible identificar relaciones entre las visiones sobre la NdC y las habilidades críticas. Así, Khishfe (2012) muestra cómo una visión distorsionada sobre la NdC (p. ej. sobre la naturaleza empírica de la ciencia) puede influir en el desarrollo de destrezas argumentativas (en este caso, argumentar en base a evidencias científicas contrastadas). Estas correlaciones entre las visiones sobre la NdC y el dominio de determinadas destrezas del PC vienen a justificar métodos comunes para hacer explícitos los conocimientos previos sobre ambas, por ejemplo, a través de test escritos de conocimientos previos o la realización expresa de preguntas, que inviten a la discusión sobre contenidos explícitos de la NdC y los procedimientos de la ciencia, vinculados al PC (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018), en torno a cuestiones científicas que implican la construcción de conocimiento científico (Demirdöğen et al., 2016; Supprakob et al., 2016).

Por otra parte, promover una comprensión adecuada sobre la NdC y fomentar el PC requiere un conocimiento sobre métodos de enseñanza basados en la indagación y en la organización de debates orientados a la argumentación dialógica (Abrami et al., 2015; Acevedo-Díaz, 2010; Cañal et al., 2016; Romero-Ariza, 2017). Estos procesos de la ciencia (indagación, argumentación) están estrechamente vinculados al PC y, por tanto, promueven el desarrollo de sus destrezas, disposiciones y/o motivaciones (Halpern, 2014; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2018). Además, estos enfoques didácticos han mostrado su utilidad para mostrar visiones adecuadas sobre la ciencia y emplear el PC en variados contextos, tanto de laboratorio (Abrami et al., 2015; Cañal et al., 2016; Yacoubian y BouJaoude, 2010; Zoller y Pushkin, 2007), como de la historia de la ciencia (Archila, 2015; Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2017; McComas, 2011) y de controversias sociocientíficas (García-Carmona, 2021; Solbes, 2012; Yacoubian y Khishfe, 2018). Al respecto, la literatura especializada recomienda la integración conjunta de estas estrategias metodológicas para promover la construcción y

justificación del conocimiento científico en contextos auténticos e históricos, mitigando los inconvenientes de cada una y potenciando sus ventajas educativas (Abd-El-Khalick, 2013; Allchin et al., 2014). Del mismo modo, la literatura especializada aboga por una enseñanza de la NdC y el PC explícita y reflexiva (Abd-El-Khalick, 2013; Barak et al., 2007; Marin y Halpern, 2011; Ozgelen et al., 2013), lo que refuerza la enseñanza integrada de la NdC y del PC, ya que el componente reflexivo en torno a la NdC invita a su análisis crítico (Yacoubian, 2015).

Por último, en cuanto al conocimiento de las estrategias de evaluación, para valorar el progreso de la NdC y del PC, la literatura recomienda una evaluación en base a la reflexión y la discusión (Abrami et al., 2015; Cañal et al., 2016; Marin y Halpern, 2011; Yacoubian y BouJaoude, 2010). Así pues, para la evaluación del aprendizaje sobre la NdC y el PC se podrían desarrollar estrategias aplicadas en la valoración inicial de los contenidos, por ejemplo, basadas en el desarrollo de tests y debates, así como aplicar otros instrumentos, como exámenes, portfolios o presentaciones, siempre y cuando exijan posicionarse ante determinadas ideas sobre la NdC, resolver problemas, responder en base a evidencias y/o tomar decisiones en torno a la temática científica en cuestión (Demirdöğen et al., 2016; Mesci, 2020; Ozgelen et al., 2013; Supprakob et al., 2016).

En resumen, a través del marco teórico del CdC sobre la NdC y el PC presentado, se defiende evitar mostrar una imagen independiente de la NdC y del PC y aprovechar la retroalimentación positiva entre ambos para promover su enseñanza conjunta. De este modo, considerar la enseñanza de la NdC en consonancia con los actuales enfoques didácticos y objetivos educativos, implicaría considerar implícitamente la enseñanza del PC. Esto conllevaría una planificación didáctica de ambos contenidos debidamente articulada en el aula de ciencias. En relación a este aspecto, el modelo enfatiza la implementación de la enseñanza de la NdC y del PC dentro de una temática científica y, por tanto, por guiar la construcción de sus respectivos CdC en dichos contextos. Con ello, además, se pretende ofrecer al profesorado en formación inicial una debida justificación de la inclusión de la NdC y del PC en el currículo de ciencias. De modo que, se pretende influir en sus orientaciones para enseñar sobre ambos elementos, evidenciar las variadas situaciones educativas, cotidianas y auténticas, en las que se pueden contextualizar, así como su papel en la adecuada comprensión de los contenidos científicos, con el objetivo de mostrar la funcionalidad de la NdC y el PC para la consecución de alfabetización científica.

3.2. Propuesta formativa para la enseñanza de la NdC y del PC

En este apartado se presentan los resultados relacionados con el O.E.2: Diseñar una propuesta formativa que promueva el CdC sobre la NdC y el PC de docentes en formación inicial.

Para introducir cambios de calidad en la educación científica, en este caso, dirigidos a mejorar la alfabetización científica mediante la promoción de la enseñanza de la NdC y del PC, resulta esencial que las propuestas formativas del profesorado estén respaldadas en evidencias sólidas derivadas de la investigación (Romero-Ariza, 2014). Así pues, siguiendo las etapas de la DBR en el contexto del presente estudio (Figura 3), se llevó a cabo la definición y el refinamiento de la propuesta formativa, cuyo diseño final se presenta en la Figura 5. En el apartado 3.4. se aborda la evaluación formativa cualitativa de su implementación. Los resultados de esta evaluación informaron sobre las direcciones de mejora y orientaron las modificaciones de aspectos de su diseño a fin de optimizar la presentación de los contenidos y su eficacia en promover las competencias docentes para la enseñanza de la NdC y del PC.

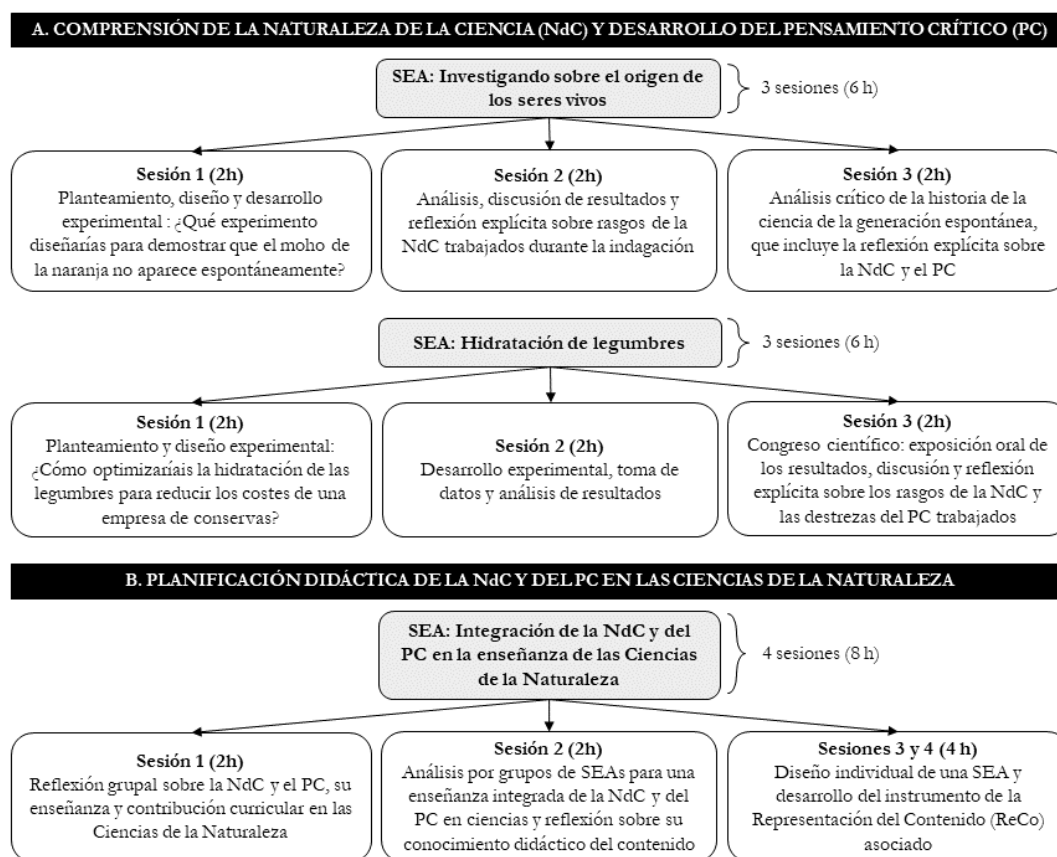


Figura 5. Diseño final de la propuesta de formación inicial de profesorado para la mejora de sus competencias profesionales para la enseñanza de la NdC y del PC en las Ciencias de la Naturaleza. Fuente: elaboración propia

A continuación, se describen las dos partes de la propuesta, diseñadas para su desarrollo a lo largo de 10 semanas (1 sesión/semana), en sesiones prácticas de 2 horas de duración.

3.2.1. Diseño de la parte A: Comprensión de la NdC y desarrollo del PC

La primera parte de la propuesta se diseñó para mejorar el conocimiento de la NdC y el PC, mediante dos Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (en adelante, SEAs), en sesiones prácticas de 2 horas consecutivas (6 horas cada SEA, 12 horas en total) (Figura 5).

La primera SEA, “Investigando sobre el origen de los seres vivos” (Anexo I) se contextualizó en la controversia científica de la teoría de la generación espontánea. Esta secuencia se caracterizó por integrar la indagación y la historia de la ciencia para experimentar la construcción y validación del conocimiento científico en situaciones cotidianas (Tabla 1, fase b) y analizar dichos procesos en contextos históricos (Tabla 1, fase c). La indagación de laboratorio sobre el origen del moho en naranjas podridas buscó promover conexiones entre las experiencias personales y las teorías científicas para provocar situaciones de conflicto cognitivo que motivaran a participar, comprender los rasgos de la ciencia y aplicar las destrezas críticas para su exitoso desarrollo (Clough, 2006; Li et al., 2020; Prayogi y Verawati, 2020).

Tabla 1. Fases de la SEA “Investigando sobre el origen de los seres vivos”

Fases	Propósito didáctico	Actividades y preguntas orientadoras	Metodología
a. Generar conflicto cognitivo	Evidenciar ideas previas sobre el origen de los seres vivos y la NdC.	Lectura de un pequeño texto y reflexión sobre la posición de Aristóteles a favor de la generación espontánea: <i>¿Por qué creéis que Aristóteles dio esa explicación? ¿Podrías formular otra hipótesis? ¿Creéis que actuó acorde al proceder científico? ¿Por qué se aceptó su explicación?</i>	Lluvia de ideas. Trabajo en pequeños grupos y puesta en común en gran grupo.
b. Reconstruir la historia de la ciencia	Promover la participación activa en la reconstrucción de la historia de la ciencia.	Diseño y desarrollo de un experimento para refutar la teoría de la generación espontánea: <i>¿Qué experimento diseñarías para demostrar que el moho de la naranja no aparece espontáneamente?</i>	Aprendizaje por indagación guiada en el laboratorio. Trabajo en pequeños grupos.
	Hacer explícitos los rasgos de la NdC trabajados durante la investigación y reflexionar sobre la validez de los resultados obtenidos.	Reflexión sobre la naturaleza de los procesos científicos, p.ej.: <i>¿Tus compañeros/as y tú distéis, inicialmente, la misma explicación a la aparición del moho? ¿Científicos/as competentes explican las observaciones de la misma forma? Si consideramos los resultados de todos los grupos, ¿estos serían más fiables?</i>	Análisis explícito y reflexivo. Trabajo en pequeños grupos y puesta en común en gran grupo.
c. Descubrir la historia de la ciencia	Concienciar sobre los factores que influyen en el desarrollo del conocimiento científico y analizar investigaciones.	Reflexión sobre las declaraciones y los experimentos de personalidades científicas implicadas en la controversia de la generación espontánea, por ejemplo: <i>¿Qué diferencias observáis entre los experimentos de Redi y van Helmont? ¿Por qué la idea sobre la Fuerza Vegetativa desvaloró a Spallanzani?</i>	Aprendizaje por indagación guiada a través del análisis crítico de la historia de la ciencia. Trabajo en pequeños grupos.
d. Consolidar	Reforzar la asimilación de los contenidos y de las metodológicas utilizadas.	Reflexión sobre cuestiones, p.ej.: <i>¿Por qué creéis que persistió tanto tiempo esta controversia? ¿Qué utilidad pensáis que tiene emplear la historia de la ciencia?</i>	Análisis explícito y reflexivo. Trabajo individual.

Como segunda SEA, se empleó una que ya había sido implementada en cursos anteriores en la asignatura “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I”. Para orientarla al propósito del presente estudio, esta SEA, titulada “Hidratación de legumbres” (Anexo II), fue modificada para incluir una enseñanza explícita y reflexiva sobre la NdC y el PC. Se diseñó en base al aprendizaje basado en la indagación para afrontar el reto de optimizar el proceso de hidratación de las legumbres (Tabla 2). Este contexto buscó motivar al profesorado en formación inicial para poner a prueba la veracidad de sus ideas previas, derivadas de la experiencia y del entorno familiar, sobre el proceso de hidratación de diferentes tipos de legumbres (lentejas, garbanzos, alubias), experimentando con variables como la presencia o ausencia de determinadas sustancias, y en diferentes cantidades, y la temperatura. Además, el desarrollo de una sesión expositiva en la fase final, simulando un congreso científico, perseguía poner a pruebas sus habilidades científicas y críticas. En ella, se integró la comunicación y discusión sobre el desarrollo adecuado de los procesos de la ciencia y sobre los rasgos de la NdC, de nuevo, en alusión al trabajo desempeñado en la SEA (Yacoubian y BouJaoude, 2010).

Tabla 2. Fases de la SEA “Hidratación de legumbres”

Fases	Propósito didáctico	Actividades y preguntas orientadoras	Metodología
a. Planteamiento y diseño experimental	Comprometer de manera activa y crítica en la tarea de investigación, mediante la discusión de ideas previas.	Presentación del contexto y de la pregunta de investigación, y diseño experimental: <i>Imaginad que trabajáis en una fábrica de legumbres para mejorar la producción y, así, los beneficios. Como grupo investigador se os encarga reducir el tiempo y los costes del paso de hidratación de legumbres, y el jefe solicitará los resultados. ¿Cómo podríais optimizar la hidratación de las legumbres?</i>	Aprendizaje por indagación guiada: formulación de hipótesis y diseño experimental. Trabajo en pequeños grupos.
b. Desarrollo experimental	Promover destrezas críticas implicadas en el contraste de hipótesis y la argumentación.	Desarrollo de un experimento para optimizar la hidratación de las legumbres, y reflexión, sobre cuestiones como: <i>¿Cómo podemos verificar que la optimización de la hidratación se debe a la variable seleccionada (T^a, sal...)? Antes de comunicar los resultados al jefe, ¿qué pruebas tenemos para apoyar nuestra conclusión?</i>	Aprendizaje por indagación guiada: experimentación en el laboratorio, recogida y análisis de datos. Trabajo en pequeños grupos.
c. Congreso científico	Promover habilidades críticas y la confianza en la comunicación científica.	Comunicación de los resultados y de las conclusiones, y puesta en común para discutir la idoneidad de los diseños experimentales, razonamientos y argumentos expuestos.	Aprendizaje por indagación guiada: comunicación y discusión. Trabajo en pequeño y gran grupo.
	Reflexionar sobre los procesos de la ciencia y los rasgos de la NdC implicados en la tarea.	Reflexión mediante cuestiones como las siguientes: <i>¿Los resultados de qué grupo os parecen más fiables? ¿Qué grupos han elaborado unos argumentos más sólidos? ¿Qué características de la ciencia pueden identificarse en esta tarea de indagación?</i>	Análisis explícito y reflexivo. Discusión en gran grupo.

3.2.2. Diseño de la parte B: Planificación didáctica de la NdC y del PC en las Ciencias de la Naturaleza

En la segunda parte de la propuesta, se desarrolló una tercera SEA, “Integración de la naturaleza de la ciencia y del pensamiento crítico en la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza” (Anexo III), compuesta por dos tareas, desarrolladas en una y dos sesiones de aula, respectivamente, tras una sesión previa de reflexión grupal (Figura 5). Todas las sesiones se diseñaron para una duración de 2 h. A lo largo de estas, se guió la reflexión sobre componentes del modelo teórico del CdC sobre NdC y PC diseñado (Figura 4), se empleó la ReCo (Nilsson y Loughran, 2012) para visibilizar y promover el CdC y se promovió la autorreflexión sobre las creencias referentes a los propios conocimientos y habilidades para planificar la enseñanza en torno a estos constructos en las Ciencias de la Naturaleza de Educación Primaria.

En primer lugar, la sesión de reflexión se diseñó, por un lado, para fomentar la discusión en gran grupo sobre los beneficios educativos de incluir la enseñanza de la NdC y del PC en las Ciencias de la Naturaleza. De esta manera, se pretendía atender al conocimiento sobre las orientaciones y los propósitos del aprendizaje de la NdC y del PC en ciencias, así como al conocimiento curricular, al aludir a su contribución a la competencia científica. Por otro lado, esta sesión tenía intención de incidir, de nuevo, en las ideas sobre la NdC y las destrezas del PC abordadas en la parte A de la propuesta, así como en las estrategias metodológicas empleadas (indagación, historia de la ciencia y controversias científicas), en alusión al conocimiento sobre los contenidos (NdC y PC) y a los métodos para su enseñanza, respectivamente. Con todo ello, además, se pretendía comenzar a influir en las creencias docentes para considerar la planificación didáctica expresa de la NdC y del PC (Bandura, 1977; Clough, 2018; Demirdöğen et al., 2016; Kadir, 2017).

Tras esta sesión, se planificó el trabajo en pequeños grupos para identificar los contenidos de un repositorio de SEAs, que mostraban la enseñanza de ideas sobre la NdC y de destrezas del PC junto a la de contenidos científicos (ver anexos IV y V). Como guía, se elaboraron dos listados, uno de ideas sobre la NdC y, otro, de destrezas del PC (Tabla 3), de los que debían extraerse aquellas trabajadas en cada SEA. Las ideas sobre la NdC fueron redactadas según Cañal et al. (2019), en línea con la taxonomía holística sobre la ciencia (Manassero et al., 2001; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2019). Por su parte, las destrezas críticas se adaptaron de Halpern (1998, 2014), resaltando su categorización en distintos procesos científicos. En esta tarea también se promovió la reflexión didáctica de la NdC y el PC mediante la discusión en torno a cuestiones de la ReCo (ver Anexo III).

Tabla 3. Listados de ideas sobre la NdC y de destrezas del PC facilitados en la SEA “Integración de la naturaleza de la ciencia y del pensamiento crítico en la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza”

Categoría	Idea sobre la NdC	Categoría	Destreza del PC
Finalidad de la Ciencia	Los/as científicos/as observan, identifican un problema, proponen una explicación/solución y la comprueban.	Comprobación de hipótesis	Aplicar adecuadamente el control de las variables.
	Para que el conocimiento científico sea válido no basta con un experimento.		Definir adecuadamente el tamaño de la muestra y del muestreo imparcial para poder generalizar.
	Las leyes describen las relaciones de los fenómenos naturales, normalmente en ecuaciones matemáticas.		Describir la relación entre variables mediante causa-efecto o correlación.
Procesos científicos	Las teorías proponen explicaciones a las relaciones entre los fenómenos naturales.	Argumentación	Justificar con fundamento. ideas y conclusiones.
	No existe un solo método para investigar.		Identificar los componentes de un argumento.
	Los/as científicos/as observan cuidadosamente la naturaleza y realizan interpretaciones (inferencias).		Diferenciar entre opiniones y argumentos.
	Para representar y explicar el comportamiento y funcionamiento de fenómenos y sistemas, los/as científicos/as elaboran representaciones de estos (modelos).		Evaluar la fortaleza de los argumentos, según la calidad y cantidad de pruebas.
	Para mejorar la comprensión de la naturaleza, los/as científicos/as elaboran esquemas, en base a rasgos comunes.		Evaluar las fuentes de información.
Carácter evolutivo de la ciencia	El conocimiento científico puede cambiar ante nuevas informaciones.	Toma de decisiones	Considerar puntos a favor y en contra, o alternativas, de un asunto para posicionarse.
	El conocimiento científico es limitado, pero es el mejor para entender el mundo natural.		
La ciencia como actividad humana	El conocimiento científico actual se lo debemos a científicos/as que han estudiado cómo funcionan los fenómenos naturales desde hace mucho tiempo.	Modelización	Realizar sencillas analogías para representar ideas sobre fenómenos mediante modelos.
Relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad	La ciencia y la tecnología influyen en el progreso de la sociedad, y las circunstancias socioculturales y económicas influyen en el desarrollo de la ciencia y la tecnología.	Categorización	Identificar patrones y definir criterios que deriven en clasificaciones próximas a las de la ciencia.
Construcción social del conocimiento científico	La mayoría de los/as científicos/as cooperan y compiten en sus explicaciones.	Metacognición	Planificar, verificar y evaluar decisiones y razonamientos durante las tareas.
	Los/as científicos/as pueden diferir en sus interpretaciones, debaten y deben llegar a acuerdos.		
Características de los/as científicos/as	Mujeres y hombres de todas las culturas y países son científicos/as de profesión.		
	Los/as científicos/as no son personas aisladas, tristes y solitarias.		
	Es importante la objetividad, la creatividad y la mentalidad abierta en ciencia.		

Las SEAs incluidas en el repositorio se diseñaron para mostrar la enseñanza explícita y reflexiva de la NdC y del PC en contextos científicos, con la finalidad de poder contribuir al sistema de creencias docentes de autoeficacia para abordar su enseñanza. Así, por ejemplo, la SEA diseñada para el primer ciclo de Educación Primaria, titulada “¿Quién soy?” (ver Anexo IV), se basa en la literatura infantil, recomendada por Akerson et al. (2019) para enseñar rasgos clave de la NdC. Esta SEA ilustra la enseñanza conjunta de contenidos científicos sobre la identificación de características comunes de los seres vivos que permiten clasificarlos en especies, de ideas sobre la NdC relacionadas con el papel de los esquemas de clasificación y las características de los científicos y las científicas, y de destrezas del PC para categorizar y justificar de manera fundamentada ideas y conclusiones.

Además, en relación al PC, para aquellas SEAs que incluían destrezas relacionadas con la argumentación y la toma de decisiones, se incluyó material adicional para guiar el desempeño de dichas destrezas por parte del alumnado de Educación Primaria (Anexo VI).

Por último, como última tarea de la SEA, se solicitó la elaboración individual de una SEA que integrara, al menos, un contenido científico (extraído del currículo educativo vigente), una idea sobre la NdC y una destreza del PC (estas dos últimas a elegir del listado de la Tabla 3), así como el desarrollo de la ReCo asociada a la misma. Dicha ReCo fue elaborada según la propuesta de Nilsson y Loughran (2012), con el fin de promover la reflexión sobre la planificación didáctica de los tres contenidos seleccionados (científicos, NdC, PC), así como sobre las propias creencias docentes para valorar los aspectos implicados en dicha planificación y cumplimentarla con éxito (ver más detalles en el subapartado 3.3).

Para finalizar, con el fin de resumir el diseño de la propuesta formativa (Figura 5), se indican sus principales características, fruto de los principios extraídos de la literatura especializada y de la evaluación realizada durante los ciclos de desarrollo y pilotaje de la propuesta (Figura 3):

- Se basa en el marco del CdC, basado en las aportaciones de Magnusson et al. (1999), de la ReCo (Nilsson y Loughran, 2012), del modelo de consenso del CdC (Gess-Newsome, 2015) y de su posterior modelo de consenso refinado (Carlson y Daehler, 2019) para promover y guiar la planificación didáctica de la NdC y del PC en ciencias, en la formación inicial de profesorado.
- Se estructura en dos grandes partes enfocadas, en primer lugar, a mejorar la comprensión de la NdC y el desarrollo del PC (parte A) y, posteriormente, a fomentar

la planificación de la enseñanza de la NdC y del PC en contextos científicos (parte B) (Broadbear, 2003; Demirdöğen et al., 2016).

- Se enmarca en particulares conceptualizaciones sobre la NdC y el PC para ofrecer una visión clara sobre la definición y los componentes de ambos constructos. En relación a la NdC, se sigue la taxonomía para las actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología (Manassero et al., 2001; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2019), que atiende a una imagen amplia de su epistemología y sociología (Allchin, 2011) y a los contenidos del Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (COCTS). Respecto al PC, se adoptó la taxonomía de Halpern (2014), que ofrece una imagen sintética de las múltiples destrezas que lo integran, y un test de evaluación para reconocer y aplicar las destrezas críticas en situaciones cotidianas (Halpern, 2010).
- Se fundamenta en el enfoque motivacional para trabajar la dimensión afectiva del PC e impulsar el empleo de sus destrezas (Valenzuela et al., 2014). Así, el diseño de la propuesta propone guiar la aplicación del PC para mejorar las expectativas de eficacia en su desempeño, así como valorar su utilidad. Acorde a este enfoque, Valenzuela (2007) desarrolló una escala motivacional para su evaluación.
- Ofrece un andamiaje continuo durante la enseñanza de la NdC y del PC, a través de variados contextos de indagación auténticos cotidianos e históricos, desde un enfoque explícito, reflexivo (Abd-El-Khalick, 2013; Allchin et al., 2014; Marin y Halpern, 2011) y socio-constructivista (Abrami et al., 2015; Ozgelen et al., 2013), es decir, procurando la discusión expresa sobre la NdC y el PC, en pequeño y gran grupo.
- Ofrece una enseñanza explícita, reflexiva y contextualizada del CdC sobre la NdC y el PC, a través de la ReCo y del análisis y diseño de SEAs que integran la enseñanza de contenidos sobre la NdC y el PC en ciencias (Mesci, 2020; Nilsson y Loughran, 2012).
- Propone la construcción del CdC de manera cooperativa e individual, siguiendo su naturaleza colectiva y personal (Carlson y Daehler, 2019).
- Propone influir en las creencias docentes para favorecer el CdC sobre la NdC y el PC a través de la mejora de la comprensión conceptual y el aprendizaje activo, colaborativo y por modelado (Deniz y Akerson, 2013; Faikhamta, 2013; Menon y Sadler, 2018; Nilsson y Loughran, 2012; Palmer, 2006). Para ello, visibiliza la NdC y el PC en experiencias cotidianas y en el currículo educativo, promueve la discusión sobre la NdC, el PC y su planificación didáctica, e ilustra su enseñanza en SEAs dirigidas a estudiantes de Educación Primaria.

3.3. Instrumentos de evaluación del efecto de la propuesta formativa

El presente apartado muestra los resultados relacionados con el O.E.3: Definir instrumentos para evaluar el efecto de la propuesta formativa en la promoción del CdC sobre la NdC y el PC de docentes en formación inicial.

Para obtener una imagen amplia del CdC sobre la NdC y el PC (Figura 4) del profesorado en formación inicial, que permitiera valorar la eficacia de la propuesta, se concretaron una serie de instrumentos dirigidos a valorar (1) el progreso en la comprensión y desarrollo de los contenidos (NdC y PC), (2) los conocimientos para planificar su enseñanza en las Ciencias de la Naturaleza, y (3) las creencias docentes.

Primero, para evaluar el progreso en la comprensión de la NdC y en las destrezas y motivaciones del PC, se elaboró un instrumento cuantitativo (Anexo VII) formado por aspectos evaluables extraídos de distintos cuestionarios validados: el COCTS, el test de Halpern y la Escala Motivacional de PC (Tabla 4). Este se aplicó un mes y medio antes (pretest) y después (postest) de la propuesta, respectivamente, en los grupos control y experimental.

Tabla 4. Aspectos evaluables del instrumento empleado para valorar la eficacia de la propuesta formativa en la mejora de la comprensión de la NdC y del PC

Naturaleza de la Ciencia – COCTS (Manassero et al., 2001)		
Tema	Subtema	Ítem
Definición	Ciencia	10113
Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia/Tecnología	Influencia general	20821
Características de los científicos	Motivaciones	60111
	Valores y estándares	60211
Construcción social del conocimiento científico	Decisiones científicas: desacuerdos en ciencia y aceptación de nuevas teorías científicas	70211 y 70221
	Competencia profesional	70411
	Naturaleza del conocimiento científico	Observaciones
	Provisionalidad	90411
	Papel de los errores en la ciencia	90651
Dimensión cognitiva del PC - Test de Halpern (2010)		
Categoría	Destrezas	Situación
Comprobación de hipótesis	Diferenciar correlación y causa-efecto	S1
	Evaluar la información y evaluación convergente	S2
	Evaluar la toma de datos y realización de generalizaciones	S3
Análisis de argumentos	Diferenciar información contrastada y opiniones	S4
	Evaluar la conexión entre pruebas y conclusiones	S5
	Evaluar la validez de las pruebas	S11
	Reconocer componentes clave de los argumentos: prueba, conclusión, contraargumento	S12 y S13
	Identificar falacias	S14
	Diferenciar opiniones, argumentos y hechos	S15
Dimensión motivacional del PC - Escala Motivacional de PC (Valenzuela, 2007)		
Componente	Subcomponentes	
Expectativa	-	
Valor	Importancia, utilidad, interés, costo	

La categoría de análisis de argumentos solo se evaluó en el segundo ciclo, dado el potencial observado en la propuesta para trabajar la argumentación en torno a los procesos de construcción del conocimiento científico, como se comenta en el subapartado 3.4.

A continuación, se ofrece una breve descripción de los cuestionarios de los que fueron extraídos los elementos evaluables del instrumento elaborado (Tabla 4).

Para evaluar la comprensión de la NdC se empleó el COCTS, la versión española adaptada del *Views on Science, Technology and Society* (VOSTS) (Aikenhead y Ryan, 1992) y del *Teacher's Belief about Science-Technology-Society* (TBA-STs) (Rubba y Harkness, 1993). Cada ítem introducía el tema de la NdC en cuestión, seguido de un número variante de frases que aludían a variadas posturas al respecto. Para cada una, se solicitó valorar el grado de acuerdo en la escala de tipo Likert 1-9 (ver Tabla 5). Estas puntuaciones se transformaron en índices normalizados (-1 a 1) con una métrica cuantitativa, según las categorías establecidas para cada frase (adecuada, plausible e ingenua) por un panel de jueces expertos. También se ofreció la posibilidad de no valorar las frases, indicando: “No se lo suficiente sobre el tema” o “No entiendo la cuestión” (Manassero et al., 2001; Vázquez-Alonso et al., 2013).

Tabla 5. Ejemplos de ítems del COCTS empleados para evaluar el progreso en la comprensión de la NdC. A la derecha se muestra la categoría establecida por los jueces expertos para las frases de cada ítem

Epistemología: 90111. Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías.	
A. Sí, porque los científicos harán experimentos diferentes y verán cosas distintas.	a
B. Sí, porque los científicos pensarán de manera diferente y esto alterará sus observaciones.	a
C. Las observaciones científicas no diferirán mucho aunque los científicos creen en teorías diferentes. Si éstos son realmente competentes sus observaciones serán similares.	i
D. No, porque las observaciones son tan exactas como sea posible. Así es como la ciencia ha sido capaz de avanzar.	i
E. No, las observaciones son exactamente lo que vemos y nada más; son los hechos.	i
Sociología: 60111. La mayoría de los científicos están motivados para esforzarse mucho en su trabajo. La razón PRINCIPAL de su motivación personal para hacer ciencia es:	
A. ganar reconocimiento, ya que de lo contrario su trabajo no se aceptaría.	a
B. ganar dinero, porque la sociedad presiona a los científicos a esforzarse por recompensas económicas.	i
C. adquirir un poco de fama, dinero y poder, porque los científicos son como todos los demás.	p
D. satisfacer su curiosidad sobre el mundo natural, porque les gusta aprender más y resolver los misterios del universo físico y biológico.	p
E. resolver curiosos problemas para conocimiento personal Y descubrir nuevas ideas o inventar cosas para beneficio de la sociedad (por ejemplo, remedios médicos, soluciones a la contaminación, etc.). Todo esto junto representa la principal motivación de la mayoría de los científicos.	p
F. inventar y descubrir nuevas cosas, desinteresadamente, para la ciencia y la tecnología.	i
G. descubrir nuevas ideas o inventar cosas para beneficio de la sociedad (por ejemplo, remedios médicos, soluciones a la contaminación, etc.).	i
H. No es posible generalizar porque la motivación principal de los científicos varía de uno a otro.	a

Nota: a=apropiada; p=plausible; i=ingenua.

Las destrezas del PC se evaluaron a través de la versión validada en español del test de Halpern (Nieto et al., 2009). Concretamente, se recurrió al formato de elección forzada para analizar el progreso en las destrezas bajo evaluación. En este, una vez presentada la situación, contextualizada en un escenario de la vida cotidiana, se planteaba una pregunta de opción forzada, por ejemplo, de opción múltiple, clasificación o calificación de alternativas (ver ejemplo en Tabla 6).

Tabla 6. Ejemplos de situaciones del test de Halpern (2010) empleadas para evaluar el progreso en las destrezas del PC

Comprobación de hipótesis: S1. Un informe reciente aparecido en una revista para padres y profesores muestra que los adolescentes que fuman suelen obtener peores calificaciones en clase. A medida que aumenta el número de cigarrillos por día, disminuye el promedio de las calificaciones. Una sugerencia que hace el informe es que podríamos mejorar el rendimiento escolar evitando el consumo de tabaco entre los adolescentes.

Basándonos en esta información, ¿cuál de las siguientes frases consideras la mejor respuesta? Escoge SOLO una escribiendo X en el paréntesis.

- () 1. Las calificaciones probablemente mejoren si evitamos que los adolescentes fumen, porque la investigación informa que cuando se incrementa el consumo de cigarrillos las calificaciones bajan.
 - () 2. Es posible que las calificaciones mejoren si evitamos que los adolescentes fumen, pero no podemos estar seguros, pues solo conocemos que éstas disminuyen cuando aumenta el consumo de cigarrillos, pero no sabemos qué pasa cuando el consumo disminuye.
 - () 3. No hay forma de saber si las calificaciones mejorarán si evitamos que los adolescentes fumen, pues solo conocemos que fumar y las calificaciones están relacionados, pero no sabemos si fumar es la causa de que las calificaciones cambien.
 - () 4. Probablemente, evitar que los adolescentes fumen no influya en las calificaciones, porque la revista está escrita por padres y profesores, de manera que es probable que los resultados son consecuencia de que ellos estén en contra de que los adolescentes fumen.
-

Análisis de argumentos: S12. Hay muchas oportunidades para los especialistas en informática. La verdad es que deberías especializarte en esta ciencia. El trabajo es interesante, hay muchas posibilidades de empleo y los sueldos son buenos. Por supuesto, no es una buena especialidad si le temes a las matemáticas o te gusta trabajar al aire libre.

Para cada una de las siguientes afirmaciones, escribe en la casilla en blanco, si es una conclusión (C), una razón (R) o un contra-argumento (CA).

- () 1. Hay muchas oportunidades para los especialistas en informática.
 - () 2. La verdad es que deberías especializarte en esta ciencia.
 - () 3. El trabajo es interesante.
 - () 4. Los sueldos son buenos.
 - () 5. No es una buena especialidad si le temes a las matemáticas.
-

Respecto a la evaluación de la dimensión motivacional del PC, la escala de Valenzuela (2007) se sustenta en el modelo de Expectativa/Valor de Wigfield y Eccles (2000), para determinar el grado de motivación para pensar de manera crítica (Valenzuela et al., 2011). El primer componente corresponde a la expectativa de realizar una tarea de manera adecuada, y el segundo, al valor asignado a dicha tarea. Este último, comprende cuatro subcomponentes: importancia, utilidad, interés y costo. El primero de ellos corresponde a la importancia otorgada

a realizar bien una determinada tarea, y se asocia a la identidad e ideales de cada persona. El valor de utilidad se refiere a la medida en que una tarea encaja con los planes futuros de una persona. El valor de interés corresponde al disfrute de realizar la tarea. Finalmente, el valor de costo alude a cómo la decisión de comprometerse con una actividad limita el acceso o la posibilidad de realizar otras, por lo que explica su esfuerzo y coste emocional (Valenzuela et al., 2011). De modo que, este instrumento constaba de 19 frases, que aludían a los componentes anteriormente mencionados, las cuales debían ser valoradas en una escala Likert 1-6, según el menor o mayor grado de acuerdo, respectivamente (ver ejemplo en Tabla 7).

Tabla 7. Ejemplos de ítems extraídos de la escala motivacional de PC de Valenzuela (2007) para cada componente

Componente	Ejemplos de ítems
Expectativa	Cuando se trata de razonar correctamente, soy mejor que la mayoría de mis compañeros. Me siento capaz de comprender todo lo relacionado con pensar de manera rigurosa.
Valor: importancia	Para mi es importante aprender a razonar correctamente. Para mi es importante utilizar correctamente mis habilidades intelectuales.
Valor: utilidad	Pensar de manera crítica me servirá para ser un buen profesional. Pensar de manera rigurosa es útil para la vida cotidiana.
Valor: interés	Me gusta razonar bien, antes de decidir algo Me gusta aprender cosas que mejoran la calidad de mi pensamiento.
Valor: costo	Si tengo un problema que requiere razonar de manera crítica estoy dispuesto a sacrificar tiempo de otras actividades. Vale la pena invertir tiempo y esfuerzo para tener un pensamiento crítico.

En segundo lugar, para valorar los conocimientos sobre la planificación didáctica de la NdC y del PC según el modelo de CdC de Magnusson et al. (1999) (Figura 4), en la última sesión de la propuesta (Figura 5), se empleó la ReCo como instrumento de recogida de datos. Así, para corresponder la evaluación de la ReCo con la referente a los conocimientos docentes sobre la enseñanza la NdC y el PC, la Tabla 8 indica las relaciones establecidas entre, por un lado, las preguntas a abordar en el desarrollo de la ReCo, y por otro, los componentes del CdC.

Tabla 8. Relación entre las preguntas de la ReCo y los componentes del CdC según Magnusson et al. (1999)

Componente del CdC (código)	Preguntas de la ReCo
Orientaciones y propósitos de la enseñanza (ORI)	1. ¿Qué pretendes que aprenda el alumnado sobre estos contenidos? 2. ¿Por qué es importante para el alumnado aprender estos contenidos?
Conocimiento del currículo (CUR)	3. ¿Qué más debería saber el docente sobre estos contenidos (pero que no pretende que el alumnado conozca aún)? 4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones de enseñar estos contenidos?
Conocimiento de la comprensión del alumnado (ALU)	5. ¿Cuál es mi conocimiento de las ideas previas o habilidades del alumnado que pueden influir en la enseñanza de estos contenidos?
Conocimiento de estrategias de enseñanza (ENS)	6. ¿Cuáles son los métodos de enseñanza y la justificación de su empleo para enseñar estos contenidos?
Conocimiento de estrategias de evaluación (EVA)	7. ¿Cuáles son los métodos para evaluar la comprensión y desarrollo de estos contenidos?

En relación a la ReCo, concretamente, se empleó una adaptación de la propuesta por Nilsson y Loughran (2012), en la que se incluyó la reflexión explícita sobre la planificación de la enseñanza de ideas sobre la NdC y de destrezas del PC, además de la referente a la de los contenidos científicos (Tabla 9). Este instrumento fue cumplimentado por el profesorado en formación inicial partícipe de la propuesta de manera individual en la última sesión.

Tabla 9. ReCo adaptada de Nilsson y Loughran (2012) empleada como instrumento de recogida de datos

Ciclo educativo:	Contenido científico	Idea NdC	Destreza PC	¿Cuán importante es esta pregunta para planificar mi enseñanza?	¿Cuán seguro/a me siento al responder esta pregunta?
				1 (bajo)-10 (alto)	
1. ¿Qué pretendes que aprenda el alumnado sobre estos contenidos?					
2. ¿Por qué es importante para el alumnado aprender estos contenidos?					
3. ¿Qué más debería saber el docente sobre estos contenidos (pero que no pretende que el alumnado conozca aún)?					
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones de enseñar estos contenidos?					
5. ¿Cuál es mi conocimiento de las ideas previas o habilidades del alumnado que pueden influir en la enseñanza de estos contenidos?					
6. ¿Cuáles son los métodos de enseñanza y la justificación de su empleo para enseñar estos contenidos?					
7. ¿Cuáles son los métodos para evaluar la comprensión y desarrollo de estos contenidos?					

Para evaluar de manera cuantitativa las respuestas a cada cuestión de la ReCo, y, por ende, los conocimientos docentes a los que aludían de acuerdo al modelo del CdC de Magnusson et al. (1999) (Tabla 8), se diseñó una rúbrica (Tabla 10) con cuatro niveles de logro (deficiente, pobre, bueno, excelente), a los que se asoció una puntuación en la escala de 1 (deficiente) a 4 (excelente). Los indicadores asociados a cada nivel de logro se describieron en consonancia con la muestra a la que iba dirigida, caracterizada por una escasa o nula experiencia docente y que, nunca antes había reflexionado sobre la NdC ni el PC. Una vez diseñada, la rúbrica fue aplicada y refinada en tres rondas de análisis para asegurar una evaluación consensuada.

Tabla 10. Rúbrica diseñada y aplicada en el análisis de las ReCos

Pregunta ReCo	Excelente (4)	Bueno (3)	Pobre (2)	Deficiente (1)
1	Indica con claridad aspectos clave de los propósitos de la enseñanza de los contenidos.	Indica con claridad algún aspecto clave de los propósitos de la enseñanza de los contenidos.	Indica sin claridad aspectos clave de los propósitos de la enseñanza de los contenidos.	No indica los propósitos de la enseñanza de los contenidos o lo hace de manera errónea.
2	Indica con claridad aspectos clave de la importancia del aprendizaje de los contenidos.	Indica con claridad algún aspecto clave de la importancia del aprendizaje de los contenidos.	Indica sin claridad aspectos clave de la importancia del aprendizaje de los contenidos.	No indica la importancia de los contenidos o lo hace de manera errónea.
3	Indica con precisión y graduación aspectos de diferente dificultad de los contenidos.	Indica con precisión o graduación aspectos de diferente dificultad de los contenidos.	Indica sin precisión ni graduación aspectos de diferente dificultad de los contenidos.	No indica aspectos de diferente dificultad de los contenidos o lo hace de manera errónea.
4	Indica con claridad aspectos clave de las dificultades/limitaciones de la enseñanza los contenidos.	Indica con claridad algún aspecto clave de las dificultades/limitaciones de la enseñanza de los contenidos.	Indica sin claridad aspectos clave de las dificultades/limitaciones de la enseñanza de los contenidos.	No indica dificultades/limitaciones de la enseñanza de los contenidos o lo hace de manera errónea.
5	Indica con claridad aspectos esenciales de las concepciones/habilidades previas del alumnado.	Indica con claridad algún aspecto esencial de las concepciones/habilidades previas del alumnado.	Indica sin claridad aspectos esenciales de las concepciones/habilidades previas del alumnado.	No indica concepciones/habilidades previas del alumnado o lo hace de manera errónea.
6	Diseña estrategias de enseñanza orientadas al desarrollo de competencias científicas y justifica su empleo.	Diseña estrategias de enseñanza orientadas al desarrollo de competencias científicas.	Diseña estrategias de enseñanza basadas en la metodología tradicional.	No diseña estrategias de enseñanza para la comprensión de los contenidos o lo hace de manera errónea.
7	Diseña estrategias de evaluación y concreta los instrumentos y aspectos a valorar.	Diseña estrategias de evaluación y concreta los instrumentos o aspectos a valorar.	Diseña estrategias de evaluación sin concretar los instrumentos y aspectos a valorar.	No diseña estrategias de evaluación de los contenidos o lo hace de manera errónea.

En tercer lugar, para evaluar las creencias docentes se emplearon diferentes instrumentos.

Por un lado, aprovechando el diseño de la ReCo de Nilsson y Loughran (2012) (Tabla 9), se analizaron las valoraciones numéricas (1-10) otorgadas a cada pregunta de la ReCo por cada docente en relación a los constructos de importancia y seguridad. Estas iban dirigidas a promover la reflexión sobre las propias creencias docentes en torno a la importancia de cada uno de los conocimientos reflejados en cada cuestión para planificar la enseñanza de los contenidos, así como a la seguridad para darles una respuesta eficaz. Esta última, aludía a las percepciones de autoeficacia para planificar una enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza que incluyera la NdC y el PC.

Por otro lado, con el fin de profundizar en el análisis de las creencias docentes, en el segundo ciclo de desarrollo y pilotaje de la propuesta formativa, se aplicó el modelo B del cuestionario cuantitativo sobre creencias de eficacia en la enseñanza de las ciencias de Enochs

y Riggs (1990), dirigido al profesorado en formación inicial (STEBI-B) (ver Anexo VIII). Este cuestionario se aplicó como pretest y postest, y permitió conocer el progreso en sus percepciones de autoeficacia (creencias sobre la propia capacidad de abordar satisfactoriamente el proceso de enseñanza y aprendizaje) y sus expectativas de resultados (creencias sobre la influencia de la actuación docente en el aprendizaje del alumnado). Para cada una de sus 23 frases constituyentes, se requería una valoración sobre su grado de acuerdo en la escala Likert 1-5 (ver ejemplo en Tabla 11).

Tabla 11. Ejemplos de ítems extraídos del cuestionario sobre creencias de eficacia en la enseñanza de las ciencias (Enochs y Riggs, 1990) para cada componente

Componente	Ejemplos de ítems
Autoeficacia	<p>Encontraré dificultad para explicarles a los alumnos la razón del porqué trabajar con experimentos en ciencias.</p> <p>No sé si tendré las habilidades necesarias para enseñar ciencias.</p> <p>No sé qué hacer para despertar el interés de los estudiantes por la ciencia.</p>
Expectativa de resultados	<p>Cuando un estudiante va mejor de lo habitual en ciencias, a menudo se debe a que el profesor ha realizado un esfuerzo extra.</p> <p>El logro de los alumnos en ciencias está directamente relacionado con la eficacia del profesor en la enseñanza de las ciencias.</p> <p>Una inadecuada formación en ciencias de los estudiantes puede superarse con una buena enseñanza.</p>

Por último, para complementar el análisis cuantitativo a través de los instrumentos anteriormente comentados, se recurrió a las producciones escritas del futuro profesorado, fruto de su participación en las tareas propuestas a lo largo de la intervención didáctica, así como a la observación y a los registros anecdóticos acontecidos a lo largo de las sesiones de laboratorio y de aula (desarrollo del trabajo autónomo, manifestaciones durante las puestas en común, apreciaciones y contribuciones expresas por los grupos de trabajo...). Mediante la recogida de estos datos cualitativos, fue posible la evaluación formativa de la eficacia de la propuesta en cada uno de los ciclos de desarrollo y pilotaje de la DBR (Figura 3), en los que es esencial considerar al futuro profesorado un actor activo del refinamiento de la intervención, expresamente diseñada para la mejora de sus competencias (Guisasola y Oliva, 2020; Romero-Ariza, 2014).

Por último, destacar que, el empleo de instrumentos de naturaleza cuantitativa y cualitativa permitió combinar los resultados arrojados por estos para obtener una imagen más amplia y rica sobre el CdC en construcción de las muestras de docentes en formación inicial y, en consecuencia, valorar de manera más fundamentada el desarrollo y la eficacia de la propuesta formativa.

3.4. Implementación de la propuesta formativa y comprobación de su efecto

En este apartado se muestran los resultados relacionados con el O.E.4: Implementar la propuesta formativa en la educación formal universitaria de docentes y comprobar su efecto en la mejora del CdC sobre la NdC y el PC.

Estos resultados se obtuvieron tras implementar la propuesta formativa y evaluar su eficacia en la consecución del objetivo general de esta Tesis Doctoral, esto es, mejorar las competencias profesionales del profesorado en formación inicial para enseñar la NdC y el PC en ciencias.

En primer lugar, como parte de la evaluación formativa seguida en los ciclos de desarrollo y pilotaje de la propuesta (Figura 3), se describe la valoración cualitativa de las implementaciones para analizar su adecuación al contexto de las asignaturas científicas del Grado en Educación Primaria y su contribución a la promoción del CdC sobre la NdC y el PC de docentes en formación inicial. Después, se presenta el análisis cuantitativo del CdC sobre la NdC y el PC tras el desarrollo de las intervenciones, atendiendo a las distintas variables bajo estudio (Figura 4). De modo que, primero, se muestran los resultados de la aplicación del instrumento elaborado para valorar el conocimiento sobre la NdC y el PC (Anexo VII), después, los resultados del análisis de las preguntas que vertebran la ReCo (Tabla 9), dirigidas a mostrar el conocimiento docente sobre la planificación didáctica de la NdC y el PC y, por último, el análisis de las creencias docentes, en base a las puntuaciones de la ReCo (importancia y seguridad) y al cuestionario sobre creencias de eficacia (Anexo VIII).

3.4.1. Evaluación del desarrollo de la propuesta formativa

Para evaluar el desarrollo de la propuesta, se llevó a cabo una valoración cualitativa a través de la observación, la toma de registros anecdóticos y el análisis de las tareas solicitadas en los ciclos 1 y 2 de su desarrollo y pilotaje, en el seno de las asignaturas científicas del Grado en Educación Primaria en las que se implementó.

Durante dichos ciclos, se enfatizó en el análisis de la adecuación de la intervención al contexto real de aplicación, así como del desempeño del alumnado del Grado durante la resolución de las tareas, a fin de valorar su potencial para comenzar a trabajar su CdC en la formación inicial universitaria de docentes. De modo que, esta evaluación formativa tuvo en cuenta los obstáculos e inquietudes manifestados durante el trabajo autónomo, los debates y las puestas en común, lo que hizo al futuro profesorado partícipe del diseño de la propuesta (Romero-Ariza, 2014). Este aspecto resultó de especial importancia para enfocar la propuesta

formativa a sus intereses y superar las dificultades reales de su aprendizaje y, por tanto, para lograr el objetivo de mejorar sus competencias para la enseñanza de la NdC y del PC.

La propuesta formativa se implementó en grupos de estudiantes de 3º y 4º curso del Grado en Educación Primaria, matriculados en las asignaturas científicas “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I” y “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza II”, respectivamente. Si bien el primer ciclo de refinamiento se llevó a cabo de manera interrumpida, con el fin de pilotar de manera independiente las dos partes integrantes de la propuesta (A y B, ver Figura 5), en el segundo ciclo, esta se desarrolló durante un mismo cuatrimestre, en el contexto de las horas prácticas de la asignatura “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I” (ver Figura 3). En este último, como primera percepción, indicar que, tanto las tareas experimentales de laboratorio como las de aula, se ajustaron de manera adecuada a la temporalización fijada en la asignatura. Así, la totalidad de las horas prácticas previstas para la asignatura se distribuyeron en diez sesiones de 2 horas (12 y 8 horas para las partes A y B, respectivamente), permitiendo así el desarrollo completo de la intervención.

Además, la propuesta formativa permitió atender a los aspectos curriculares de las asignaturas, de modo que, contribuía al fomento de las competencias establecidas en sus guías docentes (p.ej. conocimiento del currículo escolar, planteamiento y resolución de problemáticas científicas cotidianas, valoración cultural de las ciencias, reconocimiento de la influencia mutua entre ciencia, tecnología y sociedad), y al trabajo de los contenidos, como aquellos referentes a las tendencias actuales en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza y al fundamento del currículo, siempre ofreciendo una visión sobre el tratamiento educativo de la NdC y del PC en la enseñanza y aprendizaje de contenidos disciplinares de ciencias.

Por otra parte, las intervenciones desarrolladas en ambos ciclos de refinamiento permitieron extraer una serie de apreciaciones relativas al trabajo del alumnado del Grado, para el cual esta intervención suponía su primer acercamiento a una enseñanza explícita sobre la NdC, el PC y a su consideración didáctica. Estas experiencias permitieron valorar los principios de diseño del prototipo de la propuesta formativa, modificar determinadas características y aspectos del diseño de las SEAs y adaptarlas a las particularidades del contexto del presente estudio, como se comenta a continuación.

En primer lugar, destacó positivamente el interés del alumnado, que mostró una buena implicación en las SEAs de la parte A de la propuesta (“Investigando sobre el origen de los seres vivos”-Anexo I e “Hidratación de legumbres”-Anexo II). En ellas, mostró gran inquietud por poner a prueba sus ideas y experiencias sobre la aparente aparición espontánea de

determinados seres vivos (p. ej. polillas en el armario o insectos en el agua estancada) y la hidratación de legumbres (p. ej. comprobar la eficacia de las recetas y los consejos de familiares). Esta alusión al componente emocional del aprendizaje (Bonney y Sternberg, 2016; Clough, 2006; Li et al., 2020; Saiz-Sánchez y Fernández-Rivas, 2012), pudo influir en el desarrollo de las tareas, contribuyendo a la necesidad de conocer sobre la NdC y el PC para entender y participar en la discusión de las temáticas científicas en cuestión (Allchin, 2011; Bailin, 2002; Jiménez-Aleixandre y Puig, 2012; Yacoubian y Khisfhe, 2018).

En segundo lugar, destacó la importancia del enfoque explícito y reflexivo para guiar la enseñanza eficaz de la NdC y del PC (Abd-El-Khalick, 2013; Marin y Halpern, 2011). En este aspecto, los ciclos de desarrollo y pilotaje evidenciaron la necesidad de formular preguntas dirigidas claramente a aspectos concretos sobre la NdC y el PC para focalizar la reflexión y discusión en torno a ellos. En adelante, se comentan algunos ejemplos para cada caso.

En relación a la NdC, para fomentar el razonamiento sobre la influencia de los ideales, motivaciones e intereses de cada científico en el diseño de experimentos y la explicación de resultados, es decir, sobre la carga teórica de los procesos de la ciencia, en el primer prototipo de la SEA “Investigando sobre el origen de los seres vivos” (ciclo 1) se formuló la siguiente pregunta: “¿Por qué creéis que Jean-Baptiste van Helmont realizó inferencias a favor de la creación espontánea de ratones a partir de trigo y ropa sucia?”. Algunas respuestas a esta cuestión contemplaron aspectos subjetivos: “Porque creía fielmente en la generación espontánea y le sirvió para argumentar a favor de sus creencias.”. Sin embargo, la gran mayoría aludió a la falta de conocimientos científicos (“No tenía los conocimientos necesarios para saber el porqué de las apariciones de garrapatas, piojos y pulgas.”) y a la falta de rigurosidad (“Dedujo sin tener en cuenta otros factores externos.”).

En base a ello, para el desarrollo del ciclo 2, se introdujeron modificaciones en la SEA, dirigidas a mostrar una breve descripción del contexto socio-histórico en que se desarrollaron los experimentos de los científicos partícipes de la controversia sobre la generación espontánea durante los siglos XVII-XIX (ver Anexo I), así como a concretar la reflexión sobre la subjetividad del proceder científico: “¿Por qué van Helmont no observó que ocurría con el trigo y la ropa sucia durante los 21 días?”. En este caso, se observó un mayor número de respuestas que referenciaban aspectos subjetivos y sociales de la construcción del conocimiento científico:

“Quería demostrar la generación espontánea, al igual que la Iglesia defendía para la creación del hombre. Además, pudo apoyarse en los conocimientos sobre la gestación de los ratones (sobre 20 días) para demostrar su teoría.”

“El poder en esta época era de la iglesia, que influía en la sociedad y su pensamiento.”
“Él defendía la generación espontánea, por lo tanto, lo único que quería demostrar era el resultado, no el proceso, por lo que guio sus observaciones según lo que quiera demostrar.”

Respecto a las preguntas reflexivas sobre el PC, de nuevo, en relación al experimento de van Helmont, en el primer ciclo, se expuso la siguiente actividad para razonar sobre las destrezas requeridas para la comprobación de hipótesis: “Si fuerais ciudadanos y ciudadanas del siglo XVII y tuvierais que posicionaros a favor o en contra de la generación espontánea, ¿qué curiosidades os gustaría que os resolviera van Helmont sobre su experimento?”. En ella, se identificaron preguntas para cuestionar la toma de datos por parte del científico (“¿Qué ha ocurrido entre el primer día de observación y el día 21 en el que aparecían los ratones? ¿Había entes mitad trigo-mitad ratón?”) y el diseño experimental (“¿Por qué con ropa sucia y no limpia?”). No obstante, gran parte de ellos se centró en curiosidades ajenas a las particularidades del diseño experimental y a los procesos científicos (“¿Cómo nosotros damos vida a criaturas como piojos, garrapatas y pulgas?”, “¿Por qué han nacido ratones y no otro animal?”, “¿Todos los ratones tienen el mismo color? ¿Cuántos son machos? ¿Y hembras?”).

Como consecuencia, en el segundo ciclo de desarrollo y pilotaje de la propuesta, se substituyó la anterior actividad por la siguiente: “¿Qué cambio(s) propondrías en el diseño experimental de van Helmont para comprobar realmente que la ropa sucia es la causa de la aparición de los ratones?”. Con ello, se perseguía poner el foco en la validez del proceso de contraste de hipótesis, aspecto que fue puesto de manifiesto en la revisión de los trabajos:

“Propondríamos un control experimental: cerrar uno de los tarros, no poner ropa, o poner ropa limpia.”

“Haríamos un seguimiento continuo del experimento, además de realizar un control de las variables para comprobar la relación de causalidad: a) Poner ropa sucia en una zona con trigo. b) Poner ropa limpia en una zona con trigo. c) Poner ropa sucia en una zona sin trigo. d) Poner ropa limpia en una zona sin trigo. e) Observar una zona de trigo sin ropa.”

Los casos recién expuestos refuerzan la idea de conocer sobre el contexto socio-histórico en que se desarrolla la ciencia para justificar los experimentos y razonamientos científicos de cada época (Acevedo-Díaz et al., 2017; Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2017), así como de redactar preguntas específicas y contextualizadas para favorecer la reflexión, tanto para la NdC como para el PC, como ya sugirieron Kruse et al. (2020) en relación a la NdC.

En base a lo recién comentado, dada la riqueza de argumentos elaborados y la importancia otorgada a la búsqueda y selección de evidencias científicas para defender las ideas y conclusiones fruto de la experimentación, se decidió incluir las situaciones correspondientes a la categoría del PC sobre análisis de argumentos del test de Halpern (2010) en el instrumento cuantitativo de evaluación (Anexo VII). Este hecho ilustra cómo el análisis formativo de la implementación de la propuesta guía, no solo aspectos sobre su diseño, sino también su evaluación para valorar de manera más amplia su potencial para alcanzar los objetivos.

En tercer lugar, los ciclos de refinamiento también pusieron en valor que, a través de la indagación guiada, se obtienen mejores resultados de aprendizaje (Abrami et al., 2015; Lazonder y Harmsen, 2016; Romero-Ariza, 2017). Este aspecto, además, adquiriría especial importancia en la presente Tesis Doctoral, donde las muestras bajo estudio las conformaban estudiantes con limitada formación científica y, por tanto, con poca experiencia en actividades propias de la indagación como la generación de hipótesis, el planteamiento y el desarrollo experimental. Así, las dificultades detectadas en el primer ciclo durante las investigaciones de laboratorio, por ejemplo, para definir hipótesis comprobables, determinar los medios para recoger pruebas y diseñar experimentos en base a las hipótesis redactadas para su refutación (Pedaste et al., 2015), condujeron a formular preguntas para promover la metacognición (Halpern, 2014) en la intervención desarrollada en el segundo ciclo, a fin de lograr guiar la toma de decisiones y la identificación de los aspectos requeridos para validar los resultados (ver Anexo I).

Estos resultados apoyan la idea de Willingham (2008), quien señalaba que las estrategias metacognitivas hacen más probable el desarrollo del PC. De manera que, a pesar de que, por ejemplo, reconocer la importancia de un grupo control en el desarrollo experimental no asegura ser capaz de elaborar uno adecuadamente (destreza cognitiva del PC asociada a la comprobación de hipótesis, ver Tabla 3), este autor defiende que la metacognición ayuda a mirar más allá de la estructura superficial de los problemas e identificar su estructura profunda, común a problemas de similar naturaleza y, por tanto, acerca un paso más a encontrar eficazmente una solución. Así, las preguntas metacognitivas formuladas en la primera SEA (“Investigando sobre el origen de los seres vivos”, ver Anexo I) a modo de orientación para un adecuado diseño experimental, ayudaron a reconocer en la siguiente SEA (“Hidratación de legumbres”, ver Anexo II) la importancia de reflexionar de manera cuidada sobre aspectos clave del diseño experimental antes de proceder a investigar. De modo que, en esta segunda SEA, muchos grupos de trabajo valoraron incluir un grupo control para analizar la eficacia de las variables consensuadas (p. ej. temperatura del agua), aunque no todos lograron establecerlo

adecuadamente (en este caso, hidratar las legumbres sin modificar la temperatura del agua, es decir, en condiciones ambientales normales), requiriendo de ayuda para su debida aplicación.

La Figura 6 ilustra diferentes momentos de las investigaciones desarrolladas durante las sesiones de laboratorio de las SEAs de la parte A de la propuesta formativa, correspondientes al segundo ciclo de desarrollo y pilotaje.

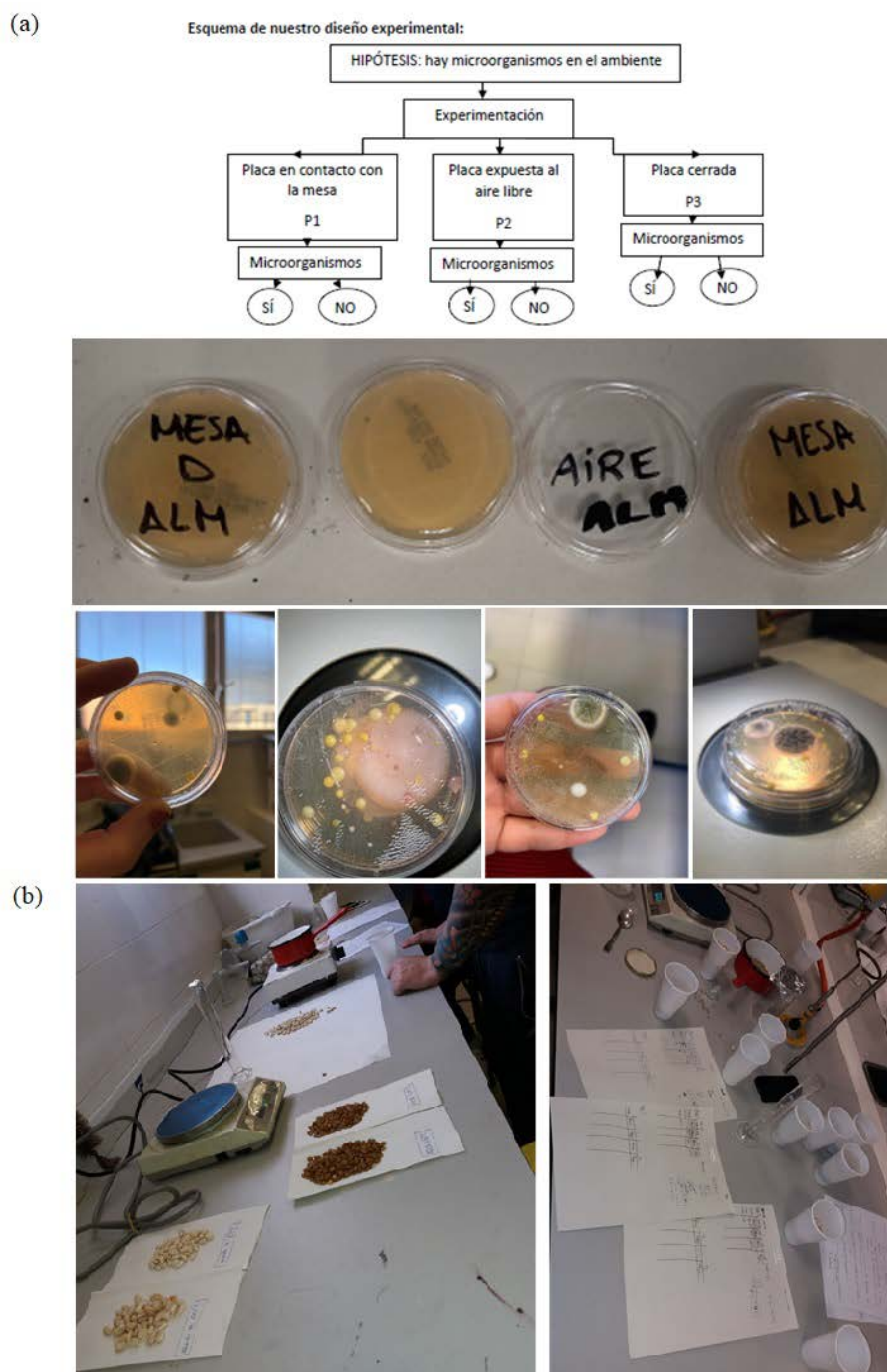


Figura 6. Desarrollo de las investigaciones en las SEAs de la parte A de la propuesta durante el segundo ciclo. (a) Esquema del diseño experimental de un grupo de estudiantes y resultados del crecimiento de microorganismos en placas Rodac en la fase de indagación de laboratorio de la SEA “Investigando sobre el origen de los seres vivos”. (b) Preparación experimental y recogida de datos en la SEA “Hidratación de legumbres”

En cuarto lugar, en línea con los resultados de Hume y Berry (2011), en el primer ciclo de desarrollo y pilotaje, el profesorado en formación inicial encontró complejas las tareas relacionadas con la planificación didáctica de la NdC y del PC en ciencias a través de la ReCo (parte B de la propuesta, ver Anexo III), debido a su falta de experiencia en el aula, y consideró dicho instrumento abstracto y complejo. Trabajar el CdC con docentes en formación inicial supone un gran reto, ante el cual varios trabajos evidencian la utilidad de la ReCo para pensar en profundidad sobre los contenidos y los enfoques didácticos adecuados para su enseñanza y aprendizaje, así como para organizar y compartir ideas al respecto (Bertram, 2014; Bertram y Loughran, 2014; Lehane y Bertram, 2016; Nilsson y Loughran, 2012). No obstante, en el caso particular de la enseñanza de la NdC y del PC, el desarrollo de las ReCo supuso ser un reto mayor para el futuro profesorado, dado que la NdC, el PC y la consideración explícita de ambos en la enseñanza de las ciencias era aún aspectos novedosos para él. Así pues, a pesar del análisis y de la reflexión en torno al repositorio de SEAs elaborado para ejemplificar la integración de la NdC y del PC en las Ciencias de la Naturaleza (anexos IV y V), en el marco del CdC y bajo la dirección de las cuestiones guía de la ReCo, en su mayoría, no fue posible abordar las ReCo de manera individual con cierta eficacia.

En base a estos resultados, en el segundo ciclo, se incluyó una primera sesión de reflexión en la SEA “Integración de la naturaleza de la ciencia y del pensamiento crítico en la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza”, para tratar el reconocimiento curricular de la NdC y del PC, así como otros aspectos sobre la planificación de su enseñanza mediante el repaso de los contenidos y los enfoques didácticos trabajados en las SEAs de la parte A de la propuesta. Además, junto a la ReCo individual a desarrollar, se solicitó el diseño de una SEA (en el primer ciclo, solo se solicitó la ReCo). El diseño de una SEA propia resultó ser de utilidad para apoyar la reflexión sobre los distintos componentes del proceso de enseñanza y aprendizaje de las ideas sobre la NdC y las destrezas del PC seleccionadas, pues, de este modo, elaborar la ReCo se apoyó en una acción (diseñar propuestas de aula) con la cual el futuro profesorado reconoció sentirse más familiarizado. Además, concretar las SEAs ayudó a materializar la enseñanza de la NdC y del PC en ciencias y a considerar la necesidad de recurrir a la ReCo para su adecuada presentación en el aula. En el Anexo IX, se presentan ejemplos representativos de ReCo desarrolladas por estudiantes partícipes de la propuesta en el segundo ciclo.

Esta manifestación expresa de la influencia de los elementos afectivos en la promoción del CdC llevó a considerar la aplicación del cuestionario de Enochs y Riggs (1990) en el segundo ciclo de desarrollo y pilotaje de la propuesta, a fin de reunir más información sobre su efecto en las creencias docentes, además de la recogida a través de la ReCo (Tabla 9).

3.4.2. Evaluación del CdC sobre la NdC y el PC: comprensión de la NdC y desarrollo del PC

La evaluación del efecto de la propuesta en mejorar las competencias del profesorado en formación inicial para enseñar la NdC y el PC se realizó atendiendo a las diferentes variables destacadas en el modelo teórico elaborado sobre su CdC (Figura 4): el conocimiento sobre los contenidos (NdC y PC), los conocimientos para planificar la enseñanza, representados por los sugeridos por Magnusson et al. (1999), y las creencias docentes. Concretamente, en la presente sección, se muestra el análisis de los datos recogidos a través del cuestionario cuantitativo (Anexo VII) empleado para valorar el progreso en el conocimiento de los contenidos (NdC y PC), aplicado en los grupos control y experimental un mes y medio antes (pretest) y después (postest) de la intervención, en cada ciclo de desarrollo y pilotaje. Seguidamente, como parte de la evaluación del primer ciclo, se presentan los resultados del análisis de los datos recogidos en una segunda evaluación postest, llevada a cabo cinco meses y medio tras finalizar la intervención, que permitió valorar su efecto a medio plazo.

De modo que, en primer lugar, la Figura 7 muestra los resultados globales de la eficacia de la intervención desarrollada en los dos ciclos (ciclo 1.A y ciclo 2), obtenidos del análisis de los datos recogidos tras aplicar el cuestionario como pretest y postest en los grupos control (ciclo 1.A: $n = 30$ en el pretest y postest; ciclo 2: $n = 72$ en el pretest y $n = 37$ en el postest) y experimental (ciclo 1.A: $n = 101$; ciclo 2: $n = 118$, en el pretest y postest en ambos casos). Concretamente, esta figura representa los tamaños del efecto (TE) de ambas intervenciones, es decir, la magnitud de su efecto en las variables bajo estudio sobre la NdC y el PC, calculados según el progreso observado en los grupos control y experimental. Esto permitió eliminar factores ajenos a la intervención que pudieran influir en la evaluación de su eficacia (Morris, 2008). Para ello, en primer lugar, se calculó el progreso experimentado por cada grupo en el cuestionario (postest-pretest). Posteriormente, se calculó el progreso neto (progreso del grupo experimental-progreso del grupo control), y finalmente, el valor resultante se dividió entre la desviación estándar ponderada de las puntuaciones del pretest y postest de ambos grupos (Morris, 2008). Valores absolutos del TE iguales o superiores a 0,30 fueron considerados como indicativos de un impacto relevante (Vázquez-Alonso et al., 2016).

Antes de discutir estos resultados, por un lado, mencionar que, las barras en gris, hacen referencia al ciclo 1.A, en el que solo se desarrolló la parte A de la propuesta, mientras que las barra en negro, representan los resultados obtenidos del desarrollo completo de la propuesta (A y B) en el ciclo 2 (Figura 3). Por tanto, los resultados mostrados a continuación no deben ser comparados en su totalidad, dadas las diferencias en las características de la intervención

desarrollada en cada ciclo, sino entenderse como una visión global sobre la evolución de la eficacia de la propuesta a lo largo de su refinamiento. Por otra parte, cabe recordar que las destrezas argumentativas se evaluaron solamente en el ciclo 2, como se comentó en el anterior subapartado de resultados 3.4.1.

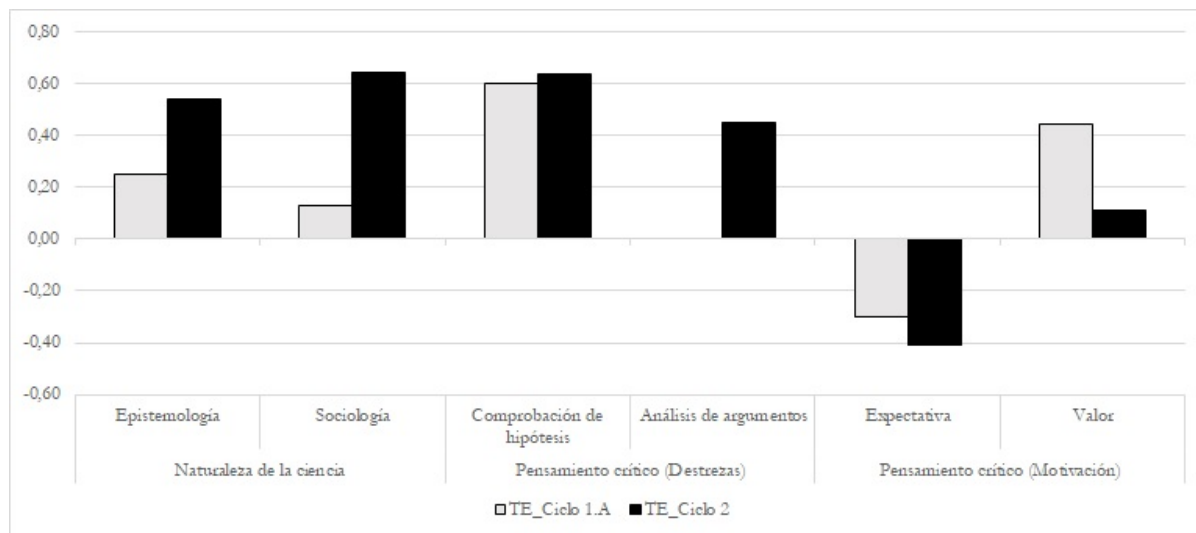


Figura 7. Tamaño del efecto de la propuesta formativa en la comprensión de la NdC y el PC, en el primer y segundo ciclo de desarrollo y pilotaje de la propuesta

Así pues, en la Figura 7 se observa que los TE fueron positivos para la gran mayoría de los aspectos evaluados en ambos ciclos, lo cual indica un efecto de las intervenciones hacia el progreso general en el conocimiento sobre la NdC y el PC del profesorado en formación inicial. Además, los TE fueron mayores en el segundo ciclo para las dos dimensiones de la NdC y para la categoría de comprobación de hipótesis del PC, alcanzándose, unos TE relevantes ($TE \geq 0,30$) en cada caso.

Estos resultados son coherentes a las sensaciones percibidas durante las implementaciones, ya que, en el segundo ciclo, se identificó un mayor desempeño y autonomía en la realización de las tareas. Asimismo, también cabe comentar la posible influencia de desarrollar la propuesta formativa al completo en las mejoras observadas en el segundo ciclo. Si recordamos, atendiendo a las etapas de la DBR seguidas para el diseño de la propuesta (Figura 3), los resultados mostrados en la Figura 7 reflejan el efecto de la parte A de la propuesta (TE_Ciclo 1.A), y el efecto de la propuesta al completo (TE_Ciclo 2). Esto sugiere que la enseñanza explícita y reflexiva sobre la NdC y el PC (parte A) junto con el análisis sobre el tratamiento educativo de estos dos constructos en contextos científicos (parte B) podría reforzar el conocimiento sobre ambos. Al respecto, en el estudio desarrollado por Mesci (2020) se muestra la mejora observada en la comprensión de la NdC en docentes en formación inicial

partícipes de un programa de formación sobre CdC para la enseñanza de la NdC, incluso transcurrido un año de su implementación.

En cualquier caso, estos resultados sugieren la validez del diseño seguido en la propuesta de formación inicial de docentes para promover una visión adecuada y equitativa sobre la NdC (Allchin, 2011; Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2019), así como para desarrollar destrezas críticas relacionadas con el contraste de hipótesis y la argumentación, que tan importantes son para comprender y analizar la construcción y validación del conocimiento científico (Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2018). Sin embargo, respecto a la dimensión motivacional del PC, los resultados fueron menos consistentes, lo que evidenció la dificultad de influir en los aspectos más personales y afectivos de la aplicación del PC (Halpern, 2014; Marin y Halpern, 2011; Valenzuela et al., 2011, 2014). De hecho, en ningún ciclo, las intervenciones se mostraron eficaces en mejorar las expectativas de pensar críticamente con éxito, lo que pone de manifiesto el esfuerzo cognitivo de su desempeño. Al respecto, si bien las tareas diseñadas se contextualizaron en situaciones auténticas, motivantes y retadoras, lo que pudo repercutir en el efecto positivo observado en el valor de su empleo (Figura 7) (Valenzuela y Saiz, 2010), esto pudo mermar las expectativas de ejecutar correctamente dichas tareas, al hacer explícitos los procedimientos y requisitos requeridos para aplicar el PC.

Para evaluar el efecto de la propuesta en mejorar la comprensión de la NdC y el PC a lo largo de un mayor periodo de tiempo y, así, poder valorar la calidad y estabilidad del conocimiento adquirido, el grupo de docentes en formación inicial partícipe del ciclo 1.A fue sometido a una nueva evaluación posttest, cuatro meses después de realizar el primer posttest (esto es, cinco meses y medio tras finalizar la intervención). Esto permitió comparar el TE de la intervención a corto plazo (un mes y medio desde su fin), calculado en base a las puntuaciones obtenidas por los grupos experimental y control en el pretest y primer posttest, con el TE a medio plazo (cinco meses y medio desde su fin), calculado en base a las puntuaciones obtenidas por ambos grupos en el pretest y segundo posttest.

A continuación, se muestra la evolución del TE de la intervención en las variables bajo estudio sobre la NdC y el PC, una vez pareados los individuos del grupo experimental que cumplieron en forma cada cuestionario del instrumento (ver Anexo VII) en los tres momentos de la evaluación (pretest, primer y segundo posttest). Así, de los 101 docentes en formación inicial involucrados en el primer ciclo de desarrollo y pilotaje de la propuesta, 57 conformaron la muestra pareada para la evaluación de la comprensión de la NdC (COCTS), 61, la muestra pareada para la evaluación de la dimensión cognitiva del PC (test de Halpern) y

54, la muestra pareada para la evaluación de la dimensión motivacional del PC (escala motivacional de PC). Por su parte, en cada uno de estos tres cuestionarios, el grupo control lo conformaron 30 individuos en el pretest y en el primer postest, mientras que 35 individuos integraron el grupo control en el segundo postest. Por tanto, en este caso, cinco estudiantes no completaron la evaluación pretest ni el primer postest, aunque sí formaron parte del grupo de aula designado como grupo control. En base a ello, con el fin de considerar el mayor número de individuos posible para el estudio del progreso del grupo control y siguiendo a Herman y Clough (2016), se asumió que estos cinco individuos poseían una comprensión sobre la NdC similar a la de sus iguales, antes (pretest) y un mes y medio después de la intervención (primer postest).

Así pues, en la Figura 8, se muestran los TE de la intervención a corto y medio plazo para cada uno de los rasgos sobre la NdC evaluados.

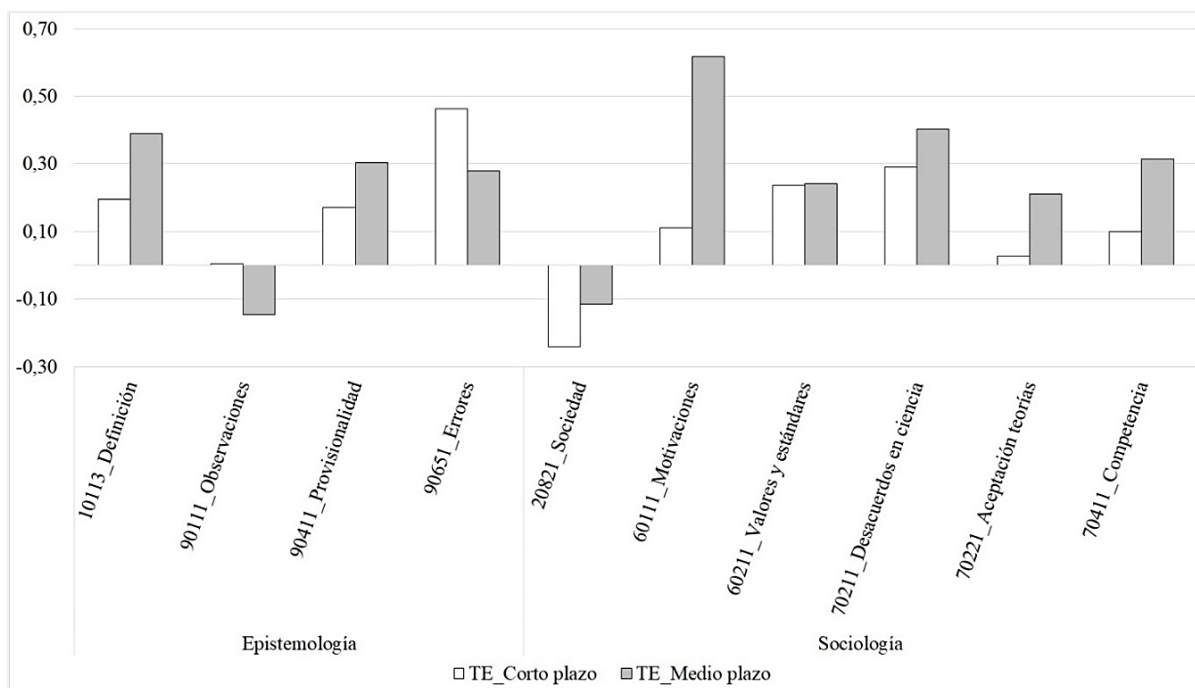


Figura 8. Tamaño del efecto a corto y medio plazo de la parte A de la propuesta formativa en la mejora de los rasgos epistemológicos y sociológicos evaluados de la NdC

De modo que, se detectaron efectos positivos de la intervención a corto plazo en ocho de los diez ítems evaluados sobre la NdC, identificándose el TE más alto en el 90651, relacionado con el papel de los errores en la ciencia (0,46). En cuanto a la eficacia a medio plazo, también se observaron mejoras en ocho ítems. En este caso, lo más destacable es que en siete de ellos, el TE fue superior al detectado a corto plazo, y en cinco, se observó una magnitud relevante: 10113_Definición (0,39), 90411_Provisionalidad (0,31), 60111_Motivaciones (0,62), 70211_Desacuerdos en ciencia (0,40) y 70411_Compentencia (0,32).

No obstante, se identificó un ítem dentro de cada dimensión de la NdC para el que la intervención no mostró tener un efecto positivo. Estos ítems referían a la naturaleza subjetiva de las observaciones científicas (90111) y a la influencia de la sociedad en la ciencia y en la tecnología (20821). Estos resultados son acordes a los arrojados por trabajos previos (Cofré et al., 2019; Mesci, 2020; Mesci y Schwartz, 2017). Con el fin de explicar estas resistencias al cambio conceptual, Mesci y Schwartz (2017) propusieron que, más allá del posible efecto derivado de las características de la enseñanza desarrollada para la promoción de la comprensión de la NdC, factores motivacionales y socioculturales podrían influir en la comprensión de determinadas ideas sobre la NdC. Así, en su estudio, resaltan que las nociones más amplias de cada individuo sobre el funcionamiento de la ciencia, y la motivación personal al cambio conceptual, se relacionan con las posturas defendidas sobre particulares rasgos de la NdC. De modo que, una visión general de la empresa científica basada en la neutralidad y la objetividad y, por tanto, apoyada en una visión deficiente sobre la influencia de los aspectos socio-culturales en la organización de la comunidad científica, podría relacionarse con la falta de comprensión, a un nivel más concreto, sobre la carga teórica de las observaciones de cada científico. Esto podría ofrecer una explicación a la posible relación entre los dos ítems para los cuales la intervención no influyó en su mejora.

Por tanto, considerando las aportaciones comentadas, se hace necesario focalizar los esfuerzos educativos en identificar los obstáculos en el aprendizaje de determinadas ideas sobre la NdC y, en consecuencia, dirigir las actuaciones en la formación inicial de docentes. Además de atender a este reto en la enseñanza de la NdC, también resulta primordial establecer conexiones entre los aspectos sociales y epistémicos de la NdC, a través de la reflexión explícita sobre las relaciones existentes entre la naturaleza del conocimiento y los procesos científicos (p. ej. la provisionalidad del conocimiento científico) y la construcción de conocimiento en el seno de la comunidad científica (p. ej. desacuerdos en la aceptación de nuevas teorías científicas tras el descubrimiento de nuevas evidencias o la reinterpretación de anteriores). Con ello, se evitaría la promoción de ideas aisladas sobre los rasgos y dimensiones de la NdC, y se favorecería una imagen coherente y holística sobre la ciencia (Allchin, 2011; Aragón-Méndez et al., 2019; Hodson y Wong, 2017; Ozgelen et al., 2013).

Respecto a la dimensión cognitiva del PC, la Figura 9 muestra el TE de la intervención a corto y medio plazo en el desarrollo de destrezas sobre el proceso de comprobación de hipótesis.

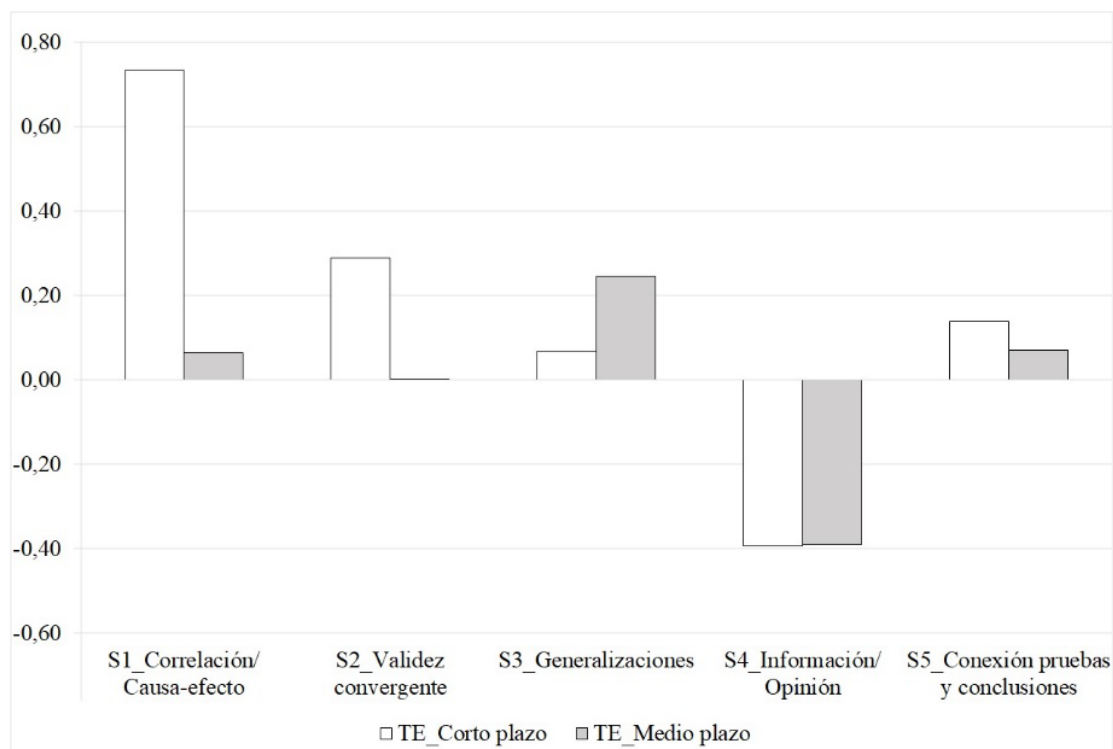


Figura 9. Tamaño del efecto a corto y medio plazo de la parte A de la propuesta formativa en la mejora de las destrezas del PC incluidas en la categoría de comprobación de hipótesis

A corto plazo, se observó un considerable efecto de la intervención hacia el desarrollo de las destrezas, salvo en la referente a distinguir entre la información de fuentes contrastadas y las opiniones personales (S4). La destreza de controlar variables para hacer afirmaciones causales y distinguir las de las correlaciones (S1) destacó con un TE de 0,73, lo que revela el potencial de la SEA para contribuir a este proceso esencial de la ciencia (Manassero-Mas y Vázquez-Alonso, 2018; Osborne, 2014). A medio plazo, el TE detectado a corto plazo disminuyó e, incluso, alcanzó el valor de cero (sin diferencias significativas de ganancia entre los grupos experimental y control) en la destreza de reunir las evidencias adecuadas para apoyar una misma conclusión (S2). En cambio, en la destreza asociada a la evaluación de las condiciones experimentales (p. ej. tamaño y selección de la muestra) para realizar generalizaciones (S3), se acentuó con el tiempo. Para la destreza de distinguir entre información y opinión (S4), el TE de la intervención permaneció negativo, lo que sugiere la necesidad de invertir más esfuerzos en su desarrollo dada su importancia para identificar y valorar información científica debidamente contrastada (García-Carmona, 2021; Howell y Brossard, 2021).

En relación a la dimensión motivacional del PC, la Figura 10 presenta el TE de la intervención a corto y medio plazo en el desarrollo de sus componentes.

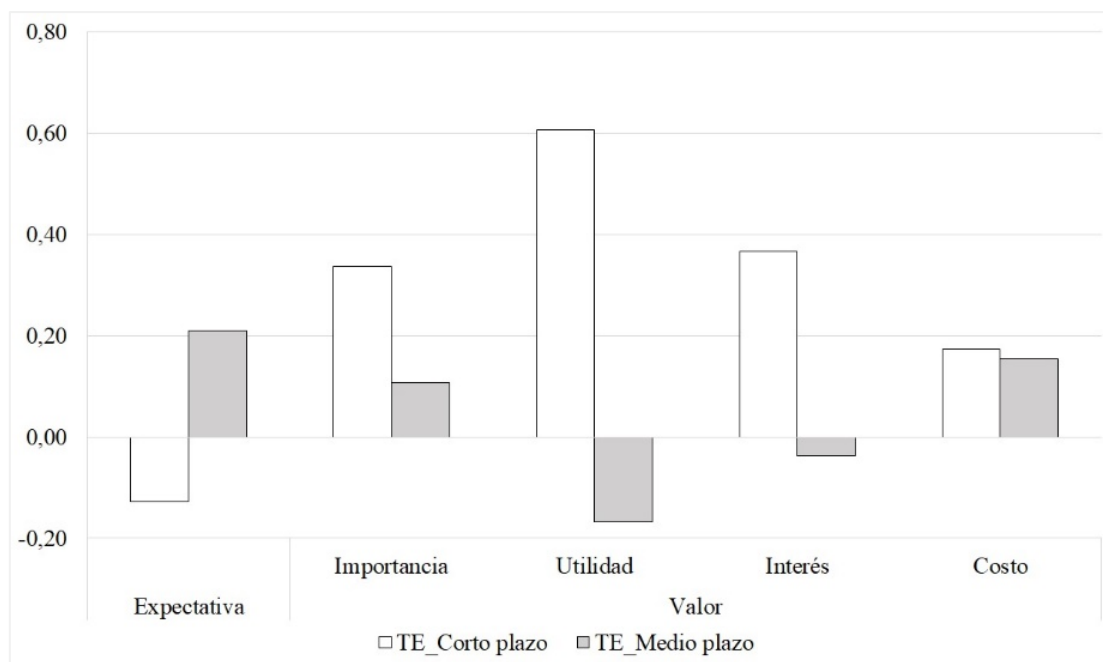


Figura 10. Tamaño del efecto a corto y medio plazo de la parte A de la propuesta formativa en la mejora de los componentes motivacionales del PC

En este caso, a corto plazo, se identificó que la intervención contribuyó a valorar positivamente el empleo del PC, tanto en términos de importancia, utilidad, interés y costo (destacando las tres primeras con un TE relevante), aunque no a las percepciones de su empleo eficaz. No obstante, este impacto en el componente del valor decayó a medio plazo, alcanzándose índices del TE negativos en relación a su utilidad e interés. Respecto a la importancia del PC, el índice se mantuvo positivo, aunque dejó de ser relevante, y en cuanto al costo, alcanzó un valor similar al detectado a corto plazo. Al contrario, el TE sobre el componente de expectativa aumentó de manera considerable a medio plazo.

Estos resultados muestran que, a corto plazo, la intervención ejerció una notable influencia en la mejora del valor asociado al PC. Al respecto, la variable que exhibió un menor efecto fue la del costo, lo que apoya el obstáculo que supone el esfuerzo cognitivo y temporal en el desarrollo del PC. No obstante, cinco meses y medio tras la intervención, este efecto positivo en el valor del PC dejó de detectarse, aunque se mantuvo el referente a su costo. Así pues, en este punto, se destaca que, a medio plazo, la intervención mantuvo su efecto en la disposición a sacrificar tiempo y esfuerzo para aplicar el PC, lo que avala la influencia del carácter motivador de la propuesta en su promoción (Valenzuela y Saiz, 2010).

En cambio, el efecto en el componente sobre la expectativa de pensar críticamente con éxito experimentó una tendencia inversa. Es decir, a corto plazo, este fue negativo, mientras que, a medio plazo, aumentó hasta un valor superior a 0,2. Esta evolución del TE de la

intervención evidencia su potencial para reforzar la percepción acerca de la propia capacidad para pensar críticamente, es decir, para hacer consciente de los procesos implicados en la aplicación de las destrezas críticas para una ejecución adecuada de las tareas que lo requieran.

En general, los resultados sobre el efecto de la intervención en el tiempo ponen de manifiesto una diferencia en la evolución de las mejoras detectadas a corto plazo para ambos contenidos (NdC, PC). Así, mientras que para rasgos clave de la NdC, se identificó una retención en el tiempo, e incluso mejora, en relación al PC, en su mayoría, decayeron los índices del TE asociados a las destrezas cognitivas y a su valor de importancia, utilidad e interés. Sin embargo, a medio plazo, se mantuvo el TE positivo de la intervención en el valor de costo y, sorprendentemente, aumentó en relación a la expectativa de pensar críticamente.

Por una parte, la retención general de los conocimientos sobre la NdC desafía los resultados de Akerson et al. (2006). Estas autoras sugirieron que una intervención de seis meses de duración, basada en un curso de ciencias que incluía una enseñanza explícita y reflexiva de la NdC, no era suficiente para que el aprendizaje de la NdC en docentes en formación inicial perdurara en el tiempo. En dicho estudio, el futuro profesorado volvió a sus concepciones iniciales cinco meses tras dicha intervención, lo que contrasta con los resultados presentados en la Figura 8, que muestran la retención de las ideas sobre la NdC hasta cinco meses y medio tras el fin de la intervención, desarrollada a lo largo de seis semanas (2 horas/semana, parte A de la propuesta formativa, ver Figura 5).

Por otra parte, los resultados mostrados en las Figuras 9 y 10 apoyan una de las ideas más resaltadas para la enseñanza del PC, que indican que la adquisición de habilidades críticas requiere de un entrenamiento continuo y de su aplicación en diferentes contextos de aprendizaje. Con ello, se contribuiría al fomento de las conexiones entre lo aprendido en el aula y la vida cotidiana, a la asimilación de las destrezas y a su perduración en el tiempo (Abrami et al., 2015; Bailin, 2002; Barak et al., 2007; Halpern, 2008; 2014; Marin y Halpern, 2011; Prayogi y Verawati, 2020). De nuevo, este hecho pone énfasis en el componente motivacional del PC, tan requerido para propiciar su empleo (Halpern 2008, 2014; Saiz-Sánchez y Fernández-Rivas, 2012; Valenzuela et al., 2011), y para el cual, se observó también un decaimiento a medio plazo. Este hecho invita a incluir espacios en las intervenciones formativas de docentes para reflexionar sobre el propio aprendizaje experimentado en torno al PC y facilitar la comunicación de las dificultades relativas a su comprensión y aplicación y, así, fomentar la expectativa y el valor de su empleo.

3.4.3. Evaluación del CdC sobre la NdC y el PC: conocimiento sobre la planificación didáctica de la NdC y del PC

Los datos recogidos a través de la ReCo (Tabla 9) en el segundo ciclo de desarrollo y pilotaje de la propuesta formativa, en el cual esta se desarrolló al completo de manera ininterrumpida (Figura 3), permitieron evaluar los conocimientos para planificar la enseñanza de la NdC y del PC. Para ello, se aplicó la rúbrica diseñada (Tabla 10) en cada una de las ReCo y se establecieron las debidas relaciones entre sus siete preguntas y los conocimientos del CdC según Magnusson et al. (1999) (Tabla 8). Esto permitió realizar una valoración cuantitativa general del CdC para planificar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la NdC y del PC. A continuación, se presenta el análisis correspondiente a una submuestra de 56 estudiantes.

La Figura 11 muestra las puntuaciones medias obtenidas en los cinco componentes del CdC, tras reducir la escala al valor máximo de 1 punto, para facilitar su interpretación.

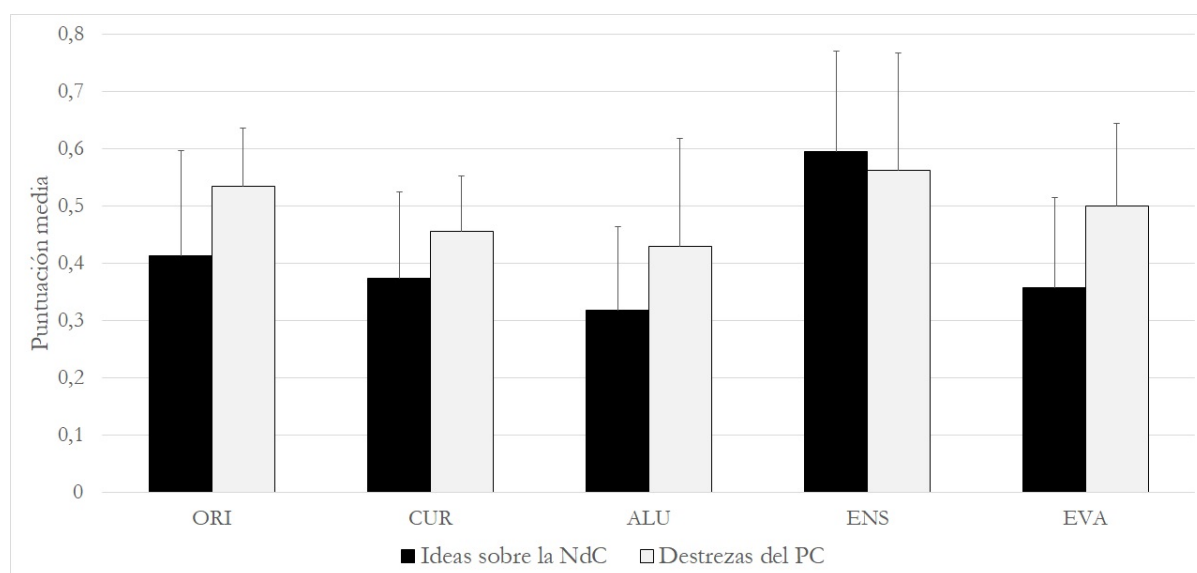


Figura 11. Puntuación media de cada componente del CdC para la enseñanza de la NdC y del PC

A grandes rasgos, se observaron unos conocimientos bajo-moderados, en su mayoría, superiores en relación a la planificación didáctica del PC que a la de la NdC. Estos resultados se conciben como coherentes en una muestra de estudiantes para los que esta propuesta suponía su primer acercamiento al tratamiento educativo de la NdC y del PC (Hume y Berry, 2011) y, teniendo en cuenta el gradual desarrollo del CdC (Hanuscin, 2013; Rivero et al., 2017), así como la complejidad de los constructos trabajados. No obstante, cabe destacar el logro de desarrollar al completo la ReCo por parte de los participantes (ver ejemplos del Anexo IX), lo que apoya la posibilidad de promover el CdC de docentes en formación inicial si se les proporciona un adecuado andamiaje (Bertram y Loughran, 2014; Hume y Berry, 2011).

Prestando atención a las puntuaciones de cada componente del CdC sobre la NdC y el PC, se pudieron identificar una serie de similitudes.

Así, para ambos contenidos (NdC y PC), el componente más desarrollado fue el referente a los métodos de enseñanza (ENS). Esos resultados parecen reflejar la intención del futuro profesorado de adoptar metodologías orientadas a promover el desarrollo de habilidades científicas, como las basadas en la indagación, la experimentación y el debate (ver Anexo IX). Estas intenciones puede que no deriven en una implementación adecuada en el aula, donde aparecen distintos obstáculos propios al contexto educativo y a las habilidades para trasladar eficazmente las intenciones docentes a la práctica (Bartholomew et al., 2004; Hanuscin, 2013; Khalid et al., 2021; Wahbeh y Abd-El-Khalick, 2014). En este sentido, Supprakob et al. (2016) encontraron inconsistencias entre las orientaciones didácticas de la NdC manifestadas por docentes noveles de química (basadas en la indagación guiada y el aprendizaje basado en proyectos) y los métodos implementados para su enseñanza (basados, principalmente, en una enseñanza transmisiva y en actividades dirigidas). A pesar de ello, los resultados de la Figura 11 deben entenderse como un primer paso para concienciar a docentes en sus etapas más iniciales de formación sobre la importancia de implementar dichos métodos para atender adecuadamente a la formación científica.

En relación a lo recién comentado, el conocimiento sobre las orientaciones y propósitos de la enseñanza (ORI) fue el segundo más desarrollado, lo que sugiere un incipiente reconocimiento de la NdC y del PC en la contribución a la alfabetización científica. Estos resultados cobran especial importancia en el desarrollo coherente del CdC, ya que las metas generales de la enseñanza guardan relación con el modo en que se presentan, enseñan y evalúan los contenidos (Faikhamta, 2013; Rivero et al., 2017).

Estos dos componentes del CdC destacados por su mayor desarrollo (métodos de enseñanza, y orientaciones y propósitos de la enseñanza) refuerzan los resultados de trabajos previos (Demirdöğen et al., 2016; Hanuscin et al., 2011) y, según Demirdöğen et al. (2016), podrían ser los más factibles de ser trasladados al aula. Este hecho abogaría por un cambio de escenario educativo en la enseñanza de las ciencias hacia una educación más funcional y activa.

En cambio, las principales carencias docentes en la planificación didáctica de la NdC y del PC se identificaron en relación al conocimiento de la comprensión del alumnado de Educación Primaria (ALU) sobre la NdC y el PC. Estos resultados refuerzan los presentados en Nilsson y Loughran (2012) y Rivero et al. (2017), al evidenciar las dificultades de docentes sin experiencia en el aula para planificar y orientar la enseñanza en base a las ideas del alumnado de Primaria. En el Anexo IX se presentan ejemplos representativos de ReCo

desarrolladas por docentes en formación inicial que no lograron concretar adecuadamente ideas previas sobre la NdC (ver ReCos A, C y D). En cambio, en el caso de las destrezas críticas, en las ReCo A, B y D del anexo IX, puede observarse la alusión a aspectos de la vida cotidiana que podrían haber contribuido a su desarrollo en el alumando de Educación Primaria (p. ej.: “...crean maquetas a pequeña escala y realizan puzzles y dibujos”) e, incluso, la consideración de dichas experiencias para guiar su aplicación en el aula (ver ReCo B).

Igualmente, otros conocimientos para los cuales se detectó un desarrollo más limitado fueron los referentes al currículo (CUR) y a los métodos de evaluación (EVA).

Por un lado, establecer niveles de progresión en la enseñanza de ideas sobre la NdC y de destrezas del PC requiere un conocimiento profundo sobre ambos contenidos y sobre el currículo, aspectos aún en incipiente desarrollo en la muestra de docentes en formación inicial bajo estudio. Al respecto, destacan estudios que muestran dificultades en el profesorado para identificar contenidos relacionados con la NdC y el PC en el currículo, donde aparecen, pero, a veces, implícitamente (Fernandes et al., 2018, Vieira et al., 2011). Esto llevaría aparejada una dificultad para identificar aspectos a evaluar sobre la NdC y el PC, y planificar su evaluación explícita, lo que, de nuevo, pone de manifiesto la interrelación entre los componentes del CdC (Demirdöğen et al., 2016; Hanuscin, 2013; Faikhamta, 2013; Rivero et al., 2017).

Por otro lado, en relación al conocimiento de la evaluación, el desconocimiento de técnicas e instrumentos para su desempeño, la poca de familiarización con los contenidos sobre la NdC y el PC para identificar sus aspectos evaluables o la mayor importancia otorgada a los contenidos disciplinares en el aprendizaje de la asignatura (Aliakbari y Sadeghdaghighi, 2013; Hanuscin et al., 2011; Khalid, 2012; Kötter y Hammann, 2017; Supprakob et al., 2016), podrían influir en la imposibilidad de concretar su evaluación o en abordarla a través de la mera observación (ver ReCo D del Anexo IX). En cuanto a la NdC, Hanuscin et al. (2011) y Schwartz y Lederman (2002) detectaron entre el profesorado la adopción de estrategias de evaluación basadas en la realización de preguntas específicas durante la enseñanza, lo cual también se observó en las ReCo A, B y C del Anexo IX. De modo que, las estrategias para una enseñanza explícita y reflexiva de la NdC, servirían también para su evaluación. En relación al PC, entre las ReCo representativas del Anexo IX se identificó la alusión a los productos resultantes de las tareas para su evaluación (ver ReCo A, B y C). Sin embargo, en dichas ReCo, para ningún contenido (NdC y PC) se especificaron claramente los instrumentos de evaluación y los aspectos a evaluar sobre ambos para valorar su aprendizaje.

Este análisis también evidenció que el CdC sobre la NdC presentó un menor desarrollo frente al CdC sobre el PC. En referencia a ello, durante la aplicación de la rúbrica se detectó

una confusión entre el fomento de visiones adecuadas sobre las características de la empresa científica (NdC) y el fomento de habilidades cognitivas asociadas a los procesos que conducen al desarrollo de la ciencia. Al respecto, la Tabla 12 muestra un ejemplo sobre la confusión entre la enseñanza de la fundamentación epistémica del proceso de categorización (NdC), (p.ej. valorar el papel de los esquemas de clasificación de la ciencia para comprender la complejidad del mundo natural) y la enseñanza del desarrollo de los procesos propios de la ciencia, en este caso, categorizar en base a la identificación de criterios y patrones comunes.

Tabla 12. Reflexión representativa sobre la planificación didáctica de un rasgo de la NdC que ilustra su confusión con la habilidad de desarrollar procesos científicos

	Rasgo de la NdC
	<i>Para mejorar la comprensión de la naturaleza, los/as científicos/as elaboran esquemas de clasificación.</i>
	Respuestas
¿Qué pretendes que aprenda el alumnado sobre estos contenidos?	«Es fundamental una buena estructuración de los contenidos para facilitar el aprendizaje.»
¿Por qué es importante para el alumnado aprender estos contenidos?	«Para retener la información de una manera más eficaz los estudiantes tienen que crear esquemas de clasificación que sean fáciles de comprender para ellos mismos.»
¿Cuáles son los métodos para evaluar la comprensión y desarrollo de estos contenidos?	«La realización por parte de los estudiantes de un esquema de la información dada.»

En relación a este punto, los ejemplos de ReCo C y D del Anexo IX también evidencian esta falta de comprensión de la enseñanza de la NdC. Así pues, aunque en ambas se aborda la planificación didáctica de la misma idea, referida a la finalidad de la ciencia (“Los/as científicos/as observan la naturaleza y/o identifican un problema o necesidad, proponen explicaciones/soluciones y comprueban su validez para comprender los fenómenos naturales”), solo en la ReCo C se lleva a cabo su planificación expresa, y no de la destreza asociada, en este caso, buscar información para dar solución a una situación problema. Igualmente, también resulta interesante destacar que en la ReCo A (Anexo IX), si bien se justifica la enseñanza del papel de los esquemas de clasificación “para aprender la manera de trabajar de los científicos”, en relación a su evaluación, se identificaron incongruencias. De modo que, muestra la intención de desarrollar una evaluación de la NdC, por un lado, debatiendo en torno a preguntas específicas sobre dicha idea (“¿Por qué creéis que los científicos clasifican los huesos del cuerpo humano según su tamaño?”) y, por otro lado, a través de un role-play, en el que se plantean cuestiones sobre los contenidos disciplinares (tamaño y forma de los huesos) para emitir juicios sobre lesiones mostradas en una serie de radiografías. En esta última actividad, se manifiesta la idea errónea de que, a través de un buen dominio de las clasificaciones de la ciencia, es posible mejorar o valorar los conocimientos epistémicos sobre la NdC.

Esta confusión entre las metas educativas de aprender *sobre ciencia* y de *hacer ciencia* (Hodson, 2014), se considera uno de los principales obstáculos en la enseñanza de la NdC (Acevedo, 2009b; Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; Bell et al., 2012; Lederman et al., 2014). En el caso del presente estudio, estaría impidiendo la adecuada reflexión sobre la NdC a través de la ReCo y, por tanto, influyendo en la puntuación otorgada a su CdC, al atribuirle en dichos casos, el indicador de la rúbrica asociado al nivel de logro 1 (Tabla 10).

A grandes rasgos, los resultados discutidos en esta sección apoyan la estrategia seguida en la propuesta formativa para comenzar a implicar a docentes en sus etapas más iniciales de formación en la enseñanza de la NdC y el PC. No obstante, también evidencian la necesidad de profundizar en la comprensión conceptual de la NdC y de seguir incidiendo en el desarrollo de los conocimientos requeridos para la planificación ordenada de la enseñanza y el aprendizaje de la NdC y el PC. En este sentido, posteriores intervenciones podrían dirigirse a desarrollar actividades enfocadas a trabajar cada uno de estos conocimientos de manera individual, explícita y reflexiva (Demirdöğen et al., 2016; Faikhamta, 2013). Estas intervenciones continuarían la formación iniciada en este trabajo, limitada a las 10 sesiones prácticas de la asignatura “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I” del Grado en Educación Primaria (2 horas/semana, 20 horas en total).

Junto a ello, en línea con los resultados presentados, se sugiere que esta formación debe procurar, especialmente, promover los conocimientos sobre el alumnado de Primaria en torno a los contenidos sobre la NdC y el PC, así como sobre el currículo.

Por una parte, en relación al primero, se sugiere fomentar la autorreflexión y discutir en gran grupo sobre el origen y la naturaleza de las propias concepciones sobre la NdC y el PC, con el fin de facilitar la identificación de paralelismos entre estas y las posibles encontradas entre el alumnado de Educación Primaria (Demirdöğen et al., 2016). Esto ayudaría a identificar ideas y habilidades en torno a la NdC y al PC, respectivamente, y, por tanto, a anticipar las posibles dificultades de su aprendizaje, antes de la práctica en el aula.

Por otra parte, para ayudar a la identificación de la NdC y del PC en el currículo de ciencias, una lectura comprensiva, más detenida y guiada en torno a los elementos curriculares podría ayudar a identificar variados contenidos sobre la NdC y el PC en el mismo, así como a analizar cómo estos podrían variar en complejidad a lo largo de los ciclos educativos de la Educación Primaria. No obstante, en dicha tarea, cabe destacar el hándicap que supone el conocimiento aún incipiente sobre la NdC y el PC del profesorado en formación inicial, lo que aboga por guiar la construcción de su CdC junto a la profundización conceptual de ambos

constructos (Bonney y Sternberg, 2016; Gess-Newsome et al., 2017, Schwartz y Lederman, 2002). Del mismo modo, cabe destacar que la falta de experiencia docente también se presenta como un obstáculo en la reflexión sobre las dificultades asociadas al desarrollo del currículo de ciencias en pos de la alfabetización científica y, por tanto, considerando la enseñanza de la NdC y el PC. Entre dichos obstáculos, destaca la falta de tiempo suficiente en el plan de estudios, y de materiales docentes adecuados o las reticencias a abordar metodologías activas y competenciales en centros conservadores (Abril et al., 2014; Acevedo, 2009b; Khalid, 2021).

Atendiendo a estos aspectos y, por tanto, con el fin de reforzar la construcción del CdC sobre la NdC y el PC desde una perspectiva más práctica, considerar la implementación de las SEAs diseñadas por cada docente, simulando su enseñanza en el aula real (asociando roles de docentes en ejercicio y de estudiantes de Educación Primaria entre el futuro profesorado), podría promover su mejora y refinamiento en base al posterior debate y compartición de ideas (Mesci, 2020). Esta estrategia reconocería la existencia de aspectos generales y comunes en el CdC de los contenidos (ámbito colectivo del CdC), pese a su carácter idiosincrásico y a las influencias que ejercen las particularidades y contextuales de cada docente en la planificación y enseñanza de los mismos (ámbito personal y en acción del CdC).

3.4.4. Evaluación del CdC sobre la NdC y el PC: creencias docentes

En esta última sección de resultados, se presenta el análisis de las creencias docentes en torno a la enseñanza de las ciencias, tras valorar las puntuaciones otorgadas al cuestionario de eficacia docente de Enochs y Riggs (1990) (Anexo VIII), y en torno a la planificación didáctica de las ciencias, considerando la enseñanza de la NdC y del PC, tras valorar las puntuaciones otorgadas a las dos preguntas formuladas para tal fin en la ReCo (Tabla 9).

Por un lado, en la Figura 12 se presenta el TE de la propuesta formativa, calculado en base a las puntuaciones del pretest y postest obtenidas para el cuestionario de eficacia docente (Anexo VIII), en los grupos control y experimental. Estas permitieron valorar las creencias de autoeficacia (seguridad en desarrollar una enseñanza eficaz) y de expectativa de resultados (influencia de la actuación docente en los resultados de aprendizaje) en la enseñanza de las ciencias (Enochs y Riggs, 1990). Estas creencias se evaluaron solamente en el segundo ciclo, como se señala en el subapartado 3.4.1. Las muestras bajo análisis corresponden a las globales para ambos grupos ($n_{\text{experimental}} = 118$ estudiantes; $n_{\text{control-pretest}} = 72$ estudiantes y $n_{\text{control-postest}} = 37$ estudiantes).

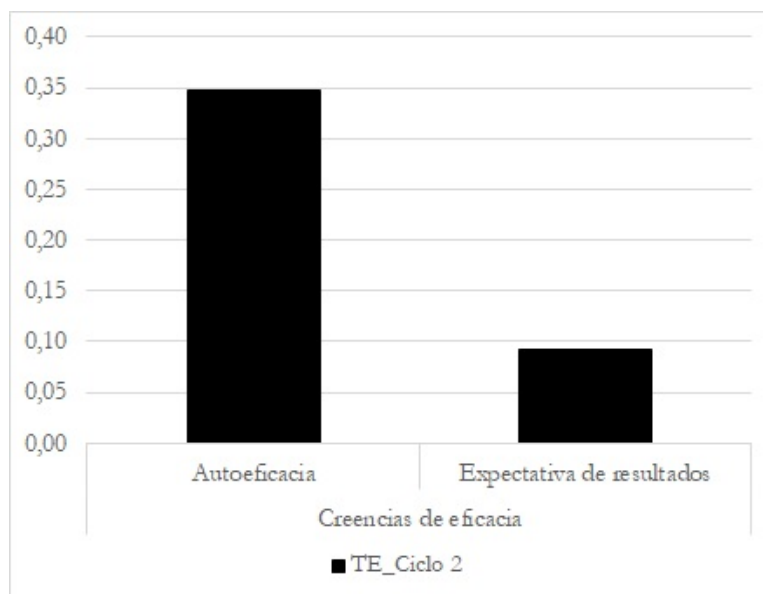


Figura 12. Tamaño del efecto de la propuesta formativa en las creencias de eficacia docente en ciencias, en el segundo ciclo de desarrollo y pilotaje de la propuesta formativa

Este análisis mostró un efecto positivo de la intervención en ambos constructos, aunque mayor en relación al de autoeficacia. Estos resultados resultan relevantes dado que, influir en las creencias que sostiene el profesorado sobre su propia capacidad para ejecutar su CdC en el aula de manera efectiva, podría traducirse en una mayor probabilidad de promoverlo (Park y Oliver, 2008). No obstante, también evidencian la necesidad de destacar la influencia que ejerce la actuación docente en el progreso del alumnado, con el objetivo de concienciar al futuro profesorado de la importancia de su papel en el aula para asegurar un aprendizaje significativo y duradero de los contenidos (Bartholomew et al., 2004; Clough, 2006; Vázquez-Alonso y Manassero-Mas, 2019; Zohar y Schwartz, 2005).

Por otro lado, la Figura 13 presenta las puntuaciones otorgadas a los constructos de importancia (*¿Cuán importante pienso que es esta pregunta para planificar mi enseñanza?*) y de seguridad (*¿Cuán seguro/a me siento al responder a esta pregunta?*) de la ReCo (Tabla 9). Concretamente, estas se muestran en relación a cada componente del CdC implicado en la planificación de la enseñanza de la NdC y del PC (Figura 4), una vez trasladadas las puntuaciones de las siete preguntas de la ReCo a sus conocimientos correspondientes, según Magnusson et al. (1999) (Tabla 8). En este caso, las puntuaciones corresponden a la submuestra de las 56 ReCo analizadas para valorar la planificación didáctica de la NdC y del PC (subapartado de resultados 3.4.3). De nuevo, estas se presentan de acuerdo al valor máximo de 1 punto.

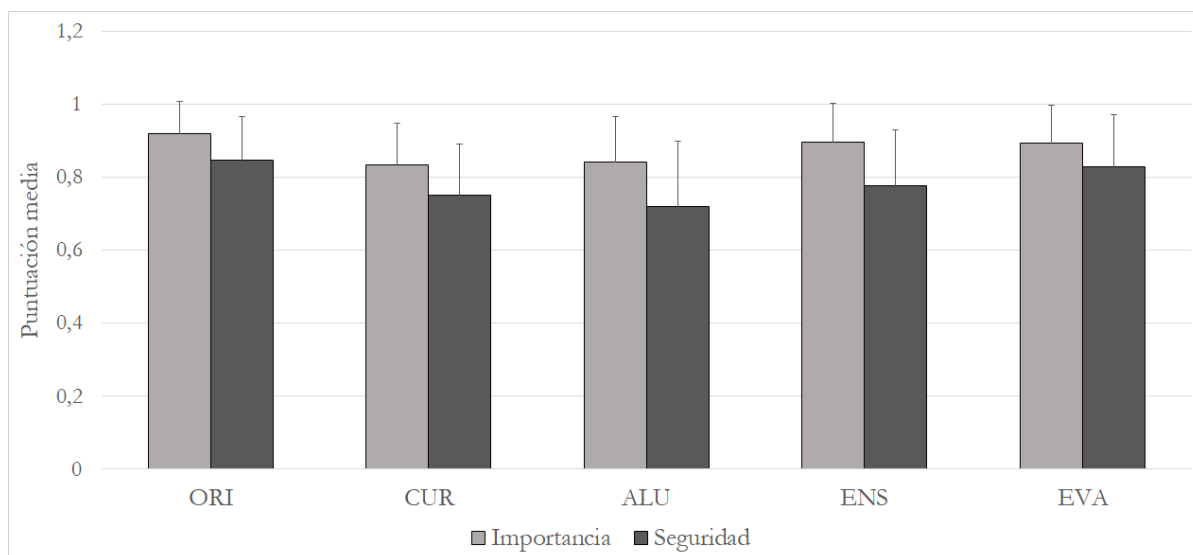


Figura 13. Puntuación media de importancia y seguridad otorgada a reflexionar sobre cada componente del CdC

En este caso, se observaron puntuaciones altas, aunque siempre superiores para las creencias de importancia. En líneas generales, los conocimientos mejor valorados se correspondían con aquellos para los que el futuro profesorado creía tener también una mayor seguridad en abordar, y viceversa. Estos resultados contrastan con las puntuaciones más moderadas obtenidas sobre los conocimientos docentes (Figura 11), lo que sugiere que, a pesar de su limitado CdC, el profesorado en formación inicial reconocía la importancia de dichos conocimientos, así como su seguridad para abordarlos en las planificaciones de aula.

Atendiendo a cada constructo, por un lado, los conocimientos considerados de mayor importancia y con mayor seguridad para abordar fueron los referentes a las orientaciones y propósitos de la enseñanza, los métodos de enseñanza y de evaluación, lo que coincide con los resultados de Nilsson y Loughran (2012). Por otro lado, los conocimientos menos valorados en relación a estos dos constructos, sobre el alumnado y el currículo (Figura 13), también destacaron por su desarrollo más limitado tras la propuesta (Figura 11). Este hecho sugiere que el futuro profesorado parece disponer de cierta consciencia sobre sus mayores limitaciones docentes, ya que reconocieron poseer una menor seguridad para abordar las cuestiones de la ReCo que aludían a los conocimientos que destacaron por un menor nivel de desempeño. Sin embargo, este hecho también refuerza el reclamo de abordar los conocimientos sobre el alumnado y el currículo con especial atención en la formación inicial de docentes para reforzar la construcción del CdC.

Por último, si realizamos una comparativa general de los resultados mostrados en las Figuras 12 y 13, en relación a las creencias de autoeficacia, se observa que los resultados obtenidos en ambos instrumentos de evaluación apoyan el efecto de la propuesta en la mejora

de las creencias del profesorado en formación inicial sobre sus propias competencias para planificar con solvencia la enseñanza de contenidos relacionados con la NdC y el PC.

En resumen, los resultados discutidos sobre las creencias docentes revelan sus complejas relaciones, y parecen mostrar que, en primer lugar, la autoeficacia experimenta un mayor desarrollo que el resto (Romero-Ariza, Quesada et al., 2021). De modo que, el éxito de las primeras prácticas en el aula de ciencias de la muestra bajo estudio podría verse, entre otros, limitado, no por su escasa seguridad, sino por otros aspectos, como su aún incipiente CdC. No obstante, la importancia otorgada a la ReCo para organizar el proceso de enseñanza y aprendizaje de contenidos científicos, de la NdC y del PC, abre vías de actuación en la formación inicial de docentes para promover el valor de desarrollar una completa y fundamentada planificación didáctica que contribuya a una enseñanza de la ciencias coherente a los objetivos de la alfabetización científica.

4. CONCLUSIONES FINALES

En este apartado, se recogen las principales conclusiones extraídas de la investigación desarrollada en esta Tesis Doctoral:

- La propuesta de formación inicial de profesorado, desarrollada a lo largo de diez sesiones prácticas, de dos horas de duración, dirigida a trabajar explícitamente los conocimientos sobre la NdC y el PC, así como su planificación didáctica en ciencias, se presenta como una intervención eficaz para empezar a construir el CdC sobre la NdC y el PC de docentes en sus primeras etapas de formación universitaria y, por tanto, para promover las competencias profesionales requeridas para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia y del pensamiento crítico.
- La implementación de la propuesta formativa en diferentes cohortes de docentes en formación inicial muestra que se trata de una propuesta factible de ser trasladada a otros contextos formativos de futuro profesorado. Igualmente, su eficacia viene avalada por datos cuantitativos que surgen de una metodología pre-post test con grupo control, así como cualitativos, que permiten una mejor comprensión sobre los aspectos estudiados y orientar futuras mejoras.
- La metodología de investigación enfocada al diseño (DBR) ha resultado ser efectiva para desarrollar la propuesta formativa, permitiendo adaptar su diseño a las particularidades del contexto educativo y de la muestra de docentes en formación inicial durante los ciclos de desarrollo y pilotaje.
- La aplicación de la metodología DBR ha permitido validar, en el contexto del presente estudio, los principios de diseño planteados inicialmente en la propuesta, así como definir y guiar aspectos de su diseño para reforzar su efecto en el desarrollo del CdC sobre la NdC y el PC del futuro profesorado.
- El modelo de CdC de Magnusson et al. (1999) y los últimos modelos de consenso del CdC son útiles para definir el marco teórico que guíe la promoción de competencias para la enseñanza de la NdC y del PC, desde las primeras etapas de formación docente. Bajo este marco, se sugiere atender a aspectos clave para promover el CdC sobre la NdC y el PC: el conocimiento de ambos constructos, los conocimientos para su adecuada planificación didáctica en ciencias, y las creencias docentes.

- Los constructos de la NdC y del PC presentan una serie de similitudes en sus concepciones epistémicas que pueden ser aprovechadas para comenzar a construir el CdC sobre ambos, de manera conjunta, en docentes en formación inicial.
- La adaptación del instrumento de la Representación del Contenidos (ReCo) para incluir la reflexión didáctica sobre la NdC y el PC, en el contexto de unos determinados contenidos científicos, permite a docentes en formación inicial explicitar conocimientos clave sobre la planificación de su enseñanza.
- Las conexiones entre la ReCo y el modelo de CdC de Magnusson et al. (1999), junto con la aplicación de la rúbrica diseñada para evaluar las ReCo, permitieron una descripción general de los conocimientos del futuro profesorado para planificar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la NdC y del PC. Esta estrategia se presenta como valiosa para conocer el CdC sobre la NdC y el PC en las etapas iniciales de formación docente, así como para simplificar su valoración en muestras de considerable tamaño.
- El desarrollo, tanto de la parte A de la propuesta formativa, como de la propuesta al completo (partes A y B), favorece la promoción de una visión adecuada sobre rasgos clave de las dimensiones epistemológica y sociológica de la NdC, destrezas y componentes motivacionales del PC, en docentes en formación inicial.
- Para guiar el adecuado aprendizaje de la NdC y del PC es fundamental la formulación de preguntas reflexivas, claras y específicas sobre las ideas y destrezas que se desean promover, respectivamente, durante las tareas de indagación de laboratorio y el análisis de la historia de la ciencia.
- Dar a conocer el contexto socio-histórico en el que se desarrolla la ciencia promueve la comprensión sobre la NdC, visibilizando la influencia de las particularidades sociales e históricas en el desarrollo y difusión de las investigaciones científicas.
- La enseñanza de la NdC requiere de actividades que estimulen el razonamiento hacia la comprensión conceptual y epistémica de la ciencia, estableciendo conexiones con los procesos científicos y, al mismo tiempo diferenciándolos del aprendizaje de las destrezas implicadas en estos últimos.

- La propuesta formativa ha mostrado ser eficaz en retener las mejoras en la visión de la NdC a medio plazo, hasta cinco meses y medio después de la intervención, observándose incluso mejoras en el tiempo transcurrido entre las dos evaluaciones posteriores a la intervención.
- El rasgo epistémico de la subjetividad de las observaciones científicas y el rasgo social de la influencia general de la sociedad en la ciencia y la tecnología se han presentado como las ideas sobre la NdC más resistentes al cambio conceptual como resultado de la intervención.
- La propuesta formativa no ha mostrado ser eficaz en la retención general a medio plazo de las mejoras en las destrezas críticas sobre la comprobación de hipótesis. La destreza de diferenciar entre opiniones e información fue la única para la que la intervención no mostró efecto de mejora en ningún momento de la evaluación.
- A pesar de que, transcurrido el tiempo, la intervención dejó de influir en que el profesorado en formación inicial considerara útil el PC y mostrara interés en su empleo, sí siguió contribuyendo a valorar el empleo del PC y a presentar una disposición a sacrificar esfuerzo y tiempo para pensar críticamente si determinadas situaciones lo requieren.
- La propuesta formativa ejerció un efecto positivo sobre las expectativas de pensar críticamente con eficacia a medio plazo, aunque no inmediatamente tras la intervención, lo que revela su potencial para evidenciar los requerimientos cognitivos del PC.
- En relación al PC, la regresión detectada en el tiempo del efecto positivo de la propuesta sugiere, en especial, que su enseñanza debe procurar la promoción conjunta de sus dimensiones cognitiva y motivacional, basada en estrategias didácticas altamente reforzadas y contextualizadas, reflexivas y guiadas a lo largo de la formación del profesorado.
- La promoción de una adecuada planificación didáctica de contenidos sobre la NdC y el PC requiere una enseñanza contextualizada, guiada, social e introspectiva del CdC sobre la NdC y el PC para facilitar su construcción en el futuro profesorado.

- El diseño de secuencias de enseñanza y aprendizaje junto al desarrollo de la ReCo asociada a su planificación didáctica contribuye a reconocer la relevancia curricular de los contenidos sobre la NdC y el PC y a materializar su enseñanza en contextos científicos por parte del profesorado en formación inicial.
- El profesorado en formación inicial exhibió un limitado CdC sobre la NdC y el PC tras la intervención, aunque destacaron positivamente sus conocimientos sobre los métodos de enseñanza, y las orientaciones y propósitos del aprendizaje. Esto apoya el efecto de la propuesta en orientar la adopción de estrategias de enseñanza acordes a la consecución de las metas de la alfabetización científica. No obstante, debe reforzarse el trabajo explícito y reflexivo de todos los componentes para procurar la mejora coherente del CdC durante la formación del profesorado.
- Los conocimientos sobre el alumnado en torno a la NdC y al PC, y sobre el desarrollo curricular de la NdC y el PC han mostrado ser los más reducidos. Este hecho apoya la idea de que, para seguir construyendo el CdC de docentes en formación inicial, es necesario incluir enfoques prácticos de aula que muestren la respuesta a la enseñanza de la NdC y del PC y la factibilidad de su desarrollo.
- Los conocimientos docentes para planificar la enseñanza de la NdC y del PC a través de la ReCo han mostrado ser más difíciles de promover que las creencias docentes relativas a la autoeficacia y a la importancia concedida a la reflexión didáctica.
- Las creencias sobre el efecto de la actuación docente en los resultados de aprendizaje del alumnado han mostrado ser las menos influidas por la propuesta formativa. De nuevo, esto parece sugerir la importancia de que el profesorado en formación inicial ponga a prueba sus competencias docentes en el aula y analice el progreso del alumnado en el contexto real de la enseñanza.

5. PRESENTACIÓN DE LAS CONTRIBUCIONES REALIZADAS

Esta Tesis Doctoral se presenta por la modalidad de Tesis por compendio de publicaciones. Del conjunto de contribuciones escritas durante el desarrollo de la investigación (Figura 14), tres de ellas contribuyen a la Tesis por compendio (**contribuciones 1, 2, 3**), cumpliendo con los requisitos establecidos en el artículo 25.2 del Reglamento de los Estudios de Doctorado de la Universidad de Jaén (2012): “ Podrá presentarse como un conjunto de trabajos publicados por el doctorando o doctoranda relacionados con el plan de investigación que conste en el documento de actividades del doctorando, siempre que se cumplan con los siguientes requisitos: a) El conjunto de trabajos deberá estar conformado por un mínimo de dos artículos publicados o aceptados, o capítulos de libro, o un libro, debiendo ser el doctorando o doctoranda el primer autor en al menos uno de ellos. La calidad de las aportaciones estará acreditada en el ámbito de la especialidad de acuerdo a los criterios establecidos por la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora”. El resto de contribuciones se han denominado complementarias (**contribuciones A, B, C, D, E, F, G, H**) y representan las aportaciones realizadas en materia de comunicaciones a congresos, de índole nacional (A, D, G, H) e internacional (C, E), así como de artículos de investigación que no forman parte de la Tesis Doctoral por compendio al no cumplir con los requisitos requeridos para ello (B, F).

Todas estas contribuciones han sido clasificadas según sus aportaciones a cada una de las etapas de la DBR llevadas a cabo para el diseño y evaluación de la propuesta de formación inicial de docentes enfocada a mejorar sus competencias para la enseñanza de la NdC y del PC (Figura 3). A continuación, se indican las aportaciones de cada contribución.

En primer lugar, en referencia a las contribuciones integrantes de la Tesis Doctoral por compendio, destaca la **contribución 1** por presentar los resultados generales obtenidos en cada etapa de la DBR. Por tanto, ofrece primero, una descripción sobre los principios de diseño extraídos de la literatura especializada, que guiaron el prototipo de la propuesta formativa y la adopción de los instrumentos de evaluación para comprobar su efecto. Seguidamente, presenta los resultados de implementar dicha propuesta en muestras estudiantes del grado en Educación Primaria, en el primer y segundo ciclo de desarrollo y pilotaje, en base a análisis cualitativos y cuantitativos. Finalmente, presenta el diseño final de la propuesta y una serie de sugerencias de diseño que resultaron ser de utilidad para optimizar la eficacia de la propuesta.

Los resultados presentados en la contribución 1 describen la metodología seguida y los principales hechos que guiaron la investigación. Las restantes contribuciones que integran la Tesis por compendio ofrecen una imagen más detallada sobre la eficacia de la propuesta.

Así, la **contribución 2** presenta el tamaño del efecto de la propuesta en la mejora de la visión sobre los diferentes rasgos de la NdC bajo estudio, durante el ciclo 1.A de desarrollo y

pilotaje (Figura 3). Los resultados de este trabajo evidenciaron la eficacia de los principios de diseño de la propuesta para promover visiones adecuadas sobre las dimensiones epistemológica y sociológica de la ciencia, y permitieron detectar aspectos a mejorar. En este último punto, se destaca la robustez y el potencial del COCTS para combinar análisis cuantitativos y cualitativos con los que valorar el efecto de la intervención.

Por su parte, la **contribución 3** muestra resultados globales del CdC sobre la NdC y el PC de la muestra de docentes en formación inicial partícipe del segundo ciclo de desarrollo y pilotaje de la propuesta formativa, tras analizar el instrumento de la ReCo. De modo que, este trabajo presenta el desarrollo de los conocimientos requeridos para planificar la enseñanza de la NdC y del PC, así como de las creencias docentes relativas a la importancia y seguridad en torno a dicha planificación en ciencias; es decir, esta contribución ofrece una imagen sobre el desarrollo de la dimensión cognitiva y afectiva del CdC. Los resultados presentados sugieren que la propuesta es útil para comenzar a construir el CdC sobre la NdC y el PC de docentes en sus etapas iniciales de formación. Además, esta contribución incluye el diseño de una rúbrica, elaborada para facilitar el análisis de las ReCo, y obtener datos cuantitativos sobre el desarrollo global del CdC según el modelo teórico de Magnusson et al. (1999).

En cuanto a las contribuciones complementarias, estas representan los avances producidos a lo largo de la investigación desarrollada en esta Tesis Doctoral.

La **contribución complementaria A** muestra la fundamentación teórica y la descripción del diseño de la SEA “Investigando sobre el origen de los seres vivos”, integrada en la parte A de la propuesta formativa. También presenta algunas apreciaciones cualitativas fruto de una intervención piloto, desarrollada con estudiantes del Máster Universitario en Profesorado de Enseñanza Secundaria. Estos resultados preliminares fueron ampliados en la **contribución complementaria B**, ofreciendo un mayor detalle del desarrollo y las dificultades de enseñanza y aprendizaje asociadas a la intervención piloto, e incluyendo aquellas referentes al primer gran ciclo de desarrollo y pilotaje de la SEA, realizado con estudiantes del Grado en Educación Primaria, población objeto de estudio de la Tesis Doctoral.

La **contribución complementaria C** muestra el primer análisis cuantitativo del efecto de la intervención en la mejora de la comprensión sobre rasgos epistémicos y sociales de la NdC, tras el primer ciclo de refinamiento. Para ello, presenta las puntuaciones medias obtenidas en el pretest y postest por los grupos experimental (partícipe de la propuesta) y control en cada uno de los ítems extraídos del COCTS, junto a su correspondiente índice de tamaño del efecto.

La **contribución complementaria D** resalta el marco teórico seguido para aunar la enseñanza de la NdC y del PC, con la que dar respuesta al reto de atender a una alfabetización

científica holística. Este se basa en combinar la indagación y el análisis crítico de la historia de la ciencia, en contextos de controversia sobre la construcción de conocimiento científico y, por tanto, en promover un enfoque metodológico basado en “hacer y descubrir la historia de la ciencia” para fomentar visiones adecuadas sobre la NdC y el desarrollo del PC.

La **contribución complementaria E** presenta de manera genérica los resultados de un estudio de casos múltiple, presentado en mayor detalle en la **contribución complementaria F**. Este permitió identificar los aspectos sobre la NdC que más se acercan a una visión informada sobre la ciencia, y cuáles requieren una mayor atención, tras el primer ciclo de refinamiento. Además, introduce la comparativa entre los resultados arrojados por el COCTS (cuantitativos) y un cuestionario de preguntas abiertas (cualitativos) para conocer y matizar las visiones construidas sobre la NdC.

La **contribución complementaria F** profundiza en el análisis presentado en la contribución 2, mostrando el efecto de la intervención en la comprensión de la NdC, tanto a corto como a medio plazo. Los resultados mostrados avalaron su diseño para retener, hasta cinco meses y medio tras su fin, la mejora adquirida a corto plazo (un mes y medio tras la intervención). Asimismo, aborda un estudio de casos múltiple, que combina el análisis cuantitativo del COCTS y el análisis cualitativo de un cuestionario de preguntas abiertas, a fin de matizar las visiones sobre la NdC del profesorado en formación inicial e identificar dificultades en su aprendizaje.

En la **contribución complementaria G** se presentan los primeros detalles del diseño de la propuesta formativa al completo, así como los resultados preliminares de su segundo ciclo de desarrollo y pilotaje. Además, ofrece una visión general sobre el trabajo de dos estudiantes para ilustrar el desempeño del grupo experimental en el diseño de SEAs que integran la enseñanza de la NdC, el PC y contenidos científicos, y en el desarrollo de la ReCo.

La **contribución complementaria H** presenta los resultados globales obtenidos en el segundo ciclo de refinamiento de la propuesta, mostrando el desarrollo de las variables bajo estudio del CdC sobre la NdC y el PC: comprensión de la NdC y desarrollo del PC, planificación didáctica de la NdC y del PC en contextos científicos y creencias docentes.

En los siguientes apartados, se presentan las contribuciones integrantes de la Tesis Doctoral por compendio de publicaciones, junto a sus respectivos índices de calidad, y, tras estas, el resto de contribuciones complementarias.

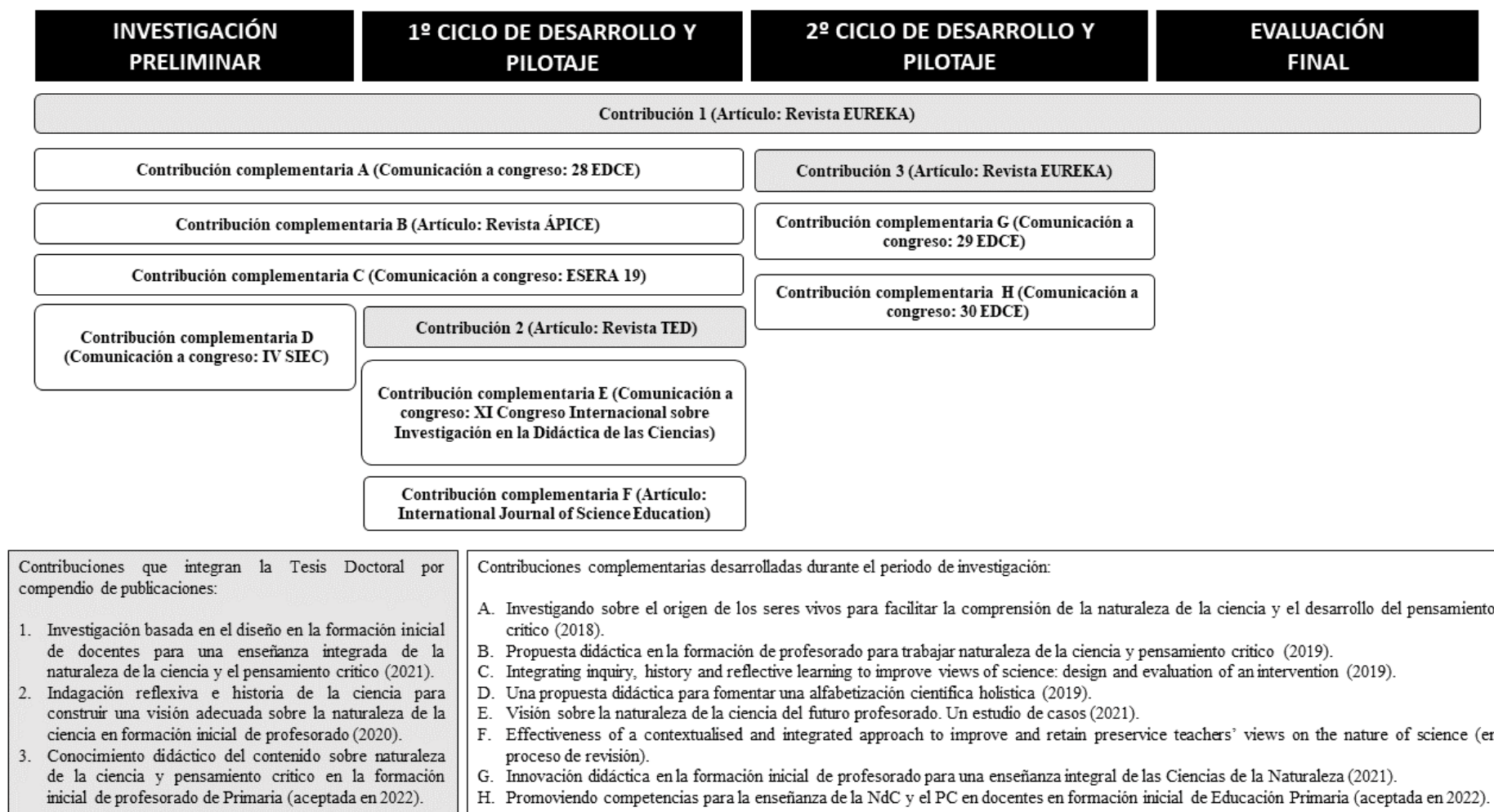


Figura 14. Contribuciones realizadas durante la Tesis Doctoral y aportación de cada una de ellas a las etapas desarrolladas en el marco de la DBR para el diseño de la propuesta formativa. En gris, se resaltan las contribuciones que integran la Tesis por compendio de publicaciones

6. CONTRIBUCIONES QUE INTEGRAN LA TESIS DOCTORAL

Contribución 1

Título: Investigación basada en el diseño en la formación inicial de docentes para una enseñanza integrada de la naturaleza de la ciencia y el pensamiento crítico.

Autores: Cristina Cobo Huesa, Ana María Abril Gallego y Marta Romero Ariza.

Año: 2021.

Tipo de publicación: Artículo.

Revista: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 18(3), 3801.

ISSN: 1697-011X.

Publicada por: Universidad de Cádiz y Asociación de Profesores APAC-EUREKA.

DOI: http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3801

Indicadores de calidad científica de la revista: Sello de Calidad de la FECYT desde 2014 (C1 en 2021), e incluida, entre otras, en las siguientes bases de datos bibliográficas e índices de revistas: SCIMAGO/SCOPUS (SJR 2021= 0.41, Q2; CiteScore = 1.3), ESCI de la Web of Science (desde 2015), MIAR (ICDS=9.7), ERIH PLUS, así como en CIRC (Calificación B), DIALNET MÉTRICAS (Q1 Educación), QUALIS CAPES (A1 Categoría Ensino), DICE, DOAJ, GOOGLE ACADÉMICO, IRESIE, LATINDEX, REDALYC, EBSCO, REDIB, ULRICH'S, CARHUS Plus+, entre otros.

Resumen: Promover el conocimiento didáctico del contenido del profesorado en formación inicial para una enseñanza eficaz de la naturaleza de la ciencia y el pensamiento crítico es uno de los grandes retos a los que debe hacer frente la investigación educativa para mejorar la alfabetización científica de las futuras generaciones. Con el fin de ofrecer propuestas didácticas basadas en la investigación y evaluadas en el contexto real del aula, en este trabajo, se presenta la investigación enfocada al diseño de una propuesta de formación inicial de profesorado para una enseñanza integrada de estos dos constructos. El estudio ilustra el proceso de desarrollo y mejora basada en pruebas y aporta evidencias sobre su eficacia para obtener los resultados buscados, cuantificando el tamaño del efecto con un diseño pre-post test con grupo control.

Contribución 2

Título: Indagación reflexiva e historia de la ciencia para construir una visión adecuada sobre la naturaleza de la ciencia en formación inicial de profesorado.

Autores: Cristina Cobo Huesa, Marta Romero Ariza y Ana María Abril Gallego.

Año: 2020.

Tipo de publicación: Artículo.

Revista: Tecné, Episteme y Didaxis: TED, 48, 13-31.

ISSN: 2665-3184.

Publicada por: Universidad Pedagógica Nacional de Colombia.

DOI: <https://doi.org/10.17227/ted.num48-10934>

Indicadores de calidad científica de la revista: Indexada en Publindex (Categoría C), MIAR (ICDS=6.5), Dialnet, SciELO Citation Index, Actualidad Iberoamericana, CLASE, Directory of Open Access Journals (DOAJ), Directory of Research Journals Indexing (DRJI), EBSCO, Educational Research Abstracts Online (ERA), IRESIE, Latindex, Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), REDIB, Red Latinoamericana de Revistas Académicas en Ciencias Sociales y Humanidades – FLACSO, SciELO Colombia, Sherpa/Romeo, Ulrich's.

Resumen: La formación de ciudadanos alfabetizados científicamente implica una enseñanza eficaz sobre cómo funciona el complejo entramado de la comunidad científica y sus diversas relaciones con nuestro sistema social. En consecuencia, la mejora de la calidad de la educación científica requiere reforzar la formación del profesorado desde sus etapas más iniciales. En este artículo de investigación se muestran los cambios observados en la visión sobre aspectos claves de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) del profesorado en formación inicial de Educación Primaria, tras la aplicación de una propuesta didáctica basada en la historia de la ciencia, que integra la indagación a través de diferentes escenarios de aprendizaje, en un marco explícito y reflexivo. El progreso en las concepciones de los participantes se muestra a través del tamaño del efecto. Los resultados muestran una evolución positiva tanto en aspectos relacionados con la dimensión epistemológica como sociológica de la NdC en el grupo experimental respecto al grupo control, ofreciendo evidencias sobre el interés de la propuesta didáctica para la mejora de la formación inicial de profesorado en este ámbito.

Contribución 3

Título: Conocimiento didáctico del contenido sobre naturaleza de la ciencia y pensamiento crítico en la formación inicial de profesorado de Primaria.

Autores: Cristina Cobo Huesa, Ana María Abril Gallego y Marta Romero Ariza.

Año: Aceptada en 2022.

Tipo de publicación: Artículo.

Revista: Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 19(3), 3602.

ISSN: 1697-011X.

Publicada por: Universidad de Cádiz y Asociación de Profesores APAC-EUREKA.

DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3602

Indicadores de calidad científica de la revista: Sello de Calidad de la FECYT desde 2014 (C1 en 2021), e incluida, entre otras, en las siguientes bases de datos bibliográficas e índices de revistas: SCIMAGO/SCOPUS (SJR 2021= 0.41, Q2; CiteScore = 1.3), ESCI de la Web of Science (desde 2015), MIAR (ICDS=9.7), ERIH PLUS, así como en CIRC (Calificación B), DIALNET MÉTRICAS (Q1 Educación), QUALIS CAPES (A1 Categoría Ensino), DICE, DOAJ, GOOGLE ACADÉMICO, IRESIE, LATINDEX, REDALYC, EBSCO, REDIB, ULRICH'S, CARHUS Plus+, entre otros.

Resumen: Preparar a los futuros docentes para la alfabetización científica de la sociedad requiere trabajar desde sus etapas más iniciales de formación su conocimiento y capacidades para la enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia (NdC) y el Pensamiento Crítico (PC). En este trabajo, se analiza el Conocimiento Didáctico del Contenido (CdC) para la enseñanza de estos dos constructos de una muestra de estudiantes del Grado en Educación Primaria, tras su participación en una intervención educativa. Los datos se recogieron a través de la Representación del Contenido, y el diseño de una rúbrica permitió evaluar el CdC. Los resultados muestran unos conocimientos docentes modestos, inferiores para la NdC, pero unas creencias más sólidas para abordar las planificaciones de aula, que sugieren la utilidad de la intervención para guiar al futuro profesorado en el diseño de propuestas de aula que integren la NdC y el PC. También se indican recomendaciones en la formación de docentes al respecto para guiar futuras intervenciones.

7. CONTRIBUCIONES COMPLEMENTARIAS

Contribución complementaria A

Título: Investigando sobre el origen de los seres vivos para facilitar la comprensión de la naturaleza de la ciencia y el desarrollo del pensamiento crítico.

Autores: Cristina Cobo Huesa, Ana María Abril Gallego y Marta Romero Ariza.

Año: 2018.

Tipo de publicación: Comunicación a congreso - 28 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales (EDCE).

Publicada en: Actas 28 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Iluminando el cambio educativo.

Editoras: Cristina Martínez Losada, Susana García Barros.

Páginas: 721-725.

ISBN: 978-84-9749-688-9 (edición impresa), 978-84-9749-689-6 (edición electrónica)

Edición: Universidade da Coruña.

DOI: <https://doi.org/10.17979/spudc.9788497496896>

Resumen: La naturaleza de la ciencia (NdC) y el pensamiento crítico (PC) son dos elementos indispensables para la alfabetización científica. En este trabajo de investigación basado en el diseño, pretendemos validar un prototipo que integra la indagación y la historia de la ciencia sobre la controversia científica de la generación espontánea, dentro de un marco explícito-reflexivo, para mejorar la comprensión de la NdC y el desarrollo del PC en el profesorado en formación inicial. Con el fin de mejorar su diseño y eficacia, de manera previa, se ha llevado a cabo su pilotaje en una muestra de profesorado en formación inicial. Con esta primera ronda de refinamiento se espera optimizar el diseño del prototipo a la adecuada consecución de los objetivos planteados.

Contribución complementaria B

Título: Propuesta didáctica en la formación de profesorado para trabajar naturaleza de la ciencia y pensamiento crítico.

Autores: Cristina Cobo Huesa, Ana María Abril Gallego y Marta Romero Ariza.

Año: 2019.

Tipo de publicación: Artículo.

Revista: Ápice. Revista de Educación Científica, 3(1), 15-28.

ISSN: 2531-016X.

Edición: APICE (Asociación Española de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales) y Universidade da Coruña.

DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.1.4630>

Resumen: La demanda social de educar a ciudadanos alfabetizados científicamente convierte en prioritario formar a profesorado con una adecuada comprensión sobre la naturaleza de la ciencia (NDC) y desarrollo de pensamiento crítico (PC), requisitos indispensables para poder impartir dichos contenidos en el aula. Para tal fin, en este trabajo, se presenta el diseño de una propuesta didáctica (prototipo), que está siendo evaluada y mejorada a través de la metodología de investigación enfocada al diseño. Este prototipo integra la indagación y la historia de la ciencia a través de la controversia científica de la generación espontánea, dentro de un marco explícito-reflexivo. Con el fin de mejorar su diseño y eficacia, se están llevando a cabo ciclos iterativos de pilotaje que, hasta el momento, han mostrado la importancia de adoptar un enfoque guiado en las tareas de indagación y de un enfoque explícito en la instrucción sobre la NDC y el PC para lograr un aprendizaje exitoso y significativo.

Contribución complementaria C

Título: Integrating inquiry, history and reflective learning to improve views of science: design and evaluation of an intervention.

Autores: Cristina Cobo Huesa, Ana María Abril Gallego y Marta Romero Ariza.

Año: 2019.

Tipo de publicación: Comunicación a congreso - European Science Education Research Association (ESERA) 2019.

Publicada en: The Beauty and Pleasure of Understanding: Engaging with Contemporary Challenges Through Science Education (Proceedings of ESERA 2019)

Editoras: Olivia Levrini y Giulia Tasquier.

Páginas: 770-778.

ISBN: 978-88-945874-0-1.

Edición: Universidad de Bolonia.

Disponible en: <https://www.esera.org/publications/esera-conference-proceedings/esera-2019>

Abstract: Scientifically literate citizens require an appropriate knowledge about science in order to acquire a good understanding of how science works and affects their daily life. This knowledge about science, which is known as Nature of Science (NOS), is considered a crucial aim of worldwide science education standards. For this reason, preservice teacher development adopts an essential role in this science educational scene, due to teachers' responsibility for promoting meaningful context to learn about science. Therefore, the purpose of this study consists in evaluating the impact of an intervention intended to improve preservice teachers' understanding of epistemological and sociological aspects of NOS. The intervention was developed using a design based research methodology. It integrates inquiry-based teaching (IBT) and the history of science through an explicit and reflective instruction, embedded in the scientific controversy of the spontaneous generation theory. Pretest-posttest differences between the experimental and the control group scores and the effect size are used to discuss improvements in the understanding of NOS after the intervention. Overall, the results show that the experimental group obtained a moderate progress and scored higher than the control

one, with significant scores in three items applied in the evaluation. These results support the potential of combining inquiry and the history of science, along with explicit reflections about NOS, to improve preservice teachers' understanding of both key epistemological and sociological aspects of science.

Resumen: Los ciudadanos alfabetizados científicamente requieren un conocimiento adecuado sobre la ciencia para lograr una buena comprensión sobre cómo funciona la ciencia y cómo influye en su vida diaria. Este conocimiento sobre la ciencia, conocido como Naturaleza de la ciencia (NdC), se considera un objetivo crucial de los estándares mundiales de la educación científica. Por esta razón, la formación inicial del profesorado adopta un papel esencial en este escenario de la educación científica, debido a la responsabilidad del profesorado en la promoción de un contexto significativo para aprender sobre ciencia. Por tanto, el propósito de este estudio consiste en evaluar el efecto de una intervención dirigida a mejorar la comprensión de futuros profesores sobre aspectos epistemológicos y sociológicos de la NdC. La intervención se desarrolló utilizando una metodología de investigación enfocada al diseño. Esta intervención integra la enseñanza basada en la indagación y la historia de la ciencia, a través de una enseñanza explícita y reflexiva, enmarcada en la controversia científica de la teoría de la generación espontánea. Las mejoras en la comprensión de la NdC tras la intervención se discuten mediante las diferencias observadas entre las puntuaciones pretest-postest de los grupos experimental y control, y el tamaño del efecto. En general, los resultados muestran que el grupo experimental obtuvo un progreso moderado y una mayor puntuación que el grupo control, con puntuaciones significativas en tres ítems evaluados. Estos resultados apoyan el potencial de combinar la indagación y la historia de la ciencia, junto con la reflexión explícita sobre la NdC, para mejorar la comprensión de futuros docentes sobre aspectos epistemológicos y sociológicos clave de la ciencia.

Contribución complementaria D

Título: Una propuesta didáctica para fomentar una alfabetización científica holística.

Autores: Cristina Cobo Huesa, Ana María Abril Gallego y Marta Romero Ariza.

Año: 2019.

Tipo de publicación: Comunicación a congreso - IV Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias (SIEC).

Publicada en: Nuevos Retos en la Enseñanza de las Ciencias.

Editores: Pedro Membiela, María Isabel Cebreiros y Manuel Vidal.

Páginas: 169-173.

ISBN: 978-84-15524-43-4.

Edición: Educación Editora.

Resumen: Para promover la alfabetización científica, en este trabajo proponemos una secuencia de enseñanza-aprendizaje sobre una controversia científica, que aúna la historia de la ciencia y el aprendizaje por indagación para facilitar el pensamiento crítico, la asimilación y aplicación de ideas científicas y la comprensión de naturaleza de la ciencia.

Contribución complementaria E

Título: Visión sobre la naturaleza de la ciencia del futuro profesorado. Un estudio de casos.

Autores: Cristina Cobo Huesa, Ana María Abril Gallego y Marta Romero Ariza.

Año: 2021.

Tipo de publicación: Comunicación a congreso - XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021.

Publicada en: Actas XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021.

Editores: Florentina Cañada y Pedro Reis.

Páginas: 1367-1370.

ISBN: 978-84-123113-4-1.

Edición: Revista Enseñanza de las Ciencias.

Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/355684229> Actas electronicas del X I Congreso Internacional en Investigacion en Didactica de las Ciencias 20 21 Aportaciones de la educacion cientifica para un mundo sostenible

Resumen: En este trabajo se presenta un estudio de casos para profundizar en la visión de la naturaleza de la ciencia de profesorado en formación inicial de Educación Primaria, inmerso en una intervención dirigida a mejorarla. Los resultados muestran qué aspectos se acercan a la visión informada y cuáles requieren una mayor atención, orientando futuras propuestas en la formación inicial de docentes.

Contribución complementaria F

Título: Effectiveness of a contextualised and integrated approach to improve and retain preservice teachers' views on the nature of science.

Autores: Cristina Cobo Huesa, Marta Romero Ariza y Ana María Abril Gallego.

Año: En proceso de revisión.

Tipo de publicación: Artículo.

Revista: International Journal of Science Education.

ISSN: 0950-0693 (edición impresa), 1464-5289 (edición digital)

Edición: Taylor and Francis.

Abstract: Improving teachers' understanding of the Nature of Science (NOS) is crucial to ensure their capacity to support future citizens' scientific literacy. To tackle this challenge from initial teacher education, an innovative inquiry-based intervention contextualised in the scientific controversy of spontaneous generation has been developed and evaluated with preservice teachers. Results from a pretest/posttest-control group design show improvement in the understanding of epistemological and sociological aspects after the intervention. The effect size detected in the experimental group versus the control group is retained and even enhanced five and a half months after its conclusion. These results are especially relevant to respond to experts' claims about the need of further studies to understand the issues related to retention following explicit instruction about NOS. Additionally, data from a collective case study provide an enriched picture of participants' understanding of the NOS unveiling the complexities of the different issues involved and suggesting the need to combine quantitative and qualitative studies. Finally, implications for teacher educators and educational researchers are presented along with directions for future work in the field.

Resumen: Mejorar la comprensión del profesorado sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC) es crucial para garantizar su capacidad de contribuir a la alfabetización científica de la futura ciudadanía. Para afrontar este reto desde la formación inicial del profesorado, se ha desarrollado y evaluado, en docentes en formación inicial, una innovadora intervención basada en la indagación y contextualizada en la controversia científica de la generación espontánea. Los resultados de un diseño metodológico pretest/postest con grupo control muestran una mejora en la comprensión de los aspectos epistemológicos y sociológicos tras la intervención. El tamaño del efecto de la intervención observado en el grupo experimental frente al del grupo control se mantiene e incluso aumenta a los cinco meses y medio de su finalización. Estos resultados son especialmente relevantes para responder a los reclamos de expertos sobre la necesidad de más estudios dirigidos a comprender los problemas relacionados con la retención

de visiones sobre la NdC tras una enseñanza explícita. Además, los datos de un estudio de casos múltiple ofrecen una imagen más amplia de la comprensión sobre la NdC de los participantes, revelando las complejidades de los diferentes temas involucrados y sugiriendo la necesidad de combinar estudios cuantitativos y cualitativos. Finalmente, se presentan las implicaciones para la formación de docentes y la investigación educativa, junto con las direcciones de futuros trabajos en este campo de estudio.

Contribución complementaria G

Título: Innovación didáctica en la formación inicial de profesorado para una enseñanza integral de las Ciencias de la Naturaleza.

Autores: Cristina Cobo Huesa, Ana María Abril Gallego y Marta Romero Ariza.

Año: 2021.

Tipo de publicación: Comunicación a congreso - 29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales (EDCE).

Publicada en: Actas 29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales: Nuevos horizontes en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias.

Editores: Universidad de Córdoba y APICE (Asociación Española de Profesores e Investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales).

Páginas: 757-764.

ISBN: 978-84-09-28033-9.

Edición: Universidad de Córdoba.

Resumen: Este trabajo presenta el diseño de un modelo de formación inicial de docentes que pretende explicitar y promover las habilidades del futuro profesorado para lograr una enseñanza integral de las Ciencias de la Naturaleza, mejorando su visión sobre la naturaleza de la ciencia, sus destrezas de pensamiento y su conocimiento didáctico del contenido. Para evaluar su eficacia, se ha empleado una metodología mixta, que combina el estudio pre-post test con grupo control y el estudio de casos. Con el fin de mostrar la efectividad del modelo y su potencial en conocer los conocimientos, habilidades y creencias del futuro profesorado, se muestran los resultados preliminares de su implementación en un grupo de 81 estudiantes del Grado en Educación Primaria, y el análisis de casos de dos estudiantes.

Contribución complementaria H

Título: Promoviendo competencias para la enseñanza de la NdC y el PC en docentes en formación inicial de Educación Primaria.

Autores: Cristina Cobo Huesa, Ana María Abril Gallego y Marta Romero Ariza.

Año: aceptada en 2022.

Tipo de publicación: Comunicación a congreso (aceptada para su presentación).

Congreso: 30 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales (EDCE).

Lugar de celebración: Universidad de Melilla.

Resumen: En este trabajo, se presentan los resultados de implementar una intervención diseñada para promover las competencias para enseñar sobre la naturaleza de la ciencia (NdC) y el pensamiento crítico (PC) en una muestra de estudiantes del Grado en Educación Primaria, siguiendo el modelo de consenso del conocimiento didáctico del contenido (CdC). Los datos se recogieron mediante instrumentos cuantitativos y la Representación del Contenido (ReCo). Los resultados sugieren su utilidad para construir aspectos cognitivos y afectivos del CdC sobre la NdC y el PC en futuros docentes.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching *With* and *About* Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science & Education*, 22, 2087-2107.
- Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Waddington, D. I., Wade, C. A. y Persson, T. (2015). Strategies for Teaching Students to Think Critically. A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 85(2), 275-314.
- Abrami, P. C., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Wade, C. A., Surkes, M. A., Tamim, R. y Zhang, D. (2008). Instructional Interventions Affecting Critical Thinking Skills and Dispositions: A Stage 1 Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 78(4), 1102-1134.
- Abril, A. M., Ariza, M. R., Quesada, A. y García, F. J. (2014). Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 22-33. <http://dx.doi.org/10498/15710>
- Acevedo, J. A. (2009a). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): el marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), 21-46. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3715/3299>
- Acevedo, J. A. (2009b). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): una perspectiva. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(2), 164-189. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3698/3286>
- Acevedo-Díaz, J. A. (2010). Formación del profesorado de ciencias y enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(3), 653-660. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=92017191005>
- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.02<http://reuredc.uca.es>
- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2017). *Controversias en la historia de la ciencia y cultura científica*. Los Libros de la Catarata. <https://oei.int/publicaciones/controversias-en-la-historia-de-la-ciencia-y-cultura-cientifica>

- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. M. (2017). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación Química*, 28(3), 140-146. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.12.003>
- Aikenhead, G. S. y Ryan, A. G. (1992). The Development of a New Instrument: “Views on Science-Technology-Society” (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-491. <https://doi.org/10.1002/sce.3730760503>
- Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F. y Lederman, N. G. (2000). Influence of a Reflective Explicit Activity-Based Approach on Elementary Teachers’ Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.
- Akerson, V. L., Erumit, B. A. y Kaynak, N. E. (2019). Teaching Nature of Science through children’s literature: an early childhood preservice teacher study. *International Journal of Science Education*, 41(18), 2765-2787.
- Akerson, V. L., Morrison, J. A. y McDuffie, A. R. (2006). One course is not enough: Preservice elementary teachers’ retention of improved views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(2), 194-213.
- Akgun, A. y Duruk, U. (2016). The Investigation of Preservice Science Teachers' Critical Thinking Dispositions in the Context of Personal and Social Factors. *Science Education International*, 27(1), 3-15. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1100164>
- Aliakbari, M. y Sadeghdaghighi, A. (2013). Teachers’ Perception of the Barriers to Critical Thinking. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 70, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.01.031>
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Allchin, D., Andersen, H. M. y Nielsen, K. (2014). Complementary Approaches to Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice. *Science Education*, 98(3), 461-486.
- Allchin, D. y Zemplén, G. Á. (2020). Finding the place of argumentation in science education: Epistemics and Whole Science. *Science Education*, 104(5), 907-933.
- Aragón-Méndez, M. M., Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2019). Prospective biology teachers’ understanding of the nature of science through an analysis of the historical case of Semmelweis and childbed fever. *Cultural Studies of Science Education*, 14, 525-555.

- Archila, P. A. (2015). Using History and Philosophy of Science to Promote Students' Argumentation. A Teaching–Learning Sequence Based on the Discovery of Oxygen. *Science & Education*, 24, 1201-1226.
- Ariza, M. R., Abril, A. M. y Quesada, A. (2015). ¿Qué ocurre cuando los maestros/as en formación investigan dragones? Evaluación de una secuencia de enseñanza para facilitar la comprensión de la naturaleza de la ciencia. *Interacções*, 11(34), 67-90. <https://doi.org/10.25755/int.6924>
- Bailin, S. (2002). Critical Thinking and Science Education. *Science & Education*, 11, 361-375.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), 191-215.
- Barak, M., Ben-Chaim, D. y Zoller, U. (2007). Purposely Teaching for the Promotion of Higher-order Thinking Skills: A Case of Critical Thinking. *Research in Science Education*, 37, 353-369.
- Bartholomew, H., Osborne, J. y Ratcliffe, M. (2004). Teaching students “ideas-about-science”: Five dimensions of effective practice. *Science Education*, 88(5), 655-682.
- Bell, R. L., Mulvey, B. K. y Maeng, J. L. (2012). Beyond Understanding: Process Skills as a Context for Nature of Science Instruction. En M. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research* (pp. 225-245). Springer.
- Bennássar, A., Vázquez, A., Manassero M. A. y García-Carmona, A. (2010). *Ciencia, tecnología y sociedad en Iberoamérica: Una evaluación de la comprensión de la naturaleza de ciencia y tecnología*. Organización de Estados Iberoamericanos. Centro de Altos Estudios Universitarios. <http://hdl.handle.net/11441/59306>
- Bertram, A. (2014). ‘CoRes and PaP-eRs as a strategy for helping beginning primary teachers develop their pedagogical content knowledge. *Educación Química*, 25(3), 292-303. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70545-2](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70545-2)
- Bertram, A. y Loughran, J. (2014). Planting the seed: Scaffolding the PCK development of pre-service science teachers. En H. Venkat, M. Rollnick, J. Loughran y M. Askew (Eds.), *Exploring Mathematics and Science Teachers' Knowledge. Windows into teacher thinking* (pp. 117-131). Routledge.
- Bilican, K., Tekkaya, C. y Cakiroglu, J. (2012). Pre-service science teachers' instructional planning for teaching nature of science: a multiple case study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31, 468-472. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.088>

- Bonney, C. R. y Sternberg, R. J. (2016). Learning to think critically. En R. E. Mayers y P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of Research on Learning and Instruction* Routledge (pp. 175-206). Routledge.
- Broadbear, J. T. (2003). Essential elements of lessons designed to promote critical thinking. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 3, 1-8. <https://scholarworks.iu.edu/journals/index.php/josotl/article/view/1603/1602>
- Cañal, P., García-Carmona, A. y Cruz-Guzmán, M. (2016). *Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria*. Paraninfo.
- Carlson, J. y Daehler, K. R. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. En A. Hume, R. Cooper y A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (pp. 77-92). Springer.
- Choy, S. C. y Cheah, P. K. (2009). Teacher Perceptions of Critical Thinking Among Students and its Influence on Higher Education. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 20(2),198-206. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ864337.pdf>
- Clough, M. P. (2006). Learners' Responses to the Demands of Conceptual Change: Considerations for Effective Nature of Science Instruction. *Science & Education*, 15, 463-494.
- Clough, M. P. (2018). Teaching and Learning About the Nature of Science. *Science & Education*, 27, 1-5. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9964-0>
- Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J. M., Valencia, M. y Vergara, C. (2019). A Critical Review of Students' and Teachers' Understandings of Nature of Science. *Science & Education*, 28, 205-248. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00051-3>
- Dagher, Z. R. y Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education. Why Does it Matter? *Science & Education*, 25, 147-164.
- Demirdöğen, B., Hanuscin, D. L., Uzuntiryaki-Kondakci, E. y Köseoğlu, F. (2016). Development and Nature of Preservice Chemistry Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Nature of Science. *Research in Science Education*, 46, 575-612.
- Deniz, H. y Akerson, V. (2013). Examining the Impact of a Professional Development Program on Elementary Teachers' Views of Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry, and Science Teaching Efficacy Beliefs. *Electronic Journal of Science Education*, 17(3), 1-19. <https://ejrsme.icrsme.com/article/view/9641>

- Dermihan, E. y Köklükaya, A. N. (2014). The Critical Thinking Dispositions of Prospective Science Teachers. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 1551-1555. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.433>
- Díaz-Moreno, N., Crujeiras-Pérez, B., Martín-Gámez, C. y Fernández-Oliveras, A. (2018). Operaciones y destrezas implicadas en la toma de decisiones sobre una problemática energética, identificadas por maestros en formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2601. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2601
- Ennis, R. H. (1991). Critical Thinking: A Streamlined Conception. *Teaching Philosophy*, 14(1), 5-24. https://education.illinois.edu/docs/default-source/faculty-documents/robert-ennis/ennisstreamlinedconception_002.pdf
- Enochs L. G. y Riggs I. M. (1990). Further Development of an Elementary Science Teaching Efficacy Belief Instrument: A Preservice Elementary Scale. *School Science and Mathematics*, 90(8), 694-706.
- Escrivà-Colomar, I. y Rivero-García, A. (2017). Progresión de las ideas de los futuros maestros sobre la construcción del conocimiento científico a través de mapas generados en una secuencia de actividades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 199-214. <https://doi.org/10498/18856>
- European Commission (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2777/13004>
- Facione, P. A. (2011). *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts*. Measured Reasons and The California Academic Press. https://www.student.uwa.edu.au/_data/assets/pdf_file/0003/1922502/Critical-Thinking-What-it-is-and-why-it-counts.pdf
- Faikhamta C. (2013). The development of in-service science teachers' understandings of and orientations to teaching the nature of science within a PCK-based NOS course. *Research in Science Education*, 43, 847-869.
- Fernandes, I. M., Pires D. y Delgado-Iglesias J. (2018). ¿Qué mejoras se han alcanzado respecto a la Educación Científica desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente en el nuevo Currículo Oficial de la LOMCE de 5º y 6º curso de Primaria en España? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1101
- Forawi, S. A. (2016). Standard-based science education and critical thinking. *Thinking Skills and Creativity*, 20, 52-62.

- García-Carmona, A. (2021). Learning about the nature of science through the critical and reflective reading of news on the COVID-19 pandemic. *Cultural Studies of Science Education*, 16, 1015-1028. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10092-2>
- García-Carmona, A. y Acevedo-Díaz, J. A. (2016). Concepciones de estudiantes de profesorado de educación primaria sobre la naturaleza de la ciencia: Una evaluación diagnóstica a partir de reflexiones en equipo. *Revista mexicana de investigación educativa*, 21(69), 583-610. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14045395010>
- García-Carmona, A, Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2011). Estado actual y perspectivas de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia: una revisión de las creencias y obstáculos del profesorado. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(3), 403-412. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/247899>
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical Content Knowledge: An Introduction and Orientation. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 3-17). Springer.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. En A. Berry, P. Friedrichsen y J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education* (pp. 28-42). Routledge.
- Gess-Newsome, J., Taylor, J. A., Carlson, J., Gardner, A. L., Wilson, C. D. y Stuhlsatz, M. A. M. (2017). Teacher pedagogical content knowledge, practice, and student achievement, *International Journal of Science Education*, 41(7), 944-963.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. Teachers College Press.
- Guisasola, J. y Oliva, J. M. (2020). Nueva sección especial de REurEDC sobre investigación basada en el diseño de secuencias de enseñanza. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3001. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3001
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains: Disposition, skills, structure training, and metacognitive monitoring. *American Psychologist*, 53(4), 449-455.
- Halpern, D. F. (2010). *Halpern Critical Thinking Assessment*. Schuhfried.
- Halpern, D. F. (2014). *Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking* (5º ed). Psychology Press.

- Hanuscin, D. L. (2013). Critical Incidents in the Development of Pedagogical Content Knowledge for Teaching the Nature of Science: A Prospective Elementary Teacher's Journey. *Journal of Science Teacher Education*, 24(6), 933-956.
- Hanuscin, D. L., Lee, M. H. y Akerson, V. L. (2011). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Science Education*, 95(1), 145-167. <https://doi.org/10.1002/sce.20404>
- Hashweh, M. Z. (2005). Teacher pedagogical constructions: a reconfiguration of pedagogical content knowledge. *Teachers and Teaching*, 11(3), 273-292.
- Herman, B. C. y Clough, M. P. (2016). Teachers' longitudinal NOS understanding after having completed a science teacher education program. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14, 207-227.
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
- Hodson, D. y Wong, S. L. (2017). Going beyond the consensus view: Broadening and enriching the scope of NOS-oriented curricula. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 3-17.
- Howell, E. L. y Brossard, D. (2021). (Mis)informed about what? What it means to be a science-literate citizen in a digital world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(15), e1912436117. <https://doi.org/10.1073/pnas.1912436117>
- Hume, A. y Berry, A. (2011). Constructing CoRes-a Strategy for Building PCK in Pre-service Science Teacher Education. *Research in Science Education*, 41, 341-355.
- Irzik, G. y Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science & Education*, 20, 591-607.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2012). Argumentation, Evidence Evaluation and Critical Thinking. En B. Fraser, K. Tobin y C. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1001-1015). Springer.
- Kadir, M. A. A. (2017). What Teacher Knowledge Matters in Effectively Developing Critical Thinkers in the 21 st Century Curriculum? *Thinking Skills and Creativity*, 23, 79-90.
- Kampourakis, K. (2016). The “general aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(5), 667-682.

- Khader, F. R. (2012). Teachers' pedagogical beliefs and actual classroom practices in social studies instruction. *American International Journal of Contemporary Research*, 2(1), 73-92. https://www.uop.edu.jo/download/Research/members/111_2027_fakh.pdf
- Khalid, L., Bucheerei, J. y Issah, M. (2021). Pre-Service Teachers' Perceptions of Barriers to Promoting Critical Thinking Skills in the Classroom. *SAGE Open*, 11(3), 1-9. <https://doi.org/10.1177/21582440211036094>
- Khishfe, R. (2012). Relationship between nature of science understandings and argumentation skills: A role for counterargument and contextual factors. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(4), 489-514.
- Khishfe, R. (2015). A Look into Students' Retention of Acquired Nature of Science Understandings. *International Journal of Science Education*, 37(10), 1639-1667.
- Khishfe, R. y Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-578.
- Kötter, M. y Hammann, M. (2017). Controversy as a Blind Spot in Teaching Nature of Science. Why the Range of Different Positions Concerning Nature of Science Should Be an Issue in the Science Classroom. *Science & Education*, 26, 451-482.
- Kruse, J., Kent-Schneider, I., Voss, S., Zacharski, K. y Rockefeller, M. (2020). Investigating the Effect of NOS Question Type on Students' NOS Responses. *Research in Science Education*, 52, 61-78. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09923-z>
- Lazonder, A. W. y Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning Effects of Guidance. *Review of Educational Research*, 20(10), 1-38.
- Lederman, N. G., Antink, A. y Bartos, S. (2014). Nature of Science, Scientific Inquiry, and Socio-Scientific Issues Arising from Genetics: A Pathway to Developing a Scientifically Literate Citizenry. *Science & Education*, 23, 285-302. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9503-3>
- Lederman, N. G., Lederman, J. S. y Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED543992.pdf>
- Lee, O. (1997). Scientific literacy for all: What is it, and how can we achieve it? *Journal of Research in Science Teaching*, 34(3), 219-222. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199703\)34:3<219::AID-TEA1>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199703)34:3<219::AID-TEA1>3.0.CO;2-V)

- Lehane, L. y Bertram, A. (2016). Getting to the CoRe of it: A review of a specific PCK conceptual lens in science educational research. *Educación Química*, 27, 52-58. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.09.004>
- Li, L., Gow, A. D. I. y Zhou, J. (2020). The Role of Positive Emotions in Education: A Neuroscience Perspective. *Mind, Brain, and Education*, 14(3), 220-234.
- Loughran, J., Berry, A. y Mulhall, P. (2012). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge (2º Ed.)*. SensePublishers.
- Loughran, J., Mulhall, P. y Berry A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- Lumpe, A., Czerniak, C., Haney, J. y Beltyukova, S. (2012). Beliefs about Teaching Science: The relationship between elementary teachers' participation in professional development and student achievement. *International Journal of Science Education*, 34(2), 153-166.
- Magnusson, S., Krajcik, L. y Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining Pedagogical Content Knowledge* (pp. 95-132). Springer.
- Manassero, M. A., Vázquez, A. y Acevedo, J. A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears. <https://doi.org/10.13140/2.1.5072.9923>
- Manassero-Mas, M. A. y Vázquez-Alonso, A. (2019). Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(3), 3104. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3104
- Manassero-Mas, M. A. y Vázquez-Alonso, A. (2020). Evaluación de destrezas de pensamiento crítico: Validación de instrumentos libres de cultura. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis, TED*, 47, 15-32. <https://doi.org/10.17227/ted.num47-9801>
- Marin, L. M. y Halpern, D. F. (2011). Pedagogy for developing critical thinking in adolescents: Explicit instruction produces greatest gains. *Thinking Skills and Creativity*, 6(1), 1-13.
- McComas, W. F. (2011). The History of Science And The Future of Science Education. En P. V. Kokkotas, K. S. Malamitsa y A. A. Rizaki (Eds.), *Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom* (pp. 37-53). SensePublishers.

- McDonald, C. V. y McRobbie, C. J. (2012). Utilising Argumentation to Teach Nature of Science. En B. Fraser, K. Tobin y C. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education*, vol. 2 (pp. 969-986). Springer.
- McKenney, S. (2001). *Computer-Based Support for Science Education Materials Developers in Africa: Exploring Potentials* (Tesis doctoral inédita). University of Twente. https://www.researchgate.net/publication/242407274_Computer-based_support_for_science_education_materials_developers_in_Africa_Exploring_potentials
- McNeill, K. L., González-Howard, M., Katsh-Singer, R. y Loper, S. (2016). Pedagogical content knowledge of argumentation: Using classroom contexts to assess high-quality PCK rather than pseudoargumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(2), 261-290.
- Menon, D. y Sadler, T. D. (2018). Sources of Science Teaching Self-Efficacy for Preservice Elementary Teachers in Science Content Courses. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 835-855.
- Mesci, G. (2020). The Influence of PCK-Based NOS Teaching on Pre-service Science Teachers' NOS Views. *Science & Education*, 29, 743-769.
- Mesci, G. y Schwartz, R. S. (2017). Changing Preservice Science Teachers' Views of Nature of Science: Why Some Conceptions May be More Easily Altered than Others. *Research in Science Education*, 47, 329-351.
- Mesci, G., Schwartz, R. S. y Pleasants, B. A-S. (2020). Enabling Factors of Preservice Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge for Nature of Science and Nature of Scientific Inquiry. *Science & Education*, 29, 263-297.
- Morris, S. B. (2008). Estimating Effect Sizes From Pretest-Posttest-Control Group Designs. *Organizational Research Methods*, 11(2), 364-386.
- Mulvey, B. K. y Bell, R. L. (2017). Making learning last: teachers' long-term retention of improved nature of science conceptions and instructional rationales. *International Journal of Science Education*, 39(1), 62-85.
- Neumann, K., Kind, V. y Harms, U. (2018). Probing the amalgam: the relationship between science teachers' content, pedagogical and pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 847-861. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1497217>
- NGSS Lead States (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. The National Academy Press. <https://www.nextgenscience.org/sites/default/files/AllTopic.pdf>

- Nieto, A. M., Saiz, C. y Orgaz, B. (2009). Análisis de las propiedades psicométricas de la versión española del HCTAES-Test de Halpern para la evaluación del pensamiento crítico mediante situaciones cotidianas. *Revista Electrónica de Metodología Aplicada*, 14(1), 1-15. <https://doi.org/10.17811/rema.14.1.2009.1-15>
- Nilsson, P. (2008). Teaching for Understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1281-1299.
- Nilsson, P. y Loughran, J. (2012). Exploring the Development of Pre-Service Science Elementary Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 23, 699-721.
- Niu, L., Behar-Horenstein, L. S. y Garvan, C. W. (2013). Do instructional interventions influence college students' critical thinking skills? A meta-analysis. *Educational Research Review*, 9, 114-128.
- OECD (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. PISA, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- OECD (2020). Education Policy Outlook in Spain. *OECD Education Policy Perspectives*, 22, 1-22. <https://doi.org/10.1787/4b31ce9f-en>
- Osborne, J. (2014). Teaching critical thinking? New directions in science education. *School Science Review*, 95(352), 53-62. https://www.physics.smu.edu/sdalley/quarknet/2015/2015QuarkNet_files/Physics%20Curriculum%20Constructs/ASE%20Teaching%20Critical%20Thinking%20in%20Science%20Education.pdf
- Ozgelen, S., Yılmaz-Tuzun, O. y Hanuscin, D. L. (2013). Exploring the Development of Preservice Science Teachers' Views on the Nature of Science in Inquiry-Based Laboratory Instruction. *Research in Science Education*, 43, 1551-1570.
- Palmer, D. H. (2006). Sources of Self-efficacy in a Science Methods Course for Primary Teacher Education Students. *Research in Science Education*, 36, 337-353.
- Park, S. y Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38, 261-284.
- Pearson, E. (1990). Scientific Literacy: What is the Role of the Science Teacher? *The Journal of Negro Education*, 59(3), 316-319.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. y 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>
- Perales, F. J. y Cañal, P. (2000). *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*. Marfil.

- Plomp, T. (2013). Educational Design Research: An Introduction. En T. Plomp y N. Nieveen (Eds.), *Educational Design Research* (pp. 9-35). SLO. https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/14472302/Introduction_20to_20education_20design_20research.pdf
- Prayogi, S. y Verawati, N. N. S. P. (2020). The Effect of Conflict-Cognitive Strategy in Inquiry-based Learning on Preservice Teachers' Critical Thinking Ability. *Journal of Educational, Cultural and Psychological Studies*, 21, 27-41. <https://doi.org/10.7358/ecps-2020-021-pray>
- Qing, Z., Jing, G. y Yan, W. (2010). Promoting preservice teachers' critical thinking skills by inquiry-based chemical experiment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 4597-4603. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.737>
- Reglamento de los Estudios de Doctorado de la Universidad de Jaén (2012). https://www.ujaen.es/departamentos/psicol/sites/departamento_psicol/files/uploads/no_de_seccion_de_micrositio/2020-03/Reglamento%20doctorado%202019.pdf
- Rigden, J. S. (1981). Editorial: What is scientific literacy? *American Journal of Physics*, 49(2), 107.
- Rivero, A., Martín del Pozo, R., Solís, E., Azcárate, P. y Porlán, R. (2017). Cambio del conocimiento sobre la enseñanza de las ciencias de futuros maestros. *Enseñanza de las Ciencias*, 35, 29-52. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2068>
- Rollnick, M., Bennett, J., Rhemtula, M., Dharsey, N. y Ndlovu, T. (2008). The Place of Subject Matter Knowledge in Pedagogical Content Knowledge: A case study of South African teachers teaching the amount of substance and chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 30(10), 1365-1387.
- Romano, M. (2010). Training Teachers for Quality Education in Europe. *European Journal of Teacher Education*, 25(1), 11-17.
- Romero-Ariza, M. (2014). Uniendo investigación, política y práctica educativas: DBR, desafíos y oportunidades. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 7(14), 159-176. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281032883012>
- 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. <http://hdl.handle.net/10498/19218>
- Romero-Ariza, M., Quesada, A., Abril, A.-M. y Cobo, C. (2021). Changing teachers' self-efficacy, beliefs and practices through STEAM teacher professional development (Cambios en la autoeficacia, creencias y prácticas docentes en la formación STEAM de profesorado). *Journal for the Study of Education and Development*, 44(4), 942-969. <https://doi.org/10.1080/02103702.2021.1926164>
- Romero-Ariza, M., Quesada-Armenteros, A. y Estepa-Castro, A. (2021). Promoting critical thinking through mathematics and science teacher education: the case of argumentation

- and graphs interpretation about climate change. *European Journal of Teacher Education*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/02619768.2021.1961736>
- Rubba, P. A. y Harkness, W. L. (1993). Examination of Preservice and In-service Secondary Science Teachers' Beliefs about Science-Technology-Society Interactions. *Science Education*, 77(4), 407-431.
- Rudge, D. W. y Howe, E. M. (2009). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18, 561-580.
- Saido, G. A. M., Siraj, S., DeWitt, D. y Al-Amedy, O. S. (2018). Development of an instructional model for higher order thinking in science among secondary school students: a fuzzy Delphi approach. *International Journal of Science Education*, 40(8), 847-866.
- Saiz-Sánchez, C. y Fernández-Rivas, S. (2012). Pensamiento crítico y aprendizaje basado en problemas cotidianos. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 10(3), 325-346. <https://doi.org/10.4995/redu.2012.6026>
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Síntesis.
- Schmaltz, R. M., Jansen, E. y Wenckowski, N. (2017). Redefining Critical Thinking: Teaching Students to Think like Scientists. *Frontiers in psychology*, 8, 459. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00459>
- Schwartz, R. S. y Lederman, N. G. (2002). "It's the Nature of the Beast": The Influence of Knowledge and Intentions on Learning and Teaching Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.
- Shulman, L. S. (1987) Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1-23.
- Solbes, J. (2012). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I): Introducción. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(1), 1-10. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.i1.01<http://reuredc.uca.es>
- Solbes-Matarredona, J. y Torres-Merchán, N. Y. (2013). ¿Cuáles son las concepciones de los docentes de ciencias en formación y en ejercicio sobre el pensamiento crítico? *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 33, 61-85. <https://doi.org/10.17227/01213814.33ted61.85>
- Stender, A., Brückmann, M. y Neumann, K. (2017). Transformation of topic-specific professional knowledge into personal pedagogical content knowledge through lesson planning. *International Journal of Science Education*, 39(12), 1690-1714.
- Supprakob, S., Faikhamta, C. y Suwanruji, P. (2016). Using the lens of pedagogical content knowledge for teaching the nature of science to portray novice chemistry teachers'

- transforming NOS in early years of teaching profession. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 1067-1080. <https://doi.org/10.1039/C6RP00158K>
- Ten Dam, G. y Volman, M. (2004). Critical thinking as a citizenship competence: teaching strategies. *Learning and Instruction*, 14(4), 359-379.
- Valenzuela, J. (2007). *Escala Motivacional de Pensamiento Crítico*. Universidad de Salamanca. <http://tinyurl.com/EMPC-sp>
- Valenzuela, J., Nieto, A. M. y Muñoz, C. (2014). Motivación y disposiciones: enfoques alternativos para explicar el desempeño de habilidades de pensamiento crítico. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 16(3), 16-32. <http://redie.uabc.mx/vol16no3/contenido-valnieto.html>
- Valenzuela, J., Nieto, A. M. y Saiz, C. (2011). Critical Thinking Motivational Scale: a contribution to the study of relationship between critical thinking and motivation. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 9(2), 823-848. <https://doi.org/10.25115/ejrep.v9i24.1475>
- Valenzuela, J. y Saiz, C. (2010). Percepción sobre el coste de pensar críticamente en universitarios chilenos y españoles. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 8(21), 689-706. <https://doi.org/10.25115/ejrep.v8i21.1387>
- Van Driel, J. H., Verloop, N. y de Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 673-695.
- Vázquez, A., Acevedo, J. y Manassero, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación, edición electrónica*, 34(1), 1-37. <https://doi.org/10.35362/rie3412895>
- Vázquez-Alonso, A., Aponte, A., Manassero-Mas, M.-A. y Montesano, M. (2016). A teaching-learning sequence on a socio-scientific issue: analysis and evaluation of its implementation in the classroom. *International Journal of Science Education*, 38(11), 1727-1746.
- Vázquez-Alonso, A., García-Carmona, A., Manassero-Mas, M. A. y Bennàssar-Roig, A. (2013). Science Teachers' Thinking About the Nature of Science: A New Methodological Approach to Its Assessment. *Research in Science Education*, 43, 781-808.
- Vázquez-Alonso, A. y Manassero-Mas, M. A. (2018). Más allá de la comprensión científica: educación científica para desarrollar el pensamiento. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 309-336. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen17/REEC_17_2_02_ex1065.pdf
- Vázquez-Alonso, A. y Manassero-Mas, M. (2019). La educación de ciencias en contexto: Aportaciones a la formación del profesorado. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 46, 15-37. <https://doi.org/10.17227/ted.num46-10538>

- Vesterinen, V.-M., Manassero-Mas, M.-A. y Vázquez-Alonso, A. (2014). History, Philosophy, and Sociology of Science and Science-Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. En M. R. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1895-1925). Springer.
- Vieira, R. M., Tenreiro-Vieira, C. y Martins, I. P. (2011). Critical thinking: Conceptual clarification and its importance in science education. *Science Education International* 22(1), 43-54. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ941655.pdf>
- Wahbeh, N. y Abd-El-Khalick, F. (2014). Revisiting the Translation of Nature of Science Understandings into Instructional Practice: Teachers' nature of science pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 36(3), 425-466.
- Wigfield, A. y Eccles, J. S. (2000). Expectancy-Value Theory of Achievement Motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 68-81. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1015>
- Willingham, D. T. (2008). Critical Thinking: Why Is It So Hard to Teach? *Arts Education Policy Review*, 109(4), 21-32.
- Yacoubian, H. A. (2015). A Framework for Guiding Future Citizens to Think Critically About Nature of Science and Socioscientific Issues. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 15(3), 248-260.
- Yacoubian, H. A. y BouJaoude, S. (2010). The effect of reflective discussions following inquiry-based laboratory activities on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(10), 1229-1252.
- Yacoubian, H. A. y Khishfe, R. (2018): Argumentation, critical thinking, nature of science and socioscientific issues: a dialogue between two researchers. *International Journal of Science Education*, 40(7), 796-807.
- Yore, L. D., Pimm, D. y Tuan, H.-L. (2007). The Literacy Component of Mathematical and Scientific Literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5, 559-589.
- Zohar, A. y Schwartz, N. (2005). Assessing Teachers' Pedagogical Knowledge in the Context of Teaching Higher-order Thinking. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1595-1620.
- Zoller, U. y Nahum, T. L. (2012). From teaching to KNOW to learning to THINK in science education. En B. Fraser, K. Tobin y C. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 209-229). Springer.
- Zoller, U. y Pushkin, D. (2007). Matching higher-order cognitive skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. *Chemistry Educational Research and Practice*, 8(2), 153-171. DOI: <https://doi.org/10.1039/B6RP90028C>

9. ANEXOS

Anexo I. Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje: Investigando sobre el origen de los seres vivos.



Universidad de Jaén
Grado en Educación Primaria

PRÁCTICA 1.

INVESTIGANDO SOBRE EL ORIGEN DE LOS SERES VIVOS



Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I

Alumnos/as:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Grupo:

Subgrupo:

PRÁCTICA 1. INVESTIGANDO SOBRE EL ORIGEN DE LOS SERES VIVOS

OBJETIVOS DE ESTA PRÁCTICA

Con el desarrollo de la práctica “Investigando sobre el origen de los seres vivos” nos planteamos:

- Reflexionar sobre nuestra visión acerca de la naturaleza de la ciencia.
- Identificar características de la naturaleza de la ciencia.
- Entrenar el pensamiento crítico y valorar la importancia de emplearlo.
- Conocer y valorar la importancia de la indagación y la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias.

CONTENIDOS DE ESTA PRÁCTICA

En el transcurso de esta práctica se trabajarán los contenidos recogidos a continuación:

- Características de la naturaleza de la ciencia.
- Destrezas y disposiciones del pensamiento crítico.
- Métodos de enseñanza y aprendizaje de la enseñanza de las ciencias.

A. Introducción

Leed el siguiente texto y responded a las preguntas:

El maestro y filósofo griego **Aristóteles (384-322 a. C.)** observó que, durante un largo periodo de sequía, el agua de una charca se secaba hasta solo quedar fango en el fondo. Al terminar la sequía, la charca se volvía a llenar de agua, apareciendo de nuevo peces nadando en ella. En base a ello, llegó a la conclusión de que esos peces no procedían de otros peces, ya que estos habían muerto durante la sequía, sino que procedían del fango de la charca.

- **¿Podrías dar otra explicación a la nueva aparición de peces en el lago?**

.....

.....

.....

- **¿Por qué creéis que Aristóteles dio esa explicación?**

.....

.....

.....

- **Aristóteles es considerado el padre de la ciencia griega. Para vosotros/as, ¿en qué consiste el proceso de hacer ciencia?**

.....

.....

.....

En el caso expuesto, ¿creéis que Aristóteles actuó acorde al proceder científico? Justificad vuestra respuesta.

.....

.....

.....

- **Actualmente no se aceptaría la explicación de Aristóteles, ¿por qué en aquella época sí se consideró válida?**

.....

.....

.....

B. Actividad de investigación (I): diseño experimental

1. Reflexionad sobre esta situación y responded a las cuestiones que se plantean:

“A las naranjas les ha salido una capa azul y polvorienta en la piel”



A. ¿Qué pensáis que puede ser esa capa azul?

.....

B. ¿Habéis observado este fenómeno en otros alimentos?

.....

C. ¿Por qué creéis que aparece?

.....
.....
.....

D. ¿Qué explicación daría Aristóteles a la aparición de dicha capa?

.....
.....
.....

2. Si pudiéramos viajar en el tiempo y conocer a Aristóteles, ¿qué experimento diseñarías para demostrarle que la capa azulosa de la naranja no aparece por generación espontánea?

Antes de comenzar con la experimentación, formulad vuestra hipótesis y contestad a las preguntas que aparecen a continuación.

Material:

- Placas con un medio nutritivo que favorece el crecimiento de microorganismos.
- Material desinfectante.

Pregunta de investigación: ¿Por qué aparece esa capa azul en la piel de la naranja?

Hipótesis:

.....
.....

Reflexiona:

⇒ ¿Qué vamos a analizar?

.....
.....

⇒ ¿Qué materiales necesitamos? ¿De qué materiales disponemos?

.....
.....

⇒ ¿Qué estrategia vamos a seguir para comprobar nuestra hipótesis? Justificad para qué vais a utilizar cada placa de manera detallada y realizad un esquema de vuestro diseño experimental.

.....
.....
.....

⇒ ¿Cómo podemos asegurar que los resultados que obtengamos son consecuencia del uso que le hemos dado a cada placa y no de otras causas?

.....
.....

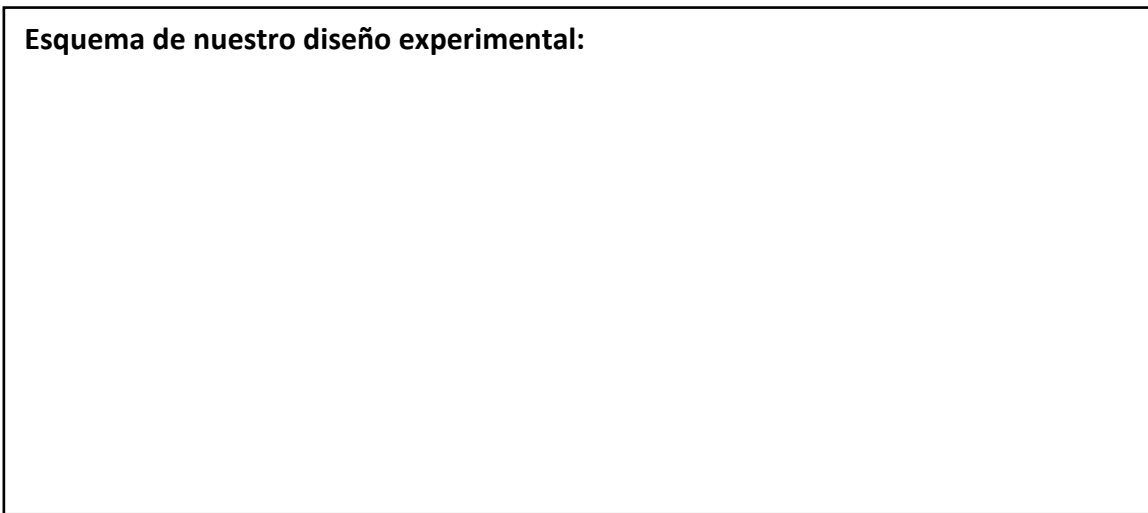
⇒ ¿Cómo vamos a analizar nuestros resultados?

.....
.....

⇒ ¿Cómo podemos reducir los errores de nuestro proceso experimental?

.....
.....

Esquema de nuestro diseño experimental:



B. Actividad de investigación (II): resultados

1. ¿Qué resultados habéis obtenido de vuestro experimento? Podéis incluir fotografías de vuestros resultados.

.....

.....

.....

.....

2. ¿Los resultados de vuestro experimento os permiten comprobar vuestra hipótesis?

.....

.....

.....

3. ¿Qué conclusión se puede extraer de vuestro experimento?

.....

.....

.....

4. En base a los resultados de vuestro experimento, ¿por qué se formaría esa capa azulosa en la piel de la naranja? ¿Qué efectos tiene en la naranja?

.....

.....

.....

B. Actividad de investigación (III): preguntas de reflexión sobre la naturaleza de la ciencia

5. ¿Tus compañeros/as de grupo y tú explicasteis inicialmente la aparición de la capa azul en la naranja de la misma manera? ¿Por qué?

.....

.....

.....

- ¿Creéis que diferentes científicos/as competentes explican las observaciones de la misma manera?

.....

.....

.....

6. Tras realizar el experimento, ¿Habéis cambiado dicha explicación?

SÍ

NO

Si contestasteis sí, ¿qué os hizo cambiar de opinión?

.....
.....
.....

¿Creéis que los/as científicos/as cambian sus explicaciones? ¿Por qué?

.....
.....
.....

7. ¿Creéis que, si se tienen en cuenta los resultados de todos los grupos, la refutación de la teoría de la generación espontánea sería más fiable? ¿Por qué?

.....
.....
.....

8. ¿Todos los grupos habéis obtenido los mismos resultados? ¿Pensáis que algún grupo ha cometido algún error en su experimento?

.....
.....
.....

¿Pensáis que los errores retrasan el avance de la ciencia?

.....
.....
.....

C. Historia de la ciencia: teoría de la generación espontánea

A continuación, se os presenta la historia de la ciencia sobre la teoría de la generación espontánea. En ella, descubriréis el esfuerzo que supuso para los científicos de la época dar una explicación sobre el origen de los seres vivos, dando lugar a una controversia que persistió durante siglos.

Leedla detenidamente y contestad a las preguntas que se plantean a lo largo del relato de la historia de la ciencia.

SIGLO XVII

El siglo XVII es conocido como el siglo del absolutismo, en el que el rey se consideraba la autoridad máxima y poseía todo el poder para garantizar la seguridad de los súbditos. El rey recibía su autoridad de Dios y sólo ante Él tenía que responder de sus actos. De acuerdo con la teoría absolutista, el rey debía controlar la Iglesia, pero en la práctica, el poder de la iglesia era demasiado grande como para tomar sus riendas de manera tan radical.



Jean Baptiste van Helmont (1577-1644)

El médico y naturalista belga **Jean Baptiste van Helmont** en su libro “Ortus Medicinæ” (1648), al igual que en un libro de recetas, anotó los ingredientes necesarios para dar lugar al origen de determinados seres vivos:

Las criaturas como los piojos, las garrapatas, las pulgas y los gusanos son nuestros miserables huéspedes y vecinos, pero nacen de nuestras entrañas y excrementos. Porque si colocamos ropa interior llena de sudor con trigo en un recipiente de boca ancha, al cabo de veintiún días el olor cambia, y el fermento, surgiendo de la ropa interior y penetrando a través de las cáscaras de trigo, cambia el trigo en ratones. Pero lo que es más notable aún es que se forman ratones de ambos sexos y que éstos se pueden cruzar con ratones que hayan nacido de manera normal... pero lo que es verdaderamente increíble es que los ratones que han surgido del trigo y la ropa íntima sudada no son pequeñitos, ni deformes ni defectuosos, sino que son adultos perfectos.

1. Reflexionad sobre el contenido y el significado de cada una de las siguientes frases para decidir si es una observación o una inferencia. Para cada enunciado, marcad (X) en la casilla adecuada:

Este enunciado es...	...observación	...inferencia
A Los piojos, las garrapatas, las pulgas y los gusanos nacen de nuestras entrañas y excrementos.		
B El fermento, surgiendo de la ropa interior y penetrando a través de las cáscaras de trigo, cambia el trigo en ratones.		
C Al cabo de 21 días, aparecen ratones entre la ropa sucia y el trigo.		
D Los ratones originados son adultos perfectos y de ambos sexos.		

2. ¿En qué creéis que se diferencia una observación de una inferencia?

.....

.....

.....

3. ¿Por qué van Helmont realizó inferencias a favor de la generación espontánea de los ratones?

.....

.....

.....

4. ¿Por qué van Helmont no observó que ocurría con el trigo y la ropa sucia durante los 21 días? ¿Creéis que no fue un buen científico?

.....

.....

.....

5. ¿Qué ocurriría si colocásemos ropa sucia junto a las habitaciones donde se almacena el trigo? Marcad con una V en la respuesta que creéis que daría van Helmont y marcad con una N vuestra respuesta:

a. () El número de ratones probablemente aumentaría si dejásemos ropa sucia junto al almacén de trigo porque existen pruebas científicas sólidas que lo demuestran.

b. () No hay forma de saber si aumentaría el número de ratones si colocamos ropa sucia junto al almacén de trigo, pues solo sabemos que existe relación entre la aparición de ratones y juntar ropa sucia con trigo, pero no sabemos si la ropa sucia es la causa de que los ratones aparezcan.

c. () Probablemente aumentaría el número de ratones si colocásemos ropa sucia junto al almacén de trigo, pero no podemos estar seguros, porque sabemos que cuando ponemos ropa sucia junto al trigo aparecen ratones, pero no sabemos qué ocurre cuando ponemos ropa recién lavada junto al trigo.

6. ¿Qué cambio (s) propondrías en el diseño de su experimento para comprobar realmente si la ropa sucia es la causa de la aparición de los ratones?

.....

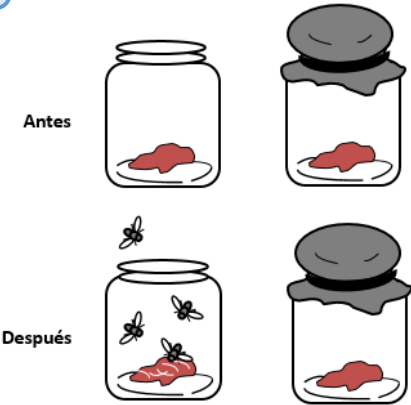
.....

.....

Francisco Redi (1626 -1697)



En 1668, **Francisco Redi**, médico y naturalista italiano, realizó un sencillo experimento para obtener pruebas en contra de la generación espontánea. Para ello, puso un trozo de carne en dos recipientes de boca ancha, tapó uno de ellos y obtuvo los resultados que aparecen en la siguiente imagen:



7. ¿Qué demostró Redi con el diseño de este experimento?

.....
.....
.....

Los defensores de la teoría de la generación espontánea decían que **el aire era la fuerza vital necesaria para activar el proceso de generación espontánea**, por lo que, en ausencia de aire, no era posible la formación de gusanos en la carne, tal y como ocurría en el recipiente que Redi tapó. Para rechazar este argumento, Redi realizó un segundo experimento tapando uno de los frascos con una gasa, permitiendo así la entrada de aire en el recipiente:



8. ¿Le permitió este experimento a Redi rebatir el argumento de los defensores de la generación espontánea?

.....
.....
.....

9. ¿Qué diferencias observáis entre los experimentos de Redi y van Helmont?

.....
.....
.....

10. Analizad los siguientes argumentos sobre la controversia de la generación espontánea:

Argumento nº 1: “Creo en la teoría de la generación espontánea. Si rechazamos esta teoría tendríamos que poner en duda el resto de investigaciones del naturalista van Helmont, lo cual supondría un ataque a su brillante carrera científica.

A. ¿Estáis a favor del razonamiento expresado en este argumento?

() SÍ

() NO

Justificad vuestra respuesta:

.....
.....
.....

B. ¿Creéis que el error cometido por van Helmont en su experimento retrasó resolver la controversia sobre la generación espontánea?

.....
.....
.....

Argumento nº 2: “La teoría de la generación espontánea de los seres vivos es falsa porque el reconocido científico Redi ha demostrado de manera experimental que los gusanos no se originan a partir de la carne en descomposición”.

C. ¿Cuál es la conclusión de este argumento? Subrayadla en el texto.

D. ¿Qué evidencia apoya esta conclusión? Subrayadla en el texto.

E. ¿Creéis que esta evidencia apoya lo suficiente la conclusión defendida en el argumento?

() SÍ

() NO

Justificad vuestra respuesta:

.....
.....
.....

SIGLO XVIII

Este siglo es conocido como el siglo de las luces, en el que la razón era considerada la única y mejor forma de conocer al hombre y al universo. Durante este siglo, se iniciaron importantes progresos científicos y técnicos, entre ellos, el perfeccionamiento del microscopio.



John Needham (1713-1781)

vs



Lazzaro Spallanzani (1729-1799)

En el **siglo XVIII**, aún presente la creencia en la generación espontánea a pesar del experimento de Redi, el perfeccionamiento de los microscopios originó un nuevo debate entre la comunidad científica para explicar la aparición de otro grupo de seres vivos, los **microorganismos** (bacterias, hongos...).

John Needham (defensor de la generación espontánea) y Lazzaro Spallanzani (detractor de la generación espontánea), ambos sacerdotes naturalistas, diseñaron sus experimentos en caldos de cultivo para explicar el origen de los microorganismos.

Needham realizó el siguiente experimento:



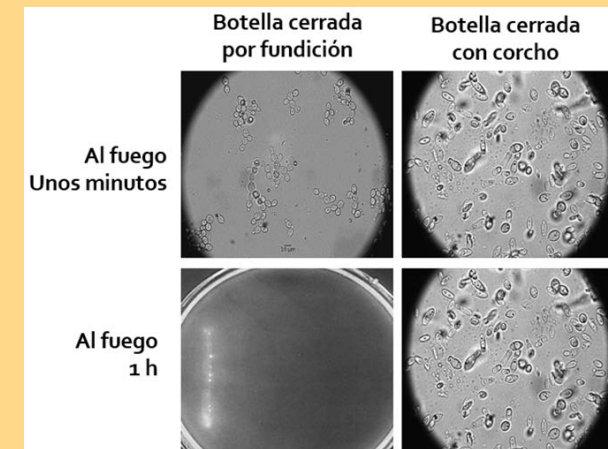
1. Calentó caldo de carnero en un recipiente para destruir a los microorganismos que hubiera en él.
2. Cerró el recipiente con un corcho.
3. Volvió a calentar el recipiente para asegurar que todos los microorganismos que quedaran en él murieran.
4. Al cabo de varios días, observó al microscopio que el caldo estaba plagado de microorganismos.

Spallanzani dudaba de los resultados de Needham, y se negaba a creer que los seres vivos, aún los diminutos microorganismos, se originaran de un modo caprichoso:

«Una ley y un orden debían predecir su nacimiento; no podían surgir al azar»

Para demostrarlo, desarrolló el siguiente experimento:

1. Calentó durante 1 h varios recipientes con caldo de carne para destruir los microorganismos que hubiera en ellos.
2. Selló algunos de estos recipientes fundiendo sus cuellos con fuego, mientras que otros, decidió cerrarlos con un corcho.
3. Volvió a hervir los recipientes: algunos de ellos durante unos minutos, y otros, 1 h.
4. Al cabo de varios días, tomó unas gotas de caldo de cada uno de sus cultivos y, al microscopio, observó unas imágenes similares a las siguientes:



11. ¿Le permitió este experimento a Spallanzani refutar los resultados de Needham? Reflexionad sobre los puntos fuertes y débiles de ambos experimentos, así como sobre los resultados que se obtuvieron de cada uno de ellos.

.....

.....

.....



G. de Buffon

Needham, fiel a sus creencias, para apoyar su causa fue a Paris a dar conferencias acerca de su experimento, donde entabló amistad con el **conde de Buffon**, un hombre célebre, rico y aficionado a escribir sobre asuntos científicos. El conde de Buffon apoyó la idea de Needham, reconociéndole que había descubierto la fuente de la vida, pues en el caldo de carnero se encontraba la fuerza creadora de la vida, a la que llamaron **Fuerza Vegetativa**. Por ello, Needham criticó el experimento de Spallanzani:

«Su experimento carece de base porque ha calentado usted los matraces por espacio de una hora, y ese calor tan fuerte debilita y perjudica a la Fuerza Vegetativa hasta el punto de que no le es posible crear animalillos».

Mientras que Needham fue elegido miembro de la Real Sociedad y socio de la Academia de Ciencias de París, en Italia, Spallanzani veía como estaba siendo ignorado su experimento.

12. Si fuerais Spallanzani, ¿qué contraargumento elaboraríais para refutar el argumento de Needham? Tened en cuenta los resultados de su experimento.

.....
.....
.....

13. Leed la siguiente propuesta para conocer el cambio en las creencias de la población sobre la generación espontánea tras dar a conocer los experimentos de Needham y Spallanzani.

Anunciar por la ciudad los resultados obtenidos por los dos investigadores y, un mes después, preguntar a todo ciudadano que pasara por el lugar con mayor afluencia de la ciudad, en este caso la Iglesia, acerca de su creencia en la generación espontánea.

A. ¿Os parece fiable esta propuesta? Justificad vuestra respuesta.

.....
.....
.....

B. A continuación, se presentan algunas hipotéticas respuestas de los ciudadanos, ¿cuál de las siguientes frases es un argumento razonado (AR), una opinión (O) o un hecho (H)?

- 1. () El experimento de Needham aporta evidencias a favor de la teoría de la generación espontánea, al igual que hicieron científicos anteriores como van Helmont.
- 2. () En ausencia de aire, al calentar los matraces durante 1h, la Fuerza Vegetativa del caldo de carnero se destruye y no puede crear vida, por lo que estoy a favor de la teoría de la generación espontánea.

- 3. () Creo en la generación espontánea, a pesar de que nunca había creído en ella.
- 4. () No creo en la generación espontánea porque Spallanzani ha obtenido resultados en contra a través de un experimento muy controlado. No obstante, Needham cuenta con el apoyo de la Academia de Ciencias, por lo que puede estar en lo cierto.
- 5. () No creo en la generación espontánea de los seres vivos ya que Needham no actuó bien buscando apoyo en el conde de Buffon para defender su idea.
- 6. () Será imposible cambiar la mentalidad de los ciudadanos en contra de la generación espontánea.
- 7. () Supondrá un gran esfuerzo cambiar la mentalidad de los ciudadanos en contra de la generación espontánea.

C. ¿En qué os habéis basado para diferenciarlos?

.....
.....
.....

D. En los argumentos identificados, resaltad en distinto color los elementos que componen un argumento.

.....

E. Clasificad los argumentos en fuertes o débiles y justificad vuestra clasificación.

.....
.....
.....

F. Como indica la respuesta 2, ¿por qué creéis que la idea sobre la Fuerza Vegetativa sirvió para desvalorar el experimento de Spallanzani?

.....
.....
.....

G. ¿Estáis de acuerdo con la respuesta 5?

.....
.....
.....

14. ¿Estáis de acuerdo con el siguiente razonamiento?

Si no se cierran herméticamente los recipientes, crecen microorganismos. En este recipiente hay microorganismos, por lo que no se ha cerrado herméticamente el recipiente.

.....
.....
.....

SIGLO XIX

El siglo XIX está marcado por el auge de la disputa del Darwinismo, por lo que la polémica de la generación espontánea se vio ligada a la de la evolución. La negación de la generación espontánea suponía adoptar una posición atea y caer en el Darwinismo, pero su defensa también servía de argumentos a los ateos para prescindir de Dios, contexto que mantenía a la burguesía católica parisina en una difícil situación.



Félix Archimède Pouchet (1800-1872)

vs

Louis Pasteur (1822-1895)



En el **siglo XIX**, las ciencias lograban rápidos progresos y el estudio de los microorganismos volvió a tener importancia cuando se descubrió su papel en las fermentaciones, proceso por el que se obtienen productos como la cerveza y el vino.

En este contexto, **Félix Archimède Pouchet y Louis Pasteur** fueron los científicos que se vieron implicados en la disputa de la generación espontánea de los microorganismos. Cuando comenzó el debate entre ambos, Pasteur tenía 37 años y era químico y académico en París. En cambio, Pouchet tenía 60 años y era médico y naturalista experto en Biología Animal, director del Museo de Historia Natural de Rouen, académico y miembro honorario de varias asociaciones científicas.

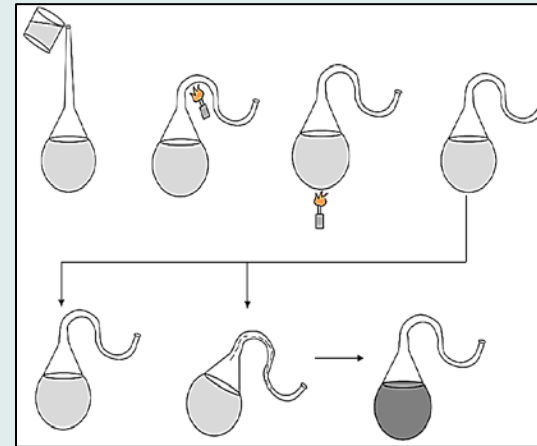
Conociendo la defensa de Pouchet a la generación espontánea, Pasteur decidió escribirle una carta:

«Pienso que cometéis un error, no al creer en la generación espontánea (porque en semejante problema es difícil no tener ideas preconcebidas), sino al afirmar la generación espontánea. En las ciencias experimentales es siempre erróneo no dudar mientras los hechos no nos obliguen a hacer una afirmación. En mi opinión, se trata de un asunto en el que se carece por completo de pruebas decisivas».

15. Haced una breve reflexión sobre las palabras que escribió Pasteur a Pouchet, indicando los factores que influyen en la aceptación de las teorías científicas.

.....
.....
.....

Para sus experimentos, Pasteur, decidió emplear matraces especiales, que presentaban una curvatura en el cuello:



1. Vertió caldo de cultivo en un frasco.
2. Curvó el cuello del frasco con calor.
3. Hirvió el caldo para esterilizarlo.
4. Lo dejó reposar un tiempo.
5. Incluyó el frasco.
6. Al tiempo, el caldo de cultivo se volvió turbio.

16. ¿Por qué Pasteur curvó el cuello del frasco? ¿Qué pretendía demostrar?

.....
.....
.....

17. ¿Qué característica destacaríais de Pasteur sobre Spallanzani? ¿Y sobre Needham?

Creativo

Objetivo/Mentalidad abierta

¿Por qué?

.....
.....
.....

¿Basta con ser objetivo para ser el mejor científico? Justificad vuestra respuesta teniendo como referencia a Pasteur, Needham y Spallanzani.

.....
.....
.....

Dado que la discusión sobre la generación espontánea de los microorganismos no cesaba, siguiendo una tradición habitual, la **Academia de Ciencias de París** ofreció el **premio Alhumbert** para los experimentos que arrojaran nueva luz sobre la cuestión de la generación espontánea.

Pasteur y Pouchet se inscribieron para competir por el premio. En este premio, los experimentos de los participantes se repetirían en el Museo de Historia Natural con requisitos claramente establecidos ante una comisión de evaluación. **Pasteur se hizo finalmente con el premio en 1862** por la contribución de sus investigaciones al descubrimiento del origen de los microorganismos.

18. ¿Qué papel tuvo el premio Alhumbert en resolver la controversia?

.....
.....
.....

19. ¿Qué motivación creéis que tenían los científicos para participar en el premio?

.....
.....
.....

20. ¿Qué información os gustaría conocer acerca del premio Alhumbert para poder valorar la fiabilidad de la organización del premio?

1. () Si algún miembro de la comisión tiene algún familiar participando.
2. () Si el programa se ha anunciado en la zona.
3. () Si el programa está avalado por algún científico reconocido.
4. () La formación de los miembros de la comisión.
5. () Los criterios seguidos por la comisión para evaluar los experimentos.
6. () El número de científicos participantes.

21. A. En pleno S.XIX, ¿qué medio emplearíais para difundir el premio Alhumbert con el fin de asegurar la máxima participación de nuevos/as científicos/as?

.....
.....

B. Si finalizado el periodo de inscripción al premio, se observa que el número de participantes es un 20% mayor con respecto al anterior premio organizado, ¿declararíais que vuestro medio de difusión ha sido todo un éxito? Indicad si cada una de las siguientes frases apoya que el aumento del 20% en el número de participantes avala el éxito de la difusión (A), lo debilita/perjudica (D) o no es relevante (NR):

- a. () Nunca antes habíais participado en la organización de un programa de difusión.
- b. () Los/as nuevos/as participantes aseguraron haber participado tras haber visto el programa de difusión.
- c. () Vuestro programa de difusión estaba apoyado por todos los miembros de la Academia de Ciencias.
- d. () Hubo un incremento del 30% en el número de personas dedicadas a la investigación con respecto al año en el que se celebró el anterior premio.
- e. () La participación en el último premio organizado por la Academia fue la más baja de la historia.
- f. () El aumento del 20% no tiene en cuenta los/as nuevos/as científicos/as que participaron en el premio, con respecto al último premio organizado.

22. ¿Por qué este experimento dio fin a la teoría de la generación espontánea?

.....
.....
.....

D. Conclusión

1. ¿Por qué crees que persistió durante tanto tiempo la controversia sobre el origen de los seres vivos?
2. La teoría sobre la generación espontánea fue descrita para dar respuesta al origen de los seres vivos. Sin embargo, con el tiempo, fue reemplazada por la teoría de la biogénesis, que defiende que los seres vivos proceden de otros seres vivos y no de materia inanimada. ¿Crees que todas las teorías científicas son provisionales?
3. ¿Qué papel tienen los errores que se cometen en ciencia?
4. ¿Todos los científicos tenían la misma motivación para investigar sobre la generación espontánea?
5. Si piensas en el experimento que habéis realizado o en científicos como Van Helmont, Needham o Pasteur, ¿qué papel piensas que tiene la imaginación y la creatividad en la ciencia?
6. En la historia analizada, ¿cómo compitieron los científicos para defender sus creencias?
7. ¿Qué aspectos crees que influyen en la toma de decisiones para aceptar una nueva teoría científica?
8. De acuerdo a lo que habéis trabajado estos días, ¿qué utilidad pensáis que tiene utilizar la historia de la ciencia y la indagación en la enseñanza de las ciencias?
9. ¿Qué utilidad pensáis que puede tener el pensamiento crítico (destrezas cognitivas y motivaciones hacia su empleo) en la enseñanza de las ciencias? ¿Y en nuestra vida diaria?
10. ¿Qué utilidad pensáis que puede tener conocer sobre las características de la ciencia (cómo influye la sociedad en la ciencia, y viceversa, cómo trabajan los/as científicos/as, la provisionalidad del conocimiento científico, etc.) en la enseñanza de las ciencias? ¿Y en nuestra vida diaria?

Anexo II. Secuencia de Enseñanza y Aprendizaje: Hidratación de legumbres.

PRÁCTICA 2. HIDRATACIÓN DE LEGUMBRES



Alumnos/as:

.....
.....
.....
.....
.....

Grupo:

Subgrupo:

INTRODUCCIÓN

Antes de abordar la práctica que nos ocupa, debemos recordar algunos conceptos.

Se habla de **conocimiento subjetivo** cuando nos referimos a opiniones que reflejan un criterio claramente personal, basado en las propias circunstancias o en las experiencias vividas. Por el contrario, un conocimiento se **considera objetivo**, cuando no depende de la persona que lo expone, ya que se ha obtenido como consecuencia de un estudio sistematizado y controlado. Por ello, este conocimiento es válido intersubjetivamente.

En resumen, y a grandes rasgos, se pueden concebir dos tipos de conocimiento: el **cotidiano**, basado en las experiencias y percepciones personales obtenidas espontáneamente en nuestro día a día; y el **científico**, desarrollado a través de una metodología específica. El primero es subjetivo y no pretende explicar las causas de los fenómenos de forma sistemática, sino que tiene un carácter eminentemente práctico o funcional. Por el contrario, el conocimiento científico se desarrolla a través de métodos propios de la ciencia, donde frecuentemente se recurre a la experimentación (experiencias controladas), para garantizar que el conocimiento propuesto es plenamente congruente con lo observado. Se trata, por tanto, de un conocimiento con un importante carácter objetivo y explicativo.

A lo largo de la historia han existido diferentes métodos científicos y diferentes definiciones de cada uno de ellos. Para algunos autores, se entiende por método científico *“a la suma de los principios teóricos, de las reglas de conducta y de las operaciones mentales y manuales que usaron en el pasado y hoy siguen usando los hombres y mujeres de ciencia para generar nuevos conocimientos científicos”*.

Así pues, cuando hablamos de “método científico” nos referimos a un esquema general de funcionamiento que engloba las distintas metodologías específicas de cada rama de la ciencia, caracterizado por buscar un conocimiento objetivo, coherente con lo observado y, por tanto, probado, justificado y con un claro carácter explicativo. Esta forma general de proceder en la ciencia se ha descrito clásicamente a través de una serie de etapas (procesos) interrelacionadas entre sí, entre las que destacamos las siguientes:

- **Planteamiento del problema** en base a la información disponible y a las necesidades detectadas.
- **Formulación de hipótesis** o explicaciones a priori.
- **Experimentación**.
- **Análisis de resultados** obtenidos en el experimento y **elaboración** de las **conclusiones**.
- **Elaboración** de un **informe** escrito.

En la presente práctica vamos a enfatizar la importancia del informe escrito. Dicho informe debe de mostrar la confirmación o no de la/s hipótesis planteada/s inicialmente y debe ser comunicado al resto de la comunidad científica de modo que, ésta valore si el trabajo llevado a cabo está suficientemente justificado y avalado para que las conclusiones obtenidas puedan ser aceptadas. Por ello, el informe ha de ser detallado, con toda la información necesaria en caso de querer reproducir el experimento y redactado de forma clara, objetiva y sistemática. Dicho informe debe de tener los siguientes apartados:

- **Título del trabajo**.
- **Nombre y apellidos del autor/a (o autores/as)**.
- **Resumen**: sintetiza, en no más de diez líneas, la información más relevante de cada uno de los apartados restantes que constituyen el informe (hipótesis, metodología, resultados, conclusiones), para ofrecer una visión general del trabajo de investigación desarrollado.

- **Introducción:** en esta parte se justifica el estudio que se va a llevar a cabo, se formula el problema y se emiten las hipótesis iniciales sobre lo que se pretende comprobar.
- **Metodología:** se ha de especificar el procedimiento llevado a cabo de forma detallada y los materiales empleados.
- **Resultados:** en este apartado se han de incluir los datos obtenidos en la fase de experimentación, preferentemente ordenados de forma sistemática para facilitar su interpretación (tablas, gráficas).
- **Conclusiones:** el análisis crítico de los resultados de la experimentación nos ha de permitir establecer una serie de conclusiones y contrastar si las hipótesis planteadas inicialmente se corresponden con lo obtenido o, por el contrario, han de ser revisadas. Todo ello inspirará y orientará futuros experimentos.
- **Bibliografía:** es importante incluir las referencias correspondientes a los libros y artículos utilizados para diseñar o fundamentar el trabajo.

Puesto que el desarrollo de los procesos de la ciencia, más que una práctica de aula, se puede considerar como una forma de acercarse al estudio de la realidad con el propósito de obtener un conocimiento objetivo y justificado, no se puede tratar en profundidad en unas cuantas horas. Por lo tanto, con la presente práctica simplemente pretendemos que valoréis las características del conocimiento científico al iniciaros en la metodología general que permite su desarrollo. Además, la aplicación adecuada de dicha metodología favorecerá el desarrollo de habilidades y actitudes científicas (rigor, sistematicidad, gusto por el trabajo bien hecho, espíritu crítico, creatividad...)



OBJETIVOS

Con el desarrollo de la presente práctica nos planteamos:

- Aprender a utilizar métodos científicos en la resolución de situaciones problema.
- Desarrollar capacidades y actitudes propias de los procesos científicos.
- Elaborar un diseño experimental detallado, identificando las variables adecuadas.
- Aprender a organizar y comunicar los resultados de una investigación elaborando informes.
- Aplicar destrezas del PC en los procesos de la ciencia.
- Reflexionar sobre las características de la naturaleza de la ciencia.



CONTENIDOS

En el transcurso de esta práctica se trabajarán los contenidos recogidos a continuación:

- Procesos científicos de indagación y argumentación durante el contraste de hipótesis y la comunicación de resultados.
- El informe científico y sus partes.
- Capacidades y actitudes críticas asociadas a los procesos científicos.
- Características del conocimiento y de los procesos implicados en la construcción del conocimiento científico.



MATERIAL MÍNIMO

- Legumbres
- Recipientes pequeños (vasos de precipitados, cazos, etc.)

- Bandeja con hielo
- Cuchara-espátula
- Papel secante
- Papel milimetrado
- Probetas
- Agua
- Sal común
- Balanza electrónica
- Placa calefactora
- Termómetro
- Calibre

*Si necesitáis algún otro material, preguntad al profesorado.



PROCEDIMIENTO

Contexto: Imaginad que trabajáis en una fábrica de legumbres, donde el objetivo principal es optimizar la producción para que así los beneficios sean mejores. Como investigadores/as se os encarga que optimicéis el paso de hidratación de legumbres. Por supuesto, el jefe de la empresa querrá conocer vuestros resultados.

Pregunta de investigación: ¿Cómo puede optimizarse la hidratación de las legumbres?

Pasos a seguir:

- En primer lugar, estableced los pasos a seguir para llevar a cabo la investigación (**diseño experimental**). Recordad que, para vuestro diseño experimental, debéis identificar claramente el **problema**, plantear **hipótesis** de trabajo y diseñar el experimento concretando las **variables** a estudiar. Tened en cuenta el **material** que se os ofrece de manera orientativa (no tenéis por qué utilizarlo todo e incluso podéis incluir nuevos materiales).
- **Escribid la estrategia que vais a seguir en vuestro diseño experimental**, paso a paso. No escatiméis en detalles (incluso sería aconsejable **dibujar** el material que vais a utilizar en cada fase del experimento) e indicad cómo vais a **reducir los errores** del proceso experimental. Tened en cuenta que el **experimento** debe poderse realizar en **90 minutos máximo**.
- Una vez que se tenga claro el diseño experimental, pensad cuál sería la forma más conveniente de **analizar y representar los datos** (tablas, gráficos de barras, etc.).
- **Llebad a cabo el experimento** recordando las características y valores que ha de tener (minuciosidad, exactitud, rigurosidad, cuidado, respeto a los demás, etc.).
- **Tomad nota de los resultados**, y después, **representadlos**.
- **Elaborad el informe** a presentar al “jefe de cocina”. En este caso, en lugar de al jefe de cocina, lo presentaréis ante vuestros/as compañeros/as en unos 10-15 minutos de tiempo, llevándose a cabo la validación de la investigación.

*Trabajaréis en grupos de 5-6 estudiantes.

Anexo III. Secuencia de enseñanza y aprendizaje: Integración de la naturaleza de la ciencia y del pensamiento crítico en la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza.

PRÁCTICA 3



**INTEGRACIÓN DE LA NATURALEZA DE LA
CIENCIA Y DEL PENSAMIENTO CRÍTICO EN
LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA
NATURALEZA**

INTRODUCCIÓN

Desde las etapas escolares iniciales, se debe promover una **educación científica para el desarrollo de las competencias básicas en ciencia y tecnología**, enfocadas a proporcionar un acercamiento al mundo físico, la comprensión de los fenómenos naturales y la participación en las cuestiones científicas que tienen lugar en nuestro entorno y forman parte de nuestro día a día.

Por tanto, estas competencias deben formar a individuos:

- Capaces de comprender los principales conceptos científicos, en qué consiste la ciencia y el modo en qué construye conocimiento.
- Capaces de aplicar dichos contenidos para reflexionar, interpretar y comprender el mundo que les rodea, desarrollar investigaciones, resolver problemas y participar activamente como ciudadanos responsables en los asuntos científico-tecnológicos que han influido en nuestra sociedad a lo largo de tiempos, a través de la argumentación y la toma de decisiones fundamentadas en evidencias.
- Capaces de reconocer los valores que rigen la comunidad científico-tecnológica (precisión, rigurosidad...), de valorar el conocimiento y las investigaciones científicas en la mejora de nuestro bienestar social y, en consecuencia, de apoyar a la ciencia y considerarla un elemento fundamental de nuestra cultura.

En consecuencia, el desarrollo de estas competencias implica abordar tres tipos de contenidos: conceptuales, procedimentales y actitudinales. Para contribuir a la adquisición de dichos contenidos y, en última instancia, a la adquisición de las competencias señaladas, resulta indispensable la enseñanza de **contenidos científicos**, junto con la comprensión de ideas sobre la **naturaleza de la ciencia** y el desarrollo del **pensamiento crítico**.

En la etapa de Educación Primaria, los **contenidos científicos** sobre un determinado tema deben contribuir a que el alumnado comprenda el mundo que le rodea y deben presentarse acordes a su madurez mental, ser estudiados y/o manipulados directamente o mediante técnicas procedimentales accesibles, y proporcionar una base sólida para la educación científica posterior.

El conocimiento sobre la **naturaleza de la ciencia** implica comprender qué es la ciencia y cómo se construye y valida el conocimiento científico. Conocer la naturaleza de la ciencia contribuye a acercar la ciencia a los individuos, dando a conocer su lado humano e influyendo positivamente en la visión que tienen sobre ella, así como en su motivación, favoreciendo el aprendizaje de los contenidos científicos y la comprensión y participación fundamentada en problemáticas socio-científicas.

Respecto al **pensamiento crítico**, se trata de un pensamiento razonado y reflexivo enfocado a decidir en qué creer o qué hacer. Sus destrezas están íntimamente ligadas a la indagación científica, pues en procesos científicos como la comprobación de hipótesis, la argumentación, la toma de decisiones, la modelización, la categorización y la metacognición, resulta crucial el empleo de destrezas del pensamiento crítico para la construcción sólida del conocimiento científico. Además, el pensamiento crítico

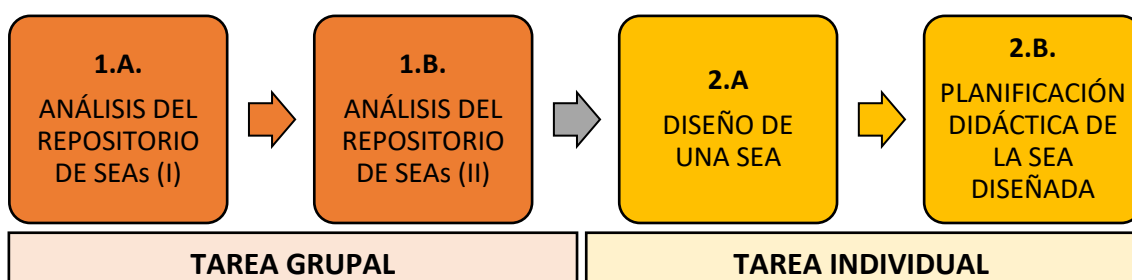
proporciona las herramientas intelectuales necesarias para aplicar el conocimiento científico y participar democráticamente en asuntos socio-científicos. No obstante, pensar críticamente es un proceso cognitivo costoso que requiere de un notable esfuerzo, por lo que es esencial motivar al alumnado para favorecer su empleo.

La integración de la naturaleza de la ciencia y del pensamiento crítico en la enseñanza de contenidos científicos conlleva una adecuada adaptación didáctica, que asegure su enseñanza conjunta de manera natural y coherente. Para ello, es indispensable tener un conocimiento adecuado sobre estos tres elementos, sobre el currículo, los obstáculos de aprendizaje asociados a los contenidos en cuestión, las estrategias metodológicas para superar dichos obstáculos y los medios de evaluación necesarios para valorar el progreso del aprendizaje. De esta manera, se fomentará una enseñanza de calidad que satisfaga una visión utilitarista del conocimiento científico, en la que el alumnado otorgue un sentido útil a aprender sobre ciencia.

OBJETIVOS

- ✓ Conocer e identificar contenidos científicos de las Ciencias de la Naturaleza, ideas sobre la naturaleza de la ciencia y destrezas del pensamiento crítico, a través del análisis de secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEAs, en adelante).
- ✓ Reflexionar sobre el potencial de diferentes estrategias para integrar y evaluar contenidos sobre la naturaleza de la ciencia y el pensamiento crítico en Educación Primaria.
- ✓ Desarrollar la capacidad de diseñar SEAs que integren la enseñanza de contenidos científicos, ideas sobre la naturaleza de la ciencia y destrezas del pensamiento crítico.
- ✓ Reconocer la importancia de incluir la naturaleza de la ciencia y el pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias de la Educación Primaria, a fin de mejorar la calidad de la educación científica, así como reflexionar sobre los obstáculos asociados a su proceso de enseñanza y aprendizaje.
- ✓ Reflexionar sobre nuestra capacidad docente para enseñar ciencias de manera eficaz, atendiendo al desarrollo de las competencias científicas.

TAREAS A REALIZAR



TAREA GRUPAL

1.A – ANÁLISIS DEL REPOSITORIO DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE (I)

Analizad las SEAs del repositorio que integran la enseñanza de contenidos científicos, ideas sobre la naturaleza de la ciencia y destrezas del pensamiento crítico.

En dicho análisis, debéis identificar qué contenidos científicos, ideas sobre naturaleza de la ciencia y destrezas del pensamiento crítico se trabajan en ellas, completando la siguiente tabla:

SEA:		
Contenidos científicos	Ideas sobre la naturaleza de la ciencia	Destrezas del pensamiento crítico

Para ayudar en la identificación de estos tres elementos, podréis utilizar los documentos curriculares de Educación Primaria y el listado de ideas sobre la naturaleza de la ciencia y de destrezas del pensamiento crítico que se os facilita al final de este documento.

1.B – ANÁLISIS DEL REPOSITORIO DE SECUENCIAS DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE (II)

Para una de las SEAs del repositorio, completad la siguiente tabla:

	Contenido científico	Idea sobre la naturaleza de la ciencia	Destreza del pensamiento crítico
¿Por qué es importante para el alumnado aprender estos contenidos?			
¿Cuáles son las dificultades/limitaciones de enseñar estos contenidos?			
¿Cuál es mi conocimiento de las ideas previas o habilidades del alumnado que pueden influir en la enseñanza de estos contenidos?			
¿Cómo evaluarías la comprensión del alumnado sobre estos contenidos?			

TAREA INDIVIDUAL

2.A – DISEÑO DE UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

- Diseñad vuestra propia SEA, procurando que contenga, al menos, **un contenido científico, una idea sobre la naturaleza de la ciencia y una destreza del pensamiento crítico**. Estas últimas deben ser seleccionadas del listado facilitado para realizar la tarea 1.A.
- Indicad el contenido científico, la idea sobre la naturaleza de la ciencia y la destreza de pensamiento crítico que se trabajan en ella:

Contenido científico	Idea sobre naturaleza de la ciencia	Destreza del pensamiento crítico

- Indicad en la SEA dónde se trabajarían la idea sobre la naturaleza de la ciencia y la destreza del pensamiento crítico.

2.B – PLANIFICACIÓN DIDÁCTICA DE LA SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DISEÑADA

Completad la siguiente tabla, de manera que represente la planificación didáctica de la SEA que habéis diseñado en la tarea 2.A.

A la derecha de la tabla, aparecen dos escalas en las que tendréis que **valorar del 1-10** (menor a mayor), el grado de **importancia** que pensáis que tiene considerar cada una de las cuestiones de la tabla para planificar vuestra enseñanza y el grado de **seguridad** que tenéis en contestar a cada una de ellas.

Ciclo educativo:

	CONTENIDOS			¿Cuán importante pienso que es esta pregunta para planificar mi enseñanza? Escala de 1 (bajo)-10 (alto)	¿Cuán seguro/a me siento al responder a esta pregunta? Escala de 1 (bajo)-10 (alto)
	CONTENIDO CIENTÍFICO	IDEA SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA	DESTREZA DEL ENSAMIENTO CRÍTICO		
1. ¿Qué pretendes que aprenda el alumnado sobre estos contenidos?					
2. ¿Por qué es importante para el alumnado aprender estos contenidos?					
3. ¿Qué más debería saber el docente sobre estos contenidos (pero que no pretende que el alumnado conozca aún)?					
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones de enseñar estos contenidos?					
5. ¿Cuál es mi conocimiento de las ideas previas o habilidades del alumnado que pueden influir en la enseñanza de estos contenidos?					
6. ¿Cuáles son los métodos de enseñanza y la justificación de su empleo para enseñar estos contenidos?					
7. ¿Cuáles son los métodos para evaluar la comprensión y desarrollo de estos contenidos?					

IDEAS SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

<p>Finalidad de la Ciencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los/as científicos/as observan la naturaleza y/o identifican un problema o necesidad, proponen explicaciones/soluciones y comprueban su validez para comprender los fenómenos naturales. • Para que el conocimiento científico sea considerado válido no es suficiente el resultado de una sola observación o experimento, sino que debe comprobarse muchas veces. • Los/as científicos/as tratan de relacionar los fenómenos naturales observados a través de leyes científicas, normalmente expresadas en ecuaciones matemáticas. • Los/as científicos/as elaboran teorías científicas, que describen las relaciones que se establecen entre los fenómenos naturales observados.
<p>Procesos científicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • No existe un solo método para investigar en ciencia: los/as científicos/as utilizan diferentes métodos para dar respuesta a las preguntas que se plantean sobre la naturaleza y utilizan una diversidad de estrategias, herramientas y técnicas. • Los/as científicos/as observan cuidadosamente la naturaleza y realizan interpretaciones (inferencias) sobre los fenómenos observados. • Para representar y explicar los fenómenos naturales y sus interacciones, el comportamiento de los seres vivos, el funcionamiento de los sistemas biológicos, naturales, tecnológicos, etc., los/as científicos/as elaboran representaciones de ellos, llamadas modelos científicos. • Para mejorar la comprensión de la naturaleza, los/as científicos/as elaboran esquemas de clasificación en base a las características comunes/similares de los sistemas biológicos, naturales, tecnológicos... • A pesar de que los/as científicos/as trabajan cuidadosamente, los errores no pueden evitarse y son frecuentes en las investigaciones científicas. No obstante, los errores no suponen siempre algo negativo, si los/as científicos/as detectan y corrigen los errores, mejorarán sus métodos y técnicas para que la ciencia avance.
<p>Carácter evolutivo de la ciencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El conocimiento científico puede cambiar si se obtienen o descubren nuevas informaciones sobre los fenómenos. • El conocimiento científico es limitado, pero es el mejor disponible para entender el mundo natural.
<p>La ciencia como actividad humana</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La ciencia deriva del esfuerzo humano: el conocimiento científico actual se lo debemos a científicos/as que han estudiado cómo funcionan los fenómenos de la naturaleza desde hace mucho tiempo.
<p>Relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La ciencia, la tecnología y la sociedad están interrelacionadas. Por un lado, la ciencia y la tecnología influyen en el progreso de la sociedad y, por otro lado, las circunstancias socioculturales y económicas, influyen en el desarrollo de la ciencia y la tecnología.
<p>Construcción social del conocimiento científico</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La mayoría de los/as científicos/as trabajan en equipo y compiten con otros equipos para dar explicación a los fenómenos de la naturaleza. • Los/as científicos/as pueden interpretar los fenómenos de la naturaleza de manera diferente, en función de sus valores, creencias, experiencias previas, presiones políticas, etc., debaten y se tienen que poner de acuerdo para explicar los fenómenos de la naturaleza.
<p>Características de los/as científicos/as</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mujeres y hombres de todas las culturas y países tienen como profesión la de científico. • Los/as científicos/as no son personas aisladas, tristes y solitarias. • Es importante que los/as científicos/as sean objetivos/as, de mente abierta y creativos/as en sus diseños experimentales y elaboración de explicaciones.

DESTREZAS DEL PENSAMIENTO CRÍTICO EN LOS PROCESOS DE LA CIENCIA

<p>Comprobación de hipótesis</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar adecuadamente y reconocer la importancia del control de las variables. El grupo control de un diseño experimental no presenta la variable independiente de la que se quiere probar su efecto en la variable dependiente. Con el control experimental, nos aseguramos de que los resultados observados en la situación experimental no se deben a otras variables, sino a la variable independiente en cuestión. • Definir adecuadamente y reconocer la importancia del tamaño de la muestra y del muestreo imparcial, necesarios para que la muestra bajo estudio sea representativa y poder hacer una generalización a la población. • Describir la relación entre dos o más variables: relaciones causa-efecto y correlación.
<p>Argumentación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Justificar ideas y conclusiones con pruebas fundamentadas (científicas). • Identificar los componentes clave de un argumento: prueba/evidencia, conclusión, contraargumento. • Diferenciar entre opiniones y argumentos. • Evaluar la fortaleza de los argumentos: fuertes y débiles, según la calidad y cantidad de pruebas, y la relación entre las pruebas aportadas y la conclusión. • Evaluar las fuentes de información: para determinar la calidad y fiabilidad de la información.
<p>Toma de decisiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Considerar los puntos a favor y en contra, o alternativas, en relación a un asunto antes de posicionarse en él.
<p>Modelización</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar sencillas analogías (relaciones de semejanza entre cosas distintas) para representar ideas sobre fenómenos naturales y tecnológicos mediante modelos.
<p>Categorización</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar patrones comunes y establecer criterios de clasificación que puedan dar lugar a categorizaciones próximas a las utilizadas en ciencia.
<p>Metacognición (evaluación del propio pensamiento)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación: ¿Qué estrategia sigo? ¿Cómo empiezo? ¿Qué recursos puedo emplear? ¿Qué orden sigo? • Verificación: ¿Cómo lo estoy haciendo? ¿Tiene sentido lo que hago? ¿Mi estrategia me está llevando a alcanzar mis objetivos? • Evaluación: ¿Ha sido correcta la estrategia que he seguido? ¿Qué me ha faltado? ¿He cometido algún error?

Anexo IV. Repositorio de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje que ejemplifican la integración de la NdC y del PC en la enseñanza de contenidos científicos sobre Biología, elaborado para la intervención desarrollada en “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I”.

SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE 1º CICLO

Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I.

Grado en Educación Primaria.

¿QUIÉN SOY?

Introducción

Vamos a ver el siguiente vídeo sobre el cuento del patito feo:
<https://www.youtube.com/watch?v=86QejraAIHc>



- ¿Por qué mamá pata y los patitos dejaron solo al patito que salió del último huevo? ¿Hicieron lo correcto?
- ¿Por qué algunos patitos se parecían a mamá pata pero el patito del último huevo no? ¿En qué se diferenciaba del resto? ¿Por qué creéis que eran diferentes?
- ¿Cómo se dio cuenta finalmente de que era un cisne?

¡Investigamos las aves!

Un grupo de científicos y científicas se ha encontrado unas crías de ave perdidas mientras paseaba por el campo.

¡Necesitan nuestra ayuda para que las crías regresen con sus familias!

Con ayuda de las fotos que os han dejado...

¿podrías averiguar cuál es la mamá de cada cría?



CRIAS DE AVE PERDIDAS



AVES ADULTAS



El grupo de científicos y científicas os pregunta si estáis seguros/as de los emparejamientos que habéis hecho...

¿Cuántos emparejamientos habéis realizado?

¿Podrías explicarles en qué os habéis basado para unir a cada cría con su mamá?

¡Gracias a vuestro trabajo, hemos conseguido que las crías perdidas vuelvan con sus familias!



¿Alguien ha visto alguna vez estas aves? ¿Sabéis a qué especie pueden pertenecer?

Para ayudarnos a identificar las especies de todos los animales del mundo, las personas que se dedican a la ciencia y estudian la naturaleza han creado unos identificadores para clasificarlos. Con ayuda de uno de ellos, vamos a descubrir las especies a las que pertenecen las aves anteriores. Para ello, necesitamos vuestra ayuda:

¿Qué tamaño, color del plumaje, color de patas y forma del pico tiene cada una?



Enlace del identificador: <https://www.seo.org/identificador-aves>



- ¿Algún grupo acertó la especie a la que pertenecían estas aves?
- ¿Qué cambios sufren las crías desde que nacen hasta que se convierten en aves adultas?
- ¿Creéis que son útiles las clasificaciones que los científicos y las científicas realizan según las características de los animales?

Conclusión



- ¿Creéis que mamá pata hizo bien en pensar que la cría que salió del último huevo era un patito feo y no un cisne?
- ¿A vosotros os hubiera pasado lo mismo que a mamá pata?
- ¿Qué creéis que hubiera hecho un científico o una científica al ver al patito feo?

SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE 2º CICLO

¿QUIÉN HAY AHÍ?

Sois un grupo de científicos y científicas que estudia una especie nunca antes vista en el Parque Nacional de Doñana. La única información de la que disponéis son unas **huellas identificadas** en una **laguna** cercana al río:



¿A cuántos animales creéis que pertenecen estas huellas? ¿Por qué?

Puesta en común: Como científicos/as que sois...



- ¿Qué pruebas tenéis para defender vuestra idea?
- ¿Todos los integrantes de un mismo grupo estuvisteis de acuerdo desde un principio? ¿Por qué?
- ¿Cómo habéis llegado a un consenso?
- ¿Qué grupo pensáis que lleva razón? ¿Por qué?
- ¿Cómo es posible que algunos grupos hayan pensado de manera diferente a la vuestra si todos estáis observando las mismas huellas?

¡Continuamos con la investigación!

Con ayuda de las huellas identificadas y de la siguiente información aportada por el encargado del Parque sobre las posibles especies que pueden estar detrás de esas huellas, ¿podrías averiguar a cuál de estas cuatro especies animales corresponden esas huellas?



EMÚ

Distribución: Australia.

Hábitat: Zonas boscosas, sabanas.

Alimentación: Omnívoro. Se alimenta de semillas, brotes, frutas, vegetales, pero también de ciertos insectos y pequeños vertebrados.



IGUANA

Distribución: Suramérica, Norteamérica, Centroamérica y el Caribe.

Hábitat: Zonas de vegetación espesa y en altura (manglares, selvas, riberas de ríos...).

Alimentación: Herbívoro. Se alimenta de hojas, semillas, frutas...



MAPACHE

Distribución: América.

Hábitat: Zonas boscosas, se suele encontrar a lo largo de los cursos del río en busca de comida.

Alimentación: Omnívoro. Se alimenta de cangrejos de río, mariposas, saltamontes, ranas, peces, nueces, semillas, bayas e incluso huevos de otros animales.



MARMOTA

Distribución: Europa, Asia y Norteamérica.

Hábitat: Zonas montañosas.

Alimentación: Herbívoro. Se alimenta de hierbas, bayas silvestres y raíces.



Puesta en común:

- ¿De qué especie creéis que se trata?
- ¿Qué pruebas tenéis para defender que es esa especie?
- ¿Qué grupo ha aportado más pruebas?
- ¿Qué grupo o grupos pensáis que están en lo cierto?

- ¿Cuál es el país de origen de la especie que acabamos de identificar en el Parque Nacional de Doñana?
- ¿Cómo creéis que ha podido llegar a España?

El encargado os pide que toméis una decisión acerca de mantener o no esa especie en el Parque, **¿qué le recomendaríais?**

A continuación, se muestran algunos de los seres vivos que habitan en el Parque Nacional de Doñana. Para ayudaros a tomar vuestra decisión, elaborad una cadena alimentaria que incluya estos seres vivos y la nueva especie identificada.



“Estamos a **favor/** en **contra** de mantener esta nueva especie en el Parque Nacional de Doñana **porque**

.....

Quando acabéis, cada grupo expondrá al resto de la clase su decisión.



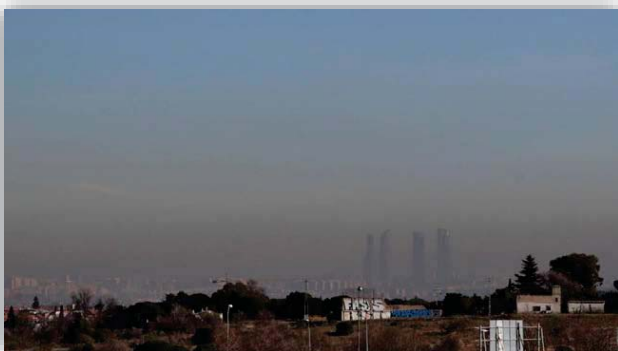
- ¿Cuántos grupos estáis a favor y en contra de mantener la nueva especie en el Parque?
- ¿Creéis que los científicos y las científicas compiten para defender sus ideas?
- ¿Qué grupos han aportado mejores pruebas para defender su decisión? ¿Qué grupos creéis que no han aportado pruebas suficientes? ¿Qué pruebas os parecen más fiables?

SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE 3º CICLO

CUIDEMOS EL AIRE QUE RESPIRAMOS

A. Introducción

- ¿Qué observáis en la siguiente imagen?



Fuente: Periódico “El Confidencial”¹

- ¿Por qué no podemos ver claramente los edificios de esta ciudad?
- ¿De dónde creéis que proviene el humo?

1. https://www.elconfidencial.com/espana/madrid/2019-01-15/madrid-activa-escenario-dos-protocolo-contaminacion-madrid_1759146/

¿Quién de estas tres personas creéis que lleva razón? ¿Por qué?

Carlos.
Jefe de una fábrica de coches

Esa nube de humo no es perjudicial para la salud porque siempre ha existido y la sociedad ha seguido progresando.

Laura. Médico

No es recomendable respirar esa nube de humo porque, según estudios científicos, podría causar enfermedades respiratorias.

Claudia.
Jefa de una asociación defensora del medio ambiente

Esa nube de humo es muy perjudicial porque es la responsable de todas nuestras enfermedades.



- ¿Por qué creéis que Carlos defiende que la nube de polvo no es perjudicial y Claudia defiende que sí lo es?
- ¿Pensáis que hace 50 años también existía esa nube de humo sobre la ciudad?

B. ¿Está en peligro nuestro aparato respiratorio?

Vamos a ver un vídeo en el que se muestra cómo es nuestro aparato respiratorio (<https://www.youtube.com/watch?v=thUI3RfZUms>).

Tras verlo, debéis realizar un dibujo del aparato respiratorio en el que se muestren los órganos que lo componen y su función.



¿Qué efectos tiene en la salud de nuestro aparato respiratorio inhalar el aire contaminado de una ciudad?

Nuestra predicción: _____

- ¿Cómo podríais comprobar vuestra predicción?
- ¿Qué necesitáis para ello?
- ¿Para qué podríais utilizar los siguientes materiales?



- ¿Algunos de estos materiales os recuerda a algún órgano de nuestro aparato respiratorio?

El profesorado debe guiar al alumnado en la posibilidad de crear un modelo de aparato respiratorio con los materiales que tiene a su disposición para que, con ayuda de ese modelo, pueda comprobar su predicción.

Para facilitar la guía del diseño de la investigación, se debe promover la reflexión sobre las siguientes cuestiones:

- ¿Necesitamos todo el material disponible?
- ¿Necesitamos algún material más para construir el modelo?
- Una vez elaborado el modelo, ¿cómo vamos a experimentar con él para comprobar nuestra predicción?
- ¿Cómo vamos a saber si nuestra predicción se cumple tras realizar el experimento?
- ¿Necesitamos comparar los cambios que se produzcan en nuestro modelo de aparato respiratorio con otro modelo para analizar nuestros resultados?

Una vez elaborado el modelo...

¿Cómo funciona el modelo?

¿Cómo se relacionan sus distintos componentes?

Preguntas tras finalizar el experimento y puesta en gran grupo:

¿Cuáles son los resultados de nuestra investigación?

RESULTADOS	
APARATO RESPIRATORIO QUE HA RESPIRADO AIRE CONTAMINADO	APARATO RESPIRATORIO QUE NO HA RESPIRADO AIRE CONTAMINADO



- Con los resultados que hemos obtenido, ¿podemos comprobar si es cierta nuestra predicción?
- ¿Nuestro modelo ha funcionado como esperábamos? ¿Los modelos que han hecho nuestros/as compañeros/as son como el nuestro? ¿Hemos cometido algún error?
- ¿Cómo podríamos mejorar nuestro modelo?
- ¿Para qué elaboran los/as científicos/as modelos? ¿Podríamos haber respondido a la pregunta de investigación sin construir el modelo de aparato respiratorio?

C. ¿Qué podemos hacer?

Ahora que sabemos lo perjudicial que es para nuestra salud respirar aire contaminado...

¿Qué podemos hacer para mejorar la salud de nuestro aparato respiratorio?

Elaborad un folleto en el que indiquéis los factores que pueden afectar negativamente a la salud de nuestro aparato respiratorio, mostrando fotos y resultados de vuestro modelo y explicando las conclusiones a las que habéis llegado.

¡No olvidéis indicar también las recomendaciones que proponéis llevar a cabo en nuestro día a día para mejorar y conservar la salud de nuestro aparato respiratorio!

¡El mejor folleto lo distribuiremos por todo el colegio para concienciar a toda la comunidad educativa!

Anexo V. Repositorio de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje que ejemplifican la integración de la NdC y del PC en la enseñanza de contenidos científicos sobre Física y Química, elaborado para la intervención desarrollada en “Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza II”.

SEA 1. JUGAMOS CON LAS SOMBRAS**1º CICLO****A. Primera parte: ¿Qué vemos?**

Por individual, anotad en vuestros cuadernos qué creéis que representa cada sombra:



Por grupos debéis compartir vuestras ideas:

- ¿Cuántos integrantes de cada grupo habéis coincidido en vuestras deducciones?
- ¿Por qué creéis que algunos/as compañeros/as han pensado diferente?
- Si estáis observando las mismas sombras, ¿cómo es posible que penséis cosas distintas?
- ¿Qué diferencia creéis que hay entre observar y deducir?

B. Segunda parte: Investigamos las sombras

1: Todos los objetos producen sombra.

2: Solo algunos objetos producen sombra.

Imaginad que sois científicos/as, ¿cómo comprobaríais qué afirmación es la correcta? Podéis emplear los siguientes materiales: cartón, metacrilato (plástico), papel de seda, cartulina, foco de luz.

La teoría válida es la porque

- ¿Qué materiales producen una sombra parecida? ¿Qué tienen en común?
- ¿Cómo podríais clasificar los materiales que habéis utilizado?

C. Tercer parte: El teatro de sombras científico

Por grupos, representad una escena a través de sombras, empleando el foco de luz y la pantalla. Como si fuerais científicos y científicas intentando estudiar los fenómenos más enigmáticos de la naturaleza, los demás grupos debéis observar y deducir qué representa cada escena, comparar vuestras deducciones con el resto de grupos y llegar a un consenso.

SEA 2. CONOCEMOS LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA

2º CICLO



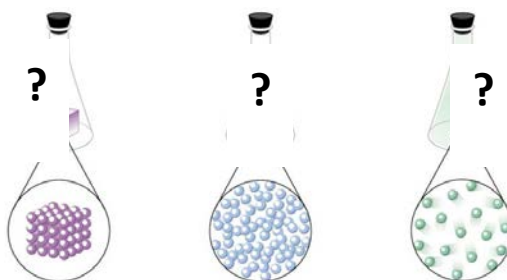
A. ¿A qué huele?

A Marina le regalan por su cumpleaños unas flores y decide ponerlas en el jarrón de la mesita de su cuarto. ¡Le encanta respirar el aroma de las flores al dormir! ¿Cómo es posible que Marina pueda oler las flores desde su cama? Elaborad una explicación y realizad un dibujo que la apoye.

- ¿Cómo es vuestro dibujo? ¿Qué idea defendéis? ¿En qué os habéis basado?
- Tras conocer los dibujos del resto de grupos, ¿cuál creéis que es el más adecuado o son los más adecuados?

B. Entre modelos.

Gracias a vuestras ideas, hemos conseguido representar las partículas que forman los gases. A estas representaciones se les llama modelos y los científicos y científicas han elaborado modelos de la disposición de las partículas según los tres estados de la materia: sólido, líquido y gaseoso. ¿Podrías adivinar qué estado de la materia representa cada modelo? Justificad vuestra respuesta.



A continuación, tenéis una tabla con las propiedades de los tres estados de la materia. Con ayuda de estos tres modelos científicos, contestad a las siguientes preguntas:

Estado sólido	Estado líquido	Estado gaseoso
Masa fija	Masa fija	Masa fija
Forma invariable	Forma variable	Forma variable
Volumen constante	Volumen constante	Volumen variable

1. ¿Por qué los tres tienen una masa fija?
2. ¿Por qué los sólidos son los únicos que tienen una forma invariable?
3. ¿Cómo explicáis que los gases puedan cambiar de volumen, es decir, el espacio que ocupan?

*El profesorado puede emplear como apoyo en la ilustración de los modelos el siguiente simulador: https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter/latest/states-of-matter_es.html

C. Reflexión:

- ¿Por qué creéis que los/as científicos/as elaboran modelos?
- ¿Para qué os han servido?

SEA 3. DEBATE ENERGÉTICO

3º CICLO

A. Observad la siguiente noticia:

MOTOR • Solo podrán comercializarse coches eléctricos

España pretende prohibir las matriculaciones de coches diésel, gasolina e híbridos a partir de 2040

EL MUNDO Madrid 13 NOV. 2018 | 14:13



- ❖ ¿Habíais oído hablar sobre esta noticia?
- ❖ ¿Qué es el diésel y la gasolina? ¿Sabéis de dónde se obtienen?
- ❖ ¿Qué es un coche híbrido?
- ❖ ¿Por qué quieren sustituir los coches que utilizan gasolina y diésel e híbridos por los eléctricos?

B. Vuestros familiares están pensando en comprarse un coche nuevo. Han leído la noticia del periódico y no saben qué tipo de coche comprar: diésel o eléctrico. ¿Actualmente, les recomendarías la compra de un coche eléctrico? Emplead el cuadro de toma de decisiones para ayudarlos en vuestra elección final.

Antes de comenzar, señalad vuestro grado de acuerdo con las siguientes frases, y reflexionad sobre las preguntas que aparecen a continuación:

1 Muy en desacuerdo	2 En desacuerdo	3 Un poco en desacuerdo	4 Un poco de acuerdo	5 De acuerdo		6 Muy de acuerdo			
a. Me gusta estar bien informado y conocer los temas de actualidad sobre ciencia y tecnología.				1	2	3	4	5	6
b. No dejaré que las opiniones de los científicos debiliten mis creencias y opiniones.				1	2	3	4	5	6
c. Me gustan las actividades donde tengo que buscar información y generar mi propia opinión.				1	2	3	4	5	6
d. Para mí es importante descubrir qué es lo que las personas realmente quieren decir con sus opiniones.				1	2	3	4	5	6
e. Cambiar de opinión es un signo de debilidad.				1	2	3	4	5	6
f. No me dejo llevar por las opiniones de los demás.				1	2	3	4	5	6

Reflexionad...:

- ❖ ¿Qué información necesito para tomar mi decisión?
- ❖ ¿Qué diferencias hay entre un coche eléctrico y uno diésel?
- ❖ ¿De dónde se obtiene el diésel?
- ❖ ¿De dónde se obtiene la electricidad que hace funcionar los coches eléctricos?

Tras la búsqueda de información, debatimos en clase las siguientes preguntas:

- ❖ ¿Qué páginas web consideráis que tenían información más fiable?
- ❖ ¿Habéis encontrado problemas para poneros de acuerdo en vuestra decisión?
- ❖ ¿Ha cambiado vuestra opinión tras esta actividad?
- ❖ ¿Qué habéis valorado más para tomar vuestra decisión?

Ahora, con ayuda de la guía de argumentación, identificad los componentes del siguiente argumento:

“Los combustibles fósiles no son energías limpias y, por tanto, no respetan el medio ambiente”

¿Estáis de acuerdo con este argumento? ¿Cuáles son las energías limpias? ¿Por qué se dice que respetan el medio ambiente?

C. Formad dos grandes grupos. Cada uno va a representar a un grupo de científicos y científicas que trabaja para dos empresas distintas:

- Una empresa petrolera
- Una asociación ecologista

Debéis debatir con argumentos adecuados la defensa o el rechazo a los coches eléctricos que creéis que defendería cada grupo.

Antes de comenzar el debate, escribid vuestros argumentos, utilizando la guía de argumentación. Pensad también en contraargumentos que os permitan anticiparos a los argumentos del otro grupo.

Idea:	
Argumento 1	Contraargumento 1

C. Reflexionad:

- ❖ ¿Estáis de acuerdo con la posición que os ha tocado defender?
- ❖ ¿Creéis que los científicos y las científicas a veces trabajan en contra de sus creencias? ¿Por qué?
- ❖ ¿Creéis que los/as científicos/as compiten o se ayudan?
- ❖ ¿Qué aspectos positivos ha tenido para la sociedad la invención de los coches? ¿Y negativos?
- ❖ ¿Cómo crees que influye la decisión política de prohibir los coches diésel en el desarrollo de la ciencia y la tecnología?

SEA 4. ¿QUIÉN TIENE RAZÓN?**3º CICLO**

A. Laura y Andrés discuten sobre la caída de los objetos. ¿Quién creéis que tiene razón? Señalad con una X.

- Laura:** Si dejamos caer al mismo tiempo dos objetos desde la misma altura, llegarán al suelo a la vez.
- Andrés:** Yo pienso que el objeto más pesado llegará antes al suelo.

Justificad vuestra respuesta:

.....

- ¿Desde el principio, todos los componentes del grupo pensasteis que era correcta la misma opción?
- ¿Creéis que los/as científicos también pueden pensar diferente cuando intentan dar una explicación?
- ¿Estáis seguros/as de vuestra decisión? ¿Qué creéis que hacen los/as científicos/as para comprobar sus predicciones?

B. Comprobad vuestra predicción. Preguntas para guiar la indagación:

- ⇒ ¿Qué vamos a analizar?
- ⇒ ¿Qué estrategia vamos a seguir para demostrar nuestra predicción?
- ⇒ ¿De qué material disponemos?
- ⇒ ¿Necesitamos comparar nuestros resultados con otra situación para asegurar que son correctos?
- ⇒ ¿Cómo vamos a medir el tiempo de caída?
- ⇒ ¿Podemos anotar exactamente el tiempo en el que el objeto toca el suelo? ¿Qué podemos hacer para mejorar nuestras medidas?

C. Observad y reflexionad

- ¿Teníais razón en vuestra predicción?
- ¿Qué conclusión final sacáis de vuestro experimento?

Pruebas:

Conclusión:

- ¿Cómo habéis diseñado vuestro experimento? ¿Por qué lo habéis diseñado así?
- Tras conocer los experimentos de los demás grupos, ¿modificaríais el vuestro?

SEA 5. CONOCEMOS AL CIENTÍFICO ARQUÍMEDES**3º CICLO**

1. En vuestros puestos tenéis una canica, un cubo y una figura. Averiguad la masa de cada uno con la ayuda de la balanza (anotad vuestros resultados en la tabla del punto 3).

*Nota para el/la docente: la canica será de vidrio, el cubo será de madera y la figura de plástico. El docente procurará que el cubo de madera tenga una mayor masa que la canica y la figura.

2. ¿Cómo podríais calcular el volumen de la canica, el cubo y la figura? Podéis emplear el material que consideréis necesario, del disponible en vuestras mesas. Anotad vuestros resultados en la tabla del punto 3.

- Vaso de agua graduado
- Regla



3. Recogida de datos de nuestro experimento:

	MASA	VOLUMEN
CANICA		
CUBO		
FIGURA		

4. Reflexionad:

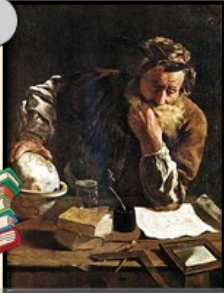
- Comparad vuestra estrategia para calcular el volumen de los tres objetos con la seguida por vuestros/as compañeros/as. ¿Creéis que todas son correctas?
- ¿Qué objeto flotó en el agua? ¿Por qué creéis que lo hizo?



CONOCEMOS AL CIENTÍFICO ARQUÍMEDES



1



Arquímedes, nació en Siracusa (Sicilia) en el año 287 a. C, y fue uno de los científicos más reconocidos de la Antigüedad clásica.

2

Un día, el rey Herón II le pidió a Arquímedes que comprobara si la corona que le había fabricado su orfebre estaba hecha de monedas de oro puro, pues sospechaba que le había robado parte de ellas, sustituyéndolas por monedas de plata.



3

Arquímedes no lograba dar con la solución, hasta que un día mientras se bañaba se dio cuenta de cómo se elevaba el nivel del agua al meterse en la bañera.



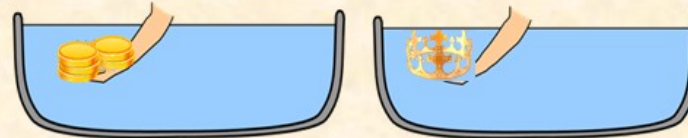
4

Para comprobar si la corona estaba hecha de oro realizó el siguiente experimento...

1. Determinó la masa de la corona y de un puñado de monedas de oro.



2. Determinó el volumen que ocupaba la corona y las monedas de oro sumergiéndolas en un recipiente. Tras sumergirlas, anotó cuánto aumentaba el nivel de agua, pues ese sería el volumen de las monedas y la corona.



5

Arquímedes calculó la densidad de las monedas de oro y la corona, y comprobó que la densidad de la corona no era igual a la del oro.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$



6

El rey Herón II mandó arrestar a su orfebre por engaño y Arquímedes se ganó el respeto de todo el pueblo de Siracusa.

5. ¿Por qué Arquímedes gritó “Eureka” cuando se tomaba un baño?
6. ¿Cómo comprobó Arquímedes si la corona era de oro puro?
7. En el experimento que habéis realizado, ¿os resultó difícil averiguar el modo de medir el volumen de la canica, el cubo y la figura?
8. ¿Cuáles de estos adjetivos pensáis que describen mejor al científico Arquímedes? ¿Por qué?

Imaginativo	Pensador	Curioso
Poco creativo	Buen observador	

9. Con los datos de la tabla del punto 3, calculad la densidad de la canica, del cubo y de la figura. Para ello, emplead la formula que aparece en la viñeta sobre Arquímedes.
10. ¿De qué material están hechos los tres objetos? Mirad la tabla de densidades para averiguarlo, al igual que hizo Arquímedes para averiguar de qué material estaba hecha la corona.

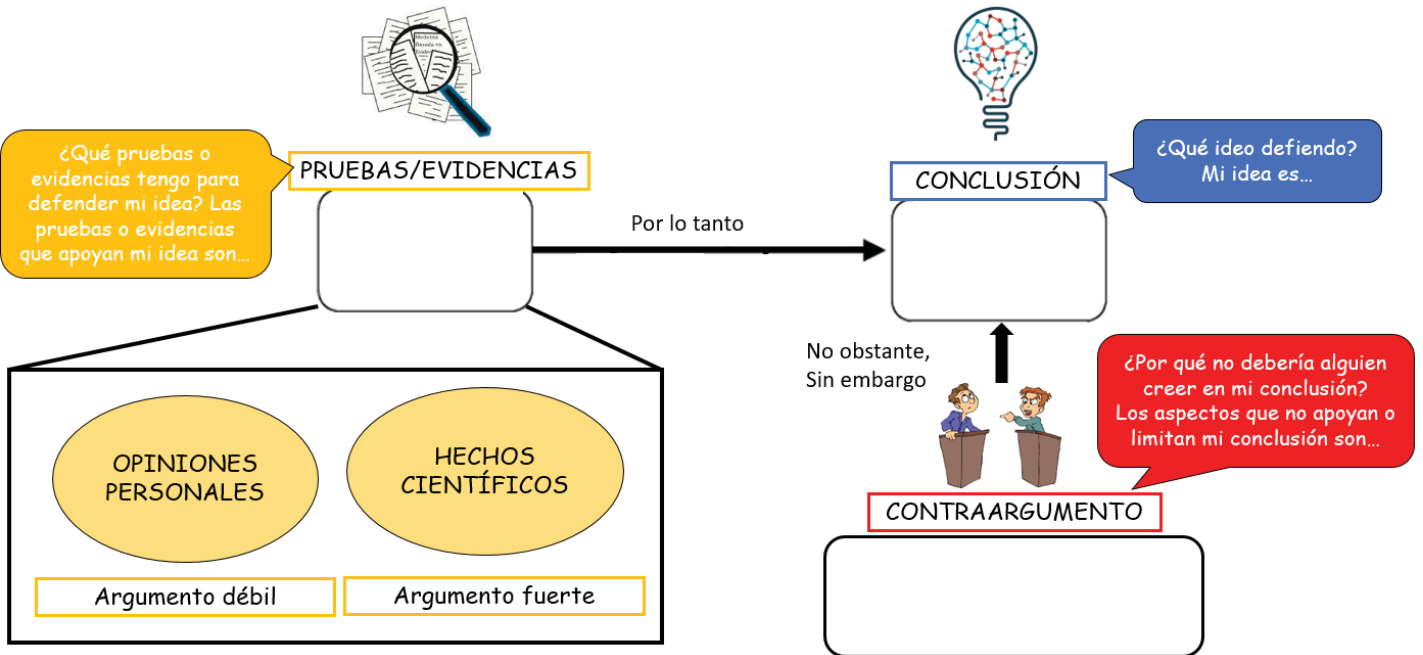
Material	Densidad (g/cm ³)
Madera	0,50
Agua	1
Policarbonato (plástico)	1,2
Vidrio	3
Acero	7,8
Plata	10,5

11. ¿Qué objeto tiene una densidad mayor que la densidad del agua?
12. ¿Qué objeto tiene una densidad menor que la densidad del agua?
13. ¿Qué propiedad de la materia crees que es la responsable de que un objeto flote o se hunda?
 - a) Masa
 - b) Volumen
 - c) Densidad
14. Después de la práctica que hemos realizado, ¿qué es la densidad? ¿Qué información nos da sobre los objetos?

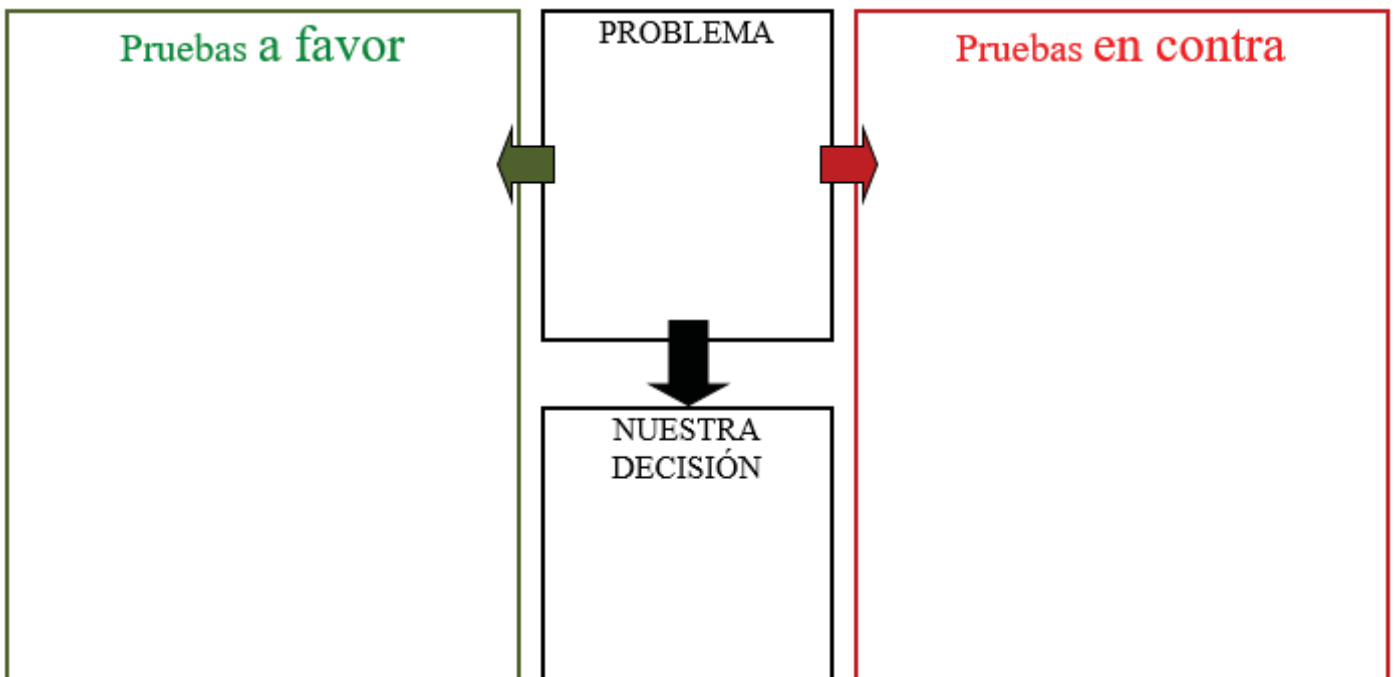
Anexo VI. Material de apoyo para el desarrollo de las destrezas críticas de argumentación y toma de decisiones.

GUÍA DE ARGUMENTACIÓN

Situación a analizar:



CUADRO DE TOMA DE DECISIONES



**Anexo VII. Instrumento empleado para evaluar el progreso en la
comprensión de la NdC y en el PC.**

Sexo: Mujer Hombre

Edad: _____

Grupo de teoría: _____ Grupo de prácticas: _____

SEGÚN LA ELECCIÓN DE ASIGNATURAS QUE HICISTE EN BACHILLERATO, TE PUEDES DEFINIR DE: Letras Ciencias

CÓDIGO:

Escribe las dos primeras letras del nombre de tu madre*

Escribe los tres últimos dígitos de tu número de teléfono

Escribe el día y el mes de tu cumpleaños (ej. uno de mayo: 0105)

A continuación, un ejemplo: CA6362401

*Si el nombre es compuesto, indicad las dos primeras letras del primer nombre.

CUESTIONARIO DE OPINIONES SOBRE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Lea con atención y responda sinceramente cada cuestión, valorando su grado de acuerdo personal con cada una de las frases, expresado en una escala de 1 a 9 (de menor a mayor grado de acuerdo). Señale el número que representa su opinión a la derecha de cada frase. Lo importante de sus respuestas es que el número de 1 a 9 asignado a cada frase represente exactamente su opinión sobre esa frase. Puede repetir el mismo número de valoración en distintas frases de una misma cuestión si lo desea. En caso de que no pueda manifestar su opinión, señale la opción: E (no entiendo la frase) o S (no sé lo suficiente para valorar la frase).

10113. El proceso de hacer ciencia se describe mejor como...:

a. todo lo que hacemos para entender el mundo que nos rodea.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
b. el método científico.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
c. descubrir el orden que existe en la naturaleza.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
d. el uso de la tecnología para descubrir los secretos de la naturaleza.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
e. la aplicación de métodos cualitativos y cuantitativos para entender el universo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
f. observar y proponer explicaciones sobre las relaciones en el universo, y comprobar la validez de las explicaciones.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

20821. ¿La sociedad influye en la ciencia?

a. La sociedad no influye demasiado en la ciencia.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
b. La demanda social de comprensión de la naturaleza estimula la acumulación de conocimiento científico.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
c. Los científicos son miembros de la sociedad. Cuando se extiende el interés de la sociedad por un tema, los científicos están más dispuestos a estudiarlo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
d. La sociedad determina qué tipo de investigación científica es aceptable, basándose en nuestros valores morales y éticos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
e. La sociedad usa el conocimiento científico para el desarrollo de la tecnología.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
f. La sociedad influye sobre la ciencia a través de las subvenciones económicas de las que dependen la mayoría de las investigaciones.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
g. La sociedad acepta o rechaza la tecnología, creando así mayor o menor demanda a la ciencia.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

60111. La mayoría de los científicos están motivados para esforzarse mucho en su trabajo. La razón PRINCIPAL de su motivación personal para hacer ciencia es:

a. ganar reconocimiento, ya que de lo contrario su trabajo no se aceptaría.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
b. ganar dinero, porque la sociedad presiona a los científicos a esforzarse por recompensas económicas.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
c. adquirir un poco de fama, dinero y poder, porque los científicos son como todos los demás.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
d. satisfacer su curiosidad sobre el mundo natural, porque les gusta aprender más y resolver los misterios del universo físico y biológico.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
e. resolver curiosos problemas para conocimiento personal y descubrir nuevas ideas o inventar cosas para beneficio de la sociedad (por ejemplo, remedios médicos, soluciones a la contaminación, etc.). Todo esto junto representa la principal motivación de la mayoría de los científicos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
f. inventar y descubrir nuevas cosas, desinteresadamente, para la ciencia y la tecnología.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
g. descubrir nuevas ideas o inventar cosas para beneficio de la sociedad (por ejemplo, remedios médicos, soluciones a la contaminación, etc.).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
h. No es posible generalizar porque la motivación principal de los científicos varía de uno a otro.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

60211. El mejor científico es siempre de mentalidad abierta, imparcial y objetivo en su trabajo. Estas características personales son necesarias para hacer mejor ciencia.

a. Los mejores científicos tienen estas características, ya que de otra forma la ciencia se perjudicaría.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
b. Los mejores científicos tienen tales características, porque cuantas más características de estas se tengan, mejor ciencia se hará.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
c. Estas características no son suficientes. Los mejores científicos necesitan también otros rasgos personales tales como imaginación, inteligencia y honradez.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

Los mejores científicos NO deben tener necesariamente estas características:

d. porque a veces llegan a estar tan profundamente metidos, interesados o preparados en su campo, que pueden ser cerrados, parciales, subjetivos y no siempre lógicos en su trabajo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
e. porque eso depende del carácter de cada científico. Algunos son abiertos, objetivos, etc. en su trabajo; mientras que otros pueden ser cerrados, subjetivos, etc.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
f. Los mejores científicos NO tienen estas características personales en mayor medida que cualquier otro. Dichas características NO son necesarias para hacer mejor ciencia.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

70211. Cuando los científicos no están de acuerdo en un tema (por ejemplo, si un bajo nivel de radiación es perjudicial o no), principalmente es porque no tienen todos los hechos. Esta opinión científica no tiene NADA QUE VER con valores morales (buena o mala conducta) o con motivaciones personales (reconocimiento personal, agradecer a los trabajadores o a las instituciones que dan dinero). Los desacuerdos entre científicos pueden suceder:

a. porque no han sido descubiertos todos los hechos. La opinión científica se basa completamente en hechos observables y comprensión científica.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
b. porque distintos científicos conocen diferentes hechos. La opinión científica se basa completamente en el conocimiento de los hechos por los científicos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
c. porque diferentes científicos interpretan los hechos o su significado de manera diferente. Esto sucede a causa de las diferentes teorías científicas, NO por valores morales o motivaciones personales.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
d. principalmente por hechos diferentes o incompletos, pero parcialmente a causa de los diferentes valores morales, opiniones o motivaciones personales.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
e. por cierto número de razones como cualquier combinación de las siguientes: ausencia de hechos, desinformación, diferentes teorías, opiniones personales, valores morales, reconocimiento público y presiones de las empresas o los gobiernos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
f. Cuando diferentes científicos interpretan los hechos (o su significado) de manera diferente, principalmente a causa de distintas opiniones personales, valores morales, prioridades personales o política. (Con frecuencia el desacuerdo elimina riesgos y beneficia a la sociedad).	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
g. porque han sido influidos por las empresas o el gobierno.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

70221. Cuando se propone una nueva teoría científica, los científicos deben decidir si la aceptan o no. Su decisión se basa objetivamente en los hechos que apoyan la teoría; no está influida por sus sentimientos subjetivos o por motivaciones personales.

a. Las decisiones de los científicos se basan exclusivamente en los hechos, en caso contrario la teoría no podría ser adecuadamente apoyada y podría ser inexacta, inútil o, incluso, perjudicial.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
b. Las decisiones de los científicos se basan en algo más que en los hechos solamente. Se basan en que la teoría haya sido comprobada con éxito muchas veces, en comparar su estructura lógica con otras teorías, y en la sencillez con que la teoría explica todos los hechos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
c. Depende del carácter de cada científico. Algunos científicos estarán influidos por sus sentimientos personales, mientras que otros cumplirán su deber de tomar sus decisiones basándose sólo en los hechos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
d. Puesto que los científicos son humanos, sus decisiones serán influidas, en alguna medida, por sus propios sentimientos internos, por su opinión sobre la teoría, o por beneficios personales tales como fama, seguridad en el empleo o dinero.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
e. Las decisiones de los científicos se basan menos en los hechos y más en sus propios sentimientos, su opinión personal sobre la teoría, o en los beneficios personales, tales como fama, seguridad en el empleo o dinero.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

70411. Los científicos compiten por obtener ayudas económicas para la investigación y por quién será el primero en hacer un descubrimiento. A veces, esta competencia feroz hace que los científicos actúen en secreto, robando las ideas de otros científicos, y presionando por dinero. En otras palabras, a veces los científicos ignoran los ideales o las reglas de la ciencia (tales como compartir los resultados, la honradez, la independencia, etc.).

A veces los científicos ignoran los ideales o reglas de la ciencia:

a. porque así es como alcanzan el éxito en una situación competitiva. La competencia empuja a los científicos a esforzarse más.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
b. para alcanzar recompensas personales y económicas. Cuando los científicos compiten por algo que realmente desean, harán cualquier cosa por conseguirlo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
c. para averiguar la respuesta. Con tal de llegar a la respuesta final, no importa cómo han llegado a ella.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
d. Depende. La ciencia no es diferente de otras profesiones. Algunos olvidarán los ideales de la ciencia para seguir adelante, pero otros no lo harán.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
e. La mayoría de los científicos no compiten. La forma en que realmente trabajan, y el mejor camino para el éxito, es mediante la cooperación y siguiendo los ideales de la ciencia.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

90111. Las observaciones científicas hechas por científicos competentes serán distintas si éstos creen en diferentes teorías.

a. Sí, porque los científicos harán experimentos diferentes y verán cosas distintas.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
b. Sí, porque los científicos pensarán de manera diferente y esto alterará sus observaciones.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
c. Las observaciones científicas no diferirán mucho aunque los científicos creen en teorías diferentes. Si éstos son realmente competentes sus observaciones serán similares.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
d. No, porque las observaciones son tan exactas como sea posible. Así es como la ciencia ha sido capaz de avanzar.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
e. No, las observaciones son exactamente lo que vemos y nada más; son los hechos.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

90411. Aunque las investigaciones científicas se hagan correctamente, el conocimiento que los científicos descubren con esas investigaciones puede cambiar en el futuro. El conocimiento científico cambia:

a. porque los científicos más jóvenes desaprueban las teorías o descubrimientos de los científicos anteriores. Hacen esto usando nuevas técnicas o instrumentos mejorados para encontrar factores nuevos pasados por alto antes, o para detectar errores en la investigación original "correcta".	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
b. porque el conocimiento viejo antiguo es reinterpretado a la luz de los nuevos descubrimientos; por tanto, los hechos científicos pueden cambiar.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
c. El conocimiento científico PARECE cambiar porque puede ser distinta la interpretación o la aplicación de viejos hechos; pero los experimentos realizados correctamente producen hechos invariables.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
d. El conocimiento científico PARECE cambiar porque el nuevo conocimiento se añade sobre el anterior; el conocimiento antiguo no cambia.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

90651. Los científicos NO deberían cometer errores en su trabajo porque los errores retrasan el avance de la ciencia.

a. Los errores retrasan el avance de la ciencia. La información equivocada puede conducir a conclusiones falsas. Si los científicos no corrigen inmediatamente los errores en sus resultados, la ciencia no avanza.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
b. Los errores retrasan el avance de la ciencia. Las nuevas tecnologías y equipamientos reducen los errores mejorando la precisión y así la ciencia avanzará más de prisa.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

Los errores NO PUEDEN evitarse:

c. Aunque después los científicos reducen los errores comprobando los resultados unos con otros hasta que se alcanza un acuerdo.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
d. algunos errores pueden retrasar el avance de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos o avances. Si los científicos aprenden de sus errores y los corrigen, la ciencia avanzará.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S
e. En la mayoría de casos, los errores ayudan a avanzar la ciencia. Ésta progresa detectando y corrigiendo los errores del pasado.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

EVALUACIÓN DEL PENSAMIENTO MEDIANTE SITUACIONES COTIDIANAS

A continuación, se muestran 10 situaciones problema, sobre las que debe de expresar su opinión individualmente. La redacción de cada una de ellas es transparente, es decir, no hay sentidos ocultos ni intenciones dobles en las palabras y descripciones empleadas. Nuestro interés es conocer cómo piensa sobre situaciones complejas de la vida diaria. Por ello, es muy importante que se esfuerce por responder lo mejor que pueda a cada pregunta. Esta prueba es fruto del esfuerzo de muchas personas, pues los resultados de este estudio son muy valiosos para mejorar la educación. Sinceramente, agradecemos su esfuerzo en responder lo mejor posible.

SITUACIÓN 1

Un informe reciente aparecido en una revista para padres y profesores muestra que los adolescentes que fuman suelen obtener peores calificaciones en clase. A medida que aumenta el número de cigarrillos por día, disminuye el promedio de las calificaciones. Una sugerencia que hace el informe es que podríamos mejorar el rendimiento escolar evitando el consumo de tabaco entre los adolescentes.

Basándonos en esta información, ¿cuál de las siguientes frases consideras la mejor respuesta? **Escoge SOLO una escribiendo X en el paréntesis.**

1. () Las calificaciones probablemente mejoren si evitamos que los adolescentes fumen, porque la investigación informa que cuando se incrementa el consumo de cigarrillos las calificaciones bajan.
2. () Es posible que las calificaciones mejoren si evitamos que los adolescentes fumen, pero no podemos estar seguros, pues solo conocemos que las calificaciones disminuyen cuando aumenta el consumo de cigarrillos, pero no sabemos qué pasa cuando el consumo de cigarrillos disminuye.
3. () No hay forma de saber si las calificaciones mejorarán si evitamos que los adolescentes fumen, pues solo conocemos que fumar y las calificaciones están relacionados, pero no sabemos si fumar es la causa de que las calificaciones bajen.
4. () Probablemente, evitar que los adolescentes fumen no influya en las calificaciones, porque la revista está escrita por padres y profesores, de manera que es probable que los resultados del informe sean consecuencia de que ellos estén en contra de que los adolescentes fumen.

SITUACIÓN 2

Un diario nacional con buena reputación en tu país recoge varias historias sobre delincuentes que cometieron crímenes terribles cuando salieron de la cárcel en libertad condicional antes de cumplir la totalidad de su condena. Un ciudadano furioso quería que se destituyera a la comisión encargada de conceder la libertad condicional por las decisiones erróneas que había tomado.

Más abajo encontrarás enumeradas algunas preguntas que puedes plantearte para ayudarte a tomar una buena decisión a favor o en contra de la destitución de la comisión. Valora la importancia de cada una de estas preguntas, según la influencia que tendrían sus respuestas en tomar tu decisión a favor o en contra de la destitución de la comisión (puedes utilizar la misma valoración en más de una pregunta).

Utiliza la siguiente escala de 7 puntos para valorar su importancia:

nada importante	muy poco importante	algo importante	moderadamente importante	importante	muy importante	extremadamente importante
1	2	3	4	5	6	7

	1. ¿Qué porcentaje de los que obtuvieron la libertad condicional no volvieron a cometer otros crímenes graves?
	2. ¿La libertad condicional se concede según si la comisión encargada de hacerlo es más progresista o conservadora?
	3. ¿Algún miembro de esa comisión tiene familiares en prisión?
	4. ¿Qué porcentaje de los que obtuvieron la libertad condicional en otros países similares al tuyo no volvieron a cometer nuevos crímenes graves?
	5. ¿Qué clase de información utiliza la comisión para decidir sobre la concesión o no de la libertad condicional?
	6. Los miembros de la comisión encargada de conceder la libertad condicional ¿son nombrados con criterios políticos?
	7. ¿Algún miembro de esa comisión tiene familiares que suelen estar en prisión?

SITUACIÓN 3

Un supermercado ha iniciado recientemente una amplia campaña de marketing para cambiar su imagen de tienda cara por la de tienda con buenos precios. Los anuncios en televisión, periódicos y radio inundan la ciudad proclamando que “Supermercado López, es el líder de las ofertas”. Un mes después del comienzo de la campaña, se lleva a cabo una encuesta en la ciudad en la que se pregunta a los clientes que salen del Supermercado López: “¿Qué tienda cree usted que es el líder de las ofertas?”. Los resultados de la encuesta muestran que alrededor del 60% de los que responden afirman que es Supermercado López. El vicepresidente de marketing comunica confidencialmente al presidente de la empresa que la campaña ha conseguido cambiar la percepción que la ciudad tenía de Supermercados López, como un supermercado caro por el de líder de las ofertas.

Lee cada una de las siguientes afirmaciones. Señala con una X las que consideres que podrían haber contribuido a hacer más fiable el estudio de la campaña, y deja las otras en blanco.

1. () Pregunta a los clientes si les gusta comprar en Supermercados López.
2. () Realiza una encuesta a los clientes antes del comienzo de la campaña y de nuevo al término de la misma.
3. () Realiza una encuesta a los clientes antes de entrar al supermercado, no al salir.
4. () Realiza una encuesta también a los clientes que compran en otros supermercados.
5. () Llamar por teléfono al azar a la gente de la ciudad y preguntarles qué supermercado creen que es el más barato.
6. () Averigua el porcentaje de personas en la localidad que compran en supermercados.
7. () Pregunta a los encuestados si escucharon o vieron los anuncios.
8. () Pregunta a los encuestados si prefieren ver la televisión, leer la prensa o escuchar la radio.
9. () Realiza una encuesta en la localidad para saber cuántas personas prefieren comprar productos de marca.

SITUACIÓN 4

Con el fin de ayudar a un amigo a reducir su sobrepeso de manera definitiva, estas tratando de decidir entre dos programas serios para adelgazar. Tienes los folletos de los dos programas. Uno de ellos anuncia que consigue una pérdida media de peso de trece kilos. El otro dice que logra una pérdida media de quince kilos. Los dos programas cuestan el mismo precio.

Utiliza la siguiente escala de 7 puntos para valorar cada una de las siguientes preguntas en la medida que su información sería útil e importante para tomar la decisión (puedes elegir la misma valoración en más de una pregunta).

nada importante	muy poco importante	algo importante	moderadamente importante	importante	muy importante	extremadamente importante
1	2	3	4	5	6	7

	1. ¿Cuántas personas participan en el programa?
	2. ¿Se anuncia el programa en la zona?
	3. ¿Está avalado el programa por una estrella de cine o una modelo?
	4. ¿Cuál es el peso medio de los participantes del programa antes y después de concluirlo?
	5. ¿Qué clase de formación ha recibido el personal del programa?
	6. ¿Cuántos participantes del programa lo dejan antes de terminarlo?
	7. ¿Qué porcentaje de los que han participado en el programa recuperan el peso perdido al cabo de un año?

SITUACIÓN 5

Una universidad grande tiene problemas para atraer y mantener a los estudiantes que suelen tener notas bajas (también llamados "de riesgo"). Para hacer que suban las notas de estos estudiantes "de riesgo" y conseguir que sean más los que se gradúen, se diseña un programa denominado "Por la Nota". En la secretaría que atiende a estos estudiantes se puso un gran cartel con el nombre del programa. También se les mandaba trimestralmente un boletín con el logotipo "por la Nota" en grande con consejos para estudiar y casos de estudiantes con buenos resultados. Al cabo de un año se constató que la nota media de los estudiantes "de riesgo" era 0,2 puntos más alta que la de los estudiantes "de riesgo" del año anterior. El director del programa "Por la Nota" declaró: "Este programa ha tenido un gran éxito como puede verse por el aumento de la nota media de los estudiantes".

Indica si cada una de las siguientes frases **apoya (A)** que el aumento de 0,2 puntos en la nota justifique la efectividad del programa, la **debilita/perjudica (D)** o **no es información relevante (NR)** para cuestionarla.

	1. El director no llegó a obtener el título universitario.
	2. En una entrevista posterior, los estudiantes "de riesgo" afirmaron haber sido motivados por el programa "Por la Nota".
	3. Los asesores del programa preguntaban en la secretaría frecuentemente a los estudiantes sobre su progreso académico, asociándolo a la importancia que le dan a la nota.
	4. El programa estaba apoyado por el rector de la universidad.
	5. Hay un incremento de 0,2 puntos en las calificaciones de todos los estudiantes de la Universidad.
	6. Las calificaciones de los estudiantes "de riesgo" del año anterior eran las más bajas de los últimos cinco años.
	7. El director no tuvo en cuenta cuántos estudiantes "de riesgo" volvían a la universidad al año siguiente para continuar con sus estudios.
	8. Había muchos alumnos que participaban en este programa.

SITUACIÓN 11

Si el gobierno está haciendo una buena labor, entonces el empleo y otros indicadores económicos reflejarán una economía fuerte. Los índices de empleo en este momento son mejores que nunca y la mayoría de los indicadores muestran que la economía está saneada.

Basándote en esta información, elige la mejor respuesta de las siguientes:

1. () El gobierno está realizando un buen trabajo.
2. () El gobierno está realizando un mal trabajo.
3. () No hay una conclusión definitiva. El gobierno puede estar realizando o no un buen trabajo.
4. () La tasa de empleo no está relacionada con otros indicadores del estado de la economía.
5. () La tasa de empleo no está relacionada con el tipo de política que el gobierno está llevando a cabo.

SITUACIÓN 12

Hay muchas oportunidades para los especialistas en informática. La verdad es que deberías especializarte en esta ciencia. El trabajo es interesante, hay muchas posibilidades de empleo y los sueldos son buenos. Por supuesto, no es una buena especialidad si le temes a las matemáticas o te gusta trabajar al aire libre.

Para cada una de las siguientes afirmaciones, tacha con una X si es una **conclusión**, una **razón/evidencia** o un **contraargumento**.

1. Hay muchas oportunidades para los especialistas en informática.	Conclusión	Razón/Evidencia	Contraargumento
2. La verdad es que deberías especializarte en esta ciencia.	Conclusión	Razón/Evidencia	Contraargumento
3. El trabajo es interesante.	Conclusión	Razón/Evidencia	Contraargumento
4. Los sueldos son buenos.	Conclusión	Razón/Evidencia	Contraargumento
5. No es una buena especialidad si le temes a las matemáticas.	Conclusión	Razón/Evidencia	Contraargumento

SITUACIÓN 13

La realización de servicios públicos ofrecerá la oportunidad de mejorar la comunidad y dotará de destrezas evaluables a los estudiantes. Por tanto, a los estudiantes se les debería obligar a realizar servicios públicos. No obstante, para algunos estudiantes será más negativo que positivo, si les obligan a realizar un servicio que ellos no desean hacer o si están ya sobrecargados con sus estudios y otras actividades.

Para cada una de las siguientes afirmaciones, tacha con una X si es una **conclusión**, una **razón/evidencia** o un **contraargumento**.

1. Los estudiantes aprenderán destrezas evaluables a través de los servicios públicos.	Conclusión	Razón/Evidencia	Contraargumento
2. La graduación será más difícil para algunos estudiantes si se les obliga a realizar un servicio que ellos no desean hacer.	Conclusión	Razón/Evidencia	Contraargumento
3. A los estudiantes se les debería obligar a realizar servicios públicos.	Conclusión	Razón/Evidencia	Contraargumento
4. Los estudiantes ya están sobrecargados con sus estudios y otras actividades.	Conclusión	Razón/Evidencia	Contraargumento
5. Los servicios públicos ofrecerán la oportunidad de mejorar la comunidad.	Conclusión	Razón/Evidencia	Contraargumento

SITUACIÓN 14

Los representantes de varios países subdesarrollados han solicitado al Departamento de Inmigración de los Estados Unidos que aumente el número de inmigrantes que acoge de sus respectivos países. El Departamento de Inmigración ha rehusado siempre, explicando que si cambia las cuotas de estos países, tendrá que cambiar las cuotas para todos los países de los que recibe inmigrantes (sean subdesarrollados o no), con lo que resultarían unas cuotas excesivas.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones utiliza un razonamiento similar al empleado por el Departamento de Inmigración?

Elige SOLO una:

1. () Si aceptas un pequeño incremento en el sueldo, tú jefe te quitará los beneficios médicos el año próximo.
2. () No votes a este candidato porque pertenece a un partido progresista.
3. () Como no tienes suficiente información, no puedes votar en esta votación.
4. () No puedes fiarte de lo que dice, porque es un mentiroso patológico como su madre.
5. () El futuro nunca puede conocerse con certeza; deberías recordar que pájaro en mano es mejor que ciento volando.

SITUACIÓN 15

El alcalde ha propuesto que todos los edificios del centro de la ciudad se pinten con una pintura que permita limpiar fácilmente los graffiti.

Para cada una de las siguientes afirmaciones, indica si se trata de una **opinión (O)**, un **hecho (H)**, o un **argumento razonado (AR)**.

1. () Esa propuesta no funcionará.
2. () En otras ciudades donde se empleó esta pintura, los graffiti se redujeron en un 50%.
3. () Este sistema no funcionará porque la gente que hace graffiti encontrará el modo de hacer que se mantengan.
4. () Es una buena idea porque evitará el mensaje de que no toleramos graffiti en nuestra ciudad.
5. () Costará demasiado dinero.
6. () El costo será superior a un millón de euros.
7. () Esto solo hará que el problema empeore porque los artistas de graffiti son delincuentes y esto animará a delinquir.

ESCALA MOTIVACIONAL DE PENSAMIENTO CRÍTICO

Expresar su grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones. Se ruega que sea sincero/a en sus respuestas.

Totalmente en desacuerdo 1 2 3 4 5 6 totalmente de acuerdo

1. Cuando se trata de razonar correctamente, soy mejor que la mayoría de mis compañeros	1	2	3	4	5	6
2. Para mí es importante aprender a razonar correctamente	1	2	3	4	5	6
3. Pensar de manera crítica me servirá para ser un buen profesional	1	2	3	4	5	6
4. Me gusta razonar bien, antes de decidir algo	1	2	3	4	5	6
5. Si tengo un problema que requiere razonar de manera crítica estoy dispuesto a sacrificar tiempo de otras actividades	1	2	3	4	5	6
6. Me siento capaz de comprender todo lo relacionado con pensar de manera rigurosa	1	2	3	4	5	6
7. Para mí es importante ser bueno para razonar	1	2	3	4	5	6
8. Pensar de manera crítica será útil para mi futuro	1	2	3	4	5	6
9. Me gusta aprender cosas que mejoran la calidad de mi pensamiento	1	2	3	4	5	6
10. Estoy dispuesto a sacrificar bastante tiempo y esfuerzo por mejorar mi manera de razonar	1	2	3	4	5	6
11. Soy capaz de aprender a pensar de manera rigurosa	1	2	3	4	5	6
12. Para mí es importante utilizar correctamente mis habilidades intelectuales	1	2	3	4	5	6
13. Pensar de manera rigurosa es útil para la vida cotidiana	1	2	3	4	5	6
14. Me gusta pensar críticamente	1	2	3	4	5	6
15. Vale la pena invertir tiempo y esfuerzo para tener un pensamiento crítico	1	2	3	4	5	6
16. Soy capaz de aprender a razonar correctamente mejor que la mayoría de mis compañeros	1	2	3	4	5	6
17. Para mí es importante ser bueno para resolver problemas	1	2	3	4	5	6
18. Pensar de manera crítica es útil para otras asignaturas o cursos	1	2	3	4	5	6
19. Me gusta razonar de manera rigurosa	1	2	3	4	5	6

**Anexo VIII. Instrumento empleado para evaluar las creencias de eficacia
en la enseñanza de las ciencias.**

EFICACIA DOCENTE

¿Cómo de preparado/a creo que estoy para enseñar ciencias? Indica tu grado de acuerdo o desacuerdo del 1 al 5 con las siguientes frases:

Totalmente en desacuerdo **1 2 3 4 5** totalmente de acuerdo

1. Cuando un estudiante va mejor de lo habitual en ciencias, a menudo se debe a que el profesor ha realizado un esfuerzo extra.	1	2	3	4	5
2. Voy a estar continuamente buscando nuevas formas de enseñar ciencias.	1	2	3	4	5
3. Aunque ponga todo mi empeño, no enseñaré ciencias tan bien como lo haré en otras asignaturas.	1	2	3	4	5
4. Cuando mejoran las calificaciones de los estudiantes de ciencias, a menudo es debido a que su profesor ha encontrado un enfoque de enseñanza más efectivo.	1	2	3	4	5
5. Conozco los pasos necesarios para enseñar conceptos científicos de manera eficaz.	1	2	3	4	5
6. No seré muy efectivo en el control de los experimentos científicos.	1	2	3	4	5
7. Si los estudiantes presentan un bajo rendimiento en ciencias, lo más probable es que sea debido a una enseñanza de las ciencias ineficaz.	1	2	3	4	5
8. Generalmente, enseñaré ciencias de manera ineficaz.	1	2	3	4	5
9. Una inadecuada formación en ciencias de los estudiantes puede superarse con una buena enseñanza.	1	2	3	4	5
10. Por lo general, no se puede culpar a los profesores por el bajo rendimiento de algunos de sus alumnos en ciencias.	1	2	3	4	5
11. Cuando un alumno con un bajo rendimiento progresa en ciencias, normalmente es debido a la atención extra ofrecida por el profesor.	1	2	3	4	5
12. Entiendo los conceptos científicos lo suficientemente bien para enseñar ciencias elementales de manera eficaz.	1	2	3	4	5
13. Un incremento del esfuerzo en la enseñanza de las ciencias produce pequeños cambios en el rendimiento en ciencias de algunos estudiantes.	1	2	3	4	5
14. El profesor es generalmente responsable del rendimiento de los estudiantes en ciencias.	1	2	3	4	5
15. El logro de los alumnos en ciencias está directamente relacionado con la eficacia del profesor en la enseñanza de las ciencias.	1	2	3	4	5
16. Si los padres comentan que sus hijos están mostrando mayor interés por las ciencias en la escuela, piensan que probablemente es debido a cómo enseña el profesor de sus hijos.	1	2	3	4	5
17. Encontraré dificultad para explicarles a los alumnos la razón del porqué trabajar con experimentos en ciencias	1	2	3	4	5
18. Normalmente seré capaz de responder a las preguntas de ciencias de los alumnos.	1	2	3	4	5
19. No sé si tendré las habilidades necesarias para enseñar ciencias.	1	2	3	4	5
20. Si tengo elección, no invitaré al director a evaluar mi enseñanza de las ciencias.	1	2	3	4	5
21. Cuando un estudiante tenga dificultades para comprender un concepto científico, generalmente no sabré como ayudarlo para que lo comprenda mejor.	1	2	3	4	5
22. Cuando enseñe ciencias, normalmente agradeceré las preguntas de los estudiantes.	1	2	3	4	5
23. No sé qué hacer para despertar el interés de los estudiantes por la ciencia.	1	2	3	4	5

Anexo IX. Ejemplos representativos de ReCo desarrolladas por docentes en formación inicial partícipes de la propuesta formativa.

ReCo A

Ciclo educativo: 3°

	CONTENIDOS			¿Cuán importante pienso que es esta pregunta para planificar mi enseñanza? Escala de 1 (bajo)-10 (alto)	¿Cuán seguro/a me siento al responder a esta pregunta? Escala de 1 (bajo)-10 (alto)
	CONTENIDO CIENTÍFICO	IDEA SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA	DESTREZA DEL PENSAMIENTO CRÍTICO		
	En el sistema óseo, cada hueso tiene su propio nombre y estos se pueden clasificar según su tamaño.	Procesos científicos: Para mejorar la comprensión de la naturaleza, los/as científicos/as elaboran esquemas de clasificación en base a las características comunes/similares de los sistemas biológicos, naturales, tecnológicos...	Categorización: Identificar patrones comunes y establecer criterios de clasificación que puedan dar lugar a categorizaciones próximas a las utilizadas en ciencia.		
1. ¿Qué pretendes que aprenda el alumnado sobre estos contenidos?	Pretendo que el alumnado sea capaz de conocer el nombre de los principales huesos que componen nuestro sistema óseo, así como que conozcan que todos los huesos no tienen el mismo tamaño y que, por consiguiente, es necesario clasificarlos en función de las características comunes que poseen.	Quiero que el alumnado aprenda la manera de trabajar de los científicos. En este caso, tienen que aprender que los científicos observan el sistema óseo del ser humano y para hacerlo más sencillo y comprensible ante los demás, clasifican las características de sus elementos en función de las semejanzas que estos presentan, pudiendo así agruparlos.	Quiero que el alumnado sea capaz de analizar los huesos y de pensar cuáles son las características que comparten entre ellos para así, posteriormente, poder clasificarlos de una forma u otra.	10	9
2. ¿Por qué es importante para el alumnado aprender estos contenidos?	Porque es fundamental que el alumnado conozca, a una temprana edad, la anatomía de su propio cuerpo, esto es: de qué está formado, cuáles son los principales huesos, cómo se clasifican estos, qué diferencias hay entre unos y otros, etc.	Porque es imprescindible que el alumnado sepa que los científicos trabajan de manera ordenada y coherente para, así, facilitarnos la comprensión de los contenidos.	Es primordial que el alumnado sea capaz de establecer distintos criterios de clasificación en función de los elementos que está estudiando o analizando puesto que, saber categorizar no solo le va a ser útil en el ámbito científico, sino que en cualquier asignatura académica o ámbito de su vida cotidiana.	10	10
3. ¿Qué más debería saber el docente sobre estos contenidos (pero que no pretende que el alumnado conozca aún)?	El docente tendrá que tener conocimientos más avanzados sobre la anatomía del cuerpo humano para que, si un alumno/a le hace una pregunta un poco más concreta y compleja sobre el tema, el docente sea capaz de ofrecerle una óptima respuesta.	El docente deberá saber que para poder establecer esquemas de clasificación se necesita la aprobación de las instituciones científicas y que un científico no puede establecer una clasificación universal sobre un tema que solo le interese a él, sino que tiene que ser algo que incumbe a toda la sociedad.	El docente tiene que saber que, primero, hay que organizar tanto la información como los elementos que tenemos para, posteriormente, elegir cuidadosamente los criterios de clasificación que se van a emplear.	8	6

<p>4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones de enseñar estos contenidos?</p>	<p>Las limitaciones que pueden encontrar los docentes a la hora de enseñar este contenido es que el alumnado tenga dificultades para memorizar los nombres de cada hueso ya que son muy numerosos. También, los alumnos/as pueden tener dificultades a la hora de identificar los huesos ya que en una misma zona se encuentran varios y pueden llegar a confundirlos.</p>	<p>Yo creo que el docente no va a encontrar ninguna limitación a la hora de enseñar este contenido ya que los alumnos/as son los suficientemente maduros para entender que es necesario clasificar los elementos en función de las características comunes que estos presentan.</p>	<p>Pienso que el docente no va a tener dificultades, ya que el alumnado es capaz de identificar los patrones/características que tienen en común varios elementos y, a partir de ahí, elaborar criterios para clasificarlos. A esta edad son lo suficientemente críticos para desempeñar esta destreza.</p>	<p>9</p>	<p>9</p>
<p>5. ¿Cuál es mi conocimiento de las ideas previas o habilidades del alumnado que pueden influir en la enseñanza de estos contenidos?</p>	<p>El alumnado puede tener ideas previas sobre este tema por los siguientes motivos: El primero de ellos, es que hayan trabajado en el ciclo anterior algunos de los huesos básicos de los que se compone el cuerpo humano y, por consiguiente, estos los recuerdan. El segundo motivo, es que el alumnado ha podido escuchar hablar sobre este contenido en distintos medios, bien sea en las noticias, en los deportes, o por haber sufrido algún tipo de lesión.</p>	<p>El alumnado puede tener un conocimiento previo sobre esta idea ya que, dado a que están en el tercer ciclo de primaria, en algunos de los contenidos que han estudiado en años anteriores ha tenido que aparecer la clasificación de ciertos elementos en función de sus características. Incluso, ellos mismos habrán agrupado objetos de su vida cotidiana en función de las semejanzas entre ellos.</p>	<p>El alumnado es probable que tenga ideas previas y habilidades en torno a esta destreza ya que, seguramente, la haya puesto en práctica en su vida cotidiana y de forma involuntaria. Por ejemplo: a la hora de clasificar su ropa, los cubiertos de la cocina, la comida, etc.</p>	<p>9</p>	<p>9</p>
<p>6. ¿Cuáles son los métodos de enseñanza y la justificación de su empleo para enseñar estos contenidos?</p>	<p>El primer método de enseñanza que se emplea es la “Enseñanza por experimentación”. He considerado oportuna esta metodología porque quiero que el alumnado sea capaz de analizar una situación ajena a través de interrogantes que le plantea el docente. Al mismo tiempo, se trata de una enseñanza activa, personalizada según sus intereses y motivadora. Asimismo, ayuda al alumnado a conocer conceptos científicos de mayor complejidad.</p> <p>El segundo método que se utiliza es el “Método cooperativo”. Considero que es muy útil para que los alumnos/as puedan aprender de sus iguales. A través de este método, los alumnos pueden interactuar, trabajar las habilidades sociales y adquirir una responsabilidad individual y grupal.</p>	<p>El primer método de enseñanza que se ha usado para explicar esta idea ha sido el “Método expositivo”, a través de una breve introducción en la que se explica en qué consiste las clasificaciones que realizan los científicos. Este se utiliza para contextualizar al alumnado el tema que se va a trabajar y facilitar la comprensión de este:</p> <p>“El ser humano posee un sistema esquelético, compuesto por 206 huesos. Todos no poseen la misma forma ni tamaño y para poder diferenciarlos entre ellos, los científicos le han asignado un nombre a cada uno y han establecido una clasificación, según el tamaño, para saber de qué tipo de hueso se trata.”</p> <p>El segundo método que se aplica es la “Enseñanza por experimentación”. Los niños tienen que construir un esqueleto teniendo en cuenta las características de los huesos presentados:</p>	<p>El método de enseñanza que se ha aplicado para enseñar esta destreza de pensamiento ha sido la “Enseñanza por experimentación”. Aquí, a los alumnos/as se les pide que observen los huesos y que monten el esqueleto teniendo en cuenta las características físicas de estos. A través de este método, conseguimos que el alumnado se fije en las características de estos y elaboren la tarea con coherencia y sentido.</p>	<p>9</p>	<p>9</p>

		<p>“Un científico se ha encontrado el esqueleto del laboratorio en el suelo y totalmente desmontado. ¡Necesita vuestra ayuda para montarlo y que quede como nuevo! ¿Seríais capaces de montar el esqueleto?”</p> <p>Este método se emplea para que aprendan al mismo tiempo que manipulan los objetos, aumentando así su motivación hacia la realización de la actividad.</p>			
<p>7. ¿Cuáles son los métodos para evaluar la comprensión y desarrollo de estos contenidos?</p>	<p>Este contenido será evaluado a través de un role-play, donde los alumnos/as tendrá que ponerse en la piel de un médico/a y mostrar ante sus compañeros/as y docente si han comprendido satisfactoriamente este contenido y si son capaces de desenvolverse con naturalidad ante la situación planteada:</p> <p>“Ahora que ya conocemos de qué está formado nuestro sistema óseo y cómo son los huesos que hay en él... ¿estáis preparados para convertirnos en médicos/as por un día? A continuación, colocaros por parejas: uno/a ocupará el papel de médico/a y otro/a de paciente. Luego, intercambiaréis los roles.</p>	<p>Esta idea sobre la naturaleza de la ciencia la evaluaremos a través de preguntas presentadas en la secuencia de enseñanza-aprendizaje:</p> <p>“¿Por qué creéis que los científicos clasifican los huesos del cuerpo humano según su tamaño (longitud)? ¿Resulta eficaz? Justifica la respuesta”</p> <p>A partir de estas preguntas podemos ver si el alumnado ha aprendido la idea, así como los argumentos que utiliza para justificar sus creencias.</p> <p>También, se evaluará a través del role-play, donde el alumno/a tiene que responder a preguntas como: “¿Tipo de hueso? Largo, corto, plano o irregular”.</p>	<p>El método empleado para evaluar esta destreza de pensamiento consiste en realizar las siguientes preguntas:</p> <p>“¿Seríais capaces de montar el esqueleto? ¿Sois capaces de explicar en qué os habéis basado para montar el esqueleto? ¿Qué criterio habéis seguido?”</p> <p>A partir de estas preguntas podemos ver cómo se le pide al alumnado que analice las fichas entregadas y que busque los patrones comunes entre los elementos que aparecen en ellas.</p>	<p>10</p>	<p>10</p>

ReCo B

Ciclo educativo: 3º

	CONTENIDOS			¿Cuán importante pienso que es esta pregunta para planificar mi enseñanza? Escala de 1 (bajo)-10 (alto)	¿Cuán seguro/a me siento al responder a esta pregunta? Escala de 1 (bajo)-10 (alto)
	CONTENIDO CIENTÍFICO Comprensión del aparato circulatorio, su importancia y funcionamiento. Ayuda para hacerlo funcionar en situación de emergencia.	IDEA SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Características de los/as científicos/as: Mujeres y hombres de todas las culturas y países tienen como profesión la de científico.	DESTREZA DEL PENSAMIENTO CRÍTICO Realizar sencillas analogías para representar ideas sobre fenómenos naturales y tecnológicos mediante modelos.		
1. ¿Qué pretendes que aprenda el alumnado sobre estos contenidos?	Que conozcan su sistema circulatorio, la relevancia que tiene para la vida y la importancia de ayudarlo a funcionar en personas desvaídas.	Que desechen la idea de que la ciencia solo es realizada por el hombre blanco en bata.	Que comprendan mejor el aparato circulatorio, a través de algo creado por ellos mismos.	10	10
2. ¿Por qué es importante para el alumnado aprender estos contenidos?	Para que entiendan mejor el funcionamiento de su cuerpo y cómo ayudar a otras personas.	Para que tengan referentes diversos y contemplen la ciencia como posibilidad en su futuro sea del sexo o etnia que sean.	Para que se den cuenta de la importancia de modelizar y que distingan modelo de realidad.	10	10
3. ¿Qué más debería saber el docente sobre estos contenidos (pero que no pretende que el alumnado conozca aún)?	La relación con otros sistemas, la función de las plaquetas y los glóbulos blancos, y el uso del desfibrilador y las insuflaciones de aire en los primeros auxilios.	La estadística y la historia de ambos sexos en el ámbito científico, así como sus descubrimientos más relevantes.	La creación de modelos más elaborados y aspectos de la realidad no reflejados en el modelo.	7	7
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones de enseñar estos contenidos?	La necesidad de trabajar en equipo, la construcción del modelo y el miedo al fracaso en los primeros auxilios.	Romper la idea preconcebida y el machismo en el ámbito laboral.	La habilidad manual para su fabricación, el uso de materiales con cuidado y seguir bien las instrucciones.	8	8
5. ¿Cuál es mi conocimiento de las ideas previas o habilidades del alumnado que pueden influir en la enseñanza de estos contenidos?	El conocimiento básico del aparato circulatorio, ideas preconcebidas sobre la función y forma del corazón y la sangre. El desconocimiento casi total sobre los primeros auxilios.	Los dibujos y medios muestran siempre a científicos en laboratorios, mostrándose como una posibilidad inalcanzable para muchos estudiantes.	Los estudiantes crean maquetas desde su infancia a pequeña escala y realizan puzzles y dibujos. Hay que utilizar todo eso para que sea un proceso coherente y progresivo para ellos.	7	7
6. ¿Cuáles son los métodos de enseñanza y la justificación de su empleo para enseñar estos contenidos?	Mostrar un vídeo para profundizar en la explicación del aparato circulatorio, y construir un modelo para entender de forma práctica su funcionamiento, usarlo para realizar la reanimación cardiopulmonar y establecer un debate sobre la necesidad de intervenir en situaciones de primeros auxilios. También, a través de preguntas razonadas que les ayuden a concienciarse sobre cómo son los/as científicos/as: “¿Consideráis que ha sido difícil la realización del modelo? ¿Quiénes de las siguientes personas hacen ciencia? ¿Reconocéis a alguna?” (imagen de un hombre occidental con bata blanca en el laboratorio/imagen de Kiran Mazumdar, biotecnóloga india, fundadora de la mayor productora de insulina en Asia, vestida con ropa cotidiana), estableciendo relaciones con sus conocimientos previos.			9	10
7. ¿Cuáles son los métodos para evaluar la comprensión y desarrollo de estos contenidos?	Evaluación a lo largo de toda la SEA: del modelo, del debate y las preguntas.	La correcta comprensión de las preguntas y llegar a un consenso tras su formulación.	La creación del propio modelo y su correcto uso.	8	9

ReCo C

Ciclo educativo: 3°

	CONTENIDOS			¿Cuán importante pienso que es esta pregunta para planificar mi enseñanza? Escala de 1 (bajo)-10 (alto)	¿Cuán seguro/a me siento al responder a esta pregunta? Escala de 1 (bajo)-10 (alto)
	CONTENIDO CIENTÍFICO Conocer las características de las plantas nos ayudará a comprender su importancia en el cuidado del medio ambiente con el papel que tienen en los ecosistemas.	IDEA SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Finalidad de la Ciencia: Los/as científicos/as observan la naturaleza y/o identifican un problema o necesidad, proponen explicaciones/soluciones y comprueban su validez para comprender los fenómenos naturales.	DESTREZA DEL PENSAMIENTO CRÍTICO Justificar ideas y conclusiones con pruebas fundamentadas (científicas).		
1. ¿Qué pretendes que aprenda el alumnado sobre estos contenidos?	Quiero que a través de los contenidos sobre las plantas lleguen a la conclusión de la importancia que tienen y cómo debemos cuidar el medio ambiente, pudiendo tratar otros contenidos como el reciclaje.	Pretendo que conozcan la principal característica (para mí) sobre la ciencia, cómo se trabaja y su finalidad.	Con esta destreza quiero que desarrollen la capacidad de pensar en sus propias ideas y defenderlas, potenciar parte de un pensamiento crítico.	8	9
2. ¿Por qué es importante para el alumnado aprender estos contenidos?	Esto no es solo para el alumnado, todo el mundo deberíamos tener en cuenta esta idea y llevarla a cabo para cuidar un poco más la naturaleza.	Para comprender cómo se tratan los problemas, cuál es el trabajo de un científico y crear un entusiasmo por la investigación, porque, quien sabe, quizás haya algún futuro científico profesional en nuestra aula.	Es importante para el desarrollo personal completo que desarrollen la capacidad de pensar sobre sus propias ideas y defenderlas corroborando la información necesaria.	9	9
3. ¿Qué más debería saber el docente sobre estos contenidos (pero que no pretende que el alumnado conozca aún)?	Seguramente los datos reales y estadísticas sobre el impacto real que puede que tengan que conocer en un futuro.	Debería conocer más profundamente las características de los científicos y científicas, como se trabajan las investigaciones, ya que son personas que se dejan influir por agentes externos.	La importancia que tiene un buen desarrollo de esta destreza y su complejidad que puede ser menor si hay una buena motivación por parte del alumnado.	7	6
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones de enseñar estos contenidos?	No todo el mundo recicla en casa, por ejemplo, o no se toma este tema con la importancia que debería, por lo que llegará alumnado con esas ideas previas de casa.	Las dificultades que nos podemos encontrar en este caso también son las ideas previas sobre los científicos que tenga el alumnado.	Que no hayan desarrollado antes actividades de justificación o incluso sobre poner en papel qué es lo que piensan.	8	8
5. ¿Cuál es mi conocimiento de las ideas previas o habilidades del alumnado que pueden influir en la enseñanza de estos contenidos?	Me puedo basar en los conocimientos teóricos que hayan tenido de la clase de naturales anteriormente.	Puedo hablar con los tutores del anterior ciclo cómo se han tratado estos contenidos.	Tratar con los tutores del ciclo anterior la evolución de la clase en este tipo de destrezas.	8	7

<p>6. ¿Cuáles son los métodos de enseñanza y la justificación de su empleo para enseñar estos contenidos?</p>	<p>Quiero usar el trabajo individual por investigación, por el que a través de las ideas previas teóricas construyen unas nuevas ideas:</p> <p>“- ¿Nuestra naturaleza podría vivir sin plantas? -Trabajamos las características de las plantas: ¿En qué grupos se dividen las plantas? ¿En qué se diferencian las plantas con flores de las demás? ¿Qué características tienen todas en común? - Haz un esquema y dibuja los procesos por los que las plantas se convierten en algo esencial para el planeta tierra. - En la actividad anterior indica la diferencia entre fotosíntesis y respiración. - Al acabar las actividades anteriores, piensa de nuevo en una explicación y en una posible solución. ¿Te coinciden las ideas que tienes ahora con las anteriores? -Eres un científico o una científica y tienes que elaborar un plan de actuación para mejorar el cuidado del medio ambiente, ¿cuál sería?”</p>	<p>Se trata la idea presentándola y poniendo al alumnado en el papel de un científico para que trabajen desde la idea que se le pretende transmitir, haciéndola suya:</p> <p>“Los científicos y científicas observan toda nuestra naturaleza y encuentran problemas que todos queremos arreglar; en los últimos años han encontrado un dilema, y es que, ¿nuestra naturaleza podría vivir sin plantas? Como si fueras un científico o científica, propón una explicación a este problema y piensa una solución.”</p>	<p>A través de un método constructivista, en el que ellos mismos trabajan los contenidos, pero de forma individual, a partir de una base que el docente le ofrece.</p> <p>“Expón tus ideas, sobre la importancia de las plantas, ¿por qué hay que cuidarlas? Justifícalo con pruebas.”</p>	7	7
<p>7. ¿Cuáles son los métodos para evaluar la comprensión y desarrollo de estos contenidos?</p>	<p>La corrección de las actividades que se han organizado y analizando el interés del alumnado, el avance emocional hacia la problemática que le hemos expuesto.</p>	<p>A través de las ideas que nos exponen en las actividades, valorar hasta qué punto le han dado la importancia al papel del científico.</p>	<p>Analizar cómo han expuesto sus ideas en las actividades y cómo las han defendido, si todo está bien escrito, bien narrado y bien argumentado.</p>	7	8

ReCo D

Ciclo educativo: 2°

CONTENIDOS					
CONTENIDO CIENTÍFICO	IDEA SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA	DESTREZA DEL PENSAMIENTO CRÍTICO	¿Cuán importante pienso que es esta pregunta para planificar mi enseñanza? Escala de 1 (bajo)-10 (alto)	¿Cuán seguro/a me siento al responder a esta pregunta? Escala de 1 (bajo)-10 (alto)	
1. ¿Qué pretendes que aprenda el alumnado sobre estos contenidos?	Desarrollo de hábitos de respeto y cuidado hacia los seres vivos y su hábitat.	Finalidad de la ciencia: Los/as científicos/as observan la naturaleza y/o identifican un problema o necesidad, proponen explicaciones/soluciones y comprueban su validez para comprender los fenómenos naturales.	Justificar ideas y conclusiones con pruebas fundamentadas(científicas).		
2. ¿Por qué es importante para el alumnado aprender estos contenidos?	Crear conciencia sobre la importancia del cuidado de nuestro planeta, los seres vivos que lo habitamos y su entorno, y desarrollar una actitud positiva y activa sobre ello.	Despertar el pensamiento crítico y educar sobre la importancia de razonar las cosas e indagar la solución y hallar una respuesta razonada y con argumentos.	Involucrar al alumnado a ser consecuente con sus respuestas, basándose en algo demostrable.	10	10
3. ¿Qué más debería saber el docente sobre estos contenidos (pero que no pretende que el alumnado conozca aún)?	Porque serán ellos quienes sigan con este legado, tanto si escogen educar o cualquier otra profesión. Es importante que todas las generaciones crezcan con el compromiso de salvaguardar lo que tenemos, mucho más incluso de lo que nosotros lo estamos haciendo.	Para poder identificar un problema y ser capaces de buscar su solución, no sólo en el ámbito científico, si no en todos los aspectos de su vida.	Cuando en sus etapas futuras, se enfrenten a un problema y hallen una solución, deberán argumentar sus conclusiones y dar prueba de ellas. Tanto en el ámbito científico como en cualquier aspecto de su vida.	10	10
4. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones de enseñar estos contenidos?	Las consecuencias fatales que podría desencadenar una continua deforestación, la extinción de especies y una total despreocupación por el planeta.	El método científico y crear ciencia a base de ensayo y error. Es importante que el docente conozca esto para que, poco a poco, sean más críticos con sus problemas.	Cuando argumentamos, siempre podemos enfrentarnos a su refutación. Es algo que los alumnos aún no deben trabajar porque la desmotivación estaría muy presente.	7	10
5. ¿Cuáles son las dificultades/limitaciones de enseñar estos contenidos?	Los medios de comunicación pueden suponer una dificultad, ya que, día a día, nos muestran cómo seguimos explotando los bosques, la aparición de una nueva especie en peligro de extinción y la contaminación. Ellos pueden no entender cómo lo tenemos tan claro, pero al llevarlo a la práctica, seguimos haciendo daño.	La excesiva aglomeración de contenidos basura que nos encontramos en internet, tales como noticias falsas, política de conveniencia y, sobre todo, lo que en la calle podemos escuchar y dejarnos influenciar.	El mero hecho de saber que a un alumno o alumna de temprana edad le cuesta mucho reconocer si no es cierto algo que dice, por lo tanto, cuando busquen argumentar su respuesta, puede ser que se vean en el caso de tener que afrontar que no es cierto.	8	10

<p>5. ¿Cuál es mi conocimiento de las ideas previas o habilidades del alumnado que pueden influir en la enseñanza de estos contenidos?</p>	<p>Todo el alumnado habrá oído hablar sobre la conservación del planeta, el cuidado de las especies, la deforestación, ya que están expuestos a medios de comunicación, la era de la tecnología, libros y anteriores ciclos educativos.</p>	<p>Desde infantil, según la ley, se les deja experimentar y crear conocimiento propio a base de equivocación, también en ciclos anteriores, se supone que se trabajará con ellos de similar manera.</p>	<p>Suponemos que, cuando estos niños y niñas se enfrentan a cualquier problema donde tengan que dar una respuesta en casa, en su grupo social, etc., se les pedirá justificar sus respuestas y acciones.</p>	<p>8</p>	<p>10</p>
<p>6. ¿Cuáles son los métodos de enseñanza y la justificación de su empleo para enseñar estos contenidos?</p>	<p>Como bien redactamos anteriormente, la manera de crear y educar ciencia, en mi opinión es desde un punto de vista crítico y participativo, donde el alumnado sea capaz de hallar su propia respuesta sirviéndole el docente como un simple guía:</p> <p>“¿Qué podemos ver en la foto? (incendio en un espacio protegido); ¿Dónde creéis que está tomada la foto? ¿Qué inconvenientes puede tener este fuego masivo en la vegetación y la fauna?</p> <p>Una vez debatido esto, mandaremos que busquen en casa la diferencia entre parque natural y bosque común.</p>	<p>Como se comenta en el cuadrante de la izquierda, a través de una manera activa y participativa dónde ellos sean quiénes busquen la solución a un problema.</p>	<p>En este caso, el debate y la búsqueda de información son maneras muy eficientes para trabajar este contenido, ya que no basta con exponer una idea, sino que tendremos que pedirle al alumnado que la justifique y argumente.</p> <p>Tras haber tenido el tiempo suficiente en casa para poder buscar la solución al problema planteado, tendrán la posibilidad de justificar sus ideas con pruebas que traerán escritas, para ponerlas en común y concluir la actividad de manera eficiente.</p>	<p>9</p>	<p>10</p>
<p>7. ¿Cuáles son los métodos para evaluar la comprensión y desarrollo de estos contenidos?</p>	<p>Una evaluación formativa dónde a través de actividades, veamos su progresión en el tema.</p>	<p>De nuevo, una evaluación formativa, en mi opinión, sería lo más acertado.</p>	<p>Simplemente por observación cuando quieran exponer algo. Como hemos dicho anteriormente, les pediremos que justifiquen su respuesta, para, así, poder evaluar su capacidad de reacción y saber si han indagado sobre el tema.</p>	<p>10</p>	<p>10</p>

