



Universidad de Valladolid



**PROGRAMA DE DOCTORADO EN INVESTIGACIÓN
TRANSDISCIPLINAR EN EDUCACIÓN**

TESIS DOCTORAL:

**EL DESARROLLO DE HABILIDADES DE
PENSAMIENTO CRÍTICO EN EDUCACIÓN
PRIMARIA MEDIANTE TEMAS DE NATURALEZA
DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA**

Presentada por Vanessa Ortega Quevedo para optar al
grado de
Doctor/a por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:
Dra. María Cristina Gil Puente
Dra. Cristina Vallés Rapp
Dra. Belén Palop del Río

*No hay enseñanza sin
investigación ni investigación sin
enseñanza.*

Paulo Freire

*Más que dar información, un
profesor tiene que ayudar a sus alumnos
a pensar. Dar información es fácil.
Formar una mente capaz de pensar por
sí misma es difícil... Dar información es
solo el principio de la responsabilidad
de un profesor. El fin es estimular,
incitar, motivar, elevar, desafiar,
inspirar.*

Bruce R. Clark

La presente tesis doctoral ha sido financiada por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades a través de una Ayuda para la Formación del Profesorado Universitario (FPU) (Referencia FPU17/00184) dentro del Programa Estatal de Promoción del Talento y su Empleabilidad, en el marco del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016.

Asimismo, esta investigación queda dentro del marco del proyecto I+D+i denominado: “Educación de las Competencias Científica, Tecnológica y Pensamiento Crítico Mediante la Enseñanza de Temas de Naturaleza de Ciencia y Tecnología” (CYTPENCRI) con referencia EDU2015-64642-R (MINECO/FEDER).

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a aquellas personas que me han acompañado directa o indirectamente durante todo el proceso de realización de esta tesis doctoral. En especial quiero dedicar unas líneas:

A mis directoras de tesis. Gracias Belén Palop por tutelar mi contrato FPU, esta tesis no se habría podido desarrollar de este modo sin tu ayuda y apoyo. Gracias Cristina Vallés por tu dedicación, por todos los consejos que me has dado en estos años, pues siempre me han ayudado a seguir aprendiendo y mejorando. Gracias Cristina Gil por compartir todos estos años de trabajo conmigo, por abrirme las puertas a la investigación en didáctica de las ciencias y al desarrollo del pensamiento; por incluirme en nuevos y emocionantes proyectos; y por dejarme compartir contigo las clases en la Universidad. Gracias a las tres, habéis hecho que estos años hayan sido una fuente de aprendizaje y de desarrollo profesional para mí.

A todas aquellas personas que han sido participantes en el estudio desarrollado en esta tesis doctoral, bien aquellos que me cedieron sus clases, como a los que participaron en mis intervenciones; sin olvidar a los maestros que junto con sus alumnos han creído en este proyecto y han participado en él. Gracias.

A mis compañeras y compañeros del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y de la Matemática por haberme acogido como una más durante todos estos años. En especial a ti, M^o Antonia López, por todas las charlas sobre la carrera académica, siempre acompañadas de buenos consejos, y por seguirme en ideas como el PID #PensaCiencia.

A Rui Marques Vieira. Gracias Rui por recibirme en la Universidad de Aveiro y hacer todo lo posible para ayudarme en el desarrollo de mi investigación, a pesar de la situación sociosanitaria. Sin duda todo lo aprendido en ese tiempo con tu apoyo ha sido muy valioso para ampliar mi conocimiento sobre el Pensamiento Crítico y cómo contribuir a su desarrollo.

A Rosa Nidia Tuay y Yair Alexandre Porras por acogerme en la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia y hacerme sentir tan cercana a ellos, a pesar de no podernos ver de forma presencial. Gracias a ambos por revisar los resultados de mi

investigación, vuestra percepción me ha ayudado mucho a reforzar la presentación de los datos. Gracias también a todos los integrantes del grupo EducaDIVERSO por sus consejos en las socializaciones que realizamos, así como por compartir conmigo sus trabajos de investigación. Ha sido una oportunidad maravillosa de aprendizaje.

A los miembros de la Facultad de Educación de Segovia. Gracias, Andrés Palacios y Ruth Pinedo por haberme ayudado a aproximarme al análisis cuantitativo. Gracias a todos los integrantes de los PID de Evaluación Formativa y Compartida, y #PensaTIC por dejarme aprender junto a vosotros estos años. Gracias a mis compañeros del programa de doctorado por el apoyo durante este tiempo juntos, en especial a Judith Cáceres y Katherine Gajardo por vuestros ánimos y compañía.

A mis amigas, mis “mosqueteras” Irene Martín, Rosa Ortiz y Noelia Santamaría, porque desde que iniciamos la carrera habéis sido mi grupo de aprendizaje y apoyo. En especial a Rosa y Noelia, ya que los años de doctorado han hecho que compartamos una experiencia más.

A mi prima, Noelia, por ser la luz en la oscuridad. Gracias por aguantar mis altibajos y por emocionarte con mis proyectos, pero sobre todo gracias por estar ahí siempre que tengo que realizar algún diseño o alguna maquetación.

A mis tíos Ana, Rosi y Pablo. Gracias por acompañarme en todo lo que me propongo y estar siempre ahí para mí.

A mi familia. Gracias a mi padre, Goyo, y mi madre, Sonia, por haber aguantado mis “clases” de pequeña, por haberme ayudado a ser como soy y haberme acompañado en todo el camino hasta llegar aquí. Gracias a mis “monchitos” David y Sara por ser la alegría cada vez que volvía el fin de semana a casa. Gracias a ti, Ricardo, por estar a mi lado, reír y llorar conmigo y animarme a conseguir mis objetivos.

A todos, gracias de corazón.

RESUMEN

El desarrollo del Pensamiento Crítico (PC) y de la alfabetización científica se torna una necesidad para el desarrollo de la ciudadanía global. Como respuesta educativa a esta necesidad, esta investigación tiene como objetivo diseñar y comprobar la eficacia para el desarrollo de estudiantes de 10 a 12 años de una Secuencia de Enseñanza Aprendizaje (SEA) que aborde de forma infundada contenidos curriculares, como la energía, y contenidos relativos al PC y a la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT), como elemento clave para desarrollar una alfabetización científica. Con el fin de aproximarse a este objetivo, la investigación toma un diseño metodológico de carácter mixto empleando técnicas cuantitativas (encuestas) y cualitativas (entrevistas, observación, análisis documental y grupos focales). El estudio se ha dividido en dos periodos de investigación. El primer periodo cuenta con 130 participantes y la SEA diseñada ha sido implementada por una misma docente/investigadora. El segundo periodo cuenta con 72 participantes y los docentes encargados de aplicar la SEA son los maestros naturales de cada uno de los grupos-clase.

Los resultados del primer periodo muestran una mejora en aspectos concretos de NdCyT relativos a la sociología interna y externa de la ciencia como son la toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos; la necesidad en la existencia de equilibrio entre efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología; la dependencia del uso de una nueva tecnología; y el control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos. Del mismo modo se aprecian avances importantes en las capacidades de PC, análisis argumental y comprobación de hipótesis, aunque no se aprecian resultados concluyentes sobre la capacidad de razonamiento verbal, por lo que se retira del estudio. También se percibe un aumento en el nivel de conocimiento sobre los contenidos relativos a la energía planteados. Los resultados del segundo periodo revelan mejoras en esta misma línea, tanto en cuestiones de NdCyT, como en capacidades de PC, pero muestran diferencias relativas al proceso de enseñanza. En relación con la enseñanza de la energía se aprecian más dificultades en la mejora de los contenidos en los grupos-clase que han implementado la SEA de una forma menos ajustada a lo establecido en la programación.

En conclusión, se establece que la SEA diseñada contribuye a la mejora de concepciones concretas de NdCyT, al desarrollo de las capacidades estudiadas de PC y al aprendizaje de contenidos relativos a la energía. Asimismo, se destacan como variables influyentes para el estudio el tiempo dedicado a la enseñanza de los aspectos concretos de estudio, la explicitación de la enseñanza y la evaluación formativa.

PALABRAS CLAVE

Alfabetización científica, Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología, Ciencia-Tecnología y Sociedad, Pensamiento Crítico, Energía, Educación Primaria, Evaluación Formativa

ABSTRACT

The development of Critical Thinking (CT) and scientific literacy becomes a necessity for the development of global citizenship. As an educational response to this need, this research aims to design and test the effectiveness for the development of 10–12-year-old students of a Teaching Learning Sequence (TLS) that addresses in an infused way curricular contents, such as energy, and contents related to CT and the Nature of Science and Technology (NoS&T), as a key element to develop scientific literacy. In order to approach this objective, the research adopts a mixed methodological design using quantitative (surveys) and qualitative techniques (interviews, observation, documentary analysis and focus groups). The study has been divided into two research periods. The first period has 130 participants and the TLS designed has been implemented by the same teacher/researcher. The second period has 72 participants and the teachers in charge of implementing the TLS are the natural teachers of each of the class-groups.

The results of the first period show an improvement in specific aspects of NoS&T related to the internal and external sociology of science such as decision-making with respect to scientific issues; the need for a balance between positive and negative effects of science and technology; dependence on the use of a new technology; and the control of technological development by citizens. Similarly, significant progress is seen in CT skills, argumentative analysis and hypothesis testing, although no conclusive results are seen for verbal reasoning skills, which is why it is withdrawn from the study. There is also an increase in the level of knowledge of the energy-related content. The results of the second period reveal improvements along the same lines, both in NoS&T issues and in CT skills but show differences in relation to the teaching process. In relation to the teaching of energy, there are more difficulties in the improvement of the contents in the groups-classes that have implemented the TLS in a way that is less in line with the syllabus.

In conclusion, it is established that the TLS designed contributes to the improvement of specific conceptions of NoS&T, to the development of the studied CT skills and to the learning of energy-related contents. Likewise, the time dedicated to the teaching of the specific aspects of study, the explicitness of the teaching and the formative assessment are highlighted as influential variables for the study.

KEYWORDS

Science Literacy, Nature of Science and Technology, Science-Technology and Society, Critical Thinking, Energy, Elementary Education, Formative Assessment

RESUMO

O desenvolvimento do pensamento crítico (CT) e da literacia científica torna-se uma necessidade para o desenvolvimento da cidadania global. Como resposta educacional a esta necessidade, esta investigação visa conceber e testar a eficácia para o desenvolvimento de estudantes de 10-12 anos de uma Sequência de Ensino e Aprendizagem (SEA) que aborda de forma infusa conteúdos curriculares, tais como energia, e conteúdos relacionados com a PC e a Natureza da Ciência e Tecnologia (NdCyT), como um elemento chave para o desenvolvimento da literacia científica. A fim de abordar este objetivo, a investigação adota uma conceção metodológica mista utilizando técnicas quantitativas (inquéritos) e qualitativas (entrevistas, observação, análise documental e grupos focais). O estudo foi dividido em dois períodos de investigação. O primeiro período tem 130 participantes e o SEA concebido foi implementado pelo mesmo professor/pesquisador. O segundo período tem 72 participantes e os professores encarregados da implementação do SEA são os professores naturais de cada um dos grupos de turma.

Os resultados do primeiro período mostram uma melhoria em aspetos específicos das NdCyT relacionados com a sociologia interna e externa da ciência, tais como a tomada de decisões no que diz respeito a questões científicas; a necessidade de um equilíbrio entre os efeitos positivos e negativos da ciência e da tecnologia; a dependência da utilização de uma nova tecnologia; e o controlo do desenvolvimento tecnológico pelos cidadãos. Do mesmo modo, verificam-se progressos significativos em competências de PC, análise argumentativa e teste de hipóteses, embora não se vejam resultados conclusivos para as competências de raciocínio verbal, razão pela qual é retirado do estudo. Há também um aumento no nível de conhecimento do conteúdo relacionado com a energia. Os resultados do segundo período revelam melhorias na mesma linha, tanto em questões de NdCyT como em competências de PC, mas mostram diferenças em relação ao processo de ensino. Em relação ao ensino da energia, há mais dificuldades na melhoria dos conteúdos nos grupos-classes que implementaram a SEA de uma forma menos consentânea com o programa de estudos.

Em conclusão, é estabelecido que a SEA concebida contribui para a melhoria das conceções específicas de NdCyT, para o desenvolvimento das competências PC estudadas e para a aprendizagem de conteúdos relacionados com a energia. Do mesmo modo, o tempo

dedicado ao ensino dos aspetos específicos do estudo, a explicitação do ensino e a avaliação formativa são destacados como variáveis influentes para o estudo.

PALAVRAS-CHAVE

Literacia Científica, Natureza da Ciência e Tecnologia, Ciência-Tecnologia e Sociedade, Pensamento crítico, Energia, Educação Primária, Avaliação Formativa

ÍNDICE

Capítulo I. Introducción	1
I.1. Presentación del estudio	1
I.2. Algunas consideraciones antes de la lectura	2
I.3. Justificación	3
Capítulo II. Objeto de estudio	7
Capítulo III. La Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología	9
III.1. Aproximación al concepto de Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT)	9
III.1.1. El movimiento CTS	12
III.1.2. Consensos sobre NdC y NdCyT	16
III.1.1.1. Consensos extraídos de Lederman et al. (2002)	17
III.1.1.2. Ampliación de los consensos de Lederman et al. (2002) por Mathews (2012)	19
III.1.1.3. Consensos extraídos de McComas (2002)	19
III.1.1.4. Consensos extraídos por Osborne et al. (2003) para la construcción de un currículo con contenidos NdC	20
III.1.1.5. Perspectiva del enfoque de parecido de familia por Irzik y Nola (2011, 2014) y Erduran y Dagher (2014)	22
III.1.1.6. Consensos extraídos de la tradición CTS por Aikenhead (1989), Rubba et al. (1996) y Manasero et al. (2001) actualizado en Manassero y Vázquez (2019).	26
III.1.1.7. Perspectiva de consenso y enfoque en el que se inspira el estudio	28
III.2. Las nuevas necesidades de la enseñanza de las ciencias: la importancia de la NdCyT en el currículo de Educación Obligatoria	30
III.3. Las dificultades de la implantación de la NdCyT	34
III.3.1. Los docentes de ciencias y la enseñanza de la NdCyT	35
III.3.1.1. El Conocimiento Didáctico del Contenido de Naturaleza de la Ciencia	36
III.3.1.2. Enfoques y estrategias que favorecen la implantación de la NdCyT	38
III.4. La evaluación de la NdCyT. Modelos de respuesta y medición de concepciones sobre NdCyT	43
Capítulo IV. El pensamiento crítico	46
IV.1. Taxonomías de PC según los principales autores	50

IV.1.1. Ennis 2011	51
IV.1.2. Halpern (2014)	52
IV.1.3. Saiz (2018)	58
IV.1.4. Manassero y Vázquez (2019)	60
IV.1.5. Construcción de un concepto de PC en base a las distintas taxonomías	61
IV.2. La enseñanza del Pensamiento Crítico	66
IV.3. La evaluación del PC	73
Capítulo V. Construcción de un planteamiento didáctico para trabajar la NdCyT y el PC	77
V.1. ¿Por qué apostar por el desarrollo del PC en conjunto con la NdCyT?	77
V.2. Construcción de un modelo didáctico que integre la enseñanza de contenidos curriculares, contenidos de NdCyT y permita el desarrollo de capacidades de PC	81
V.2.1. El rol del docente como moderador	83
V.2.2. Relación del contenido con el contexto próximo del alumnado	84
V.2.3. Visibilización del pensamiento	85
V.2.4. La evaluación formativa como cimiento del modelo didáctico	87
V.3. Diseño de una secuencia de enseñanza aprendizaje basada en el modelo didáctico	89
V.3.1. Contenidos y capacidades de NdCyT y PC concretos para su desarrollo	90
V.3.2. La enseñanza de la energía	91
V.3.3. Delimitación del tiempo para la implementación y las sesiones	95
V.3.4. Esquema de la SEA	96
V.3.5. Desarrollo de la SEA	100
V.4. Formación docente	103
Capítulo VI: Diseño de investigación	104
VI.1. Técnicas e instrumentos empleados en la investigación	112
VI.1.1. Técnicas empleadas en la investigación	112
VI.1.1.1. Encuesta	112
VI.1.1.2. Entrevistas	112
VI.1.1.3. Observaciones	113
VI.1.1.4. Análisis documental	115
VI.1.1.5. Grupos focales	116
VI.1.2. Instrumentos de recogida de datos	118

VI.1.2.1. Cuestionarios	118
VI.1.2.2. Guiones de las entrevistas	139
VI.1.2.3. Registro de las observaciones. Diario y tablas de observación	140
VI.1.2.4. Rúbricas de evaluación	144
VI.1.2.5. Guion de grupos focales	147
VI.2. Acceso al campo y participantes	148
VI.2.1. Acceso al campo	148
VI.2.2. Participantes	149
VI.2.2.1. Primer periodo de investigación	149
VI.2.2.2. Segundo periodo de investigación	150
VI.3. El análisis de datos	152
VI.3.1. Análisis cuantitativo	152
VI.3.2. Análisis cualitativo	153
VI.3.2.1. Codificación de los datos personales de los participantes	155
VI.4. Cuestiones éticas y de rigor metodológico	156
VI.4.1. Criterios de rigor	158
VI.4.1.1. Criterios de rigor asociados a los métodos cuantitativos	158
VI.4.1.2. Criterios de rigor asociados a los métodos cualitativos	159
Capítulo VII. Resultados y discusión	161
VII.1. Resultados del primer periodo de implementación	161
VII.1.1. Resultados de NdCyT. Toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos. Primer periodo de investigación	161
VII.1.2. Resultados de NdCyT. Los equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología. Primer periodo de investigación	165
VII.1.3. Resultados de NdCyT. La dependencia del uso de una nueva tecnología. Primer periodo de investigación	169
VII.1.4. Resultados de NdCyT. El control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos. Primer periodo de investigación	172
VII.1.5. Resultados de PC. Formulación de hipótesis en base a las evidencias y comprobación de hipótesis y reformulación si no son correctas. Primer periodo de investigación	175
VII.1.6. Resultados de PC. Uso de razones, contraargumentos y formulación de conclusiones. Primer periodo de investigación	181

VII.1.7. Resultados de PC. Identificación de evidencias en el discurso de enseñanza. Primer periodo de investigación _____	188
VII.1.8. Resultados en conceptos relativos a la energía. Uso de terminología adecuada, identificación de contenidos en contexto y transferencia _____	191
VII.1.9. Correlaciones de los resultados cuantitativos en el primer periodo de investigación _____	199
VII.2. Segundo periodo de implementación _____	200
VII.2.1. Resultados de NdCyT. Toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos. Segundo periodo de investigación _____	200
VII.2.2. Resultados de NdCyT. Los equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología. Segundo periodo de investigación _____	205
VII.2.3. Resultados de NdCyT. La dependencia del uso de una nueva tecnología. Segundo periodo de investigación _____	209
VII.2.4. Resultados de NdCyT. El control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos. Segundo periodo de investigación _____	213
VII.2.5. Resultados de PC. Formulación hipótesis en base a las evidencias. Segundo periodo de investigación _____	217
VII.2.6. Resultados de PC. Comprobación de hipótesis y reformulación. Segundo periodo de investigación _____	223
VII.2.7. Resultados de PC. Uso de razones, contraargumentos y formulación de conclusiones. Segundo periodo de investigación _____	227
VII.2.8. Resultados de PC. Diferenciación entre argumento razonado, opinión y hecho. Segundo periodo de investigación _____	234
VII.2.9. Resultados sobre conceptos relativos a la energía. Uso de terminología adecuada, identificación de contenidos en contexto y transferencia _____	237
VII.2.10. Correlaciones de los resultados cuantitativos en el segundo periodo de investigación _____	250
VII.2.11. Resultados de los grupos focales _____	251
VII.2.11.1. Qué entienden los participantes por NdCyT _____	252
VII.2.11.2. Importancia de trabajar la NdCyT desde las primeras edades (etapas de infantil y primaria; 3-12 años) _____	252
VII.2.11.3. Legislación y NdCyT _____	254
VII.2.11.4. Qué entienden los participantes por PC _____	255
VII.2.11.5. Importancia y viabilidad de trabajar el PC desde las primeras edades (etapas de infantil y primaria; 3-12 años) _____	256
VII.2.11.6. Legislación y PC _____	259

VII.2.11.7. La SEA y su relación con la NdCyT y el PC	262
VII.3. Discusión de resultados	266
VII.3.1. Discusión de resultados de NdCyT	266
VII.3.1.1. Toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos	266
VII.3.1.2. Los equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología	268
VII.3.1.3. La dependencia del uso de una nueva tecnología	270
VII.3.1.4. El control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos	271
VII.3.2. Discusión de resultados de PC	272
VII.3.2.1. Comprobación de hipótesis. Formulación de hipótesis en base a las evidencias y comprobación y reformulación de hipótesis	272
VII.3.2.2. Análisis argumental. Uso de razones, contraargumentos y formulación de conclusiones, y diferenciación ente argumento razonado, opinión y hecho	275
VII.3.3. Discusión de contenidos relativos a la energía. Uso de terminología adecuada, identificación de contenidos en contexto y transferencia de contenidos	277
VII.3.3.1. Propiedades de la energía	277
VII.3.3.2. Tipos de energía	279
VII.3.3.3. Fuentes de energía renovables	280
VII.3.3.4. Fuentes de energía no renovables	282
VII.3.3.5. Seguimiento realizado sobre la SEA	283
VII.3.4. Discusión de los grupos focales	283
VII.3.4.1. Cuestiones relativas a la NdCyT	283
VII.3.4.2. Cuestiones relativas al PC	285
VII.3.4.3. Cuestiones relativas a los instrumentos didácticos (SEA)	286
Capítulo VIII. Conclusiones, limitaciones y futuras líneas de estudio	287
VIII.1. Conclusiones	287
VIII.2. Limitaciones y futuras líneas de investigación	294
Lista de Referencias	298
Anexo I. Cuaderno de trabajo del alumno	321
Anexo II. Materiales del docente de la SEA	322
Presentación de la primera sesión	322
Presentación de la segunda sesión	322
Presentación de la tercera sesión	325

Audiovisual de la tercera sesión _____	326
Anexo III. Presentación de la formación para docentes _____	327
Anexo IV. Guía de implementación de la SEA para docentes _____	331
Anexo V. Adaptación del COCTS _____	340
Texto incluido en la versión web de la adaptación del COCTS _____	340
Anexo VI. Adaptaciones del TEPC _____	345
Adaptación del primer periodo _____	345
Texto incluido en la versión web de la primera adaptación del TEPC _____	345
Adaptación del segundo periodo _____	350
Texto incluido en la versión web de la segunda adaptación del TEPC _____	350
Anexo VII. Guion de la entrevistas a equipo directivo y maestros _____	356
Anexo VIII. Bases de datos SPSS, tablas de observación del segundo periodo y transcripciones de entrevistas y grupos de discusión _____	358

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1	14
<i>Diferencias entre las dos grandes tradiciones del movimiento CTS</i>	14
Tabla 2	63
<i>Componentes extraídos de las distintas taxonomías de PC</i>	63
Tabla 3	78
<i>Desarrollo de los aspectos del pensamiento científico y sus destrezas específicas asociadas elaborado a partir de las citas sobre este tema</i>	78
Tabla 4	81
<i>Identificación de los elementos del Pensamiento Crítico y Creativo a considerar en la elaboración de propuestas didácticas para la enseñanza de las ciencias</i>	81
Tabla 5	97
<i>Esquema de SEA. Introducción</i>	97
Tabla 6	98
<i>Esquema de SEA. Organización y temporalización</i>	98
Tabla 7	105
<i>Características del pospositivismo y el interpretativismo</i>	105
Tabla 8	107
<i>Justificaciones y razonamientos para el uso de los métodos mixtos</i>	107
Tabla 9	115
<i>Tipos de documentos escritos en función del productor</i>	115
Tabla 10	117
<i>Características de los participantes para los distintos grupos focales</i>	117
Tabla 11	120
<i>Métrica actitudinal del COCTS</i>	120
Tabla 12	122
<i>Selección de preguntas del COCTS</i>	122
Tabla 13	125
<i>Varianza total explicada de la adaptación del COCTS</i>	125

Tabla 14	126
Matriz de componentes de la adaptación del COCTS	126
Tabla 15	130
Sistema de puntuación de la situación 1 de la primera adaptación del TEPC	130
Tabla 16	130
Sistema de puntuación de la situación 2 de la primera adaptación del TEPC	130
Tabla 17	131
Sistema de puntuación de la situación 3 de la primera adaptación del TEPC	131
Tabla 18	134
Sistema de puntuación de la situación 1 de la segunda adaptación del TEPC	134
Tabla 19	135
Sistema de puntuación de la situación 2 de la segunda adaptación del TEPC	135
Tabla 20	135
Sistema de puntuación de la situación 3 de la segunda adaptación del TEPC	135
Tabla 21	136
Sistema de puntuación de la situación 4 de la segunda adaptación del TEPC	136
Tabla 22	137
Varianza total explicada de la segunda adaptación del TEPC	137
Tabla 23	138
Matriz de componentes de la segunda adaptación del TEPC	138
Tabla 24	139
Resultados de la prueba Alfa de Cronbach por dimensiones del HCTA en contraste con la segunda adaptación del TEPC	139
Tabla 25	139
Preguntas de las entrevistas de seguimiento al alumnado	139
Tabla 26	142
Tabla de observación de la Sesión 1	142
Tabla 27	142
Tabla de observación de la Sesión 2	142

Tabla 28	143
Tabla de observación de la Sesión 3	143
Tabla 29	144
Rúbrica de evaluación de contenidos sobre PC	144
Tabla 30	145
Rúbrica de evaluación de contenidos sobre NdCyT	145
Tabla 31	145
Rúbrica de evaluación de contenidos sobre contenidos relativos a la energía	146
Tabla 32	147
Guion de temas a abordar en los grupos focales	147
Tabla 33	150
Participantes por grupos de clase, sexo, nivel cultural, nivel económico y receptividad a la metodología en el primer periodo de investigación	150
Tabla 34	151
Participantes por grupos de clase, sexo, nivel cultural, nivel económico y receptividad a la metodología en el segundo periodo de investigación	151
Tabla 35	154
Categorías para el análisis cualitativo de las entrevistas, el diario de clase y las tablas de observación	154
Tabla 36	155
Categorías para el análisis cualitativo de los grupos focales	155
Tabla 37	156
Códigos empleados en la codificación de datos personales	156
Tabla 38	158
Criterios de rigor para investigaciones naturalistas y positivistas	158
Tabla 39	162
Estadísticos resultantes de la adaptación del ítem 40211 del COCTS. Primer periodo de investigación	162
Tabla 40	166

<i>Estadísticos resultantes de la adaptación del ítem 40311 del COCTS. Primer periodo de investigación</i>	166
<i>Tabla 41</i>	175
<i>Estadísticos resultantes de la parte abierta de la evaluación de la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. Primer periodo de investigación</i>	175
<i>Tabla 42</i>	182
<i>Estadísticos resultantes de la parte abierta de la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Primer periodo de investigación</i>	182
<i>Tabla 43</i>	188
<i>Estadísticos resultantes de la parte abierta de la evaluación del razonamiento verbal de la adaptación del TEPC. Primer periodo de investigación</i>	188
<i>Tabla 44</i>	199
<i>Coefficientes de correlación entre variables. Primer periodo de investigación</i>	199
<i>Tabla 45</i>	205
<i>Estadísticos resultantes de la adaptación del ítem 40311 del COCTS. Segundo periodo de investigación</i>	205
<i>Tabla 46</i>	209
<i>Estadísticos resultantes de la adaptación del ítem 80131 del COCTS. Segundo periodo de investigación</i>	209
<i>Tabla 47</i>	218
<i>Estadísticos resultantes de la parte abierta de la primera situación para la evaluación de la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación</i>	218
<i>Tabla 48</i>	223
<i>Estadísticos resultantes de la parte abierta de la segunda situación para la evaluación de la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación</i>	223
<i>Tabla 49</i>	225

<i>Estadísticos resultantes de la parte cerrada de la segunda situación para la evaluación de la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación</i>	225
<i>Tabla 50</i>	229
<i>Estadísticos resultantes de la parte abierta de la primera situación para la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación</i>	229
<i>Tabla 51</i>	234
<i>Estadísticos resultantes de la parte abierta de la segunda situación de la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación</i>	234
<i>Tabla 52</i>	236
<i>Estadísticos resultantes de la parte cerrada de la segunda situación para la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación</i>	236
<i>Tabla 53</i>	251
<i>Coefficientes de correlación entre variables. Segundo periodo de investigación</i>	251
<i>Tabla 54</i>	342
<i>Formato de respuesta con escala 1-9</i>	342
<i>Tabla 55</i>	356
<i>Preguntas de las entrevistas al equipo directivo</i>	356
<i>Tabla 56</i>	357
<i>Preguntas de las entrevistas a los docentes-tutores</i>	357

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	17
<i>Esquema de referencias sobre los consensos del a NdC</i>	17
Figura 2	26
<i>Rueda del modelo de parecido de familia representando la ciencia como un sistema cognitivo-epistémico y social-institucional</i>	26
Figura 3	28
<i>Diagrama de Venn. Comparación de consensos sobre NdC</i>	28
Figura 4	29
<i>Consenso de los autores en función de las categorías de NdC</i>	29
Figura 5	37
<i>Modelo hexagonal del CDC-NDC</i>	37
Figura 6	48
<i>Pensamiento Crítico como competencia</i>	48
Figura 7	50
<i>Elementos constituyentes del PC</i>	50
Figura 8	59
<i>Componentes del Pensamiento Crítico: relación y finalidad</i>	59
Figura 9	65
<i>Categorización de componentes de PC en función de su inclusión en las distintas taxonomías</i>	65
Figura 10	83
<i>Modelo didáctico para el desarrollo infundido de capacidades de PC y conocimientos sobre NdCyT</i>	83
Figura 11	89
<i>Diseño de la SEA</i>	89
Figura 12	106
<i>Los métodos principales de investigación</i>	106
Figura 13	111

<i>Diseño de investigación por periodos de investigación</i> _____	111
<i>Figura 14</i> _____	121
<i>Proceso de modificación y validación de la adaptación del COCTS</i> _____	121
<i>Figura 15</i> _____	128
<i>Proceso de modificación y validación de la adaptación del TEPC.</i> _____	128
<i>Figura 16</i> _____	169
<i>Boxplot del ítem 80131 de la adaptación del COCTS. Primer periodo de investigación</i>	169
<i>Figura 17</i> _____	172
<i>Boxplot del ítem 80211 de la adaptación del COCTS. Primer periodo de investigación</i>	172
<i>Figura 18</i> _____	177
<i>Boxplot de la parte cerrada de la evaluación de la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. Primer periodo de investigación</i> _____	177
<i>Figura 19</i> _____	179
<i>Ejemplo de reformulación de hipótesis. Primer periodo de investigación</i> _____	179
<i>Figura 20</i> _____	179
<i>Resultados de las producciones infantiles sobre comprobación de hipótesis por nivel de logro y sesiones. Primer periodo de investigación</i> _____	179
<i>Figura 21</i> _____	183
<i>Boxplot de la parte cerrada de la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Primer periodo de investigación</i> _____	183
<i>Figura 22</i> _____	186
<i>Resultados de las producciones infantiles sobre análisis argumental por nivel de logro y sesiones. Primer periodo de investigación</i> _____	186
<i>Figura 23</i> _____	189
<i>Boxplot de la parte cerrada de la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Primer periodo de investigación</i> _____	189
<i>Figura 24</i> _____	195
<i>Resultados de las producciones infantiles relacionados con la energía por sesiones de trabajo. Primer periodo de investigación</i> _____	195

Figura 25	201
Boxplot del ítem 40211 de la adaptación del COCTS. Segundo periodo de investigación	
	201
Figura 26	213
Boxplot de la adaptación del ítem 80211 del COCTS. Segundo periodo de investigación	
	213
Figura 27	219
Boxplot de la parte cerrada de la evaluación de la primera situación para la evaluación de la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación	
	219
Figura 28	222
Resultados de las producciones sobre comprobación de hipótesis (formulación en base a evidencias) por nivel de logro y sesiones. Segundo periodo de investigación	
	222
Figura 29	226
Ejemplo de reformulación de hipótesis. Segundo periodo de investigación	
	226
Figura 30	227
Resultados de las producciones infantiles sobre comprobación de hipótesis (reformulación) por nivel de logro y sesiones. Segundo periodo de investigación	
	227
Figura 31	230
Boxplot de la parte cerrada de la primera situación para la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación	
	230
Figura 32	232
Resultados de las producciones sobre análisis argumental por nivel de logro y sesiones. Segundo periodo de investigación	
	232
Figura 33	256
Qué entienden los maestros por PC	256
Figura 34	256
Qué entienden las docentes universitarias por PC	256
Figura 35	340

<i>Visualización de la adaptación del COCTS</i>	340
<i>Figura 36</i>	345
<i>Visualización de la primera adaptación del TEPC</i>	345
<i>Figura 37</i>	350
<i>Visualización de la segunda adaptación del TEPC</i>	350

ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CCTDI.....	<i>California Critical Thinking Disposition Inventory</i>
CCTST.....	<i>California Critical Thinking Skills</i>
CCTT.....	<i>Test de Cornell Critical Thinking</i>
CDC.....	Conocimiento Didáctico del Contenido
CDC-NdC.....	Conocimiento Didáctico del Contenido de los contenidos de Naturaleza de la Ciencia
COCTS.....	Cuestionario de Opinión sobre Ciencia Tecnología y Sociedad
CTS.....	Ciencia Tecnología y Sociedad
CUAL.....	Cualitativa
CUAN.....	Cuantitativa
CyT.....	Ciencia y Tecnología
CYTPENCRI.....	Educación de las Competencias Científica, Tecnológica y Pensamiento Crítico Mediante la Enseñanza de Temas de Naturaleza de Ciencia y Tecnología
DIM.....	Diseño de Integración Múltiple
EANCYT.....	Enseñanza-Aprendizaje de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología
EDS.....	Educación para el Desarrollo Sostenible
EECT.....	Estrategia Española de Ciencia y Tecnología
HCTA.....	<i>Halpern Critical Thinking Assessment</i>
HCTAES.....	<i>Halpern Critical Thinking Assessment using Everyday Situations</i>
KMO.....	Kaiser-Mayer-Olkin
NdC.....	Naturaleza de la Ciencia
NdCyT.....	Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología
ODS.....	Objetivos del Desarrollo Sostenible
PENCRISAL.....	Cuestionario de Pensamiento Crítico Salamanca
PIGES.....	<i>Principiar, Intencionalmente, Gradualmente, Explícitamente y Sistemáticamente</i>
PC.....	Pensamiento Crítico
SEA.....	Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje
SPSS.....	Statistical Package for the Social Sciences
TBASTS.....	<i>Teacher's Belief about Science-Technology-Society</i>

TEPC.....	Tes de Evaluación para el Pensamiento Crítico
TFG.....	Trabajo de Fin de Grado
TFM.....	Trabajo de Fin de Máster
TPC.....	Test de Pensamiento Crítico
UVa.....	Universidad de Valladolid
VOSTS.....	Views on Science-Technology-Society

En coherencia con el valor de la igualdad de género asumido por la Universidad de Valladolid, todas las denominaciones que en este trabajo se efectúan en género masculino, cuando no hayan sido sustituidos por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

I.1. PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

La estructura de este estudio se configura en ocho capítulos mediante los cuales se avanza desde una fundamentación teórica a un diseño didáctico y metodológico para llegar a realizar un análisis de resultados y una extracción de conclusiones en los últimos capítulos. En concreto:

En el primer capítulo, introducción, se expone la estructura del documento, se recogen apreciaciones de interés previas a la lectura y se recoge la justificación donde se presenta la relevancia de esta investigación.

En el segundo capítulo, objeto de estudio, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos por periodos de investigación.

En el tercer capítulo, la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT), se realiza una aproximación a los conceptos de Naturaleza de la Ciencia, NdCyT, y Ciencia, Tecnología y Sociedad. Asimismo, se aborda la importancia de la enseñanza de la NdCyT, las dificultades asociadas a su enseñanza y la evaluación de los conocimientos sobre la misma.

En el cuarto capítulo, el Pensamiento Crítico (PC), se presentan distintas definiciones del constructo junto con su delimitación en componentes y su desglose en taxonomías según distintos autores. Seguidamente se reflexiona sobre la enseñanza del pensamiento y su evaluación.

En el quinto capítulo, construcción de un planteamiento didáctico para trabajar la NdCyT y el PC, se justifican las sinergias para realizar la enseñanza conjunta de NdCyT y PC, se presentan los elementos que cimentarán el modelo didáctico propuesto y se desarrolla la secuencia didáctica elaborada a partir de dicho modelo, junto con la formación que requerirán los docentes para implementarla.

En el sexto capítulo, diseño de investigación, se recogen todos los detalles relativos a la metodología. En concreto se explica el diseño metodológico y las técnicas de investigación empleadas. Seguidamente se presentan los instrumentos de recogida de datos empleados y sus validaciones. A continuación, se recoge el acceso al campo junto con los

participantes de estudio y sus características. Finalmente se presentan los tipos de análisis a realizar junto con los criterios éticos y de rigor metodológico que se siguen en el estudio.

En el séptimo capítulo, resultados y discusión, en primer lugar, se exponen los resultados relativos a los dos periodos de estudio siguiendo la siguiente estructura: se presentan las variables de estudio sobre NdCyT, seguidas de las de PC y de los resultados relativos a la energía; para terminar con el estudio correlacional de las variables cuantitativas. En segundo lugar, se presenta la discusión de los resultados de estudio contrastando los periodos de investigación entre sí y con otros estudios similares, cuando es posible.

En el octavo y último capítulo; conclusiones, limitaciones y futuras líneas de estudio; se exponen las conclusiones a las que se ha llegado mediante la realización del estudio, las limitaciones encontradas en la investigación y las futuras líneas de trabajo.

En última instancia se encuentra la lista de referencias que contiene los estudios citados en este trabajo y los anexos.

I.2. ALGUNAS CONSIDERACIONES ANTES DE LA LECTURA

La presente tesis doctoral parte de una trayectoria investigadora que se inició al final del grado en Educación Primaria que cursó la doctoranda, de modo que algunas de las ideas y diseños metodológicos tienen su base en investigaciones anteriores recogidas en un TFG (Trabajo de Fin de Grado) y un TFM (Trabajo de Fin de Máster). En esta línea, se siguen las directrices de la Escuela de Doctorado de la Universidad de Valladolid (UVa) con respecto a los indicios de calidad de las tesis doctorales, las cuales establecen que para mantener la calidad de una tesis basada en trabajos anteriores esta debe superar ampliamente los resultados obtenidos en dichos trabajos. En este caso se cumplen los aspectos mencionados, ya que los trabajos anteriores solo abarcan la parte inicial del diseño de la SEA, los instrumentos de medición y el análisis de parte de los resultados de lo que se correspondería con el primer periodo de investigación de esta tesis doctoral. Por consiguiente y a pesar de que ambos textos han quedado embargados en las bases de datos de la universidad se estima que habrá cuestiones teóricas, contextuales y metodológicas que se correspondan con Ortega-Quevedo (2016) y Ortega-Quevedo (2017).

Asimismo, conviene señalar que la presente tesis es el resultado de un proceso de formación en investigación y, por consiguiente, en el transcurso de este proceso se ha participado en eventos científicos como congresos o simposios con el fin de ganar experiencia investigadora e ir compartiendo con la comunidad científica los avances obtenidos en la presente tesis doctoral. En esta misma línea, se han presentado resultados de investigación en forma de artículos que han sido publicados en revistas como “Científica” “Publicaciones” “Tecné episteme y didaxis” “Investigações em Ensino de Ciências” “Revista Infancia, Educación y Aprendizaje”. En concreto las referencias de las producciones científicas derivadas de esta tesis hasta su depósito son: Ortega-Quevedo y Gil (2017), Ortega-Quevedo y Gil (2019a), Ortega-Quevedo y Gil (2019b) Ortega-Quevedo et al. (2020), Ortega-Quevedo y Gil (2020), Ortega-Quevedo et al. (2022).

I.3. JUSTIFICACIÓN

La sociedad actual y su estilo de vida se nutre del desarrollo científico-tecnológico, hasta un punto en el que la sociedad depende de la ciencia y la tecnología. Es, por tanto, imprescindible que la sociedad desarrolle una alfabetización científico-tecnológica con el fin de que todas las personas puedan comprender y tener una visión crítica, por ejemplo, de la influencia de la ciencia y la tecnología en sus vidas (Acevedo, et al., 2017; Vázquez, Manassero, 2012a), de las necesidades socioambientales o de las consecuencias de la emergencia ambiental que debemos afrontar.

El desarrollo de una alfabetización científica se ha identificado como una necesidad desde mediados del siglo XX (Acevedo et al., 2003), aunque el foco del concepto ha variado entre épocas. Sin embargo, se puede tomar como base que

la enseñanza de las ciencias no puede ceñirse al conocimiento científico y tecnológico, sino que los objetivos y las capacidades a desarrollar deberán ser más holísticos y tener auténtica relevancia social para el alumnado, incluyendo los valores éticos y democráticos que se ponen en juego cuando intervienen la ciencia y la tecnología en la sociedad. (Acevedo et al., 2003, pp. 81-82)

En esta línea, se delimita alfabetización científico-tecnológica mediante tres dimensiones, conceptual, procedimental y actitudinal (Kemp, 2002) que engloban los conceptos de ciencia y tecnología y sus relaciones con la sociedad; procedimientos

científicos para la obtención del conocimiento y su uso; la aplicación de la ciencia y la tecnología en el día a día; los usos sociales de la ciencia y la tecnología o el interés por la ciencia, entre otros (Acevedo et al., 2003). Así pues, se establece que la alfabetización científica se sustenta en la capacidad de una persona para: preguntar o hallar respuestas que satisfagan su curiosidad científica, para comprender artículos sobre ciencia y poder participar en debates sociales acerca de estos, para posicionarse con conocimiento ante una decisión política que afecte a un aspecto científico-tecnológico o para valorar la calidad de la información científica, entre otras cuestiones (Pedrinaci et al., 2012). Para ello se ha de tener en cuenta que no solo se están educando futuros científicos o ingenieros, sino también a miembros activos de una sociedad donde la Ciencia y la Tecnología (CyT) juegan un papel fundamental (Martín et al., 2015; Pedrinaci et al., 2012; Solbes et al., 2007; Vázquez y Manassero, 2012a). No obstante, a pesar de que hace más de 50 años que se ha reconocido esta necesidad, la alfabetización científico-tecnológica de los ciudadanos se ha evaluado en repetidas ocasiones como inadecuada a lo largo de las décadas (Pleasant et al., 2019).

En paralelo a estas necesidades han surgido otras educativas que parten, de nuevo, de la característica sociedad actual. Hablamos de la importancia de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) enmarcada por los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) (ONU, 2015). Como señalan Tenreiro-Vieira y Vieira (2021) una de las claves para la EDS es la formación en el cuarto ODS (Educación de calidad), ya que mediante dicha preparación se puede fomentar el desarrollo del Pensamiento Crítico (PC), el pensamiento creativo, la comunicación y la colaboración y, con ello, promover una ciudadanía colaborativa y responsable.

El PC es una de las denominadas competencias para el s. XXI. Estas competencias destacan por ser un conjunto de conocimientos transferibles al mundo real que facilitan a las personas desenvolverse en la sociedad actual, mediante la disposición de poner en práctica estos saberes y actitudes en su día a día (Almerich et al., 2020). Dentro de las competencias para el siglo XXI, el PC se incluye en el primer grupo junto con el “pensamiento creativo, el aprendizaje autogestionado, la resolución de problemas, la adaptabilidad, las habilidades de comunicación e interpersonales y el trabajo en grupo” (Almerich et al., 2020, pp. 48-49). Nos referimos a competencias de pensamiento que

permitan a la ciudadanía desarrollar un conjunto de estrategias y hábitos que les permitan practicar procesos de pensamiento eficaces (tomar buenas decisiones, argumentar con evidencias, analizar información, etc.) (Ritchart et al., 2014).

Desde la enseñanza de las ciencias se ha intentado promover esta alfabetización científico-tecnológica y se han destacado componentes clave para la misma como el conocimiento sobre Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) (Acevedo et al., 2017; Pleasants et al., 2019; Vázquez y Manassero, 2012a). En esta línea, Vieira et al. (2010) resaltan como el desarrollo del PC puede contribuir al desarrollo de la alfabetización científica, puesto que “la enseñanza de las ciencias basada en el PC tendrá la capacidad de cambiar el comportamiento de los alumnos haciéndoles pasar de un pensamiento automático hacia otro decisivo” (Vieira et al., 2010, p. 97). En esta misma línea, Vázquez y Manassero (2018) advierten que el desarrollo del PC permite resolver las dificultades cognitivas identificadas especialmente en temas innovadores de investigación en didáctica de las ciencias, como es la enseñanza de la NdCyT. Sin embargo, para que esta sinergia se materialice en los procesos de Enseñanza-Aprendizaje se debe descartar el modelo de educación tradicional, basado en la memorización, y apostar por un modelo que promueva el desarrollo de competencias como las de PC, que sirvan al alumnado para desenvolverse en la sociedad y procurar que esta sea más sostenible.

Tal y como se ha planteado en estas líneas, la adquisición de una alfabetización científico-tecnológica, así como el desarrollo del Pensamiento Crítico son dos aspectos clave para desenvolverse de forma plena en la sociedad actual. Sin embargo, a pesar de quedar demostrados los beneficios y la posibilidad del desarrollo de estas competencias desde edades tempranas (Tenreiro-Vieira y Vieira, 2021), la realidad es que estas competencias no se trabajan de forma eficiente en el marco educativo español.

La presente investigación nace ligada a un proyecto I+D+i denominado: “Educación de las Competencias Científica, Tecnológica y Pensamiento Crítico Mediante la Enseñanza de Temas de Naturaleza de Ciencia y Tecnología” (CYTPENCRI) en el que participa un equipo multidisciplinar internacional formado por investigadores de varios países e instituciones, que desarrollan colaborativamente el plan de investigación que da continuidad a un trabajo previo, el Proyecto EANCyT (Enseñanza-Aprendizaje de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología).

Este grupo toma como objetivo promover el cambio e innovación social incidiendo directamente sobre los sistemas educativos como catalizadores del mismo, a través del desarrollo de competencias en CyT y PC, elementales para los ciudadanos. Asimismo, este desarrolla aspectos educativos contenidos en la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología (EECT), la cual propone que tanto el bienestar social, como el desarrollo del país están ligados a la educación. En relación con esta premisa, el proyecto trata de promover una mejor calidad de la educación a través del desarrollo del PC y de la educación científica y tecnológica.

CAPÍTULO II. OBJETO DE ESTUDIO

De esta necesidad y en este contexto surge el objetivo de promover el desarrollo de habilidades de PC en el área de las ciencias experimentales. Más concretamente en torno a una enseñanza de las ciencias que integre contenidos curriculares con contenidos no contemplados de forma explícita en el currículo y que son propios de la NdCyT (Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria). El objetivo general de esta investigación es diseñar una Secuencia de Enseñanza Aprendizaje (SEA) que aborde un contenido tradicionalmente curricular que promueva el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y contribuya a mejorar las concepciones sobre temas de NdCyT.

De este objetivo principal nacen los siguientes objetivos específicos:

- Localizar sinergias entre contenidos propios del currículo de Educación Primaria, contenidos de NdCyT y capacidades de PC para diseñar una SEA, de forma que estos tres tipos de contenidos queden infusionados y puedan abordarse en conjunto. Una vez localizadas dichas sinergias, se procede a seleccionar los contenidos curriculares, contenidos de NdCyT y capacidades de PC que se trabajarán en la SEA.
- Elaborar un modelo didáctico que facilite la infusión de la totalidad de los contenidos trabajados, así como que fomente el desarrollo competencial del alumnado y su aprendizaje.
- Diseñar una SEA que parta del modelo didáctico elaborado y recoja los contenidos seleccionados.
- Generar, adaptar y validar instrumentos de medida que permitan conocer el nivel de desarrollo que los estudiantes tienen sobre las capacidades de PC, las concepciones NdCyT y los contenidos sobre la energía estudiados.

Una vez alcanzados los objetivos anteriores, se dispone de los materiales didácticos y de evaluación necesarios para iniciar las implementaciones en centros educativos. Esta nueva fase requiere nuevos objetivos de investigación:

- Valorar los impactos en el aprendizaje de los participantes en los aspectos concretos seleccionados de los tres elementos de estudio: contenido curricular, contenidos de NdCyT y capacidades de PC.
- Valorar la concomitancia entre los resultados obtenidos en las pruebas cuantitativas que evalúan la NdCyT y el PC.

Con el estudio de esta primera implementación y las mejoras realizadas se quieren poner de nuevo a prueba los materiales elaborados, esta vez estudiando su validez para impactar en los elementos de estudio si quienes ponen en práctica dichos materiales son maestros ajenos al diseño de los mismos. En consecuencia, se establecen nuevos objetivos, además de continuar con aquellos planteados anteriormente en relación con valorar los impactos en el aprendizaje y la concomitancia entre los resultados cuantitativos obtenidos:

- Analizar las opiniones de maestros de ciencias en ejercicio y docentes de los grados en educación con respecto a el material didáctico creado (SEA) y sus contenidos, curriculares y transversales (NdCyT y PC).
- Formar a maestros de Educación Primaria con el fin de que comprendan la filosofía del proyecto de investigación y que aumenten sus conocimientos sobre los elementos de estudio (energía, NdCyT y PC) para que puedan implementar la SEA en sus grupos-clase.

CAPÍTULO III. LA NATURALEZA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

III.1. APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE NATURALEZA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA (NdCYT)

El término Naturaleza de la Ciencia (NdC) ha sido y es un constructo muy estudiado dentro de la comunidad científica. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos dedicados no hay acuerdos que permitan llegar a una definición de NdC aceptada por todos los miembros de dicha comunidad. Esto se debe a que la NdC “es un metaconocimiento sobre la ciencia, que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia por expertos en estas disciplinas, y por algunos científicos” (Acevedo y García-Carmona, 2016, p.3). Es decir, el constructo que ya en sí mismo es cambiante, se estudia desde diferentes perspectivas, lo cual genera distintas visiones del mismo. No obstante, como señalan Lederman et al. (2013), el desacuerdo surgido no debería ser motivo de desconcierto dada la complejidad y la diversidad de la NdC, pues es lo esperado ante la situación.

A lo largo de las siguientes líneas se van a presentar los rasgos principales que marcan la evolución del concepto de NdC durante la última centuria, destacando la visión aplicada a la enseñanza (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000a) y la formación de las principales corrientes sobre qué es la NdC.

Como indican Abd-El-Khalick y Lederman (2000a), los trabajos realizados por la filosofía y la sociología de la ciencia en torno a esta temática durante el siglo XX se dividen en dos periodos definidos por el trabajo de Kuhn (1962) citado por Abd-El-Khalick y Lederman (2000a) y por Sadler (2004). La filosofía de la ciencia pre-Kuhn se concentró en un trabajo empirista lógico que procuraba diferenciar el “contexto de descubrimiento científico” y el “contexto de justificación científica” (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000a). Los filósofos en esta disciplina se interesaban por elaborar una explicación desde una perspectiva descriptiva de las afirmaciones científicas y del funcionamiento de la ciencia. Es decir, se procuró esclarecer la fundamentación lógica y epistemológica de la ciencia excluyendo los fundamentos psicológicos y sociológicos, puesto que se consideraban

externos a la ciencia. Sin embargo, la obra de Kuhn (1962) inició un cambio de orientación en los estudios de filósofos e historiadores de la ciencia que pasaron de hacer énfasis en la justificación científica, a profundizar en el contexto de los descubrimientos científicos (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000a). Durante este proceso se incluyeron en los trabajos de historiadores y filósofos de la ciencia, factores sociológicos y psicológicos. Esto fue muy criticado por introducir relativismos e irracionalidades en las explicaciones del conocimiento científico. En este periodo, estuvo muy marcado el análisis sociológico del discurso de los científicos como forma de reencontrar la ciencia con la práctica científica (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000a).

Estos cambios en los trabajos derivados de la filosofía y la historia de la ciencia se agrupan en dos corrientes. La primera aboga por que la NdC abarca en esencia la epistemología de la ciencia y destaca especialmente los valores relacionados con el conocimiento científico y sus características. Mientras, la segunda flexibiliza sus límites y abarca mayor diversidad, contemplando, además de las cuestiones inherentes al conocimiento científico, aspectos esenciales relativos a los factores sociales y psicológicos de la ciencia (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000a). En conclusión, se puede observar que inicialmente la NdC se entendía de una forma conservadora, centrada en la explicación de la obtención de conocimiento científico, y como la obra de Kuhn empaña esta visión señalando los factores sociales inherentes al conocimiento científico.

Como consecuencia de la falta de consenso sobre estas cuestiones, los miembros de la comunidad científica comenzaron a plantearse si es posible llegar a un acuerdo sobre los aspectos básicos de NdC que se pudiera incluir en la enseñanza de las ciencias. Este planteamiento surgió de la necesidad de transmitir una visión sobre la NdC para poder llegar a comprender las materias científicas y su desarrollo. En esta línea la literatura científica responde a través de dos corrientes:

(1) La primera defiende que no es posible alcanzar consensos mínimos sobre NdC. Como consecuencia, “lo lógico sería renunciar a abordarla en la educación científica escolar, o en el mejor de los casos, su inclusión debería hacerse de una manera muy limitada” (Vázquez et al., 2004, p. 3).

(2) Mientras que la segunda asegura que “a pesar de la complejidad señalada, es posible encontrar algunos islotes de consenso en un mar de disensos. Esta segunda posición

invita a construir una educación científica basada en los acuerdos, que permita a los estudiantes aprender algo de NdC” (Vázquez et al., 2004, p.3). A juicio de Lederman et al. (2013), muchos de los desacuerdos existentes entre filósofos, historiadores y sociólogos de la ciencia no son relevantes para la formación de los jóvenes; por lo tanto, se puede proceder a la construcción de un cuerpo de conocimientos sobre NdC basado en los consensos existentes sobre la misma y dejando a un lado los disensos que, aunque importantes, no son relevantes para en la formación básica.

Esta última corriente se ha mantenido durante los últimos 100 años como la más aceptada. Sin embargo, desde su nacimiento esta ha crecido y marcado su propia evolución atendiendo a las propias corrientes dominantes derivadas de los consensos científicos que iban ganando importancia dentro de la propia comunidad científica. En consecuencia, se procede a dejar constancia de la evolución experimentada (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000a):

Durante la primera mitad del siglo XX la conceptualización de la NdC equivalía a la comprensión del método científico. En la década de 1960 se enfatizaron las habilidades procesuales de la formación del conocimiento científico y la investigación, como pueden ser: la observación, la formulación de hipótesis, el diseño experimental, la interpretación de datos, etc. Durante la década de 1970 se contemplaron como parte de la NdC características del conocimiento científico como que este es: público, replicable, humanístico, histórico, empírico, que está sujeto a cambios, etc. A partir de 1980, bajo la influencia de Kuhn, empezaron a incorporarse factores psicológicos y sociales en la conceptualización de la NdC. Es decir, se comenzaron a contemplar cuestiones como: las implicaciones de la creatividad a la hora de realizar planteamientos e investigaciones científicas y el contexto cultural y político en el que están inmersos los científicos al realizar sus trabajos.

De este modo, se inició una nueva perspectiva de la NdC más diversa que incluye cuestiones como: qué es la ciencia; cómo es su funcionamiento interno y externo; cómo se construye el conocimiento científico y cuáles son sus características; cuáles son los métodos empleados para validar el conocimiento científico y cómo se difunde; cuáles son las características de la comunidad científica; qué valores están (o deben estar) implicados en las actividades científicas; cuáles son los vínculos entre ciencia y tecnología o como se

relacionan la ciencia y la tecnología con la sociedad (Acevedo et al., 2007a,b; Acevedo, 2008; Aikenhead, 2003; Allchin, 2004; McComas, 2002; Vázquez et al., 2004).

Esta última evolución de los contenidos consensuados para la enseñanza de la NdC se nutre del conocido movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), el cual se pasa a exponer por su influencia.

III.1.1. EL MOVIMIENTO CTS

El nacimiento de esta corriente de estudio es paralelo a los cambios producidos en las concepciones de NdC mostradas anteriormente y persigue cambiar la concepción clásica de las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad. López-Cerezo (2009) resume esta concepción clásica con una sencilla ecuación: “+ ciencia = + tecnología = + riqueza = + bienestar social” (p. 42). En otras palabras, la ciencia es capaz de producir conocimientos objetivos a partir de la aplicación honesta del método científico. Dichos conocimientos, contribuirán a crear una mejora del bienestar social solo si se respeta su autonomía. Según la concepción clásica de la ciencia, esta solamente puede contribuir al bienestar social dejando a un lado la sociedad, para así poder buscar exclusivamente la verdad (Maxwell, 1984). Desde este punto de vista, la ciencia y la tecnología se entienden como actividades neutrales que actúan en alianza para ayudar a desvelar los misterios naturales (López-Cerezo, 1998; Quintero, 2010).

Como señala López-Cerezo (2009) la expresión máxima de esta concepción clásica de la ciencia se alcanzó al final de la Segunda Guerra Mundial, cuando el optimismo y el apoyo hacia la ciencia y la tecnología eran muy intensos. El ejemplo de autonomía de la ciencia más destacado en esta época es el *Proyecto Manhattan*, aprobado para la construcción de la primera bomba atómica. En el informe “Ciencia: la frontera inalcanzable” de dicho proyecto se pueden observar las líneas que sigue la política científico-tecnológica de autonomía de la ciencia: “el bienestar nacional depende de la financiación de la ciencia básica y el desarrollo sin interferencias de la tecnología” (p. 22). Esta política condujo un incremento de la financiación de la ciencia básica que produjo la tecnología armamentística que tuvo su auge en la Guerra Fría.

En este contexto, los desastres vinculados al desarrollo científico-tecnológico aumentaron de forma alarmante: accidentes nucleares, vertidos de residuos,

envenenamientos farmacéuticos, etc. Estos desastres confirmaban la necesidad existente de revisar la política científico-tecnológica y su relación con respecto a la sociedad (López-Cerezo, 2009). De esta forma el foco de lucha cambió y los movimientos sociales y políticos comenzaron a oponerse al estado tecnocrático y a la tecnología moderna (López-Cerezo, 2009; Quintero, 2010).

Por otra parte, el cambio en la imagen de la ciencia y la tecnología en el ámbito académico se produjo en Europa durante los años 70 influenciado por la obra de Khun (1962), como ya pasó en el caso del constructo NdC. La clave de este cambio reside en la concepción de la Ciencia y la Tecnología como un “proceso o producto inherentemente social donde los elementos no técnicos (por ejemplo, valores morales, convicciones religiosas, intereses profesionales, presiones económicas, etc.) desempeñan un papel decisivo en su génesis y consolidación” (López-Cerezo, 2009, p. 23). En otras palabras, el cambio de perspectiva resalta que el desarrollo científico-tecnológico no puede centrarse en responder solamente a cómo es el mundo o cómo son las necesidades sociales, ya que estos se modifican mediante el propio desarrollo de la ciencia y la tecnología. “Se trata de entender el fenómeno científico-tecnológico en su contexto social, tanto en relación con sus condicionantes sociales como en lo que atañe a sus consecuencias sociales y ambientales” (Quintero, 2010, p. 225).

En la línea de lo expuesto, se pueden distinguir dos grandes tradiciones que se identifican con el movimiento CTS: una de origen norteamericano y otra de origen europeo.

La perspectiva norteamericana parte de las exaltaciones activistas a las que se ha hecho referencia anteriormente, pues se centra en las consecuencias sociales de las nuevas tecnologías. Esta tendencia adquiere un cierto carácter revolucionario al asociarse a movimientos de protesta social. Por consiguiente, el contexto académico de esta perspectiva esta fundamentalmente construido por las humanidades (filosofía, historia, teoría política, etc.) (López-Cerezo, 2009; Quintero, 2010).

La perspectiva europea tiene como fuente la sociología de la ciencia que parte de la interpretación de la obra de Kuhn, centrándose en el estudio de las condiciones sociales de la ciencia. De esta perspectiva nacen “el constructivismo social de Collins, la teoría de la red de actores de Latour, los estudios de reflexividad de Woolgar, etc. Desde los años 80,

estos enfoques se han aplicado también al estudio de la tecnología como proceso social” (López-Cerezo, 2009, p. 23).

Como se puede observar estas dos grandes tradiciones presentan diferencias, como las recogidas en la Tabla 1.

Tabla 1

Diferencias entre las dos grandes tradiciones del movimiento CTS

Tradición americana	Tradición europea
Institucionalización administrativa y académica en EE. UU. (en sus orígenes)	Institucionalización académica en Europa (en sus orígenes)
Énfasis en consecuencias sociales	Énfasis en los factores sociales antecedentes
Atención a la tecnología y de forma secundaria a la ciencia	Atención a la ciencia y de forma secundaria a la tecnología
Carácter práctico y valorativo	Carácter técnico y descriptivo
Marco evaluativo: ética, teoría de la educación, etc.	Marco explicativo: ciencias sociales (sociología, psicología, antropología, etc.)

Nota. Fuente: Quintero (2010, p. 228).

Sin embargo, a pesar de las diferencias destacadas, estas dos formas de entender el movimiento CTS tienen puntos en común:

- El rechazo de la imagen de la ciencia como actividad pura.
- La crítica de la concepción de la tecnología como ciencia aplicada y neutral.
- La condena de la tecnocracia, hecho que permite generar la diversificación de programas para ser encausados en procesos multidisciplinares, enfatizando en la dimensión social de la ciencia y la tecnología.
- Ambas se fundamentan en las ciencias sociales. Hacen énfasis en el método científico y los procedimientos metodológicos de análisis rigurosos.
- Desde una perspectiva educativa ambas constituyen alternativas complementarias en el proceso educativo, tratando de favorecer la conexión entre la ciencia y la realidad que vive el individuo en la sociedad. Por consiguiente, para la generación de actitudes y valores de racionalidad, tolerancia y solidaridad, es imprescindible un aprendizaje de inmediata aplicación en la vida del alumno, no sólo para el civismo democrático, sino también para la vida. (Quintero, 2010, p. 227)

Estas dos corrientes convergen en la proyección de sus estudios en tres campos diferentes: la investigación, la política y la educación (López-Cerezo, 2009; Quintero, 2010).

- En el campo de la investigación, los estudios se muestran como una alternativa a la reflexión de corte tradicional en filosofía y sociología de la ciencia, lo que fomenta una visión de la Ciencia y la Tecnología como proceso social.
- En el campo de la política, los estudios defienden la regulación pública de la Ciencia y la Tecnología, suscitando la creación de mecanismos democráticos que fomenten la apertura de los procesos de toma de decisiones con respecto asuntos científico-tecnológicos.
- En el campo de la educación, se precisa dar cabida a esta nueva imagen de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad. Como respuesta a esta nueva necesidad se han creado programas y materiales con contenido propio CTS, primero dirigidos a la enseñanza universitaria y seguidamente a secundaria.

Este último punto enlaza con la evolución de los consensos base para la enseñanza de la NdC. Retomando el hilo de lo presentado sobre NdC, se esclarece que durante la evolución del constructo NdC a finales del siglo XX se reconoce la trascendencia de mantener una perspectiva social del conocimiento científico y se empieza a atisbar la importancia de las relaciones CTS como componente del constructo NdC, y parte de los contenidos aptos para su enseñanza.

En esta línea, la realidad actual de la ciencia y la tecnología lleva a los científicos a acuñar el término tecnociencia, el cual se transfiere a la construcción del cuerpo teórico, porque este tiene sus cimientos en el “funcionamiento y operación de las tecnologías científicas (instrumentación) y las relaciones de ambas con la sociedad; esto justifica que, por analogía, se extienda también al ámbito educativo la denominación integrada de Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT)” (Vázquez et al., 2010, p. 334). Esta conceptualización recoge los aspectos necesarios para que la formación en NdCyT conduzca al desarrollo de competencias en CyT, ya que además de contemplar los conceptos y principios sobre CyT destaca los contenidos que permiten comprender cuestiones sobre el funcionamiento de la CyT (Vázquez y Manassero, 2012a).

En conclusión, la evolución de las corrientes que defienden la enseñanza de la NdC deriva en:

- (1) Una corriente tradicional que mantiene una perspectiva predominantemente epistemológica en la construcción conceptual de la NdC, o lo que según esta sería más correcto, sobre la naturaleza del conocimiento científico (Lederman et al., 2002). Esta corriente basa la conceptualización de la NdC en los consensos sobre las características del conocimiento científico.
- (2) Una corriente más holística que incluye a la tecnología dentro del constructo inicial, además de aspectos sociales, propios del movimiento CTS. De este modo la conceptualización de la NdCyT orientada a la enseñanza, se podría resumir en:

qué es CyT, su funcionamiento interno y externo, los métodos que emplea para construir, desarrollar, validar y difundir el conocimiento que produce, los valores implicados en las actividades científicas, las características de la comunidad científica, los vínculos entre ciencia y tecnología, las relaciones de la sociedad con el sistema tecno-científico y, viceversa, las aportaciones de éste a la cultura y progreso de la sociedad. (Vázquez y Manassero, 2012a, p. 4)

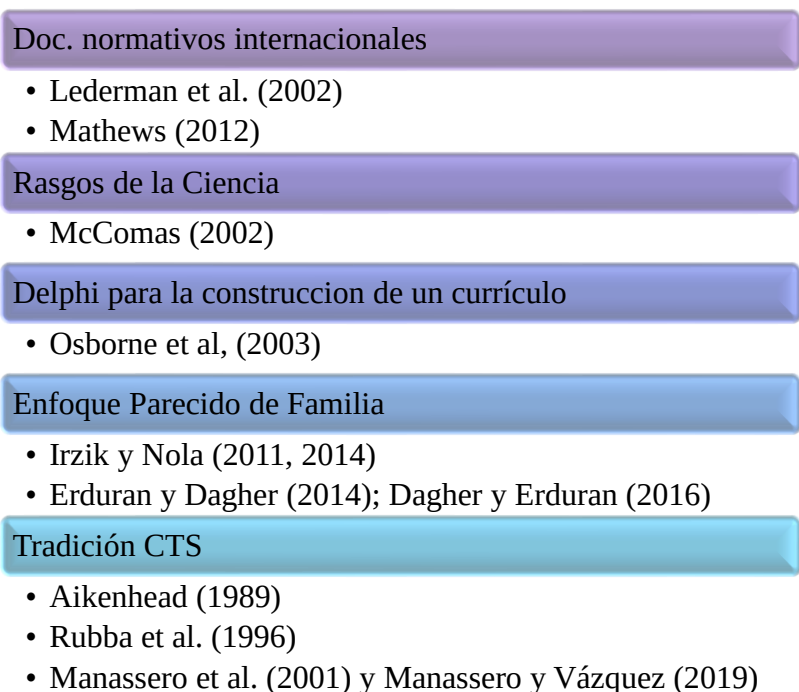
III.1.2. CONSENSOS SOBRE NdC Y NdCyT

Esclarecer los consensos que defienden los distintos autores de la literatura científica es determinante para poder seleccionar la referencia teórica a la que se va a ceñir esta investigación. En consecuencia, se presenta un esquema (ver Figura 1) que recoge los principales referentes de la literatura internacional sobre consensos en NdC que se han estudiado. Dicho esquema se desarrolla a continuación, mediante la presentación de los consensos publicados por los distintos autores. En primer lugar, se exponen los 7 consensos de Lederman et al. (2002) sobre la NdC extraídos de documentos normativos internacionales sobre enseñanza de las ciencias. En segundo lugar, se recogen los 11 principios que añade Mathews (2012) a los 7 principios de Lederman et al. (2002), basándose en los rasgos de la ciencia. En tercer lugar, se muestran los consensos definidos por McComas (2002), tomando como referencias nuevamente documentos normativos sobre enseñanza de las ciencias. En cuarto lugar, se presentan los consensos extraídos del

estudio de Osborne et al. (2003) que presenta acuerdos desde una perspectiva enfocada a la construcción del currículo. En quinto lugar, se expone el enfoque de parecido de familia abordado por Irzik y Nola (2011, 2014) y secundado por Erduran y Dagher (2014) y Dagher y Erduran (2016). A modo de cierre se recogen los resultados obtenidos en la búsqueda de consensos a partir de instrumentos de tradición CTS para la enseñanza de las ciencias como son: el *Views on Science-Technology-Society* (VOSTS) de Aikenhead (1989); el *Teacher's Belief about Science-Technology-Society* (TBASTS) elaborado por Rubba et al. (1996); y el Cuestionario de Opinión sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS) de Manassero et al. (2001) extraído y revisado en y Manassero y Vázquez (2019).

Figura 1

Esquema de referencias sobre los consensos del a NdC



Nota. Fuente: Elaboración propia

III.1.1.1. Consensos extraídos de Lederman et al. (2002)

Lederman et al. (2002) en su trabajo distinguen siete consensos sobre las características de la NdC, los cuales son:

1. Observación, inferencia y entidades teóricas en ciencias. La distinción entre observación e inferencia es básica para comprender el sentido de multitud de

entidades teóricas y términos inferenciales empleados en ciencias. Algunos de estos términos o entidades son: átomos, orbitales moleculares, especies, genes, fotones, campos magnéticos y fuerzas gravitacionales. Por tanto, se deja constancia de los acuerdos sobre qué es una observación y una inferencia.

2. Teorías científicas y leyes. Es importante dar a conocer la diferencia entre ley y teoría, debido a las falsas creencias sobre las mismas. Se tiende que existe una relación jerárquica entre teoría y ley, y que la primera puede llegar a convertirse en la segunda. Esto, además de ser falso, implica la creencia de que las leyes tienen un estatus superior a las teorías.
3. La naturaleza creativa e imaginativa de conocimiento científico. La ciencia es empírica, de modo que el desarrollo del conocimiento científico conlleva hacer observaciones de la naturaleza. Sin embargo, el proceso de creación del conocimiento científico necesita la imaginación y la creatividad humana. La ciencia implica la invención de explicaciones, lo cual requiere una gran capacidad creativa.
4. La teoría del conocimiento científico. Los científicos a lo largo de su formación adquieren unas referencias, unos conocimientos previos, unos compromisos teóricos, etc. que influyen en su práctica investigadora. En muchas ocasiones, dichas influencias son compartidas por varios miembros de la comunidad científica. En consecuencia, la ciencia nunca parte de observaciones neutrales, sino que estas observaciones siempre están motivadas por una perspectiva teórica, que además posteriormente influye en la interpretación de dichas observaciones.
5. La integración social y cultural del conocimiento científico. La ciencia como actividad humana se ve afectada por los diversos elementos intelectuales y sociales de la cultura en la que está inmersa. Entre estos elementos se destacan: el tejido social, la política, los factores socioeconómicos, la filosofía, la religión, etc.
6. El método científico. La creencia de que la ciencia solamente emplea un único e invariable método científico ha sido uno de los conceptos erróneos más difundidos. Dicha creencia, potencia el mito de la existencia de un procedimiento con pasos regulados que garantiza la consecución de un conocimiento verdadero. Es cierto que en ciencia existen procedimientos comunes a distintos métodos científicos: observación, comparación, medida, especulación, formulación de hipótesis, creación

de ideas, construcción de teorías, etc. Sin embargo, no existe una secuencia fija e infalible que permita llegar a soluciones o respuestas válidas.

7. La naturaleza provisional del conocimiento científico. El conocimiento científico, aunque procura ser confiable y duradero nunca es absoluto. El conocimiento científico y sus leyes y teorías están sujetos a cambios. Las afirmaciones científicas que en un momento se consideran legítimas cambian a medida que se encuentran nuevas pruebas, entonces las nuevas circunstancias se reinterpretan llevando a cambios en el conocimiento científico.

III.1.1.2. Ampliación de los consensos de Lederman et al. (2002) por Mathews (2012)

Mathews (2012) establece que la propuesta de siete consensos básicos de Lederman et al. (2002) no debe ser tratada como una serie de “mandamientos” para que la población memorice, sino que son unas características sobre la ciencia que hay que tener presentes y sobre las que se debe reflexionar, incluso más en profundidad de lo que establece Lederman et al. (2002). Este autor además expone que existen otras cuestiones significativas y accesibles a los estudiantes y la ciudadanía sobre las que hay consenso y que, por tanto, deben tenerse en cuenta como, la experimentación; la idealización; los modelos; valores y cuestiones socio-científicas; matemáticas; tecnología; explicación cosmovisión y religión; elección de teorías y racionalidad, y feminismo, realismo y constructivismo.

III.1.1.3. Consensos extraídos de McComas (2002)

McComas (2002) analiza ocho documentos normativos de países como EEUU, Nueva Zelanda, Inglaterra o Canadá, en función de cuatro categorías relacionadas con la NdC (filosofía, sociología, psicología e historia de la ciencia) y señala si dichos documentos poseen estándares relacionados con las categorías expuestas o no. De esta forma, elabora una lista con 14 factores presentes en al menos seis de los ocho documentos analizados. Por último, añade dos ítems más a la lista exponiendo que, aunque no están presentes en todos los documentos, es preciso tenerlos en cuenta por su trascendencia.

– Filosofía:

1. El conocimiento científico tiene carácter provisional, aunque es duradero.

2. El conocimiento científico se basa fundamentalmente, pero no por completo, en observación, pruebas empíricas, argumentos racionales y escepticismo.
 3. No hay ningún método científico universal, puesto que no existe una sola manera de hacer ciencia.
 4. La ciencia es un intento de explicar los fenómenos naturales.
 5. Las leyes y teorías desempeñan papeles diferentes en la ciencia. Conocer el vocabulario científico y diferenciarlo es vital para no llegar a creencias erróneas.
- Sociología:
 6. Las personas de todas las culturas contribuyen a la ciencia.
 7. El conocimiento nuevo debe comunicarse clara y abiertamente.
 8. Los científicos exigen disponer de registros exactos, someterse a la revisión por pares y la posibilidad de replicar los resultados.
 16. Los científicos toman decisiones éticas.
 - Psicología:
 9. Las observaciones científicas están cargadas de teoría.
 10. Los científicos son creativos.
 - Historia:
 11. La historia de la ciencia revela a la vez un carácter evolutivo y revolucionario.
 12. La ciencia es parte de las tradiciones sociales y culturales.
 13. La ciencia y la tecnología interactúan entre sí.
 14. Las ideas científicas están influidas por su entorno histórico y social.
 15. La ciencia tiene implicaciones globales.

III.1.1.4. Consensos extraídos por Osborne et al. (2003) para la construcción de un currículo con contenidos NdC

Osborne et al. (2003) realizaron un estudio Delphi de tres rondas. Este estudio tiene como objetivo que los 23 expertos participantes llegasen a consensos sobre qué cuestiones sobre NdC había que enseñar. Los consensos extraídos en los resultados de la tercera ronda se seleccionaron por formar acuerdo entre 14 de los 23 participantes y por obtener al menos

un 4 de 5 en una escala que puntuaba la relevancia de la temática. Estos consensos inicialmente eran nueve a los que se les añadió dos más por su relación con los primeros y su importancia en la enseñanza de las ciencias. A continuación, se exponen los contenidos a trabajar en el currículo acordados por Osborne et al. (2003).

- Métodos científicos y comprobación crítica: Los discentes deben comprender que la ciencia es un método experimental para probar las ideas y en especial ciertas técnicas como el control de variables. Además, el resultado de un único experimento en pocas ocasiones es suficiente para establecer un nuevo conocimiento.
- Creatividad: Es preciso entender que la ciencia es una actividad que implica creatividad e imaginación, como ocurre diversas actividades humanas. Algunas ideas científicas son logros intelectuales extraordinarios. Los científicos, al igual que otros profesionales, son personas apasionadas que están comprometidos con su trabajo y se mantienen inspirados e imaginativos.
- Desarrollo histórico del conocimiento científico: Es necesario que los estudiantes conozcan los antecedentes históricos del desarrollo del conocimiento científico.
- Ciencia y curiosidad: Un aspecto importante a conocer del trabajo científico es el proceso cíclico y continuo de hacer preguntas y buscar respuestas, las cuales a su vez conducen a nuevas preguntas. Este proceso conduce al desarrollo de nuevas teorías y técnicas científicas, las cuales se prueban empíricamente.
- Diversidad del pensamiento científico: La ciencia utiliza varios métodos y enfoques. Es preciso que el alumnado sepa que no existe un único método científico.
- Análisis e interpretación de datos: La práctica científica implica habilidad para el análisis y la interpretación de datos. Los estudiantes deben comprender que el conocimiento científico no surge simplemente de los datos, sino que deriva de un proceso de construcción teórica que se basa en la interpretación, lo que requiere habilidades sofisticadas. En consecuencia, es posible y legítimo que los científicos lleguen a diferentes interpretaciones de los mismos datos y que, por tanto, discrepen.

- Ciencia y certeza: Gran parte del conocimiento científico, particularmente el que se incluye en la ciencia escolar, está bien establecido y no genera dudas razonables. Sin embargo, es imperativo que no se olvide que el conocimiento científico actual es el mejor que tenemos, pero puede estar sujeto a cambios en el futuro, si se obtuvieran nuevas pruebas o interpretaciones de las ya existentes.
- Hipótesis y predicción: El alumnado debe comprender como los científicos desarrollan hipótesis y predicciones de los fenómenos naturales y la importancia de este proceso para el desarrollo de nuevos conocimientos.
- Cooperación y colaboración en el desarrollo del conocimiento científico: Es imprescindible hacer ver al alumnado que el trabajo científico es una actividad cooperativa que engloba una comunidad. A pesar de que algunos individuos pueden hacer contribuciones significativas, el trabajo científico se realiza a menudo en grupo y frecuentemente estos tienen un carácter multidisciplinar e internacional. Los nuevos conocimientos generalmente se comparten, pero antes deben superar un proceso de revisión por pares para que sean aceptados por la comunidad científica.
- Dimensiones morales y éticas del desarrollo del conocimiento científico: Es preciso transmitir como las decisiones en la aplicación del conocimiento y las técnicas científicas no son neutrales y, por tanto, pueden entrar en conflicto con los valores morales y éticos de distintos grupos sociales.
- Ciencia y Tecnología: Se pretende que los discentes comprendan que, aunque ciencia y tecnología son diferentes, cada vez son más interdependientes. Nuevos descubrimientos científicos dependen de las nuevas tecnologías y los avances en ciencia permiten nuevas tecnologías.

III.1.1.5. Perspectiva del enfoque de parecido de familia por Irzik y Nola (2011, 2014) y Erduran y Dagher (2014)

La perspectiva del enfoque de parecido de familia parte de que la ciencia es rica y dinámica, así como de que las distintas disciplinas científicas son tan variadas que no existe un conjunto de características que sea común a todas ellas. El desafío, por tanto, es cómo

hacer justicia a la riqueza de la ciencia, su carácter dinámico y la variedad de disciplinas científicas.

Si se sigue el acuerdo de consensos expuesto por Lederman et al. (2002) se debe enseñar a los estudiantes aquellos acuerdos o características ampliamente aceptadas en los documentos de estándares de ciencias y/o en la filosofía, historia y sociología de la ciencia. Dichos consensos son los aspectos menos controvertidos de la NdC y permitirían proporcionar una comprensión general de la NdC accesible para la escuela. Sin embargo, Irzik y Nola (2011, 2014), aunque no ponen objeciones a los consensos propuestos por Lederman et al. (2002) (siempre que los elementos que contienen sean entendidos correctamente) creen que su visión tiene ciertas deficiencias y debilidades. Con el fin de solucionar estas, los autores proponen el modelo de parecido de familia.

A juicio de Irzik y Nola (2011, 2014), la idea básica de una definición de semejanza familiar parte de que los miembros de una familia pueden parecerse entre sí en algunos aspectos, pero no en otros. En el caso concreto de la ciencia, hay características comunes entre distintas disciplinas que no son contempladas en otras. Existen algunas características centrales que las ciencias comparten como, por ejemplo, la recopilación de datos y la realización de inferencias. Sin embargo, estas características no son suficientes para definir una disciplina científica. Son el resto de las características que acompañan a la observación e inferencia las que permiten definir una disciplina científica.

En consecuencia, la idea de parecido de familia parte de que no son las características comunes entre las distintas ciencias lo que se ha de señalar, sino las formas en que cada una de las ciencias es similar o diferente, construyendo desde cero conjuntos de características politécnicas para cada ciencia individual. En esta línea, los autores establecen que la ciencia es multifacética y vocacional e implica: procesos de investigación; conocimiento científico (con rasgos específicos); métodos objetivos y valores; y aspectos sociales, históricos y éticos; pero además tiene una dimensión económica con importantes repercusiones.

Con el fin de unificar estos rasgos de la ciencia, entendiéndolos de forma global, Irzik y Nola (2014) proponen entender la ciencia como dos sistemas. El primero sería la ciencia como sistema epistémico-cognitivo y el segundo sería la ciencia como sistema social-institucional (*science as a social-institutional system*). Estos dos sistemas a su vez se

dividen en las categorías expuestas a continuación que como se puede observar no se concretan demasiado para dejar espacio a las particularidades de las distintas ciencias:

El sistema epistémico-cognitivo se centra en explicar los procesos de investigación, el conocimiento científico y los métodos objetivos y valores en las ciencias.

1. Procesos de consulta. Este procedimiento incluye cuestiones como el diseño experimental, la realización de observaciones, el planteamiento de hipótesis, la recopilación de datos, la elaboración de teorías y modelos, etc.
2. Objetivos y valores. Esta categoría abarca elementos como la predicción, la explicación, la consistencia o la viabilidad científica.
3. Métodos y reglas metodológicas. A lo largo de los siglos se han presentado diferentes métodos científicos con planteamientos deductivos o inductivos. Esto responde a la idea de reconocer una serie de reglas metodológicas para tener en cuenta a la hora de hacer ciencia. Estas construcciones son un conjunto idealizado de un proceso, aunque es cierto que a partir de ellas se puede percibir parte de la esencia del proceso. No obstante, es necesario señalar que no siempre todas las reglas o pasos del método tienen porqué seguirse al pie de la letra, existen razones altamente justificadas para poder abandonarlas.
4. Conocimiento científico. Los procesos de investigación cuando culminan llegan a formar un producto. Estos productos contemplan leyes, teorías modelos, informes, etc.

El sistema social-institucional. Según el movimiento CTS, se puede observar como la ciencia engloba una comunidad cooperativa, a la par que competitiva, que tiene su propio sistema de reglas sociales y de certificación y difusión del conocimiento.

5. Actividades profesionales. Los científicos además de su actividad investigadora realizan otras actividades como: presentar sus hallazgos, revisar los manuscritos de otros, solicitar subvenciones para proyectos, etc.
6. La ética científica. La ciencia emite sus propias normas éticas a las cuales los miembros de la comunidad científica deben ajustarse. Algunas de estas normas pueden ser: integridad intelectual; respeto a los sujetos de investigación y al medio ambiente; libertad para realizar investigaciones; apertura a debates críticos y compartir ideas; etc. Muchas comunidades científicas exponen los criterios

científicos a los que se adhieren y estas comunidades se aseguran de sancionar y procurar evitar que sus científicos muestren conductas impropias.

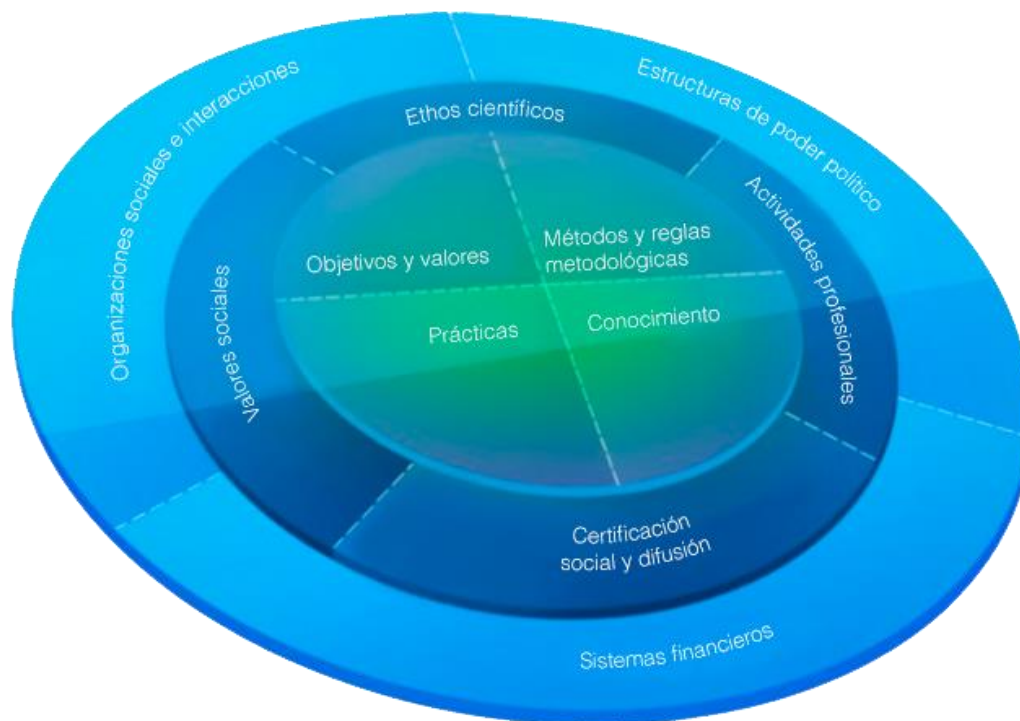
7. La certificación social y la difusión del conocimiento científico. Cuando un equipo de investigación concluye su trabajo, este es revisado por pares ciegos que comprueban la rigurosidad del estudio y dan el visto bueno para que sea publicado y accesible para el resto de la comunidad científica. Esto es un sistema de calidad social basado en la comunidad.
8. Valores sociales de la ciencia. Algunos de estos valores sociales pueden ser: el respeto por el medio; la utilidad social del conocimiento científico; la mejora de la calidad de vida y la salud; la contribución al desarrollo económico; etc.

Por otra parte, Dagher y Erduran (2016) completan las categorías que conforman el modelo de parecido de familia de Irzik y Nola (2014) añadiendo tres nuevas categorías: organizaciones e interacciones sociales; estructuras de poder político, y sistemas financieros. A juicio de Dagher y Erduran estos componentes son importantes “porque impactan en cómo se hace la ciencia y abordan aspectos del trabajo científico, puesto que este está influenciado por la sociedad y la cultura” (2016, p. 156). Estas nuevas categorías describen: la situación laboral de los investigadores y sus relaciones con la industria; las formas de poder y su forma de afrontar cuestiones como el género; y la gestión de las prioridades en investigación, abordadas desde la relación de la CyT con la economía.

Finalmente, Dagher y Erduran (2016) muestran cómo se relacionan las categorías que conforman el modelo e integran los sistemas propuestos por Irzik y Nola (2014) y las tres añadidas por ellos mismos en la Figura 2. Esta figura refleja la fluidez de la ciencia entre sistemas y categorías mediante el uso de líneas abiertas, pues pretende mostrar una visión completa de la ciencia, donde su núcleo cognitivo-epistémico es arropado por la sociedad, la cultura y la economía que lo influye.

Figura 2

Rueda del modelo de parecido de familia representando la ciencia como un sistema cognitivo-epistémico y social-institucional



Nota. Fuente: Erduran y Dagner (2014, p.28). Traducido.

En conclusión, tras la exposición se puede comprobar que el modelo de parecido de familia coincide con la propuesta de consenso de Lederman et al (2002) en su núcleo, pero su planteamiento y razonamiento va más allá y contempla las distintas disciplinas científicas y el dinamismo de la ciencia, desde un punto de vista global que incluye la sociología de la ciencia.

III.1.1.6. Consensos extraídos de la tradición CTS por Aikenhead (1989), Rubba et al. (1996) y Manassero et al. (2001) actualizado en Manassero y Vázquez (2019).

El movimiento CTS y su forma holística de entender el concepto NdCyT abarca multitud de contenidos consensuados. Estos consensos se han establecido mediante el análisis de las respuestas de expertos a cuestionarios como el VOSTS de Aikenhead (1989) TBASTS de Rubba et al. (1996) y el COCTS de Manassero et al. (2001), extracción revisada en Manassero y Vázquez (2019). En este caso se van a plasmar los consensos extraídos del COSTS, puesto que este se basa en los otros dos instrumentos. De esta forma

se pasan a exponer nueve temáticas principales sobre las que hay consenso distribuidas en cuatro categorías elementales sobre NdCyT.

- Definiciones de ciencia y tecnología:
 - 1. Ciencia y Tecnología: definición de ciencia, definición de tecnología, diferencias y relaciones entre CyT, investigación; desarrollo e innovación (I+D+I) e ideas sobre tecnociencia.
- Epistemología:
 - 2. Naturaleza del conocimiento científico: observaciones e inferencias; modelos científicos; esquemas de clasificación; cargado de teoría, pero con base empírica; tentativo, pero fiable; objetivo mediante la intersubjetividad dentro de la comunidad científica; precisión e incertidumbre; provisional; matematización; estatus de hipótesis, teorías y leyes; aproximación a las investigaciones; razonamiento lógico; creatividad e imaginación; pluralismo metodológico; supuestos de la ciencia; paradigmas y coherencia conceptual; serendipia y error; simplicidad, elegancia y belleza.
- Sociología interna de la ciencia:
 - 3. Características de los científicos: sentimientos, intereses y motivaciones; valores y normas; moral y ética; ideologías; capacidades; visiones del mundo y creencias religiosas; género y feminismo.
 - 4. Construcción social del conocimiento científico: colectivización; decisiones científicas; grupos de trabajo; comunicación profesional; competencias profesionales; actividades profesionales; toma de decisiones; comunicación profesional; revisiones por pares; interacciones sociales; influencia nacional y local; ciencia privada y ciencia pública.
 - 5. Construcción social de la tecnología: decisiones tecnológicas; autonomía de la tecnología.
- Sociología externa de la ciencia:
 - 6. Influencia de la Sociedad sobre la Ciencia y la Tecnología: estructuras de poder político y factual (gobierno, industria, ejército y lobbies); ética; instituciones educativas; influencia en científicos y tecnólogos; financiación de la ciencia.

7. Influencia triádica: interacción CTS.

8. Influencia de la Ciencia y la Tecnología sobre la Sociedad: organizaciones e interacciones sociales; responsabilidad social; decisiones sociales; problemas sociales; resolución de cuestiones sociales; contribución al bienestar económico, el poder militar y el pensamiento social.

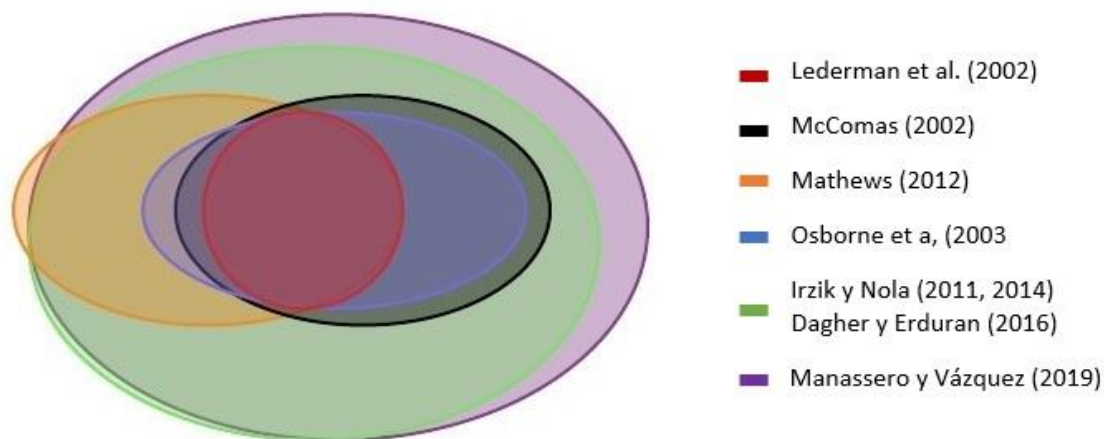
9. Influencia de la Ciencia Escolar sobre la Sociedad: características de la ciencia escolar; unión de las culturas humanística y científica; ciencia ciudadana. divulgación social de la ciencia y empoderamiento social.

III.1.1.7. Perspectiva de consenso y enfoque en el que se inspira el estudio

Una vez presentadas las principales corrientes de consensos, se pasa a analizar los puntos en común entre estas. Para ello, en primer lugar, se presenta un Diagrama de Venn (ver Figura 3) donde se puede observar que los siete postulados de Lederman et al. (2002) son comunes al resto de las corrientes. Del mismo modo se aprecia que los consensos expuestos por Manassero y Vázquez (2019), e Irzik y Nola (2014) y Dagher y Erduran (2016) engloban casi por completo a el resto de los consensos propuestos; y que los consensos de Osborne et al. (2003) se aproximan más a la línea expuesta por McComas (2002), quedando los puntos añadidos a Lederman et al. (2002) por Mathew (2012) como no común a estos autores.

Figura 3

Diagrama de Venn. Comparación de consensos sobre NdC

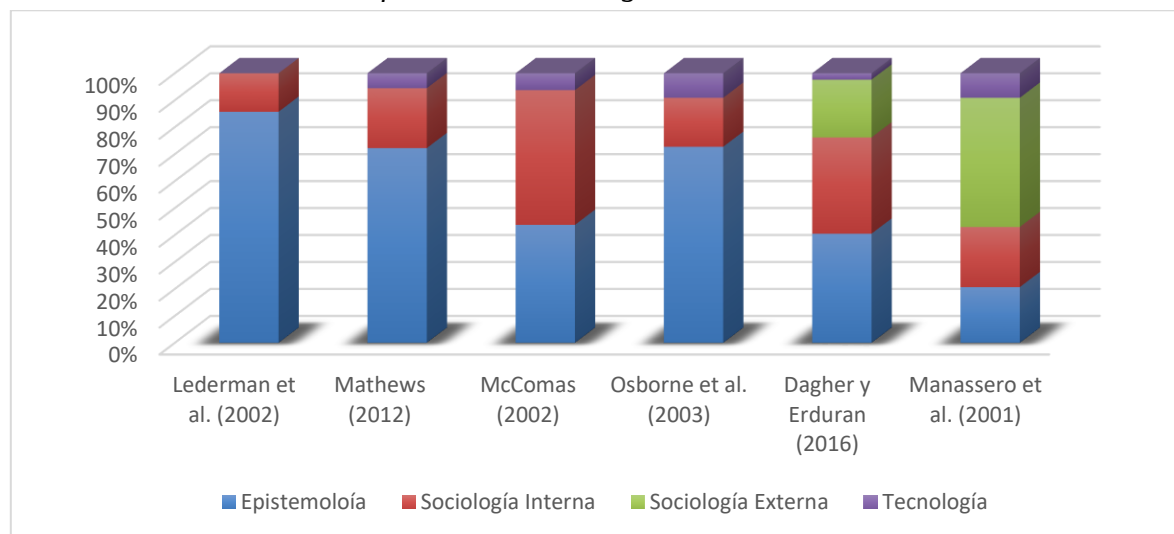


Nota. Fuente: Erduran y Dagner (2014, p.28). Traducido.

Asimismo, se considera interesante analizar el porcentaje de consensos que los autores emiten según las categorías que muchos de estos autores prefijan. Con este fin se elabora la Figura 4, para la cual se han seleccionado cuatro categorías (epistemología, sociología interna de la ciencia, sociología externa de la ciencia y tecnología) y se han clasificados los consensos expuestos por los distintos autores en función de las mismas.

Figura 4

Consenso de los autores en función de las categorías de NdC



Nota. Fuente: Elaboración propia

De esta forma, se puede apreciar como: los consensos expuestos por Lerderman et al. (2002) son predominantemente epistémicos; el añadido a estos que hace Mathew (2012) incluye algún elemento más propio de la sociología interna y externa de la ciencia, tendencia que se mantiene con un incremento en los consensos de McComas (2002) y Osborne et al. (2003). Es en los acuerdos propuestos Manassero et al. (2001) actualizados en Manassero y Vázquez (2019) e Irzik y Nola (2014) completado por Dagher y Erduran (2016), donde se aprecian las cuatro categorías. En estos se puede ver como el modelo de parecido de familia mantiene una visión más o menos equilibrada de tres de las categorías dejando muy limitada la categoría de tecnología. Mientras, en los consensos propuestos por Manassero y Vázquez (2019) se aprecia un alto porcentaje de consensos en sociología externa de la ciencia que puede inducir a una interpretación errónea del equilibrio en la distribución de consensos por categorías. Esto se debe a que los autores incluyen las relaciones CTS en esta categoría (sociología externa de la ciencia), puesto que en dichas

relaciones la tecnología tiene también un papel importante. De esta forma se entiende que, sí existe un equilibrio en la proporción de consensos por categorías, pero también se aprecia como estos autores resaltan la importancia de la sociología externa de la ciencia y su inclusión en la ciencia escolar.

Este trabajo de investigación va a seleccionar como punto de referencia teórica los consensos expuestos por Manassero y Vázquez (2019), debido a la importancia que otorgan a la sociología interna y externa de la ciencia, en especial por sus consensos en las subcategorías de influencia de la CyT en la sociedad y construcción social de la tecnología, ya que estos son los elementos en los que se va a centrar este trabajo.

III.2. LAS NUEVAS NECESIDADES DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS: LA IMPORTANCIA DE LA NdCYT EN EL CURRÍCULO DE EDUCACIÓN OBLIGATORIA

Lo más habitual en la enseñanza de las ciencias es encontrar currículos donde se plantea una enseñanza científico-tecnológica tradicional, enfocada a los contenidos conceptuales que no contempla la formación sobre la propia esencia de la ciencia y la tecnología (Acevedo, et al., 2007a; Vázquez et al., 2004). Esto produce una enseñanza tipificada, marcada por estereotipos, con un carácter dogmático (Fernández et al., 2003). En consecuencia, como sostienen Acevedo et al, (2007a)

La importancia curricular de la NdC es cada vez más apreciada por quienes diseñan una educación científica para el siglo XXI. Hoy en día diversos países (Australia, Canadá, EE.UU., Nueva Zelanda, Reino Unido, etc.) incluyen explícitamente la enseñanza de la NdC en sus currículos de ciencias reformados [...] y muchos más lo hacen de manera parcial o implícita. (p. 43)

A continuación, se recogen una serie de razones que demuestran la importancia de incluir la NdCyT en el currículo de educación obligatoria a partir de dos principios básicos: un principio de alfabetización y otro lógico (Acevedo, 2008; Erduran y Dagher, 2014; de Pro, 2003; Pujalte et al., 2014). El principio de alfabetización se debe al reconocimiento de que la NdCyT es fundamental para la alfabetización científica. El principio lógico se refiere a la coherencia; si no se comprende la NdCyT la educación científica se basaría en la

memorización de contenidos y leyes descontextualizadas y carentes de sentido (Bennássar et al., 2010). Así pues, a continuación, se presentan las razones que muestran la importancia de incluir la NdCyT en la educación obligatoria:

- La sociedad actual está marcada por un alto desarrollo científico y tecnológico, lo que hace necesario que se comprenda la NdCyT para poder desenvolverse en ella. Esto se debe a que la comprensión de la NdCyT es necesaria para que las personas perciban el sentido de la ciencia y puedan comprender los objetos y procesos científico-tecnológicos que se desarrollan en la actualidad.
- Es importante para la ciudadanía democrática poseer conocimientos sobre NdCyT, ya que esto les permite tomar decisiones fundamentadas sobre cuestiones científico-tecnológicas y su repercusión en la sociedad.
- El conocimiento sobre NdCyT permite apreciar la ciencia como un elemento destacable de la cultura contemporánea.
- Es necesario que la población sea consciente de la necesidad de conservar el medio y de las posibilidades que ofrecen la ciencia y la tecnología para llegar a un desarrollo sostenible.
- Los conocimientos sobre NdCyT pueden ser aplicados a la vida cotidiana y a la toma de decisiones sociales y personales.
- Una mayor comprensión de los contenidos de NdCyT permite mejorar el aprendizaje de otros contenidos científicos y favorece una evolución conceptual.
- Los conocimientos sobre NdCyT permiten a la ciudadanía comprender aspectos de la ciencia, así como utilizar elementos tecnológicos en la vida diaria.
- Adquirir unos conocimientos básicos sobre la NdCyT permite comprender las normas y valores de la comunidad tecno-científica, los cuales incorporan compromisos morales que son de valor general.

En esta línea, los primeros elementos en sumarse a los planteamientos curriculares son aquellos relacionados con aspectos epistémicos centrados en comprender los valores y procesos de generación del conocimiento científico (Driver et al., 1996; Hodson, 1988; Matthews, 1994; Millar y Osborne, 1998; Ryan y Aikenhead, 1992).

Años después, algunos autores abogan por incluir ciertos aspectos no epistémicos en los currículos. El propio Osborne en el estudio Delphi (2003), presentado anteriormente

(ver epígrafe III.1.1.4.), o Abd-El-Khalick (2012, recogido en Acevedo et al., 2017), quien propone incluir aspectos tales como el desarrollo colectivo del conocimiento científico; la normativa identificable a la que se rigen las instituciones científicas; y la consecución de objetividad en la ciencia a partir de procesos de intersubjetividad. Sin embargo, hay otras perspectivas, como las derivadas de la corriente CTS, que presentan propuestas que señalan muchos más aspectos no epistémicos a incluir (Acevedo y García-Carmona, 2016; Acevedo et al. 2017; Manassero y Vázquez 2019; Vázquez et al., 2007b).

No obstante, y a pesar de todas las razones expuestas y la inclusión de estos contenidos en currículos de otros países, en España los contenidos relativos a la NdCyT están muy lejos de establecerse como un elemento clave para la alfabetización científica (Acevedo, 2010; Acevedo et al., 2017; Banet, 2010). Esto se hace evidente analizando el currículo y viendo el predominio de contenidos tradicionales. Por consiguiente, se pasan a analizar los contenidos propios de la NdCyT incluidos en el Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria.

El primer punto para analizar es que estos elementos no se encuentran reflejados como contenidos, sino que es en el apartado de estándares de aprendizaje evaluables, donde se observan referencias relacionadas con los contenidos de NdCyT. Esto denota la escasa importancia que dan a estos contenidos en la redacción del documento. En concreto, se pasan a citar las referencias encontradas en dichos estándares de aprendizaje

En el bloque 1 del área de Ciencias de la Naturaleza “iniciación a la actividad científica” encontramos:

(1.2) Utiliza medios propios de la observación. (1.4) Desarrolla estrategias adecuadas para acceder a la información de los textos de carácter científico. (5.1) Realiza experiencias sencillas y pequeñas investigaciones: planteando problemas, enunciando hipótesis, seleccionando el material necesario, realizando, extrayendo conclusiones, y comunicando los resultados. (Real Decreto 126/2014 p. 19367)

En la redacción de los elementos curriculares de otros bloques de contenidos de esta misma área se menciona de soslayos conceptos relacionables con elementos cercanos a la sociología externa de la ciencia. Más concretamente se mencionan temáticas relacionadas con los efectos del impacto social o los beneficios de los que se nutre la sociedad derivados de la ciencia y la tecnología, como muestran los siguientes ejemplos:

Observa, identifica y describe algunos avances de la ciencia que mejoran la salud (medicina, producción y conservación de alimentos, potabilización del agua, etc.). Identifica y explica los beneficios y riesgos relacionados con la utilización de la energía: agotamiento, lluvia ácida, radiactividad, exponiendo posibles actuaciones para un desarrollo sostenible. Observa e identifica alguna de las aplicaciones de las máquinas y aparatos, y su utilidad para facilitar las actividades humanas. Valora y describe la influencia del desarrollo tecnológico en las condiciones de vida y en el trabajo. (Real Decreto 126/2014 p. 19368-19371)

Como acabamos de observar, en dicho decreto los contenidos relativos a la NdCyT se concentran fundamentalmente en el primer bloque de contenidos presentado para el área de Ciencias de la Naturaleza. Este bloque se describe como un bloque “de contenidos comunes [...] en el que se incluyen los procedimientos, actitudes y valores relacionados con el resto de los bloques que, dado su carácter transversal, deben desarrollarse de una manera integrada” (p. 19366).

Desde la autoría de esta tesis compartimos que estos contenidos que promueven la comprensión de la propia esencia de la ciencia y la tecnología deberían ser transversales, pues son el resto de los contenidos los que se deben entender desde esta perspectiva, además de ser una base para trabajar los consensos relativos a la NdCyT. Asimismo, queremos destacar que la forma de presentar estos contenidos, al aparecer ligados a los estándares de aprendizaje, obliga a su inclusión en las programaciones escolares, así como a su correspondiente evaluación y calificación.

Sin embargo, a pesar de esta esperanzadora descripción, tal y como se ha mostrado, los contenidos de NdCyT a los que se hace referencia son muy escasos y solamente contemplan una ligera aproximación a elementos asociados a la epistemología de la ciencia y algunos impactos y repercusiones de la ciencia y la tecnología en la sociedad, pero no se hace una mención específica a la necesaria reflexión y comprensión de estos. Es decir, se comete el mismo error en el currículo de Educación Primaria que el detectado por Acebedo et al. (2017) en el currículo de Educación Secundaria: “la gran mayoría de los criterios y estándares propuestos [...] se refieren a competencias para la indagación científica (más bien se trata de procedimientos de la ciencia), pero no sobre la comprensión de las características de la indagación científica” (p. 10).

Conforme a lo expuesto, desde la autoría de la tesis entiende que los contenidos abarcados en el currículo de Educación Primaria sobre NdCyT son insuficientes y que la redacción de los mismos es imprecisa. No obstante, reconocemos que los contenidos presentados por la legislación vigente sí permiten un tratamiento legítimo de temas propios de la NdCyT y que, como hemos presentado a lo largo del capítulo, el tratamiento de dichos contenidos generaría una ciencia en contexto no desvirtuada y falaz (Acevedo, et al., 2007a; Acevedo y García-Carmona, 2016; Acevedo et al, 2017; Manassero y Vázquez, 2019; Vázquez et al., 2004; Vázquez et al., 2007b). En consecuencia, desde esta tesis se aboga por incluir como contenidos curriculares cuestiones relativas a la NdCyT en todos sus ámbitos (definición de ciencia y tecnología, epistemología, sociología interna y sociología externa), por supuesto, adaptados al nivel psicoevolutivo del alumnado.

III.3. LAS DIFICULTADES DE LA IMPLANTACIÓN DE LA NdCyT

Uno de los problemas relacionados con la inclusión de los contenidos de NdCyT en los currículos de ciencias se ha ido tratando a lo largo del capítulo, pues se corresponde con los acuerdos sobre la NdCyT, así como sobre qué temas son más aceptados y necesarios para la comprensión de la esencia de la ciencia (Vázquez et al., 2004). Sin embargo, no es el único ni el más difícil de abordar, pues hay otros igual de relevantes. Como indica la literatura científica (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000a; Acevedo, 2008; Acevedo et al., 2017; Acevedo y García-Carmona, 2016; Lederman, 1992; Rubba y Harkness, 1993; Vázquez et al., 2013), otro de los problemas básicos de la inclusión de la NdCyT en el currículo es la formación sobre la propia NdCyT de los docentes de ciencias, las dificultades para evaluar el aprendizaje sobre NdCyT o la propia destreza cognitiva de los estudiantes (Vázquez y Manassero, 2018).

Sobre este último problema Vázquez y Manassero (2018) ponen en manifiesto que los estudiantes no comprenden el valor de las pruebas empíricas en la construcción del conocimiento, lo cual estos autores vinculan directamente con el escaso desarrollo de destrezas de pensamiento superior por parte del estudiantado. De este modo, se resalta que el alumnado tiene dificultades adicionales en la comprensión de cuestiones de NdCyT al no haber desarrollado sus capacidades de pensamiento superior lo suficiente como para comprender conceptos complejos con cierto nivel de abstracción y escasa estética como

los que alberga la NdCyT. En esta línea, otros estudios resaltan como la influencia de una formación eficiente en la aplicación de estrategias metacognitivas es beneficiosa para la mejora de las nociones sobre NdCyT (Abd-El-Khalick y Akerson, 2004, 2009; Peters et al., 2007; Scheid y Chin, 2009).

III.3.1. LOS DOCENTES DE CIENCIAS Y LA ENSEÑANZA DE LA NdCyT

Como se ha señalado a lo largo del capítulo, la complejidad asociada a la NdC y la NdCyT deriva en que muchos docentes desconozcan parte de sus contenidos e incluso en que mantengan creencias erróneas adquiridas de los mitos extendidos culturalmente o del propio carácter dinámico de este constructo (Vázquez et al., 2004). Por consiguiente, la limitada comprensión que los docentes de los distintos niveles tienen debe paliarse con una formación.

La literatura informa que la comprensión del profesorado puede mejorarse si se programan cursos de formación que aborden: a) Las características de la actividad científica (naturaleza empírica de la ciencia, métodos e investigación científica, modelización, relaciones CTS, etc.). b) Las situaciones de controversia originadas en la construcción del conocimiento científico. c) Los aspectos relativos a la historia y la filosofía de la ciencia. La efectividad de estos cursos de formación se ve incrementada, además, cuando el profesorado asume una actitud reflexiva durante el proceso formativo (Hanuscin et al., 2006; Acevedo, 2009b). (Benasar, et al., 2010, p.22-23).

Sin embargo, estas formaciones deben contribuir a la superación de los principales obstáculos asociados a la implementación de la NdCyT en las aulas, como son (Benasar, et al., 2010; Acevedo et al., 2017):

- Entender la NdCyT como una capacidad asociada al conocimiento científico carente de contenidos curriculares que trabajar y evaluar.
- Muchos docentes estiman que abarcar todos los contenidos declarativos (conceptos, principios científicos, hechos...) que recoge el currículo es una tarea para la que no disponen de tiempo en el curso escolar, por lo que dedicar un espacio a este tipo de innovaciones didácticas no es asumible.

- Superar la visión de que la ciencia es especialmente objetiva y está libre de valoraciones subjetivas.
- Desconocimiento de la justificación de la incorporación de la NdC en los contextos educativos y su papel en el desarrollo de una alfabetización científica.
- Escasa inclusión de contenidos de NdC en las pruebas externas, lo que otorga menor importancia al contenido desde el punto de vista de muchos docentes.
- Alcanzar un conocimiento profundo del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) de los contenidos en ciencias y en particular de los contenidos de NdC (CDC-NdC).
- Falta de formación y desconocimiento de los enfoques didácticos, estrategias, materiales didácticos y métodos de evaluación para la enseñanza de la NdC.
- Falta de confianza y experiencia para programar e implementar estos contenidos en el aula.
- Entender que la NdC es igual a la indagación científica e identificar la enseñanza de esta última con la enseñanza de la NdC.
- Escasa capacidad para realizar conexiones entre los contenidos de ciencias experimentales y los distintos aspectos de NdC.

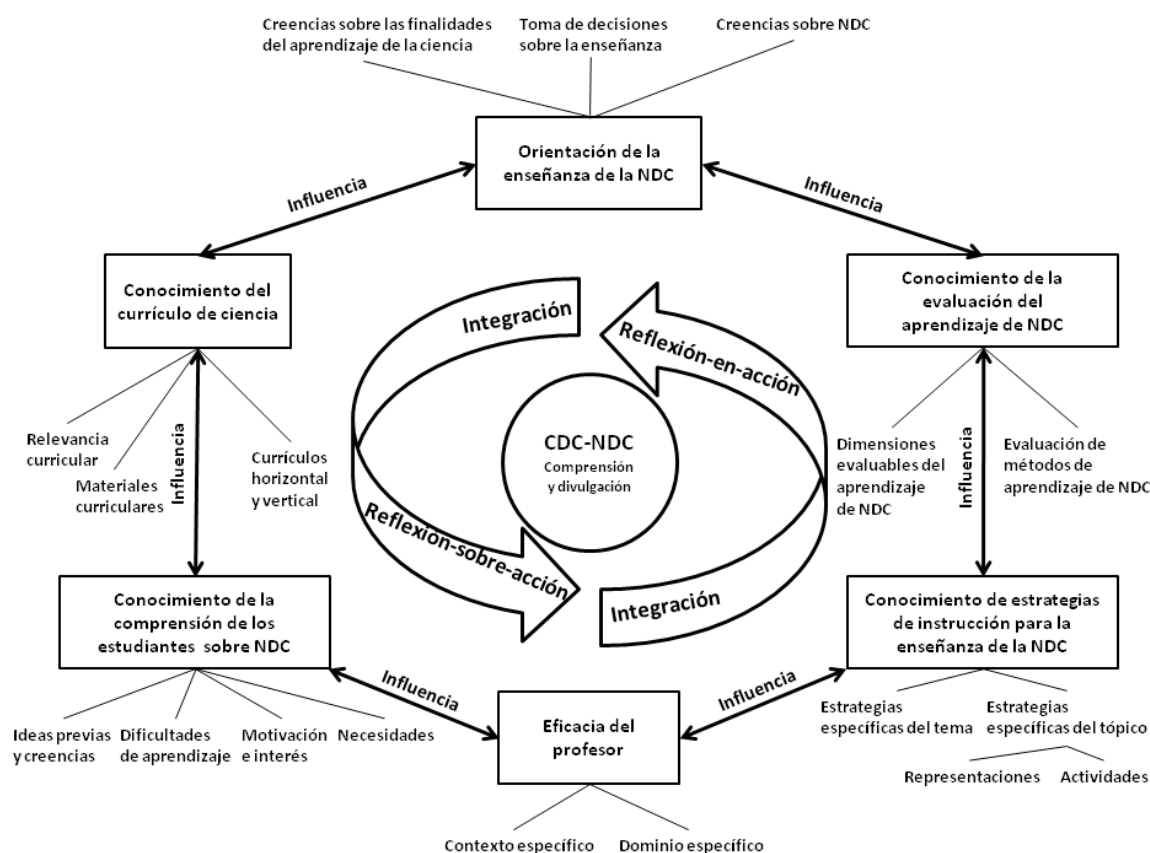
III.3.1.1. El Conocimiento Didáctico del Contenido de Naturaleza de la Ciencia

El estudio del CDC se inicia en la década de los 80 tras las aportaciones de Shulman (Shulman, 1999 citado en Acevedo 2009a). Desde entonces y hasta nuestros días ha habido varios modelos y propuestas de definición del CDC (Gess-Newsome, 1999; Grossman, 1990; Magnusson et al., 1999; Morine-Dersheimer y Kent, 1999; Park y Oliver, 2008; Salazar, 2005; Shulman, 2005). En este estudio entendemos que el CDC es el conocimiento empleado para adaptar los contenidos propios de la materia al nivel psicoevolutivo del alumnado utilizando diversas estrategias de enseñanza (transposición didáctica). Este conocimiento es lo que define la tarea de un docente, pues solo un profesional de la enseñanza es capaz de comprender los contenidos de una materia; reorganizarlos; dividirlos; simplificarlos; idear distintas formas de que sus estudiantes puedan aprender dichos contenidos (demostraciones, metáforas, analogías, experimentación, reflexión, etc.), y evaluar el aprendizaje (Acevedo, 2009a; Park y Oliver, 2008).

En concreto, es relevante para la presente tesis doctoral el conocimiento sobre el CDC de la NdC (CDC-NdC). En consecuencia, se toma como referencia teórica del CDC-NdC el modelo hexagonal de Acevedo y García-Carmona (2016) y Acevedo et al. (2017) (Ver Figura 5), quienes se han basado para su desarrollo en el modelo de Park y Oliver (2008).

Figura 5

Modelo hexagonal del CDC-NdC



Nota. Fuente: Acevedo, García-Carmona, 2016, p. 12

Este modelo se cimenta en la integración de sus partes y el dinamismo mediante el cual el docente aplica su conocimiento a “la acción de la enseñanza y sobre la acción después de la enseñanza” (Acevedo et al., 2017, p. 18). La reflexión durante el proceso de enseñanza conlleva que el docente ponga en práctica sus conocimientos sobre el propio CDC-NdC para fomentar un aprendizaje adecuado sobre la NdC. Tras la acción de enseñanza, el docente reflexiona sobre su práctica y sobre el progreso del alumnado para

detectar incidencias y necesidades, lo que permite reorganizar su práctica para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Acevedo et al., 2017).

Como se puede apreciar en la Figura 5, “Todos los componentes de este modelo del CDC-NDC están entrelazados y se influyen mutuamente de manera continua. Para que se produzca una enseñanza eficaz de la NDC, los profesores deben aprender a integrar estos componentes en un contexto determinado” (p. 19). Esta integración se lleva a cabo mediante la reflexión en la acción y sobre la acción y, por ende, la “coherencia entre los componentes se va reforzando a medida que un profesor desarrolla su CDC-NDC” (p. 19) y reflexiona sobre su práctica docente. Para que el CDC-NdC mejore el docente debe ser capaz de integrar todos los componentes del mismo, puesto que si no la mejora de la enseñanza de la NdC no llegará a ser más adecuada.

III.3.1.2. Enfoques y estrategias que favorecen la implantación de la NdCyT

La enseñanza de la NdC o NdCyT puede aplicarse a través de dos tipos de planteamiento didáctico, con enfoques implícitos o explícitos. Ambos enfoques se han aplicado desde hace décadas en reformas de la enseñanza de las ciencias en diversos países (Acevedo, 2009b).

El enfoque implícito promueve conseguir una comprensión de la NdC de modo indirecto. Se implementan actividades de indagación científica mediante las cuales se pretende que los estudiantes comprendan cuestiones de NdC y adquieran habilidades en los procesos científicos. Es decir, el alumnado conseguirá destrezas asociadas a procesos científicos mediante experiencias basadas en “hacer ciencia”, sin necesidad de hacer referencias explícitas a los contenidos relativos a la NdC. Por consiguiente, las mejoras en las concepciones sobre NdC se consideran “el resultado indirecto de un aprendizaje afectivo o emotivo, de naturaleza básicamente no cognitiva e implícita (Acevedo, 2009b, p. 363)”.

Este enfoque tuvo una gran acogida en EEUU y en algunos proyectos británicos durante los años 60 y 70 (Acevedo, 2009b). No obstante, como se ha señalado anteriormente, no hacer referencia explícita a un contenido que se está trabajando ni evaluarlo debidamente ofrece resultados poco eficaces. Algunos ejemplos a este respecto son los informes presentados por Crumb (1965) y Trent (1965) citados en Khishfe y Abd-

El-Khalick (2002), que determinaron que el plan de estudios PSSC, orientado a la indagación, no era más eficaz que un plan de estudios tradicional para mejorar las opiniones sobre NdC de los estudiantes. Asimismo, Khishfe y Abd-El-Khalick, (2002) esclarecen algunos de los motivos en los que se fundamentan estos resultados de forma muy sintética.

Estos resultados no deberían sorprender. Después de todo, la participación en la indagación y el aprendizaje de las habilidades del proceso científico no son equivalentes al aprendizaje de las NOS. [...] Aprender a hacer cuidadosas observaciones implica conseguir una importante habilidad en un proceso de la ciencia. No obstante, el dominio de esta habilidad no conduce de manera automática a comprender que las observaciones están restringidas por la percepción y guiadas por esquemas conceptuales. Esta última comprensión pertenece al dominio de la NdC. Del mismo modo, el control de variables es un proceso de la ciencia esencial para realizar indagaciones científicas. Sin embargo, el aprendizaje y la práctica de esta habilidad no conllevan necesariamente un aprendizaje sobre la lógica de la experimentación científica, algo que también pertenece al ámbito de la NdC. (p. 573)

Sin embargo, a pesar de estas evidencias el enfoque implícito siguió poniéndose en práctica durante los años 90 con los mismos resultados. Fue Meichtry (1992) quien manifestó la necesidad de la enseñanza explícita de la NdC en su estudio: “representación explícita de todos los aspectos de la naturaleza de la ciencia en el contenido del currículo que se enseña y en la metodología de enseñanza usada por los profesores” (p. 405).

Es preciso en este punto resaltar que, según el análisis realizado anteriormente sobre el actual currículo español de Educación Primaria, los principales contenidos sobre NdC en dicho currículo se tratan como transversales y, en consecuencia, muchas veces son trabajados de forma implícita. Conforme a los estudios resaltados en las líneas anteriores, este tratamiento sería insuficiente para el aprendizaje significativo de los contenidos de NdC. No obstante, a pesar de esta predisposición la legislación no establece que enfoque se debe aplicar para el aprendizaje de estos contenidos, lo cual, desde un punto de vista positivo, se puede entender como la oportunidad de trabajar el contenido de la forma más eficaz.

El enfoque explícito se centra en trabajar de forma directa los contenidos relacionados con la NdCyT (Acevedo, 2009b). Esta corriente entiende que “el desarrollo y la comprensión de la NdC es un contenido de aprendizaje de carácter esencialmente cognitivo (Acevedo, 2009b, p. 363). Esta orientación didáctica presenta dos alternativas de trabajo de la temática. Una pone el foco en el trabajo de la historia de la ciencia o de la filosofía de la ciencia. Este planteamiento defiende que trabajar la historia de la ciencia fomentará que los estudiantes mejoren su comprensión sobre aspectos de NdC en sucesos históricos concretos; es decir, que la percepción de elementos de NdC y su trabajo explícito en contextos concretos de la historia de la ciencia permitirá a los estudiantes mejorar sus concepciones sobre NdC.

Como se puede intuir este enfoque nace de las corrientes que entienden que los contenidos de NdC que deben ser introducidos en los currículos son esencialmente los relacionados con la epistemología de la ciencia. En esta línea varios proyectos han llevado a cabo sus propuestas desde los años 60. Los resultados obtenidos de estas implementaciones, en un primer momento, no eran mucho mejores que los obtenidos mediante el enfoque implícito, de hecho, en ocasiones eran contradictorios entre sí (Acevedo, 2009b). No obstante, las conclusiones generalmente aceptadas que se pueden extraer son:

los estudiantes tienen cierto malestar con los puntos de vista de diversos escenarios históricos, no muestran empatía con las ideas del pasado y descartan las teorías antiguas como conocimiento erróneo. [...] Muchos alumnos se encuentran incómodos con el papel de algunos científicos del pasado, sobre todo con el papel representado por los que saben que se equivocaron. Los alumnos tampoco son capaces de apreciar las condiciones sociales y el pensamiento de la época que orientaron el desarrollo de las ideas y las decisiones de esos científicos. (Acevedo, 2009b p. 360)

Finalmente, se establece que el planteamiento explícito es algo más efectivo que el implícito al tratar de mejorar las concepciones sobre NdC de docentes y estudiantes (Abd-El-Khalick y Khishfe, 2000; Abd-El-Khalick y Lederman, 2000b; Dagher et al., 2004; Khishfe y Abd-El-Khalick, 2002; entre otros).

La otra corriente recogida dentro de este enfoque declara que es posible llegar a una comprensión más adecuada de la NdC mediante un planteamiento explícito-reflexivo. Esta corriente enfatiza la reflexión y los debates orientados a comprender en profundidad distintos aspectos de NdC (Acevedo, 2009b). En concreto el término explícito se refiere al tratamiento curricular de los contenidos como si de otro contenido tradicionalmente se tratase; es decir, contemplado en los objetivos, de forma planificada y siendo evaluado. Mientras, el término reflexivo se refiere a la didáctica, estableciendo que se debe crear oportunidades y dar tiempo a los estudiantes para analizar las actividades desde distintas perspectivas, conectar esas ideas con las que han realizado científicos reales y poder ver la trascendencia de estas a nivel social (dentro de la propia ciencia, pero también de la sociedad general). Algunas de estas actividades pueden estar basadas en preguntas, actividades de síntesis (creación de mapas mentales, diarios, etc.), etc.

Siguiendo estas bases se plantean actividades de indagación, que empleen episodios de historia de la ciencia, prácticas de laboratorio, controversias socio-científicas, etc., con el fin de promover concepciones más adecuadas de NdC, pero siempre creando estructuras que promuevan la reflexión metacognitiva (Abd-El-Khalick y Lederman 2000a; Abd-El-Khalick et al., 2008; Adúriz e Izquierdo, 2004; Akerson et al., 2007; Akerson y Hanuscin, 2007; Akerson y Volrich, 2006; Khishfe, 2008; Matkins y Bell, 2007; Morrison et al., 2009; Scharmann et al., 2005; entre otros). Es importante entender que este enfoque no plantea una enseñanza transmisiva de los contenidos de NdC

sino que debe interpretarse como la aplicación de estrategias de enseñanza destinadas a hacer visible en el aula determinados aspectos de la NdC con una cuidadosa planificación, contenidos que se desarrollan con diversas actividades en contextos variados y potencialmente fructíferos, y la evaluación de los procesos seguidos y los resultados alcanzados (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Lederman et al., 2001; Schwartz y Lederman, 2002). (Acevedo, 2009b, p. 362)

En concreto, estas estrategias se pueden resumir de la siguiente forma (Acevedo et al., 2017):

- Enseñanza de la NdC mediante indagaciones científicas escolares. Esta estrategia debe plantearse a través de tareas meta-reflexivas relacionadas con contenido específico de NdC como: “la adecuación del procedimiento

experimental usado en la pregunta de indagación; la influencia del procedimiento elegido en los resultados; la diferencia entre observación e inferencia; el efecto de la instrumentación empleada en la toma de datos [...]; etc.” (p. 20).

- Enseñanza de la NdC a través del análisis de casos de sociología interna de la ciencia. Se pueden realizar análisis de pruebas contrarias en cuestiones científicas de actualidad. Este tipo de tareas requieren nuevamente de habilidades de pensamiento superior y reflexión metacognitiva como son: la argumentación, la valoración de fuentes documentales y la propia evaluación del proceso de análisis.
- Enseñanza de la NdC mediante el análisis de casos de sociología externa. Se puede emplear el mismo tipo de actividad que en sociología interna, pero aplicado a controversias socio-científicas actuales (cambio climático, alteraciones genéticas, experimentación con células madre, tecnologías de aprovechamiento energético, etc.).
- Enseñanza de la NdC a través de la lectura crítica y reflexiva de noticias científicas de los medios de comunicación. Las noticias científicas contienen rasgos de la NdC implícitos en su contenido. Detectarlos y realizar una reflexión explícita sobre ellos puede ser una forma de trabajar estos (García-Carmona, 2014).
- Enseñanza de la NdC mediante el uso de la historia de la ciencia. En esta línea lo importante es trabajar los contenidos explícitos de la NdC desde la reflexión del contenido de NdC, siendo determinantes reflexiones que permitan al alumnado conocer los diferentes razonamientos que llevaron a los científicos a interpretar de una forma concreta los fenómenos que estudiaban, así como el contexto en el que estos razonamientos se producían. Este proceso se puede realizar mediante distintas acciones: “a) ejemplificar el desarrollo de las teorías científicas; b) conocer las relaciones ciencia-sociedad existentes en cada época; c) ilustrar el carácter universal y multicultural de la ciencia, y d) contribuir a la integración y coherencia del currículo de ciencia” (García-Carmona, 2014, pp. 496-497).

En conclusión, la diferencia fundamental en los distintos enfoques reside en los recursos que se proporciona a los discentes para promover la reflexión sobre los contenidos que se trabajan y las actividades en las que están participando. Asimismo, el tipo de actividad (de indagación, con contenido histórico...) en el que se enmarca esta enseñanza no es tan determinante, ya que todas, al fin y al cabo, tratan un contexto y un contenido científico (Acevedo, 2009b). Sobre esta segunda conclusión cabe matizar que una secuencia de enseñanza sobre historia de la ciencia puede tratarse desde un enfoque implícito y ser menos eficaz, o sobre un enfoque explícito reflexivo y ser más eficaz (McComas, 2008). Lo mismo ocurriría con actividades de indagación (Shapiro, 1996).

Por último, cabe destacar que el CDC-NdC y la superación del resto de dificultades asociadas a la enseñanza por parte del docente no implican que este vaya a tener en cuenta los enfoques y planteamientos óptimos para la enseñanza de la NdC (Acevedo et al., 2017; Akerson y Abd-El-Khalick, 2003; Bennáassar, et al., 2010; Roehrig y Luft, 2004). Esto conlleva que el docente, no solo debe tener los conocimientos y capacidades, sino que también tiene que estar en disposición de querer aplicarlos. Es decir, el docente tiene que querer formarse y encontrar la forma de aplicar estos conocimientos en el contexto concreto de su centro, curso y grupo de clase.

De esta forma el profesor adquiere un triple rol: proporcionar los contenidos explícitos sobre NdCyT a sus alumnos; realizar conexiones entre los distintos contenidos curriculares de las diferentes disciplinas científicas y los contenidos de los distintos aspectos que construyen la NdCyT; y ser el responsable de mantener la coherencia didáctica entre las metodologías que se implementan y los contenidos de ciencias y de NdCyT (Bennáassar, et al., 2010).

III.4. LA EVALUACIÓN DE LA NdCYT. MODELOS DE RESPUESTA Y MEDICIÓN DE CONCEPCIONES SOBRE NdCYT

La evaluación de la NdC es un aspecto tan controvertido como el propio constructo, pues para evaluar algo primero debe estar bien definido qué evaluar. Partiendo de esta premisa se puede intuir que distintos grupos de investigación han elaborado instrumentos diferentes de evaluación sobre cuestiones de NdC o NdCyT, en base a su propia delimitación del constructo. A lo largo de las siguientes líneas se van a presentar algunos de

los instrumentos con más trayectoria dentro de la literatura académica para medir cuestiones relativas al constructo que se está tratando desde un enfoque declarativo, es decir, tomando como referencia los listados sobre los principios que constituyen la NdC o la NdCyT.

El primer instrumento que se presenta es el *Teacher's Belief about Science-Technology-Society* (TBASTS) elaborado por Rubba y Harkness (1993), el cual consta de 10 preguntas de respuesta múltiple dirigidas a determinar las creencias del profesorado sobre la interacción CTS. Este cuestionario se perfeccionó tomando como referencia las definiciones determinadas como realistas sobre historia, filosofía y sociología de la ciencia por una serie de expertos (Rubba et al., 1996).

El segundo instrumento que tener en cuenta es el *Views on Science-Technology-Society* (VOSTS) de Aikenhead y Ryan (1992), el cual está conformado por una batería de afirmaciones con respuesta múltiple sobre: definiciones de ciencia y tecnología; interacciones mutuas entre la ciencia; la tecnología y la sociedad; sociología externa de la ciencia, y sociología interna de la ciencia. De este instrumento derivan varias versiones, entre ellas una española con una métrica actualizada, el Cuestionario de Opinión sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS) creado por Vázquez y Manassero (1998) y mejorado en Manassero et al. (2003 a, b), donde también quedan reflejadas algunas cuestiones relativas al TBASTS.

El tercer instrumento se cimenta en las características de la NdC recogidas por Lederman et al. (2002) y se denomina *Views on the Nature of Science* (VNOS). Este instrumento puede combinarse con entrevistas (Lederman et al., 2001) y mapas conceptuales con el fin de complementar la recogida de datos (Borda et al., 2006, 2007 a, b).

En cuarto lugar, Lee y Urn (2002) han creado un conjunto de ítems para evaluar la evolución del aprendizaje de los estudiantes sobre NdC. En quinto lugar, Tsai y Liu (2005) han elaborado un instrumento que contempla cinco dimensiones epistemológicas de la NdC.

Estos instrumentos están validados y ampliamente aplicados a investigaciones con objetivos relacionados con la medición de la NdC en distintas poblaciones, no obstante, a pesar de ser muy robustos y fiables, son poco prácticos desde un punto de vista educativo.

Como toda innovación educativa, para que esta sea realmente trabajada tiene que ser evaluada de una forma coherente con el enfoque de enseñanza-aprendizaje y la NdC no es una excepción (Dochy et al., 2002). Asimismo, incluir los contenidos sobre NdCyT como objeto de evaluación puede contribuir a que estudiantes y profesores identifiquen la NdCyT como un contenido curricular valioso inherente a su proceso de aprendizaje (Acevedo et al., 2017). Sin embargo, en esta línea encontramos un nuevo problema asociado a la enseñanza de la NdCyT, pues los maestros con su escasa formación en y sobre este constructo encuentran dificultades en conocer y o poder elaborar instrumentos que realmente evalúen cuestiones sobre NdCyT (Kim et al., 2005; Nam et al., 2007). En consecuencia, hay que incluir en los programas de formación del profesorado ejemplos sobre como adaptar y utilizar los instrumentos ya creados, mencionados anteriormente, a sus programaciones; o simplemente a generar sus propios instrumentos de evaluación a partir de actividades o fórmulas con las que están más familiarizados, como puede ser el uso de mapas conceptuales o rúbricas.

Desde nuestro punto de vista, una forma de aproximar esta evaluación al contexto educativo es la propuesta por Allichin (2011) y Acevedo et al., (2017). Estos autores proponen evaluar la NdC desde un enfoque interpretativo riguroso. En concreto Acevedo, et al. (2017) plantean una evaluación desarrollada mediante

análisis inter- e intra-evaluadores de los informes de los participantes, por medio de rúbricas en las que se detallan los niveles de progresión de los participantes para cada aspecto de NDC tratado. Las rúbricas tienen 5 niveles (0 a 4). El nivel más alto (nivel 4) corresponde a las respuestas más completas, motivadas con citas adecuadas de los aspectos de NDC planteados, que son aludidos en la narración de HDC. La clasificación de las respuestas va decreciendo de nivel, de acuerdo con lo incompletas que sean, hasta llegar al nivel más bajo (nivel 0), en donde se ubican las que son inadecuadas o no se refieren a ninguno de los rasgos indicados en el nivel 4. (p. 32-33)

Dicha evaluación se ha aplicado en distintos estudios recogidos en Acevedo et al. (2017) ofreciendo resultados precisos para el desarrollo de la vida escolar y la investigación.

CAPÍTULO IV. EL PENSAMIENTO CRÍTICO

El PC es un constructo que ha sido estudiado por numerosos académicos de distintas disciplinas, como pueden ser, la filosofía, la psicología y desde hace algunos años, la educación. Ahora bien, al ser el PC estudiado y aplicado a diferentes áreas de conocimiento, existen múltiples formas de entender y definir el concepto (Philly, 2005). Por tanto, a lo largo de las siguientes líneas, se van a recoger algunas de las definiciones más destacables en la literatura científica, con el fin de esclarecer el concepto de PC que se tomará como referencia en la presente investigación.

A juicio de Giancarlo y Facione (2001) el PC es un proceso humano no lineal y recursivo que permite implementar un juicio intencional y autorregulador. El resultado de dicho proceso permite que el individuo pueda formar una idea sobre qué creer o qué hacer en un contexto determinado. Durante la puesta en práctica de este proceso la persona implicada implementa un conjunto básico de capacidades cognitivas (análisis, interpretación, inferencia, explicación, evaluación y autorregulación) que le permitirán llevar a cabo ese proceso con éxito, así como evaluarlo y mejorarlo (APA 1990).

Por su parte Ennis (2011) defiende que el PC es “un pensamiento razonable y reflexivo centrado en decidir qué creer o hacer” (p. 1). Dicha decisión requiere la puesta en práctica de una serie de disposiciones y capacidades que permiten tanto regular las creencias, como tomar decisiones y actuar en consonancia con estas. Por lo tanto, el PC es un pensamiento basado en la capacidad de razonar (Ennis, 1996).

A juicio de Guest “el pensamiento se centra en el análisis de los argumentos, la evaluación de las hipótesis y las explicaciones y la elaboración de contraargumentos (Tenreiro-Vieira y Vieira, 2014, p. 15).

El *National Council for Excellence in Critical Thinking Instruction* establece que el PC es “el proceso intelectualmente disciplinado que de manera activa y hábil conceptualiza, aplica, analiza, sintetiza o evalúa la información obtenida, o generada por observación, experiencia, reflexión, razonamiento o comunicación, como una guía para la creencia y la acción” (1987, párr.3).

Para Lipman (1991), el PC es un proceso en el que los individuos realizan juicios a partir de sus propios criterios, los cuales les conducen a diferenciar la información trascendental de la trivial, teniendo en cuenta sus propósitos y contexto.

Por otra parte, Paul (1993, 2005) afirma que el PC es un proceso cognitivo necesario para procesar y entender la información, así como para realizar aprendizajes derivados del tratamiento de esta.

La última forma de entender el PC recogida es la de Paul y Elder (2002), quienes manifiestan que el PC es "ese modo de pensar [...] en el cual el pensador mejora la calidad de su pensamiento al asumir con habilidad las estructuras inherentes al pensamiento e imponerles normas intelectuales" (p.15).

Halpern (2014) se refiere al PC como el uso de estrategias o capacidades de carácter cognitivo que favorecen que el resultado obtenido en un planteamiento sea eficaz. A su entender estos procesos deben ser intencionados, tener un objetivo, estar razonados, permitir formular inferencias, la resolución de problemas y la toma de decisiones, etc. Además, este procedimiento debe adaptarse a el contexto particular y permanecer en constante autoevaluación.

Finalmente se recoge la visión de Saiz (2017), quien establece que “pensar críticamente es alcanzar la mejor explicación para un hecho, fenómeno o problema con el fin de saber resolverlo eficazmente” (p. 19).

De la lectura de estas definiciones se puede apreciar puntos comunes que permiten extraer que el

PC es un conjunto de procesos que se implementan de forma intencional con el objetivo de establecer conclusiones sobre diferentes temas y determinar cómo se ha llegado a dichas conclusiones. Al aplicar los procesos asociados al PC, los datos relacionados o problemáticas a resolver se descomponen, sintetizan y evalúan reflexivamente para llegar una conclusión o solución sobre estos. Dicha solución a su vez también es evaluada con el fin de esclarecer si es mejorable (Ortega-Quevedo, Gil, Vallés, López, 2020, p. 94).

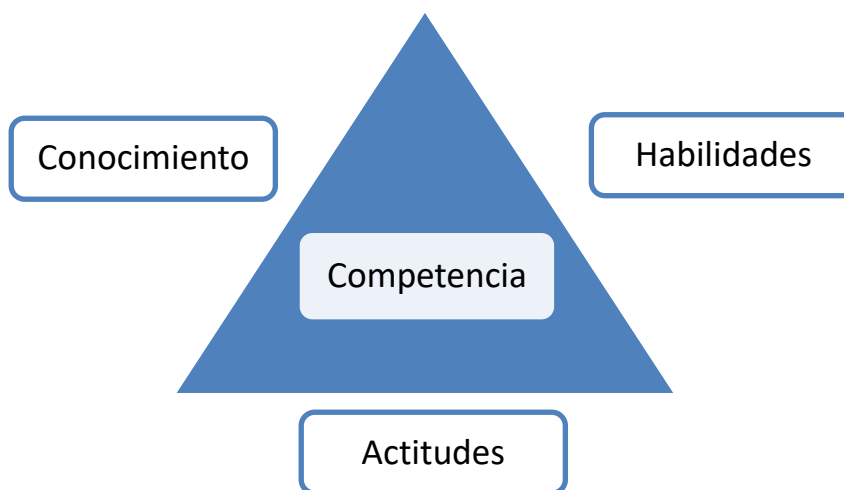
Una vez justificada y referenciada la definición de PC, se presentan los distintos factores que componen dicho pensamiento según defienden la mayor parte de los autores que estudian el constructo (Ennis, 1987; Halpern, 1998; McPeck, 1981). Estos acuerdos

distinguen, inicialmente, dos factores clave que garantizan los procesos de PC: un conjunto de habilidades cognitivas y un componente disposicional y motivacional, el cual fomenta que el pensador utilice las capacidades de PC que posee. El reconocimiento de estos dos factores como componentes del PC se puede visualizar de forma sencilla mediante el siguiente ejemplo: un sujeto puede tener las capacidades necesarias para pensar de forma crítica, sin embargo, puede no estar dispuesto a aplicar dichas capacidades de pensamiento o puede aplicarlas de forma poco ética (Nieto y Saiz, 2011). Como indican Facione, et al. (2000) las disposiciones son los atributos personales que determinan la predisposición de un sujeto a actuar de una forma determinada en una circunstancia concreta.

Así pues, el PC consta de componentes cognitivos y no cognitivos. Los cognitivos son aquellos relacionados con los procesos mentales de percepción, aprendizaje y memoria (saber qué hacer) y los no cognitivos integran los componentes disposicionales, entre otros que expondremos posteriormente. Con el fin de comprender mejor la interrelación entre estos dos componentes se introduce la concepción del PC como competencia. “Una competencia es la suma de capacidades, conocimientos y actitudes” (Saiz, 2018, p. 26), de modo que al reconocer como componentes del PC habilidades cognitivas, motivaciones y actitudes estamos legitimando su carácter competencial (ver Figura 6).

Figura 6

Pensamiento Crítico como competencia



Nota. Fuente: Saiz (2018, p. 26)

Otros autores de referencia (Nieto y Saiz, 2011; Saiz, 2017; Tenreiro-Vieira y Vieira, 2021; Vieira y Tenreiro-Vieira, 2016) estiman que, además de las (1) capacidades y las (2) disposiciones, existen otros componentes inherentes al pensamiento crítico; (3) las actitudes y valores; (4) los criterios y normas, y (5) los conocimientos (Tenreiro-Vieira e Vieira, 2021). En base a esta corriente el pensamiento crítico estaría formado por estos cinco atributos y para su aplicación es necesario tener en cuenta cada uno de ellos, por consiguiente, se pasa a definir los componentes que no se han tratado anteriormente.

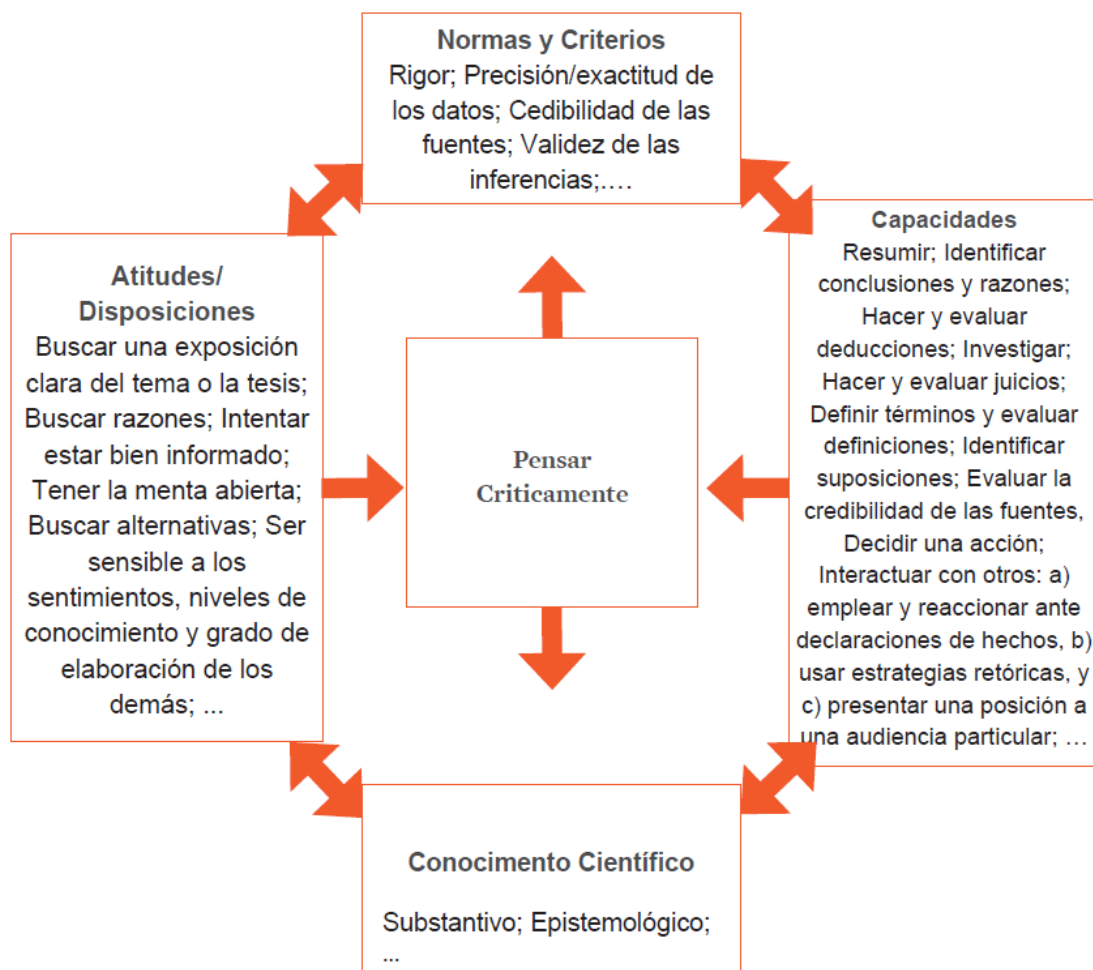
Algunos autores tienen en cuenta las actitudes y los valores dentro del componente disposicional, sin embargo, Tenreiro-Vieira e Vieira lo diferencian para darle la suficiente importancia; sobre todo resaltando cuestiones como “la confianza y el respeto por las razones y la verdad (compromiso de justificar las creencias, los valores y las acciones); respeto por la calidad de los productos [...]; actitud inquisitiva (inclinación para evaluar los juicios de valor); mentalidad abierta” (2014, p. 16); etc.

En cuanto a los criterios y normas es preciso tener en cuenta que cada área, de forma particular, tienen unos criterios y normas a los que debe ajustarse. Por consiguiente, para poder pensar críticamente y realizar juicios dentro de un área determinada los pensadores críticos deben ajustarse a los criterios y normas de dicha área (Tenreiro-Vieira y Vieira, 2014). Sobre el conocimiento es importante señalar que, para poder realizar procesos de pensamiento crítico de forma eficaz, el pensador debe tener dominio sobre el campo de conocimientos. “No se puede esperar que alguien ignorante en un campo determinado sea bueno haciendo juicios de valor o haciendo inferencias explicativas” (Tenreiro-Vieira y Vieira, 2014, p. 16).

En consecuencia, la ejecución de procesos de PC requiere poner en práctica el conjunto de sus componentes tal y como se recoge en la Figura 7.

Figura 7

Elementos constituyentes del PC



Nota. Fuente: Tenreiro-Vieira y Vieira, 2014, p. 17. Traducido.

IV.1. TAXONOMÍAS DE PC SEGÚN LOS PRINCIPALES AUTORES

A continuación, se presentan algunas de las taxonomías de PC con una actualización más reciente como pueden ser las de Ennis (2011), Halpern (2014), Saiz (2018) y Manassero y Vázquez (2019). No obstante, se tendrán en cuenta para el análisis del constructo otras taxonomías, que no se presentan por economización del espacio, como pueden ser las recogidas por Facione en APA (1990), Lipman (recogido en Tenreiro-Vieira y Vieira, 2000), Beyer (1998), Paul (1993) y Gubbins (Tenreiro-Vieira y Vieira, 2000).

Estos autores se han seleccionado por su notoriedad en el campo y la facilidad de acceso a sus estudios.

IV.1.1. ENNIS 2011

Ennis (2011) plasma en su taxonomía tanto el componente disposicional del PC, como el componente cognitivo. En primera instancia, se pasa a reflejar la formación del componente disposicional de este constructo según dicho autor.

1. Asegurarse de que sus creencias son verdaderas y que sus decisiones están justificadas, es decir, se presta a hacer las cosas bien en la medida de sus posibilidades. Incluyendo: (a) Buscar otras hipótesis, explicaciones, conclusiones, planes, fuentes, etc. y estar dispuesto a tenerlas en cuenta. (b) Considerar seriamente otros puntos de vista distintos al propio. (c) Tratar de estar bien informado. (d) defender una posición si está respaldada por la información disponible previamente contrastada. (e) Utilizar conscientemente sus capacidades de PC.
2. Interesarse por comprender y presentar una posición honesta y clara, tanto de nosotros, como de los demás. Incluyendo: (a) Descubrir y escuchar los puntos de vista de los demás. (b) Tener claro el significado de lo que se pretende decir/escribir o comunicar; buscando tanta precisión como la situación lo requiera. (c) Determinar y mantener el foco en la conclusión o en la pregunta. (d) Buscar y ofrecer razones. (e) Tener en cuenta la perspectiva global de la situación. (f) Ser reflexivamente consciente de las propias creencias básicas.
3. Poner atención sobre cada persona. Este elemento no constituye, según Ennis el componente disposicional, pero el PC puede malograrse sin él. Este punto incluye: (a) Evitar intimidar o confundir a otros con las propias capacidades de PC, teniendo en cuenta los sentimientos y el nivel de PC de los demás. (b) Estar preocupado por el bienestar de los demás.

En segunda instancia, se esclarece la composición del componente cognitivo del PC. Ennis (2011) recoge 15 capacidades principales que agrupa en seis categorías (aclaraciones básicas, bases para tomar una decisión, inferencia, clarificación avanzada, suposición e integración, capacidades auxiliares) y que a su vez especifica.

Aclaraciones básicas.

1. Centrarse en una pregunta.
2. Analizar argumentos.
3. Plantear y responder preguntas de clarificación y desafío.

Bases para tomar una decisión

4. Juzgar la credibilidad de una fuente.
5. Hacer y juzgar observaciones/consideraciones importantes.

Inferencia

6. Deducir y juzgar deducciones.
7. Hacer inferencias materiales. Inducir.
8. Hacer juicios de valor:

Clarificación avanzada

9. Definir términos y juzgar definiciones.
10. Atribución de supuestos no declarados (incluible en las categorías de aclaración básica y de inferencia).

Suposición e integración

11. Considerar y razonar desde las premisas, razones, suposiciones, posiciones, y otras proposiciones con las que no se está de acuerdo o sobre las cuales se tiene dudas, sin permitir al desacuerdo o la duda interferir con el pensamiento.
12. Integrar las disposiciones y otras capacidades en la toma de decisiones y en la defensa de estas.

Capacidades auxiliares

13. Proceder de una forma adecuada a la situación:
14. Ser sensible a los sentimientos y el nivel de conocimiento del resto de personas con las que se interactúa.
15. Emplear una retórica apropiada, estrategias en la discusión y presentación (oral o escrita), incluyendo el empleo y la reacción apropiada ante falacias.

IV.1.2. HALPERN (2014)

Por su parte Halpern entiende como componentes propios del PC la metacognición (la propia evaluación del pensamiento y de lo que se conoce), las disposiciones (actitudes que muestra un buen pensador crítico) y las capacidades (estrategias para encontrar

maneras de alcanzar una meta). A continuación, se desglosan los dos últimos componentes presentados.

Disposiciones

1. Elaborar un plan. Para ser un buen pensador crítico es preciso controlar la impulsividad al enfrentarte a una pregunta o resolución de un problema y dedicar tiempo a pensar en la mejor respuesta o proceso de actuación. “La planificación es el primer paso invisible en el PC, es esencial” (Halpern, 2014, p. 11).

2. Flexibilidad. Los buenos pensadores críticos están abiertos a nuevas ideas, considerar otras opciones, reunir más información, etc.

3. Persistencia. Se entiende persistencia como la voluntad de comenzar o participar en una tarea reflexiva. Un buen pensador debe mantener una actitud positiva al realizar tareas difíciles a pesar de que requieran largos periodos de reflexión.

4. Voluntad de autocorrección. Los buenos pensadores son capaces de reconocer sus errores. Ellos interpretan el error como algo que salió mal, lo localizan y aprenden de ello retroalimentando su conocimiento. Finalmente, abandonan la postura errónea mejorando su proceso de pensamiento.

5. Ser consciente. Un buen pensador crítico tiende a conducir de forma deliberada su pensamiento hacia un objetivo, de modo que se preocupa por sus procesos de pensamiento y la evaluación de los mismos.

6. Búsqueda de consenso. Un buen pensador crítico es capaz de llegar a consensos dentro de estructuras de grupo. Para ello tiene que poseer un nivel comunicativo y de compromiso elevado.

Capacidades

Halpern (2014) resalta que la división del pensamiento en capacidades estancas es algo artificial, pero preciso para su enseñanza y comprensión. De esta forma ella divide el pensamiento en 7 capacidades principales (el razonamiento, el análisis de los argumentos, la comprobación de hipótesis, la probabilidad e incertidumbre, la toma de decisiones, la resolución de problemas y el pensamiento creativo) que luego a su vez subdivide para una mayor concreción de estas.

- Razonamiento:

- **Discriminar entre razonamiento deductivo e inductivo.** Reconocer las diferencias entre el uso de creencias y decidir qué creer.
 - **Identificar premisas y conclusiones.** Ser capaz de reconocer lo que se defiende y las razones para ello.
 - **Razonar con expresiones como “si entonces”.** Entender lo que está y no está implícito en las declaraciones.
 - **Utilizar el principio de ordenación** lineal. Ser capaz de organizar objetos a lo largo de una dimensión.
 - **Evitar la falacia de negar los antecedentes y confirmar las consecuencias.** En el razonamiento “si entonces”, las presunciones que niegan la parte "si" o afirman la parte "entonces" a menudo conducen a errores.
 - **Usar diagramas de árbol.** Aprender a dibujar ramas y nodos para representar información.
- Análisis argumental:
- **La identificación de las razones (motivos),** contra argumentos, y conclusiones. Un argumento trata de persuadir a un oyente o lector. Este está compuesto con al menos una razón y una conclusión.
 - **Construir argumentos fuertes** que muestran una buena capacidad de comunicación y de pensamiento. Los argumentos deben estructurarse de manera que las razones apoyen lo que se defiende.
 - Los **juicios de credibilidad** y el **sesgo** son fundamentales para determinar la calidad de la información. Las fuentes creíbles tienen experiencia, conocimiento de primera mano, y no hay base para la ganancia personal.
 - Comprender las diferencias entre **opinión, juicio razonado, y hecho.** La opinión es una preferencia no fundamentada; un juicio razonado es una conclusión basada en razones para creer si determinados hechos tienen valores de verdad verificables.
 - **Reconocer y evitar falacias comunes.** Hay muchas falacias comunes como: argumentos deliberadamente débiles, afirma que X es verdadero porque no hay evidencias que no lo nieguen, argumento de asociación.

- **Identificación de efectos psicológicos en el razonamiento.** La aparición de una razón o una evidencia irrelevante puede afectar a las creencias sobre una conclusión.
- **Recordar, considerar lo que podría faltar en un argumento.** La información más convincente puede ser omitida, ya sea deliberada o accidentalmente.
- Comprobación de hipótesis:
 - **Reconocer la necesidad y el uso de definiciones operacionales.** Una definición operacional es un conjunto explícito de los procedimientos que especifican cómo reconocer y medir un constructo.
 - **Reconocer la necesidad de aislar y controlar las variables para hacer afirmaciones causales fuertes.** En la determinación de causa, una sola variable se manipula y los resultados atribuidos a esa variable se comparan con los grupos de control comparables en los que no se manipuló la variable.
 - **Comprobar el tamaño de muestra adecuado y el posible sesgo en el muestreo cuando se realiza una generalización.** Las generalizaciones válidas de las muestras solo se pueden hacer cuando el tamaño de la muestra es suficientemente grande y la muestra es representativa de la población.
 - **Ser capaz de describir la relación entre dos variables como positiva, negativa o no relacionada.** Dos variables se relacionan positivamente cuando los aumentos en una se producen en concomitancia con la otra. Dos variables se relacionan negativamente cuando el aumento en una ocurre de forma concomitante con una disminución en la otra variable. Dos variables no tienen relación cuando los cambios en una variable son independientes de los cambios en la otra.
 - **Comprender los límites del razonamiento correlacional.** Aunque una correlación significativa entre dos variables puede sugerir que los cambios en una variable causan cambios en la otra variable, esta es una evidencia débil para determinar la causa.

- Probabilidad e incertidumbre:
 - **Reconocer la regresión a la media.** Lo más probable es que una puntuación extrema en alguna medida sea seguida por una puntuación más cercana a la media.
 - **Entender y evitar errores de conjunción.** La co-ocurrencia de dos o más eventos independientes es menos probable que la ocurrencia de solo cualquiera de ellos.
 - **La comprensión de los límites de extrapolación.** La extrapolación está utilizando tendencias de los datos para hacer estimaciones de futuros acontecimientos, un proceso que sólo tiene sentido si no se extiende demasiado lejos en el tiempo y se puede suponer que otros factores permanecen constantes.
 - **Ajuste de las evaluaciones de riesgo para tener en cuenta la naturaleza acumulativa de eventos probabilísticos.** La probabilidad de que uno o más eventos improbables ocurran aumenta con el tiempo y con el número de eventos.
 - **Pensar inteligentemente acerca de los riesgos desconocidos.** Se pueden considerar nuevos riesgos mediante el uso de datos históricos, el cálculo de la probabilidad de componentes y el uso de analogías.
- Toma de decisiones:
 - **Enmarcar una decisión de varias maneras para tener en cuenta los diferentes tipos de alternativas.** El uso deliberado de diferentes formas de formular una decisión que debe tomarse.
 - **Generar alternativas.** Establecer varias formas posibles para satisfacer los objetivos de la decisión.
 - **Evaluar las consecuencias de las diversas alternativas.** Pensar detenidamente los resultados probables e improbables de diferentes soluciones alternativas.
 - **Reconocer el sesgo en el análisis de retrospectiva.** El análisis de retrospectiva es la reevaluación de una decisión después de que se conocen las consecuencias.

- **Utilizar una hoja de trabajo para la toma de decisiones.** Es un procedimiento para enumerar alternativas y consideraciones importantes y luego tomar una decisión.
 - **Evitar la trampa de sesgo.** La trampa ocurre cuando un curso de acción requiere inversiones adicionales más allá de las ya realizadas.
 - **Buscar evidencias que refuten.** Existe un sesgo generalizado para buscar información que confirme lo que creemos que es verdad.
 - **Conciencia de los efectos de la memoria en las decisiones.** Generamos alternativas y decisiones que podemos recordar fácilmente.
- Resolución de Problemas:
- **Replantear el problema y el objetivo para considerar diferentes tipos de soluciones.** La mayoría de los problemas de la vida real están mal definidos; Hay muchos objetivos posibles y formas de alcanzarlos.
 - **Reconocer el papel crítico de la persistencia.** Se encuentra uno de los mejores predictores de éxito cuando se persisten en la resolución del problema.
 - **Utilizar representaciones de calidad de los problemas.** La representación visual de los problemas puede ayudar con la comprensión y servir como ayuda para la resolución.
 - **Comprender las limitaciones del contexto.** El problema que identificamos y cómo los resolvemos está influenciado por nuestra cultura.
 - **Seleccionar la mejor estrategia para el tipo de problema.** Hay muchas estrategias diferentes que pueden ayudar a resolver problemas. Un buen pensador crítico sabe seleccionar entre ellas.
 - **Buscar activamente analogías.** Problemas relacionados con temas muy diferentes pueden incluir soluciones similares.
- Pensamiento creativo:
- **Redefinir el problema y la meta.** Formular el problema de varias maneras diferentes y proponer diferentes tipos de soluciones.
 - **Encontrar analogías.** Aplicar soluciones e ideas en diferentes dominios de conocimiento.

- **Listar términos relevantes.** Antes de intentar una solución, se escriben todos los términos que se les ocurren cuando piensen en el problema.
- **Lluvia de ideas.** Sin censura ni evaluación, se enumeran tantas soluciones a los problemas como sea posible.
- **Listas de verificación.** Generar y usar listas de forma que una solución pueda variar.
- **Listas de atributos.** Crear una matriz de atributos relevantes y luego combinar celdas.
- **Positivo, negativo, interesante.** Enumerar los aspectos positivos, negativos e interesantes de varias soluciones.
- **Visualizar.** Imaginarse como parte del problema e intentar "verlo" desde otras perspectivas.

IV.1.3. SAIZ (2018)

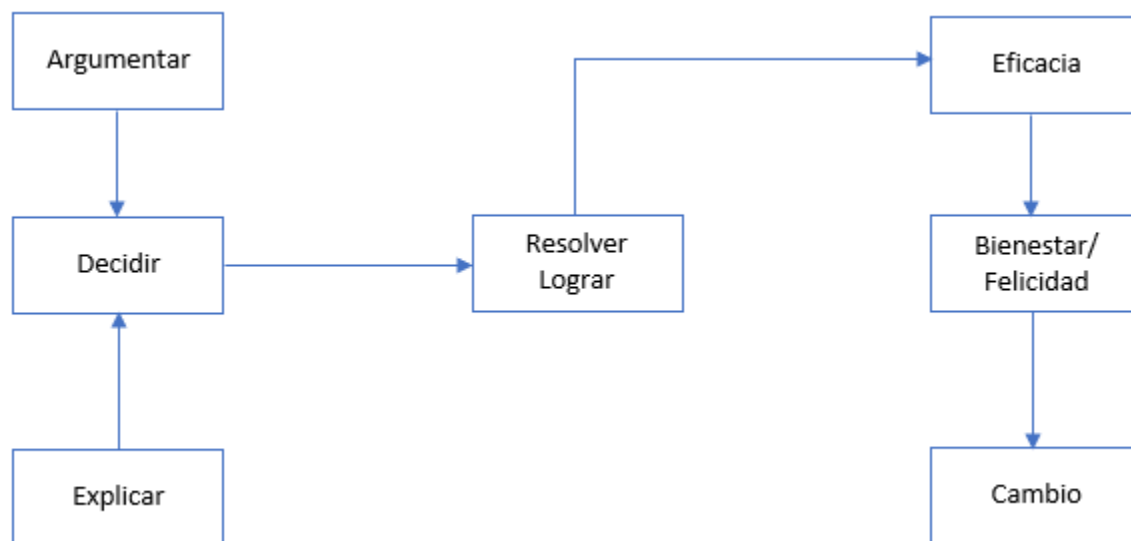
A juicio de Saiz (2017, 2018) las habilidades cognitivas relacionadas con el PC son interdependientes de modo que no presenta un desglose de estas, pues no podrían tratarse por separado. No obstante, presenta una visión integral del PC, donde sus componentes cognitivos y no cognitivos quedan interrelacionados. A juicio de este autor (2002a) el PC se fundamenta en la aplicación de capacidades fundamentales como son el razonamiento, la resolución de problemas o la toma de decisiones. Capacidades que necesitan unas de las otras, por ejemplo, para resolver un problema hay que tomar una serie de siguiendo unos razonamientos debidamente fundamentados. Asimismo, para implementar estas capacidades generales se necesita emplear otra serie de ellas más precisas, por ejemplo, el razonamiento puede ser deductivo o inductivo. Además, estas dos formas de razonamiento se pueden subdividir nuevamente: el razonamiento deductivo en categórico y proposicional, y el razonamiento inductivo en generalizaciones inductivas, razonamiento causal, analógico e hipotético. Del mismo modo, para tomar una decisión y resolver un problema hay que tener en cuenta las alternativas, sus ventajas y desventajas, la probabilidad de ocurrencia de ciertos fenómenos o los juicios de valor (Saiz, 2002a). Finalmente, la resolución de los distintos tipos de problemas (de diagnóstico, de descubrimiento y mixto) se pueden realizar aplicando una estrategia de ocho pasos: contexto, observar, tipo de hechos-datos,

móvil/motivo, datos propios, escenario causal, sentido completo, pronóstico (Saiz, 2017, 2018).

Ahora bien, conforme a lo expuesto por el autor, las capacidades de PC cobran sentido cuando se aplican y, por consiguiente, su relación con el componente disposicional es más que evidente, pues la disposición se refleja a modo de motivación y actitudes positivas para aplicar eficazmente estas capacidades y conseguir un beneficio. Saiz (2017, 2018) ejemplifica este proceso con una estrategia que parte de las capacidades finales (solución de problemas y eficacia) hasta llegar a la inicial (toma de decisiones) empleando procesos de razonamiento y argumentación (ver Figura 8).

Figura 8

Componentes del Pensamiento Crítico: relación y finalidad



Nota: Fuente: Saiz, 2017, p. 72

Esta figura permite visualizar la definición de PC aportada por Saiz, recordemos, “pensar críticamente es alcanzar la mejor explicación para un hecho, fenómeno o problema con el fin de saber resolverlo eficazmente” (2017, p. 19). En esta línea, se resalta que el fin último del pensamiento es el cambio, un cambio que aporte un bienestar al sujeto que lo aplica. Para lograr dicho cambio el individuo necesita obtener los mejores resultados posibles, o lo que es lo mismo, ser eficaz en la interpretación del fenómeno, problema o hecho al que se esté enfrentando. Con el fin de llegar a ese resultado eficaz hay que llevar a cabo buenas estrategias de decisión que permitan a la persona interesada ejecutar o resolver

debidamente la situación a la que se enfrenta. Del mismo modo, para desarrollar dichas estrategias es preciso que exista una reflexión previa a la decisión basada en la realidad donde está contextualizado el problema, fenómeno o hecho a al que se enfrenta el sujeto. Para comprender esa realidad, esta persona debe describirla minuciosamente y en esa descripción de la misma, antes de tomar la decisión que detonará en la acción que promoverá el cambio de su realidad, cabe incluir la argumentación. En este caso entendemos la argumentación como un proceso que incluye valores, creencias, convicciones a la explicación de la realidad en la que se sitúa el pensador. Así pues, la explicación de la realidad, sumada a los valores personales, lleva al sujeto a una convicción que permite un posicionamiento en la realidad y le predispone a tomar una decisión que se materializa en una acción que resuelve de la forma más eficaz el fenómeno, hecho o problema al que se enfrenta, desencadenando el cambio en dicha realidad y, por ende, el bienestar del sujeto.

IV.1.4. MANASSERO Y VÁZQUEZ (2019)

Autores como Manassero y Vázquez (2019) crean una taxonomía de PC basada en cuatro dimensiones (razonamiento, creatividad, procesos complejos, y evaluación y juicio) que a su vez subdividen en distintas categorías que también pueden concretarse en subcategorías (Vázquez y Manassero, 2019, p. 30).

- Razonamiento (justificar conclusiones):
 - Lógico (deductivo).
 - Empírico (explicar, interpretar con datos, información, pruebas): Inductivo (predicciones, implicaciones, conclusiones), argumentación (pruebas, justificaciones, conclusiones) y estadístico (probabilístico).
 - Falacias y errores del razonamiento.
- Creatividad (generar ideas, conclusiones):
 - Observación (comparar, clasificar).
 - Análisis (partes–todo; analogías, modelos).
 - Plantear buenas preguntas.
- Procesos complejos:
 - Toma de decisiones.

- Resolución de problemas.
- Evaluación y juicio:
 - Razonamientos.
 - Acciones (soluciones, decisiones).
 - Credibilidad de fuentes.
 - Supuestos.
 - Estándares intelectuales (claridad, precisión, relevancia, entre otros).
 - Comunicación (clarificación de significados).
 - Metacognición: autorregulación y autorreflexión; actitudes y afectos (disposiciones).

IV.1.5. CONSTRUCCIÓN DE UN CONCEPTO DE PC EN BASE A LAS DISTINTAS TAXONOMÍAS

Atabaki et al. (2015) plantean si se puede crear un marco conceptual único sobre PC, teniendo en cuenta que es un constructo sobre el que hay tantas definiciones y taxonomías, como autores han trabajado el constructo. A lo que responden estableciendo que el PC es estudiado fundamentalmente desde dos focos. Uno formado por los psicólogos que estudian la temática y otro por los filósofos. De esta forma, desde la psicología (Facione; Beyer; Gubbins; Halpern; Saiz, y Manassero y Vázquez) establecen el núcleo del PC en teorías cognitivas y de inteligencia que relacionan el PC y la resolución de problemas, es decir, ponen el foco en las habilidades cognitivas y su desarrollo práctico. Mientras que desde la filosofía (Ennis, Lipman y Paul) sitúan el foco en la lógica del pensamiento, su naturaleza y la calidad del mismo, o lo que es lo mismo, se centran en las actitudes que te llevan a generar pensamiento de calidad.

Estos autores en su trabajo establecen que el PC se conforma por los conocimientos básicos, es decir, las capacidades de PC extraídas de la corriente psicológica (analizar, razonar, inferir, comparar, formular hipótesis, sintetizar y crear nuevas ideas, experimentar, generar conclusiones integrales) y las actitudes derivadas de la corriente filosófica (mente abierta, búsqueda de hechos, curiosidad, no dar nada por verdadero, madurez cognitiva, confianza en uno mismo, integrar información de distintos campos).

Desde este estudio no percibimos una distinción tan clara. Compartimos el hecho de que el PC es una competencia y como tal se compone de un componente cognitivo y de uno disposicional, pero también respaldamos que este constructo se forma por otros factores como las actitudes y valores, las normas del contexto y los conocimientos sobre la temática. Asimismo, hemos podido observar que muchos de los componentes desglosados por Atabaki et al. (2015) y clasificados como capacidades y actitudes se pueden encontrar en distintas taxonomías independientemente de si han sido propuestas por filósofos o por psicólogos. Un ejemplo de esto sería la propuesta de Ennis, filósofo, que incluye de forma clara en su taxonomía disposiciones y capacidades. En consecuencia, desde este estudio entendemos que la línea que separa los aspectos cognitivos con el resto de los componentes del PC es tan fina que no puede darse una evolución en las capacidades si no está acompañada de una mejora de la predisposición y la actitud para su aplicación. Del mismo modo, los procesos de pensamiento no pueden aplicarse si no se tiene un cierto nivel en los conocimientos sobre el contexto de aplicación y no se respetan las normas y criterios del área donde se aplica (Tenreiro-Vieira y Vieira, 2014). Por este motivo proponemos un nuevo escrutinio de las distintas taxonomías derivadas de los autores señalados para así poder determinar si verdaderamente se puede crear un marco conceptual único sobre el PC.

Con dicho fin se han analizado todas las taxonomías de los autores mencionados y se han extraído aquellos componentes (capacidades o actitudes) que lo representan (se han dejado fuera del análisis componentes que dependen del contexto como los conocimientos, las normas y los valores). Independientemente de si estas aparecen con una u otra denominación o con más o menos protagonismo dentro de su propuesta., el criterio para su selección consiste en que dos o más autores hagan referencia de una y otra forma a ese componente (capacidad, disposición o actitud). Mediante este procedimiento se extraen un total de 18 componentes del PC (ver Tabla 2).

Tabla 2*Componentes extraídos de las distintas taxonomías de PC*

Componentes	Autores que la tienen en cuenta en su taxonomía
Asegurarse de que sus creencias son verdaderas	Ennis, Lipman, Paul, Gubbins, Halpern y Saiz
Mente abierta y honestidad	Ennis, Lipman, Paul, Halpern y Saiz
Tener en cuenta la retórica los sentimientos, la disposición y los valores	Ennis, Beyer, Saiz Facione, Lipman y Paul
Interpretación	Facione; Ennis; Lipman; Beyer Paul; Gubbins y Vázquez y Manassero
Establecer preguntas y criterios de evaluación y mantenerlos en la mente	Ennis; Lipman; Paul y Vázquez y Manassero
Analizar argumentos	Facione; Ennis; Lipman; Beyer; Paul; Gubbins; Halpern; Saiz; y Vázquez y Manassero
Resolver preguntas de clarificación	Ennis, Lipman, Beyer y Paul
Credibilidad de las fuentes	Ennis; Beyer; Paul; Gubbins y Vázquez y Manassero
Observaciones	Ennis; Gubbins; Saiz y Vázquez y Manassero
Deducción	Ennis; Lipman; Beyer; Paul; Gubbins; Halpern; Saiz y Vázquez y Manassero
Inferencia	Facione; Ennis; Lipman; Beyer; Paul; Gubbins; Halpern; Saiz y Vázquez y Manassero
Juicios de valor	Ennis, Lipman, Halpern y Saiz
Definir términos	Ennis y Lipman
Resolución de problemas	Ennis; Beyer; Paul; Gubbins; Halpern; Saiz y Vázquez y Manassero
Sintetizar	Beyer y Gubbins
Toma de decisiones	Ennis, Lipman; Beyer; Paul; Gubbins; Halpern; Saiz y Vázquez y Manassero
Probabilidad	Halpern; Saiz y Vázquez y Manassero
Evaluación	Facione; Ennis; Beyer; Paul; Gubbins; Halpern y Vázquez y Manassero

Nota. Fuente elaboración propia.

Como se puede observar, se estudia cuantos autores secundan la pertenencia de estos componentes al constructo y cuantos de estos componentes se incluyen en la taxonomía de cada uno de los autores. De esta forma se establece que los componentes que más autores secundan son: analizar argumentos e inferencia con nueve autores; resolución de problemas y toma de decisiones con ocho autores; e interpretación y evaluación con siete autores. Mientras que los menos compartidos son: definir términos y sintetizar con dos autores; seguido de tener en cuenta la retórica, los sentimientos y la disposición, valores y probabilidad con tres autores. Por otra parte, los autores que más componentes de la lista

elaborada incluyen en su taxonomía son: Ennis con 16 de los 18 componentes, Lipman con 13, y Paul y Saiz con 12.

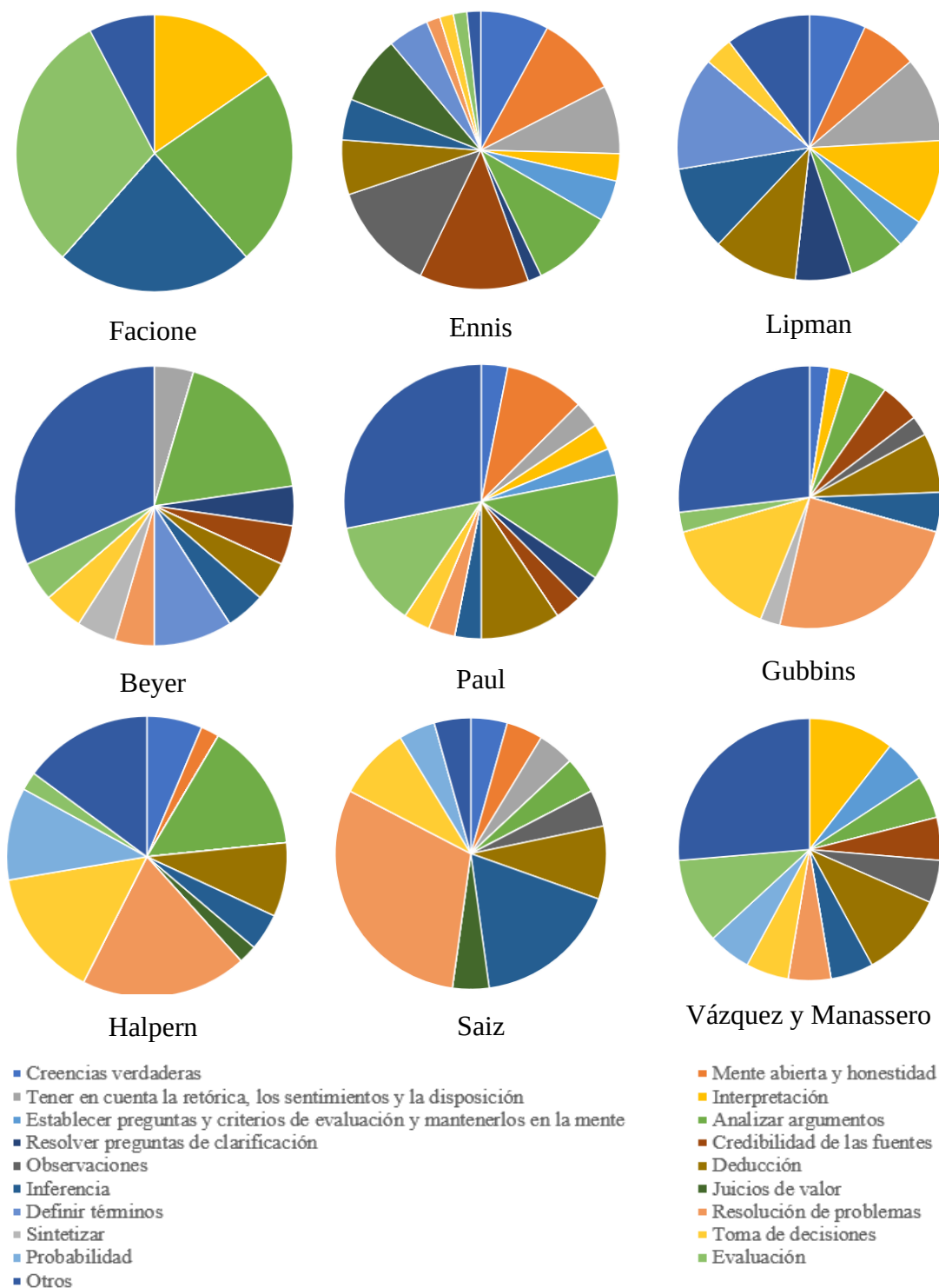
Asimismo, se cree necesario considerar qué porcentaje de sus taxonomías dedican los diferentes autores a los distintos componentes seleccionados. Con este objetivo se analiza de nuevo cada una de las taxonomías de forma que los distintos componentes que identifican se clasifiquen dentro de la selección de componentes realizada en esta investigación como si fuera una lista de categorías. En los casos donde un autor defina subcomponentes fuera del conjunto de categorías (lista de componentes elaborada en esta investigación) se le asignará la categoría “otros”. Una vez realizada esta clasificación se cuantifica contabilizando por un lado los componentes clasificados (total de componentes y subcomponentes que identifica el autor) y, por otro, el total de componentes dentro de cada categoría. A partir de esta cuantificación se genera un coeficiente al dividir el total de componentes entre los componentes pertenecientes a la categoría según se muestra en la Figura 9.

Tras este análisis se destaca que sí se puede hacer un marco conceptual único de PC. Nuestra propuesta incluye las capacidades, disposiciones y actitudes contenidas en la lista elaborada a partir de las distintas taxonomías estudiadas, así como el desglose de los autores que integran dichos componentes en sus taxonomías.

Por último, cabe señalar en qué aspectos del PC nos vamos a centrar de forma predominante en este estudio de investigación. En concreto estos serán: analizar argumentos, realizar inferencias como la comprobación de hipótesis en base a valores, y el razonamiento verbal. La decisión de seleccionar estas capacidades se ha visto motivada por su afinidad para integrarse con la línea de estudios didácticos en los que se estaba trabajando previamente relativos a la NdCyT y la energía, es decir, se han seleccionado por la facilidad de integración de todos los elementos de estudio en una misma programación didáctica. Además, es preciso esclarecer que para la fundamentación teórica del PC en la presente investigación no se parte de una taxonomía concreta, sino la proyección de estos componentes emitida por los distintos autores que los trabajan.

Figura 9

Categorización de componentes de PC en función de su inclusión en las distintas taxonomías



Nota. Fuente: Erduran y Dagner (2014, p.28). Traducido.

IV.2. LA ENSEÑANZA DEL PENSAMIENTO CRÍTICO

En palabras de Saiz (2002b) para analizar la enseñanza de PC, en primera instancia, se debe dar respuesta a cuatro cuestiones (1) “¿De qué enseñanza hablamos? (2) ¿Por qué necesitamos enseñar a pensar? (3) ¿Es posible enseñar a pensar? (4) ¿Cómo enseñar a pensar?” (p. 54).

Cuando hablamos de enseñanza del pensamiento hablamos del proceso por el cual enseñamos a conocer y desarrollar las capacidades y disposiciones que definen dicho pensamiento (Saiz, 2002b). Es decir, el procedimiento por el cual transmitimos el conocimiento de las capacidades presentadas en las taxonomías y las actividades diseñadas para fomentar su desarrollo, permitiendo al alumnado implementar “actos meditados de pensamiento, como tomar decisiones, argumentar y otras acciones analíticas, creativas o críticas” (Swartz et al., 2008, p. 15).

En consecuencia, se entiende que el PC es un proceso mediante el cual se ejecutan una serie de disposiciones y capacidades que permiten a un sujeto adquirir un conocimiento que le permita resolver de forma eficiente un problema, tomar una decisión o comprender una información determinada. Esta delimitación de pensamiento y la idea de su enseñanza puede entrar en conflicto con la idea de inteligencia y su desarrollo. No obstante, aunque desde el punto de vista de la enseñanza no se aprecian diferencias significativas, sí existen desde una perspectiva conceptual. Por tanto, se matiza que la inteligencia está conformada por aspectos diversos entre los que encontramos las capacidades que componen el PC y que por estos motivos se encuentran similitudes en lo que se refiere a su desarrollo, pero que ambos constructos son diferentes en lo que se refiere a su naturaleza (Saiz, 2002b).

Continuando con la concreción sobre la enseñanza del PC, se matiza que debe de ser una enseñanza basada en la teoría de la acción del PC. Un pensamiento basado en supuestos o situaciones reales en las que poner en práctica una serie de capacidades y disposiciones concretas que nos permitirán llegar a los resultados óptimos (Sainz y Fernández, 2012). Esta teoría toma las siguientes bases: conocer para resolver; plan de acción para su ejecución; aplicar capacidades, conseguir metas; pensar, razonar y decidir para resolver; pensar, algo más que reflexión; decidir y resolver; reflexión, un medio para nuestros fines; e intervención deseable: para ser eficaz (Sainz y Fernández, 2012, p. 329). En esta misma

línea, Halpern (1998) destaca la necesidad de transferencia del PC a distintas situaciones, ya que es un conjunto de disposiciones, actitudes y capacidades que no han de aplicarse siempre en los mismos contextos, por eso es necesario tener en cuenta las normas y los conocimientos sobre el contexto de aplicación en todo momento.

Una vez planteado qué entendemos por enseñanza del PC se pasa a contestar la segunda cuestión centrada en la necesidad de formar a la sociedad en PC. A este respecto autores como Halpern (2014) o Swartz (2008), destacan situaciones propias del día a día de cualquier persona en la sociedad actual, en las que es preciso aplicar este tipo de pensamiento. Estas pueden ser desde cuestiones a priori mundanas, como ser capaces de gestionar la información que nos llega a través de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) o comprar un coche, hasta más trascendentales, como decidir a qué partido votar en unas elecciones. Esto se debe a que tanto evaluar la veracidad de la información, como establecer criterios válidos para tomar una decisión o establecer formas de resolver un problema son procesos que requieren ejecutar capacidades de pensamiento superior como las contempladas en el PC.

En resumen, si una persona no está preparada para poner en práctica estas capacidades y/o no tiene la disposición o los conocimientos para hacerlo (conoce las normas y sabe lo suficiente sobre el área de conocimiento) no va a realizar un pensamiento eficaz y, por ende, los resultados obtenidos no van a ser los más deseables. Esto llevaría a esa persona a ser engañada o manipulada por la información que circula por la red, comprar productos en base a criterios no funcionales, resolver problemas de forma imprudente e ineficaz, etc. Como consecuencia directa, “El pensamiento eficaz (entendido como un acto iniciado, controlado y corregido por uno mismo y con un objetivo marcado) es algo totalmente necesario en nuestra vida, nuestra profesión y nuestra participación en una sociedad democrática” (Swartz et al., 2008, p. 16).

Con esta reflexión queda clara la necesidad de formar a la ciudadanía para que puedan desarrollar su PC, no obstante, ¿es posible? Varios autores defienden que la enseñanza del Pensamiento es posible (Halpern, 1998; Saiz, 2017, 2018; Tenreiro-Vieira e Vieira, 2021) estableciendo que “el pensamiento se puede aprender (y enseñar), por lo tanto, es mejorable a partir de la práctica en situaciones adecuadas; y que el pensamiento no es una entidad única, sino que incluye habilidades diversas” (Báez y Onrubia, 2016, p. 96).

Dichos autores respaldan estas afirmaciones a través de estudios realizados, en los cuales mediante distintos tipos de intervenciones se han conseguido mejoras en algunas de las capacidades, disposiciones o actitudes que conforman el PC (Tenreiro-Vieira e Vieira, 2020, 2021; Torres y Solbes, 2016, 2018; Wulandari et al., 2021).

Si bien la enseñanza del PC es posible, así como una meta educativa incuestionable, su implantación en los currículos y su enseñanza en las aulas no está exenta de dificultades. López-Aymes (2012) resalta algunos motivos por los que los estudiantes no están desarrollando su PC, los cuales ya fueron detectados por Fraker anteriormente (1995). Algunos de estos problemas son fácilmente identificables en la Enseñanza Obligatoria española: la escasa motivación por aprender de los estudiantes; la limitada relación entre los planteamientos curriculares y el entorno del alumnado, lo cual degrada esta enseñanza a un título sin significado útil en sus vidas; la falta de desafíos útiles que inviten a los estudiantes a reflexionar y defender posturas; la monotonía que genera el sistema de educación actual; la dificultad para evaluar el PC; o las propias capacidades, actitudes y disposiciones de PC que tenga el docente. A estas problemáticas se le enlaza la necesidad de fomentar la transferencia de estos procesos de PC a nuevas situaciones fuera del entorno escolar.

Otras dificultades surgen conforme las personas se van educando y van automatizando actitudes y aptitudes contrarias a los procesos de PC, por causas inherentes a la psicología humana. En buena parte de las vivencias diarias de una persona puede predominar el pensamiento no profundo sin grandes consecuencias, lo cual nos ahorra tiempo en la toma de decisiones. A este tipo de situaciones en las que se toman decisiones basadas en un pensamiento rápido o “corazonada” es a lo que denomina Kahneman (2011) pensamiento rápido. Estas quedan contrapuestas a las que el autor señala como situaciones en las que predomina un pensamiento lento para la toma de decisiones. Es en estas últimas donde el autor alude a un pensamiento más racional que permite analizar distintos factores para tomar una determinación. En consideración, si no desarrollamos nuestro pensamiento profundo es altamente probable que siempre se utilicen respuestas automáticas y no de alta reflexión, incluso cuando la situación las requiera (Perkins y Swartz, 1992). Los principales fallos que se cometen en el pensamiento diario y que son procesos automatizados a superar

en aquellos casos donde la enseñanza del PC ha llegado de forma tardía son (Perkins y Swartz, 1992):

- El pensamiento apresurado: se establecen conclusiones o se toman decisiones sin prestar atención a las consecuencias, valorar la fiabilidad de la información, el contexto, las evidencias, etc.
- El pensamiento egocéntrico: no se consideran otros puntos de vista.
- La dificultad y desorganización de los procesos de pensamiento: no se consigue clarificar las ideas, no se ordenan las prioridades, no se tienen en cuenta las circunstancias y, como consecuencia, se toma una mala decisión.

En conclusión “el pensamiento crítico se puede aprender con la instrucción adecuada y puede transferirse a nuevos dominios de conocimiento” (Halpern, 1998, p. 451). Tras esta afirmación nos queda resolver la última y más transcendental cuestión, desde el punto de vista de la presente tesis doctoral; ¿cómo podemos enseñar a pensar? No obstante, para responder a esta pregunta debemos dar respuesta a tres nuevas incógnitas: qué aspectos del pensamiento podemos enseñar, de qué formas podemos enseñarlos y cuáles serán los efectos de su enseñanza (Saiz, 2002b).

En esta línea, los expertos establecen dos bases en las que sustentar la enseñanza del pensamiento: (1) “que existen unas habilidades de pensamiento claramente identificables y definibles, y que se pueden enseñar a reconocer y aplicar adecuadamente a los estudiantes, y (2) si estas habilidades de pensamiento son reconocidas y aplicadas, los estudiantes serán pensadores más eficaces” (Halpern, 1998, p. 452). Dichas capacidades serían las expuestas anteriormente en las distintas taxonomías y para lograr su enseñanza se necesitan iniciativas concretas que promuevan “estrategias cognitivas, disposiciones y práctica” (Saiz, 2002b).

De entre las distintas estrategias cognitivas que se pueden aplicar, es preciso destacar aquellas relacionadas con el metacognoscimiento, es decir, la visualización y evaluación de nuestros propios procesos de pensamiento. Materializar o verbalizar nuestro pensamiento nos permite identificar mejor sus deficiencias para poder corregirlas y reconducirlo a una resolución eficaz (Saiz, 2002b). Esto traducido a la enseñanza establece que “para ser adecuadamente metacognitivos los estudiantes, en relación con las demandas de la tarea, tienen que ser conscientes de sus propios recursos cognitivos, y luego planear, monitorear y controlar esos recursos” (Biggs, 1987, p. 75 citado en Ritchhart, 2014).

A este respecto Ritchhart (2014) plantea incógnitas como: ¿se puede descubrir el pensamiento del alumnado sobre el pensamiento? Mediante el uso de mapas conceptuales estos autores establecen una estrategia eficaz para dar respuesta a su planteamiento y, a raíz del análisis de cientos de mapas conceptuales, establecen cuatro categorías para clasificar la visión sobre el pensamiento de los estudiantes: (1) estrategias basadas en la memoria y el conocimiento. (2) Estrategias generales y no específicas. (3) Estrategias de autorregulación y motivación. (4) Estrategias y procesos específicos de pensamiento. Sería en esta última categoría donde se recogerían los enfoques de pensamiento profundo que permiten construir una comprensión de lo aprendido, resolver problemas, tomar decisiones, etc. es decir, es en este tipo de estrategias en las que pensamos cuando hablamos de metacognición y en palabras de los autores de “hacer visible el pensamiento” (Ritchhart, 2014, p. 45).

Con el fin de unificar los principios descritos hasta el momento, se presenta el acrónimo PIGES acuñado por Tenreiro-Vieira y Vieira (2021) (En portugués: *Principiar, Intencionalmente, Gradualmente, Explícitamente y Sistemáticamente*), a través del cual estos autores sintetizan los atributos necesarios para la enseñanza del PC. Los cinco atributos señalados son: 1) Iniciar a los estudiantes en el conocimiento y desarrollo del pensamiento desde edades tempranas; 2) enseñanza Intencional y contextualizada; 3) proceso Gradual adaptado al nivel y el contexto del alumnado; 4) Identificación y enseñanza explícita de las capacidades a desarrollar; 5) llevar a cabo la enseñanza de forma Sistemática durante toda la escolaridad.

Retomando las iniciativas propuestas por Saiz (2002b) para la enseñanza del pensamiento, se resalta la importancia de la disposición y la práctica. La disposición ya se ha tratado anteriormente (introducción al capítulo), lo cual se puede resumir mediante la siguiente cita “poseer una buena disposición para la reflexión es otro objetivo prioritario en la enseñanza del pensamiento” (Saiz, 2002b, p. 13). La última de estas premisas es la práctica. Es ampliamente aceptado que “La práctica es lo que consolida nuestro conocimiento” (Saiz 2002b, p. 14). Es parte de la adquisición competencial y de la asimilación de nuestro conocimiento el hecho de poner en práctica los conocimientos adquiridos de forma teórica, en consecuencia, los programas destinados a la enseñanza del pensamiento tienen una fuerte carga en las actividades de consolidación y en la implementación de las capacidades y disposiciones de pensamiento (Saiz, 2002b).

Las implicaciones más generalizables de la enseñanza del pensamiento que se han recopilado pueden servir como base para elaborar programas para enseñar a pensar y/o evaluarlos. Durante el recorrido de la enseñanza del pensamiento se han elaborado multitud de programas con diferentes planteamientos y distintos objetivos en torno a esta enseñanza. En las siguientes líneas se van a plasmar distintas clasificaciones que se pueden hacer de dichos programas y una pequeña descripción de los más representativos.

La primera clasificación para plasmar es la de Maclure (1994) citada en Saiz (2002b). Estos autores dividen los programas de enseñanza del pensamiento de forma muy sencilla empleando tres grupos. “(1) enfoques que emplean el método directo; (2) enfoques que utilizan el modelo de «inculcación»; y (3) enfoques que aplican los conocimientos cognitivos” (Saiz, 2002b, p. 19). En esta clasificación el primer grupo recoge los programas que ponen su foco en la enseñanza de las capacidades de pensamiento con actividades prácticas como el programa de enriquecimiento instrumental o el programa de pensamiento CoRT. El segundo bloque consiste en ligar la enseñanza del pensamiento con las áreas de conocimiento habituales en los centros escolares, como el programa filosofía para niños (Lipman et al., 1992). El último grupo aplica los conocimientos del enfoque cognitivo a la enseñanza del pensamiento como en los programas derivados del proyecto cero de Harvard.

Martín (2005) recogido en Báez y Onrubia (2016) divide nuevamente los proyectos en tres, con la excepción de que Martín (2005) realiza una subdivisión en el primero de estos que incluye: (A) programas libres de contenido, como el Programa de Enriquecimiento Instrumental, (B) la enseñanza mediante problemas prácticos y heurísticos, como el programa CoRT, y C) los programas mixtos como el programa, *Intelligence Applied*. El segundo grupo según Martín (2005) sería el enfoque de integración en el currículo en el que encontramos programas de inmersión que no implican una enseñanza explícita del pensamiento, como el proyecto de Filosofía para niños, pero que plantean situaciones que obligan al alumnado a pensar; y los programas de infusión que implican una enseñanza explícita del pensamiento aplicada a contenidos específicos de los currículos como los derivados del proyecto cero de Harvard. En el tercer y último grupo se encontrarían “Programas para estudiantes con necesidades educativas especiales, entre los que se encuentran aquellos que desarrollan habilidades específicas tales como (Autonomía

LSC) a través del currículo ordinario (Integrative Strategy Instruction)” (Báez y Onrubia, 2016, p. 103).

De los grupos y subgrupos distinguidos en la clasificación de Martín (2005) nuestra forma de entender la enseñanza del PC es más afín a la recogida en los proyectos que comprenden la enseñanza del pensamiento explícita de forma infundada con los contenidos curriculares, pues compartimos la opinión de Báez y Onrubia (2016) cuando exponen que:

Desde una posición constructivista, apoyamos la posición de enseñanza infundada, al menos por dos razones: a) la estrecha relación entre capacidades generales y conocimientos específicos de dominio, es decir, entre las habilidades de pensamiento que podemos aprender y usar y el grado de conocimiento que tenemos del ámbito específico de contenido en el que se plantea el problema o situación que requiere que usemos esas habilidades. b) el hecho de que, desde una posición constructivista, las habilidades no pueden adquirirse 'en el vacío' ni en abstracto, sino en contextos concretos de uso. (p. 103)

A continuación, se pasa a desarrollar el modelo de Swartz y Perkins (1989), Swartz et al. (2008) y Swartz (2012), pues se tomará como referencia para la elaboración de los materiales didácticos generados en la presente tesis doctoral. Estos modelos fomentan la enseñanza del pensamiento mediante su fusión con los contenidos curriculares que formalmente las instituciones escolares tienen la obligación de transmitir. Es decir, plantean estrategias que permiten el aprendizaje de un contenido curricular de forma profunda, a la vez que enseñan explícitamente y ponen en práctica capacidades de pensamiento de forma eficaz. Es en esta última cuestión donde este modelo pone su foco, pues dedican un tiempo importante a enseñar de forma explícita maneras correctas de aplicar distintas capacidades de pensamiento de forma eficaz, así como a ponerlas en práctica en contextos reales asociados con la temática curricular que se esté trabajando. De esta forma, se consigue no solo la enseñanza del pensamiento, sino también el desarrollo de competencias como aprender a aprender y otras asociadas a los contenidos curriculares que se estén trabajando.

A modo de ejemplo se plasman las palabras con las que Swartz et al. (2008) reflejan la idea expuesta anteriormente refiriéndose en concreto a la habilidad de pensamiento comparar y contrastar:

Lo que tienen que hacer los profesores cuando trabajan este tipo de ejercicios con sus alumnos es, más bien, enseñarles a comparar y contrastar, y a resolver problemas de forma eficiente. Eso mejorará la frecuencia con la que los alumnos llevan a cabo estos tipos de pensamiento con eficiencia en el aula. Cuando se acostumbren a seguir los pasos necesarios, haciendo preguntas relevantes y respondiéndolas, así como reuniendo la información de un modo apropiado, podremos considerar que nuestros esfuerzos han valido la pena. Esto es lo que debería definir nuestros objetivos a la hora de considerar la clase de tipos de pensamiento que vamos a exigir a nuestros alumnos, si queremos que estén a la altura del nuevo modelo educativo del siglo XXI. (p. 23)

Con el fin de que los docentes puedan implementar estas ideas en sus aulas estos autores aconsejan prestar especial atención a las siguientes cuestiones:

- Establecer estrategias, rutinas y fórmulas paso a paso que dirijan los procesos de pensamiento.
- “Saber dónde, cuándo y por qué es apropiado emplear un procedimiento” (p. 26).
- Conocer en profundidad las distintas destrezas de pensamiento para poder determinar cuál se debe aplicarse y en función de qué criterios.
- Poseer conocimientos sobre el contexto en el que aplicar la destreza o saber dónde se puede localizar la información que requerimos.

IV.3. LA EVALUACIÓN DEL PC

A lo largo de las décadas la evaluación del PC ha sido un problema para los investigadores en este campo. Conseguir instrumentos que midan de forma fiable las capacidades y/o disposiciones que abarca este constructo no ha resultado fácil. No obstante, distintos grupos de investigación han elaborado instrumentos cualitativos y/o cuantitativos y han demostrado su eficacia para la evaluación de alguno de los componentes de este constructo. La elaboración de estos instrumentos de evaluación se ha realizado desde distintas perspectivas, así pues, dependiendo del test aplicado puede variar, desde el número de personas que puede realizar la prueba de forma simultánea, hasta el número de disposiciones o capacidades de pensamiento que son susceptibles de evaluación. A lo largo

de las siguientes líneas vamos a presentar las bases de los instrumentos que se han considerado más representativos por su uso a lo largo de las últimas décadas. Comenzaremos por instrumentos de corte cuantitativo con respuestas cerradas.

El primer instrumento que destacar es el cuestionario *California Critical Thinking Skills* (CCTST) (APA, 1990), se trata de un instrumento de medición de respuestas cerradas con 34 ítems elaborado en el contexto cultural estadounidense y destinado a la evaluación de estudiantes universitarios y población adulta con estudios universitarios. Este instrumento ha obtenido buenos índices de fiabilidad (0,78; 0,80 *mitades partidas de Spearman*) al evaluar capacidades del PC como: interpretación, análisis, evaluación, explicación e inferencia.

El *Test de Cornell Critical Thinking* (CCTT) creado por Ennis y Millman (1985). Este presenta dos niveles; uno dirigido a jóvenes de entre 9 y 18 años y un segundo planteado para personas adultas. Su diseño consiste en 76 o 52 ítems, según el nivel, con tres opciones de respuesta que se centran en evaluar los procesos de: inducción, credibilidad de las fuentes, observación, semántica, deducción e identificación de hipótesis. La confiabilidad de estos cuestionarios se encuentra entre 0.62-0.64 *Kr-20*. El nivel para adultos de este cuestionario se tradujo al español a manos de Gordón (1994), el cual se conoce como Prueba Cornell para el Pensamiento Crítico Nivel Z.

En tercer lugar, el cuestionario *California Critical Thinking Disposition Inventory* (CCTDI) creado por Facione et al. (2000) bajo petición de la Asociación Norteamericana de Filosofía. Este instrumento se dirige a población adulta y a estudiantes de educación superior o media. Concretamente, consiste en especificar el grado de acuerdo o desacuerdo con 75 ítems que recogen opiniones, valores o percepciones relacionadas con capacidades como: análisis, inferencia, interpretación, explicación, evaluación y autorregulación. La fiabilidad de este instrumento es muy elevada obteniendo 0.90 en el *alfa de Cronbach*.

Continuamos con los instrumentos de corte cuantitativo con respuestas abiertas y cerradas como el cuestionario *Halpern Critical Thinking Assessment using Everyday Situations* (HCTAES) elaborado por Halpern (1998) y actualizado en Halpern (2016). Este instrumento está dirigido a personas adultas y consta de 25 situaciones de las cuales derivan preguntas abiertas y cerradas que pretenden evaluar capacidades de PC como el análisis de argumentos, la comprobación de hipótesis, el razonamiento verbal, la solución de

problemas y la probabilidad e incertidumbre. Este cuestionario cuenta con una versión española adaptada al mismo nivel (Nieto et al., 2009).

El Test de Pensamiento Crítico (TPC), desarrollado por el Ministerio de Educación y Cultura de Paraguay (2007), es un instrumento que evalúa silogismos, proposiciones condicionales, identificación de supuestos, diferenciación entre hechos y opiniones, inferencias a partir de datos e interpretaciones de situaciones; a través de una parte de preguntas cerradas y una segunda parte abierta en la cual hay que redactar explicaciones a unas determinadas situaciones. Este instrumento, dirigido a estudiantes de educación media, tiene buenos índices de fiabilidad con un coeficiente de 0,7 en el primer componente y 0,71 en el segundo según *la prueba alfa de Cronbach*.

En cuanto a los cuestionarios de tratamiento cuantitativo, pero que emplean únicamente respuestas abiertas encontramos el cuestionario de Pensamiento Crítico Salamanca (PENCRISAL) creado por Saiz y Ribas (2008) formado por 35 ítems que evalúan 5 capacidades: razonamiento deductivo, inductivo y práctico, toma de decisiones y resolución de problemas. Este instrumento tiene un formato digital, lo cual permite su rápida difusión y recopilación, y reduce la fatiga durante la realización. La fiabilidad de este instrumento se mide mediante *alfa de Cronbach con un coeficiente* de 0,73. Este instrumento ha sido validado en otros contextos como en Perú y traducido a otras lenguas como el portugués, contexto en el que se encuentra en el proceso final de validación.

Por otra parte, existen instrumentos de evaluación cualitativos que ponen el foco en evaluar las capacidades aplicadas a contextos o tareas realizadas, como pueden ser el uso de rúbricas. En esta línea, Facione (2016) recoge un análisis actualizado de la rúbrica que publicó en 1994 ante la necesidad de crear un instrumento para “evaluar diversos productos de la labor educativa, [...] y que funcionara tanto como un dispositivo pedagógico para orientar a las personas a conocer lo que es el pensamiento crítico, como un instrumento de evaluación útil para fines tanto formativos como sumativos” (p. 1). Esta rúbrica posee cuatro niveles en los cuales establece criterios que permiten situar la eficacia en la ejecución de capacidades de PC como: (1) interpretar, analizar y evaluar la calidad de la información; (2) identificar la información relevante para el problema; (3) resaltar la información conectada y conflictiva; (4) detectar fallos en la lógica y suposiciones cuestionables, (5) explicar por qué la información es creíble, poco fiable o limitada; (6)

considerar y evaluar la información de una fuente para tomar decisiones (sacar conclusiones y/o proponer un curso de acción); (7) considerar las implicaciones de las decisiones y sugerir investigaciones adicionales cuando sea apropiado; (8) demostrar que comprende la complejidad del tema al considerar y puede refutar puntos de vista alternativos; (9) criticar un argumento; y (10) reconocer falacias en los argumentos.

CAPÍTULO V. CONSTRUCCIÓN DE UN PLANTEAMIENTO DIDÁCTICO PARA TRABAJAR LA NdCyT Y EL PC

V.1. ¿POR QUÉ APOSTAR POR EL DESARROLLO DEL PC EN CONJUNTO CON LA NdCyT?

No debemos olvidar que el fin último del trabajo de la NdCyT es la promoción de la alfabetización científica y que esta se conforma por conocimientos (entre los que encontramos los propios de esta área), disposiciones y capacidades (Tenreiro-Vieira y Vieira, 2014), tal y como ha quedado expuesto en la justificación de esta tesis. Entre las capacidades es preciso señalar, por su transcendencia en el desarrollo de esta tesis, las relacionadas con el pensamiento científico.

El pensamiento científico engloba las diferentes formas de pensar que fundamentan las acciones aplicadas en las distintas disciplinas científicas, de forma que la variedad de dichas disciplinas y la naturaleza provisional del conocimiento científico hacen que este tipo de pensamiento sea “provisional, complejo y múltiple” (Vázquez y Manassero, 2018, p. 312). Esta complejidad del pensamiento científico deriva en que, al igual que ocurre con el pensamiento crítico, la mejor forma de definirlo sea a partir de la delimitación de sus componentes. No obstante, estos componentes no deben entenderse como elementos aislados, ya que la combinación de estos es lo que permite la conformación de los modelos de pensamiento científico (Kuhn, 2012; Smith et al., 2010; Vázquez y Manassero, 2018). En base a esta premisa Vázquez y Manassero (2018) presentan una tabla (ver Tabla 3) que recoge los principales componentes y destrezas del pensamiento científico.

Tabla 3

Desarrollo de los aspectos del pensamiento científico y sus destrezas específicas asociadas elaborado a partir de las citas sobre este tema

Aspectos	Destrezas asociadas al pensamiento científico
1) Observar con los sentidos	Observar. Recoger datos. Recopilar información. Describir. Historiar.
2) Categorizar lo observado	Definir supuestos conceptos y problemas. Clasificar, organizar, ordenar, entes. Analizar, comparar, contrastar.
3) Reconocer patrones en objetos y sucesos	Identificar datos probatorios. Cuantificar medidas. Descubrir regularidades. Sintetizar. Generalizar empíricamente.
4) Crear y comprobar hipótesis	Formular preguntas. Identificar problemas y supuestos. Formular hipótesis. Planificar y desarrollar investigaciones. Aplicar análisis estadísticos. Usar adecuadamente la tecnología. Aplicar pensamiento matemático y computacional.
5) Pensar en causas y efectos	Controlar efectos de múltiples variables. Atribuir causalidad. Usar la lógica. Dar interpretaciones válidas y fiables. Resaltar datos sorprendentes o contradictorios. Plantear problemas prácticos.
6) Apoyar eficazmente la teoría con pruebas	Emitir juicios críticos. Sacar conclusiones. Aceptar y rechazar teorías. Utilizar pruebas. Justificar y validar conocimientos. Argumentar. Sugerir solución o comparación. Construir explicaciones y teorías coherentes.
7) Visualizar el pensamiento científico	Crear e imaginar investigaciones y experimentos. Simular modelos y datos en figuras, diagramas y gráficos. Construir tablas. Desarrollar tecnologías. Afrontar necesidades y problemas sociales. Informar políticas científicas.
8) Ser consciente y controlar el pensamiento propio (meta-procesos)	Pensar correctamente. Tener una actitud escéptica. Mostrar apertura de mente. Desafiar el conocimiento con alternativas. Evaluar suposiciones. Predecir. Buscar con creatividad e imaginación nuevas ideas y conocimientos.
9) Usar metáforas y analogías	Crear modelos, analogías y teorías. Resolver problemas. Buscar bases para el conocimiento. Replicar teorías, modelos, conocimientos.
10) Usar la heurística de “confirmar rápido, revocar después”	Explorar literatura, hipótesis. Deducir conclusiones. Inferir conclusiones. Tomar decisiones. Abducir conclusiones.
11) Comunicar, evaluar, compartir, colaborar y pensar la información.	Comunicar y compartir conocimiento. Publicar descubrimientos. Trabajar en equipo cooperativamente. Participar en congresos. Debatir con los colegas teorías y soluciones. Evaluar comunicaciones de otros para publicar. Asumir responsabilidades (personal y social).

Nota: Elaborada por Vázquez y Manassero (2018, p. 314).

Tras la lectura de la Tabla 3 se perciben dos cuestiones primordiales para el desarrollo de esta investigación. La primera consiste en la relación de las capacidades de un pensador científico con los contenidos de la NdC. Como ha quedado expuesto en el Capítulo III la NdC es un meta-conocimiento sobre la propia ciencia incluyendo qué es y

cómo conforma su conocimiento. La segunda consiste en las similitudes entre los componentes del pensamiento científico y los del propio PC. Observar, crear y comprobar hipótesis, las relaciones causa efecto, la fundamentación en evidencias, la argumentación, la heurística (deducción e inferencia) o la evaluación, son componentes fácilmente identificables como comunes dentro de la delimitación de estos constructos. Es por esto por lo que muchos estudios han comenzado a relacionar la enseñanza de las ciencias con el desarrollo de capacidades de PC. Incluso, Vázquez y Manassero (2018) manifiestan que el desarrollo de capacidades de PC puede ser la clave, para que los estudiantes puedan superar las dificultades cognitivas que se les presentan a la hora de comprender contenidos innovadores dentro de la enseñanza de las ciencias, como es el caso de los contenidos de NdCyT.

En el campo de la didáctica de las ciencias encontramos estudios que investigan el desarrollo de capacidades coincidentes entre el pensamiento crítico y el pensamiento científico como son la argumentación, la comprobación de hipótesis, la veracidad de las fuentes, la resolución de problemas, etc. (Erduran et al., 2006; Jiménez-Alexandre y Puig, 2012; Porras et al., 2020; Quijano et al., 2014; Tenreiro-Vieira y Vieira, 2021; Torres y Solbes, 2016, 2018; Vega y Callejas, 2020; Zeidler, 2003).

Del mismo modo, se encuentran similitudes entre las disposiciones relacionadas con la alfabetización científica y con el PC, como pueden ser, buscar estar bien informado, respetar el uso de las pruebas, ser escépticos a la hora de evaluar afirmaciones, ser honestos y mantener la mente abierta a otras ideas. También ambos campos deben regirse por normas y criterios que, salvo cuestiones muy específicas relacionadas con un contenido o materia concreta, son comunes: “precisión, claridad, coherencia, credibilidad de las fuentes, control de las variables y validez de las inferencias” (Tenreiro-Vieira y Vieira, 2014, p. 16).

En consecuencia, la justificación de la enseñanza conjunta de la NdCyT (como elemento necesario para promover la alfabetización científica) y de las capacidades de PC queda legitimada, ya que, para desarrollar los conocimientos sobre la NdCyT hay que partir de los de NdC y para comprender esta, hay que fomentar el desarrollo del pensamiento científico y entender su forma de hacer. Al mismo tiempo, la similitud entre las capacidades de pensamiento científico y PC es tal, que a efectos de su enseñanza y desarrollo no se presentan diferencias que los separen y, por ende, se puede defender que el desarrollo del

PC mejora la comprensión de la NdCyT y que el fomento de la mejora en las concepciones de NdCyT contribuye al desarrollo del PC (Torres y Solbes, 2016; Vázquez y Manassero, 2018; Manassero, Vázquez, 2019). De esta forma queda justificado el trabajo de ambos constructos de forma simultánea en un mismo contexto de enseñanza.

En esta línea, han trabajado autores como Tenreiro-Vieira y Vieira (2021), quienes establecen distintos criterios para la selección de temáticas mediante las cuales potenciar el desarrollo de elementos de PC desde la perspectiva CTS y la Educación para el Desarrollo Sostenible. Estos criterios son: (I) tener relevancia social y ser atractivo para los estudiantes; (II) permite trabajar las relaciones CTS; (III) admite ser trabajado desde distintos enfoques metodológicos; (IV) se puede trabajar desde el contexto próximo del alumnado mediante el planteamiento de problemas, donde los estudiantes tienen que aplicar y reconstruir sus conocimientos, así como aplicar los distintos elementos que conforman el PC (capacidades; disposiciones; actitudes y valores; normas y criterios, y conocimientos).

Asimismo, estos autores presentan una serie de elementos que debemos tener en cuenta en el diseño de propuestas didácticas de ciencias de la naturaleza que tengan como fin el desarrollo del PC (ver Tabla 4).

Tabla 4

Identificación de los elementos del Pensamiento Crítico y Creativo a considerar en la elaboración de propuestas didácticas para la enseñanza de las ciencias

Capacidades	Disposiciones/Actitudes/ Valores	Criterios/normas	Conocimiento
Aclaración elemental, como resumir, identificar y señalar razones, argumentar.	Tener la mente abierta. Buscar y señalar las razones y asumirlas públicamente.	Claridad y precisión Precisión teniendo en cuenta la situación en su conjunto	Teorías y explicaciones científicas y tecnológicas
Apoyo básico, cómo hacer y evaluar la credibilidad de una fuente o de observaciones.	Utilizar y citar fuentes creíbles y estar bien informado. Considerar y buscar alternativas.	Metacognición Consistencia y coherencia Sistematicidad	Historia de la Ciencia y la Tecnología (CyT) NdCy
Aclaración Elaborada, cómo definir operativamente y hacer clasificaciones.	Ser sensible a los sentimientos, niveles de conocimiento y grado de preparación de los demás.	Independencia intelectual Prudencia e investigación	Pensamiento Crítico y Creativo Grandes ideas y conceptos de CyT
Inferencias, como las inducciones y la formulación y evaluación de juicios.	Colaboración, integridad y satisfacción intelectual. Respeto a las evidencias.	Imparcialidad Planificación y estrategia	Campos y contextos de la investigación actual en CyT
Estrategias y tácticas, como decidir e interactuar con los demás, por ejemplo, para presentar una posición a un público determinado.	Perseverancia, resistencia y no tener miedo al error. Valores como: justicia, vida, verdad y honestidad.		
La creatividad, como la originalidad, la flexibilidad y la preparación.			

Fuente: Tenreiro-Vieira y Vieira, 2021, p. 73

V.2. CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DIDÁCTICO QUE INTEGRE LA ENSEÑANZA DE CONTENIDOS CURRICULARES, CONTENIDOS DE NdCyT Y PERMITA EL DESARROLLO DE CAPACIDADES DE PC

Como se ha mostrado a lo largo del documento, esta investigación aboga por derrocar tanto el tratamiento tradicional del área de ciencias naturales (modelo de transmisión-recepción), como su forma de trabajar los contenidos. En consecuencia, se

apuesta por un tratamiento reflexivo y dialógico de temas relacionados con la NdCyT, mediante los planteamientos que propone el movimiento CTS (Acevedo y García-Carmona, 2016; Vázquez et al., 2004; Vázquez y Manassero, 2012ab; Vieira, et al., 2010). Esta nueva orientación tiene unas directrices formativas orientadas al aprendizaje significativo y al desarrollo de competencias (aprendizaje eficaz), y no al rendimiento, de modo que presenta una serie de peculiaridades en su planteamiento didáctico que se deben tener en cuenta y que se exponen a continuación.

En los capítulos anteriores se han expuesto distintos enfoques de enseñanza del PC y de la NdCyT, ahora vamos a recoger las propuestas que creemos que fomentan en mayor medida el trabajo de estos constructos y a fusionarlas en un único modelo que pueda aplicarse a la SEA diseñada y que fomente el desarrollo y la mejora de ambos constructos de estudio.

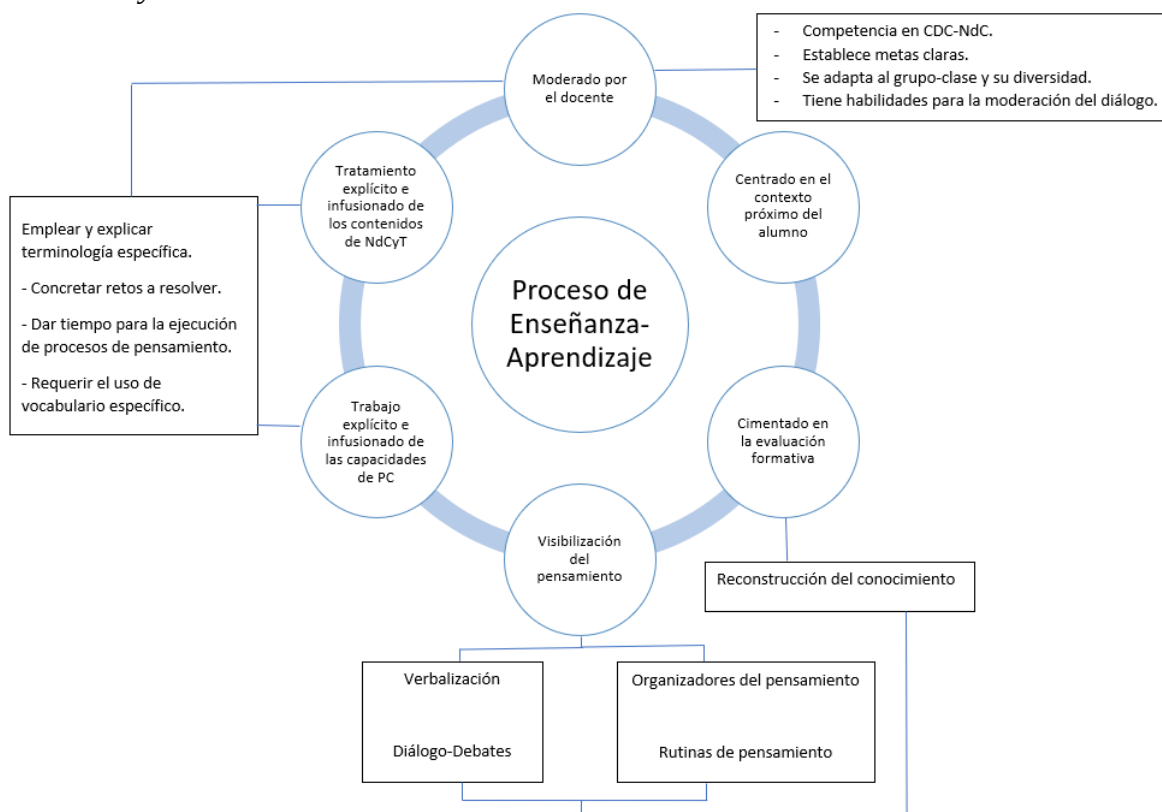
Este planteamiento va a tomar como base seis elementos clave: (ver Figura 10) el tratamiento explícito de los contenidos, la infusión de estos contenidos con contenidos curriculares, la visibilización de los procesos de pensamiento, el contexto próximo del alumnado, la evaluación formativa y el docente como moderador del aprendizaje. Asimismo, el elemento que cohesionará estos principios didácticos será el diálogo, puesto que promueve que el alumnado indague, reconozca evidencias, las asuma modificando y reconstruyendo sus conocimientos y pueda presentárselas a sus compañeros ayudando a estos en su propio proceso de reconstrucción del conocimiento (Wells, 2001).

Dicho planteamiento se va a aplicar a una estructura de actividades que consiste en una primera actividad de introducción a la temática y activación de conocimientos previos denominada “actividades de rutinas de pensamiento”, por el uso que se hace de estos organizadores del pensamiento. La segunda actividad se denomina “escuchan-preguntan” y consiste en la presentación de los contenidos curriculares mediante un diálogo con el alumnado. La tercera actividad es la que permite consolidar los conocimientos y consiste en el planteamiento de una serie de controversias sobre las que reflexionar y debatir.

Con el fin de aportar más información sobre el planteamiento y la estructura de las actividades se pasa a esclarecer a qué nos referimos con cada uno de los elementos de dicho planteamiento (excepto los referidos concretamente al trabajo de la NdCyT y el PC, puesto que ya se ha tratado previamente), así como el diseño de la propia propuesta de enseñanza.

Figura 10

Modelo didáctico para el desarrollo infusionado de capacidades de PC y conocimientos sobre NdCyT



Nota. Fuente: Elaboración propia

V.2.1. EL ROL DEL DOCENTE COMO MODERADOR

En este modelo el docente ejercerá el rol de moderador en todas las actividades, pero de un modo más activo en los debates resultantes de las “rutinas de pensamiento” y las “actividades de consolidación”. Esto implica que será el encargado de orientar a los estudiantes y plantear preguntas auxiliares y de andamiaje, que permitan a los alumnos establecer conexiones y poder responder a las preguntas planteadas de la forma más correcta posible desde un punto de vista científico, es decir, que les permitan abandonar sus concepciones alternativas. En esta línea, es importante destacar que las interacciones destinadas a la reconducción de las concepciones previas o los aprendizajes no deben caer en el adoctrinamiento; es decir, no se debe imponer una concepción a los estudiantes, sino guiarlos mediante el planteamiento de conflictos para que sean los propios niños y niñas

quienes identifiquen las deficiencias en sus planteamientos y puedan reconducirlos (Acevedo et al. 2016).

Asimismo, en las actividades “escuchan-preguntan” el docente tampoco es un mero reproductor de la información. La clave de este proceso es establecer un diálogo en el cual el docente, en un primer momento, refresque y rescate los conocimientos previos que el alumnado tenga; después presente los contenidos y, acto seguido, se inicie un diálogo en el que el alumno aporte ejemplos de su vida diaria en los que haya podido observar o experimentar situaciones relacionadas con los contenidos trabajados, además de plantear dudas sobre fenómenos relacionados con dichos contenidos.

V.2.2. RELACIÓN DEL CONTENIDO CON EL CONTEXTO PRÓXIMO DEL ALUMNADO

Como se establece en el Informe Enciende, Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España (COSCE, 2011), para que los estudiantes adquieran saberes científicos deben percibirlos como relevantes en su día a día. Los docentes o expertos en distintas disciplinas científicas pueden establecer conexiones sin esfuerzo entre los contenidos científicos recogidos en los currículos de ciencias y el entorno próximo de los alumnos y, por ende, con la vida de estos. Sin embargo, la concreción de esos currículos en propuestas didácticas en las aulas no siempre manifiesta estas relaciones, en consecuencia, los estudiantes perciben los contenidos científicos como abstractos y lejanos. Es, por tanto, necesario realizar un esfuerzo para que esta concreción enlace los conocimientos sobre ciencias con el contexto próximo del alumnado de forma explícita. Estas actividades se conocen como “actividades o tareas auténticas” (Jiménez-Aleixandre, 2010) y mediante su implementación los estudiantes podrán percibir la relevancia y utilidad de lo que están aprendiendo, favoreciendo así el aumento de su motivación por aprender contenidos científicos y la interiorización de estos. En palabras de Cañal et al. “la comprensión de los nuevos conocimientos puede verse facilitada al poder relacionarla con su propia experiencia. Así, las ideas pueden evolucionar y ser interiorizadas para perdurar en su mente” (2016, p. 29).

Asimismo, desde la autoría de esta tesis compartimos la idea presentada en el COSCE (2011), la cual establece que el aumento de los contenidos científicos causado por los avances en la ciencia hace imposible abordar todos ellos como si se tratase de la

memorización de una enciclopedia. Sin embargo, sí está en nuestra mano trabajarlos en consonancia con el desarrollo de la competencia “aprender a aprender”. Es decir, se pueden contextualizar los contenidos y dotar al alumnado de las herramientas para poder discriminar entre información veraz o falseada, evaluar las posibles consecuencias sociales, etc.

V.2.3. VISIBILIZACIÓN DEL PENSAMIENTO

Una de las formas de hacer conscientes al alumnado de su pensamiento es nombrando e integrando lenguaje dirigido al pensamiento en el aula. Realizando estas pequeñas, pero significativas menciones, se dirige la atención de nuestro alumnado hacia las propias capacidades de pensamiento que están utilizando. En palabras de Ritchhart et al. “Cuando logramos hacer visible el pensamiento que ocurre en el aula, se vuelve más concreto y real. Se torna en algo sobre lo que podemos hablar y explorar, manipular, desafiar y aprender de él” (2014, p. 51). Este mismo autor nos ofrece un ejemplo de visibilización del pensamiento empleando un comentario de una docente a sus alumnos, el ejemplo dice así: “ustedes han hecho una observación cuidadosa y han utilizado evidencias para sustentar sus razones” (2014, p. 51).

Ahora bien, ¿cómo podemos crear situaciones en las cuales el alumnado necesite poner en práctica capacidades de pensamiento y los docentes podamos crear un clima de aula donde se visibilice el pensamiento? Una de las estrategias que pueden servirnos para este propósito es el planteamiento de preguntas abiertas que lleven a los estudiantes a cuestionar sus conocimientos. Preguntas que no estén destinadas a la evaluación (Scott et al., 2006), es decir preguntas cuya respuesta no pueda darse mediante la reproducción de algo que se ha leído o memorizado anteriormente. En otras palabras, debemos alejarnos de plantear preguntas que el alumnado puede responder localizando información sin que requiera una reflexión sobre la misma. Del mismo modo el docente debe evitar transmitir su opinión sobre la temática, pues en caso contrario los estudiantes tratarán de responder lo que el docente espera que respondan.

En esta línea, Ritchhart et al. (2014) propone tres parámetros para tener en cuenta ante la redacción de estas preguntas: modelar un interés por las ideas, construir la comprensión y aclarar el pensamiento. Cuando un maestro plantea preguntas con respuestas

controvertidas, es decir, para las que no hay una respuesta predeterminada, los estudiantes tendrán que:

- Poner a prueba sus procesos mentales y la evaluación de evidencias e información para responderla.
- Conectar ideas y hacer interpretaciones, así como contextualizar conocimientos al aplicarlos a un contexto real.
- Dar tiempo para que los estudiantes puedan expresar qué los ha llevado a dar esa respuesta.

Estos principios son los referentes en la redacción de las preguntas de las actividades de consolidación. A estos referentes y a los comentarios hechos por el docente en la línea del ejemplo presentado sobre visibilización del pensamiento al inicio del epígrafe, será a lo que nos refiramos cuando hablemos de integrar el vocabulario del pensamiento en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Integración que dará lugar especialmente durante los debates.

Finalmente, se emplean rutinas de pensamiento como organizadores gráficos. Las rutinas de pensamiento son una serie de organizadores gráficos propuestos por Ritchhart et al. (2014) que ayudan a plantear una actividad y a facilitar el pensamiento. Estos esquemas se pueden adaptar a distintas temáticas y su denominación como rutinas denota que deben emplearse de forma repetitiva, es decir, como forma de trabajo permanente a lo largo de las actividades escolares diarias.

En concreto, se plantean tres actividades basadas en tres rutinas de pensamiento. Una dirigida a descubrir y organizar el conocimiento previo, mediante la elaboración de mapas conceptuales; otra destinada a visibilizar las semejanzas y diferencias de un fenómeno en base unos criterios, y una tercera propuesta para describir, interpretar y preguntarse (Ritchhart et al., 2014; Swartz et al., 2008). El objetivo de emplear estos organizadores al inicio de cada sesión o temática es introducir dichos temas mediante actividades que rescaten sus conocimientos previos, induzcan el uso de procesos de pensamiento superior y ayuden a los estudiantes a visibilizar dichos procesos. Estas actividades se realizan al principio de cada una de las sesiones (primer periodo de investigación) o con el planteamiento de un nuevo contenido (segundo periodo).

V.2.4. LA EVALUACIÓN FORMATIVA COMO CIMIENTO DEL MODELO DIDÁCTICO

¿Qué es la evaluación? Desde el enfoque tradicional de la enseñanza se emplea una evaluación cuya finalidad es determinar el grado de adquisición de los conocimientos trabajados durante un proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello, el docente elabora instrumentos que permitan la recolección de información fiable sobre la memorización de los conocimientos (Sanmartí, 2007). Sin embargo, esta visión tradicional de la evaluación no permite valorar de forma eficiente elementos innovadores como los que se integran en el planteamiento didáctico propuesto. Por consiguiente, se tiene que optar por una evaluación que sea coherente, pues solo a través de este proceso cobra sentido el componente innovador de la propuesta (Biggs, 2005; Bonsón, y Benito, 2005; Dochy et al., 2002).

Por todo ello, se defiende una forma de entender la evaluación que se identifica con el concepto de evaluación formativa definido por López-Pastor et al. (2008). En palabras de estos autores, la evaluación formativa es “un proceso de evaluación cuya finalidad principal es mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje que tienen lugar” (p.464). Por lo tanto, en esta tesis se entiende la evaluación formativa como un proceso en el cual los docentes y los estudiantes van mejorando gracias a las valoraciones que se van produciendo durante el proceso de enseñanza-aprendizaje (López-Pastor y Pérez-Pueyo, 2017).

Además, esta orientación de la evaluación se ajusta perfectamente a la forma de evaluar la significatividad de los aprendizajes del alumnado en relación con el desarrollo de su competencia científica (Pedrinaci et al., 2012). Es más, la evaluación formativa se integra de un modo mimético en el proceso de enseñanza-aprendizaje, de forma que la evaluación es utilizada “como medio de perfeccionamiento “sobre la marcha” de la actividad didáctica en el momento en el que se está produciendo y no ya cuando se realizó totalmente” (Rosales, 1988, p. 107). De este modo, la evaluación no se produce de forma aislada y estática, sino que es global y forma parte del proceso educativo (Rotger, 1990). Posee carácter procesual porque es “dinámica y flexible, nunca estática o rígida, es continua y, sobre todo, está al servicio de los objetivos educativos que se han fijado” (Rotger, 1990, p. 104).

No obstante, todas estas concreciones no son suficientes para ajustarse de forma simbiótica, falta un elemento importante. Este elemento le va a aportar el enfoque comunicativo-crítico. Dicho enfoque comprende el aprendizaje como una construcción

personal del estudiante, da importancia a las mediaciones que tienen lugar entre todas las personas implicadas en el proceso de enseñanza y considera primordial favorecer la autonomía en los educandos (Quinquer, 2000). En este sentido, la evaluación se contempla como “un instrumento que permite mejorar la comunicación y facilitar el aprendizaje” (Quinquer, 2000, p. 18). Este enfoque comulga con los planteamientos de la pedagogía crítica, ya que procura eliminar las relaciones de poder existentes entre el alumnado y el profesorado, además del orden jerárquico que pueden producir distintas desigualdades. Este clima favorece los espacios de diálogo que se persiguen, no solo para aplicar procesos de pensamiento, sino también para que propicien esas retroalimentaciones de las que hablábamos en líneas anteriores. *Feedback* que serán la clave para la reconstrucción de los conocimientos a nivel individual y grupal, pues fomentan discusiones sobre cuestiones relevantes en el contexto del alumnado, pero con trascendencia en la sociedad (Torres, 2014).

En concreto, se propiciarán momentos donde los discentes expondrán las conclusiones a las que han llegado tras realizar distintos ejercicios y reflexiones e interactuarán entre ellos y con el propio docente hasta llegar a distintos acuerdos y soluciones. Las argumentaciones aportadas en estos espacios propician que los estudiantes transfieran conceptos y teorías científicas, que apliquen principios éticos y medioambientales, etc. (Jiménez-Aleixandre, 2010). Asimismo, la acción evaluadora consiste en la conducción de estas argumentaciones hacia lo que los científicos establecen como concepciones aceptables sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (Acevedo y García-Carmona, 2016, y Vázquez et al., 2004). Esta conducción se realiza, induciendo al alumnado a una reflexión en profundidad, permitiendo que los propios estudiantes reconstruyan su aprendizaje corrigiéndose entre ellos, además de con el propio *feedback* que les aportará el docente como moderador del aprendizaje.

En consecuencia, los continuos espacios para la retroalimentación permitirán al alumnado progresar en la construcción del aprendizaje, la mejora de sus concepciones sobre NdCyT y el desarrollo del PC, como muestran estudios como el presentado por León-Warthon (2021).

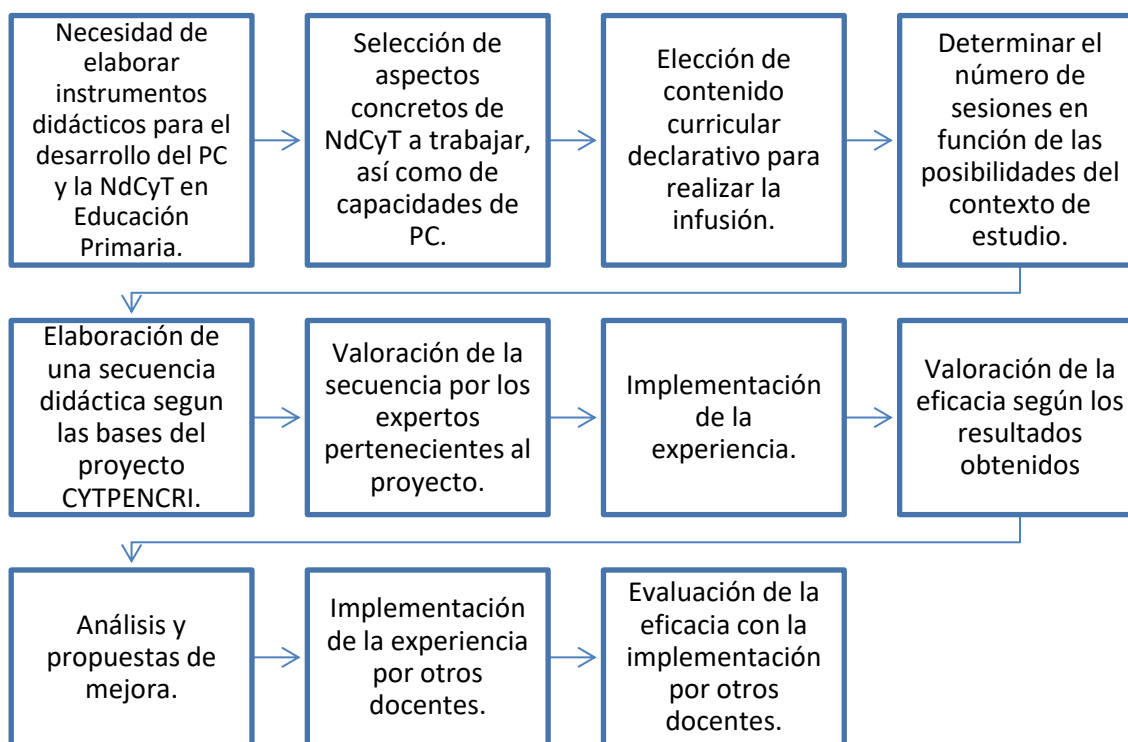
V.3. DISEÑO DE UNA SECUENCIA DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE BASADA EN EL MODELO DIDÁCTICO

¿Qué es exactamente una SEA? Una Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje es un instrumento de la planificación didáctica que contiene el plan articulado de actividades de aprendizaje. Es un documento sencillo que evita la retórica y las justificaciones para centrarse en describir con claridad los elementos didácticos y las directrices para su aplicación en distintos contextos, comunidades, e incluso países. Asimismo, las SEAs fomentan aprendizajes que implican una acción activa y constructiva, además de incluir en estos las progresiones de docentes y discentes.

La calidad de una SEA se basa en la correcta articulación y coherencia del conjunto de elementos didácticos (Buty et al., 2004). Por tanto, uno de los elementos clave dentro de una SEA son las estructuras o modelos didácticos como el elaborado en el epígrafe anterior (V.2.). Los pasos seguidos en el diseño de la SEA elaborada en el desarrollo de esta tesis doctoral se reflejan en la Figura 11 y se describen a continuación.

Figura 11

Diseño de la SEA



Nota. Fuente: Elaboración propia

V.3.1. CONTENIDOS Y CAPACIDADES DE NdCYT Y PC CONCRETOS PARA SU DESARROLLO

Como se señala en la figura y en vista de que los constructos de estudios contienen demasiados aspectos para ser trabajados en una misma SEA, se han seleccionado algunos elementos de estos constructos para ser tenidos en cuenta en el desarrollo de dicha SEA.

En concreto, se van a abordar cuatro consensos extraídos y adaptados del Cuestionario de Opinión sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS) (Manassero et al., 2001). Dos de estos ítems se corresponden con la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad (40211 y 40311) y dos con la construcción social de la tecnología (80131 y 80211). De la categorización de los enunciados presentados en (Manassero et al., 2003a y Vázquez y Manassero, 2012a) se extraen los elementos aceptados para definir esos conceptos de la siguiente forma:

- 40211: Las decisiones sobre los asuntos científicos deberían tomarse de forma compartida o incluso podrían ser tomadas por los ciudadanos informados y aconsejados por científicos e ingenieros. Las opiniones de científicos, ingenieros y los ciudadanos informados deberían tomarse en cuenta porque estos asuntos afectan a la sociedad.
- 40311: Siempre se necesita que haya un equilibrio (compromiso) entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología.
- 80131: Cuando se desarrolla una nueva tecnología (por ejemplo, un ordenador nuevo o una nueva medicina), puede ser puesta en práctica o no. La decisión de usar una nueva tecnología depende de que las ventajas para la sociedad compensen las desventajas, de su eficiencia, de las ganancias que proporcione y del tipo de tecnología que se trate.
- 80211: El desarrollo tecnológico no puede ser controlado por los ciudadanos, porque quienes tienen el poder para desarrollar la tecnología evitan que estos lo controlen.

Por otra parte, se fomentará el desarrollo de tres capacidades de PC en el primer ciclo (análisis argumental, comprobación de hipótesis y razonamiento verbal) y de dos en el segundo ciclo (análisis argumental y comprobación de hipótesis). Estas capacidades se definen de la siguiente forma:

- Análisis argumental. Este análisis parte de la comprensión del argumento y sus componentes. Los argumentos se forman mediante la combinación de distintos componentes: razones, suposiciones, calificadores, contraargumentos y conclusiones. Los elementos principales son las razones y las conclusiones, ya que no es posible generar un argumento sin al menos una razón y una conclusión (Halpern, 2014).
- Comprobación de hipótesis. Una hipótesis es una afirmación sobre el mundo que nos rodea, la cual se establece según una creencia que no está comprobada y que posteriormente se confirma o refuta. Comprobar una hipótesis es una forma de esclarecer la verdad sobre algo. Esta forma de confirmar el conocimiento es necesaria para interactuar con el mundo que nos rodea. Asimismo, el proceso de confirmación de hipótesis se puede realizar a través de distintos métodos de evaluación de la información (Halpern, 2014).
- Razonamiento verbal. El razonamiento verbal contempla los conocimientos sobre el lenguaje cotidiano que permiten identificar ambigüedades o analogías, así como técnicas persuasivas en el discurso argumental y prevenirse contra ellas (Halpern, 1998).

En tercer lugar, se seleccionó el contenido curricular con el cual infundir la enseñanza de los contenidos y capacidades de NdCyT y PC señalados, en este caso se trata de “la energía”.

V.3.2. LA ENSEÑANZA DE LA ENERGÍA

La decisión de seleccionar este contenido curricular como elemento vehicular para enlazar la enseñanza de la NdCyT y el desarrollo de capacidades de PC se ha visto determinada por los cuatro aspectos señalados por Tenreiro-Vieira y Vieira (2021) que se han recogido al inicio de este capítulo. La energía es un contenido que, a pesar de ser muy abstracto no es extraño para los estudiantes españoles, ya que se aborda desde los primeros niveles en Educación Primaria. Es un contenido cercano, puesto que es indiscutible el papel que tiene la energía en nuestras vidas, tanto a nivel biológico, como para mejorar y facilitar nuestro día a día; lo cual nos permite trabajarlo desde problemas y situaciones próximas a nuestros estudiantes. Tampoco podemos negar la relevancia de esta temática a nivel social,

político y ambiental. Circunstancia que nos permite captar el interés del alumnado mediante el planteamiento de problemas socio-científicos, así como trabajar los aspectos concretos de NdCyT y PC que se pretenden desarrollar.

Sin embargo, a pesar de su pertinencia para el diseño de la propuesta y su contemplación en la legislación española como contenido curricular, la enseñanza de la energía es compleja por las propias controversias dentro de la enseñanza de este concepto y por su carácter abstracto. En consecuencia, a lo largo de las siguientes líneas se determinará cómo se realizará el tratamiento específico de este contenido, comenzando por el tratamiento del concepto de energía.

El concepto de energía no goza de una definición consensuada ni desde la física, ni desde la propia didáctica; es decir, no hay claridad sobre qué es ni cómo se debe enseñar en cada uno de los niveles psicoevolutivos de los estudiantes (García-Carmona y Criado, 2013). No obstante, lo que aquí nos ocupa no es la propia definición de energía, sino cómo enseñar contenidos relativos a la energía siendo lo más rigurosos desde un punto de vista científico, pero de forma adaptada a la etapa educativa que nos ocupa.

Existe la opción de no presentar a los estudiantes una única definición de energía cerrada y axiomática que deban memorizar. De hecho, esto puede ayudar a los estudiantes a entender lo dinámico del concepto, puesto que la propia forma de entender la energía varía de una a otra rama de la física. Además, desde un punto de vista didáctico también evitamos emplear definiciones que aporten contradicciones según distintos enunciados físicos (Pintó, 2004). Sin embargo, sí es preciso guiar al alumnado en la comprensión del concepto de energía. Para ello podemos ayudarnos de los enfoques habituales para plantear el concepto en el ámbito educativo:

- La energía como capacidad de realizar trabajo. Este planteamiento “entra en contradicción con los conceptos de energía disponible y de energía libre” (Pintó, 2004, p. 49), de modo que habría que evitarlo.
- La energía como capacidad para producir cambios. Nuevamente, encontramos que esta orientación entra en conflicto con uno de “los pilares de la física: el segundo principio de la termodinámica” (Pintó, 2004, p. 49), la entropía.
- La energía como propiedad asociada a cada estado de un sistema. Este enfoque plantea que “podemos asignar a cada estado de un sistema una cualidad o

atributo que cuantificaremos, y establecer que en el caso de que el sistema esté aislado el número asignado se mantiene constante” (Pintó, 2004, p. 49). Este planteamiento supone menos conflictos desde un punto de vista teórico, siempre que se eviten ciertas expresiones en relación con el calor y el trabajo, puesto que estas no pueden expresarse en función del estado de un sistema.

Tras contemplar estos enfoques a nivel didáctico lo ideal es emplear la orientación que más se ajuste al nivel psicoevolutivo y cognitivo de los estudiantes con los que se va a trabajar, de forma que se construya un conocimiento provisional sobre el concepto lo más aceptado científicamente posible y siempre haciendo consciente al alumnado de la complejidad de dicho concepto. De esta forma, en la programación didáctica se abordará la energía entendida como combustible y, sin aportar definición explícita alguna, se progresará a través de la reflexión y el debate, hacia la idea de energía como la capacidad de los sistemas para producir cambios (García-Carmona y Criado, 2013).

La siguiente cuestión que tener en cuenta, desde la didáctica es si introducir o no el concepto “tipos de energía”. En este caso, existe una corriente que defiende que hablar de tipos dentro de la energía puede llevar a los estudiantes a entender que esta cambia su forma o su tamaño. En contraposición, otros autores indican que hablar de tipos de energía otorga sentido al trabajo de esta, puesto que “la energía, como magnitud física, solo puede ser medida si se concibe en sus diferentes formas” (García-Carmona y Criado, 2013, p. 90). Desde la autoría de esta tesis vamos a seguir las referencias que apoyan el uso de tipos de energía y, en concreto, vamos a tomar como referencia a autores que entienden que los estudiantes tienen experiencias relacionadas con la energía que de forma intuitiva los lleva a denominarla de distintas formas, en función de los fenómenos con los cuales ellos pueden relacionarla (*la energía solar es la que proviene del sol*). Estos autores mantienen que la enseñanza de la energía debe adaptarse al desarrollo de los individuos, de forma que se progrese hacia una visión científicamente más correcta conforme se desarrolle su nivel cognitivo y se pueda hablar de formas más abstractas y abandonar las experiencias cotidianas (García-Carmona y Criado, 2013; Liu y McKeough, 2005; Nordine et al., 2011; Pérez y Valera, 2006). Concretamente, se tratarán los siguientes tipos de energía: luminosa, eléctrica, química, térmica, sonora, nuclear y cinética.

En tercer lugar, vamos a abordar, brevemente, las controversias en relación con la transferencia o transformación de la energía. A este respecto se heredan los posicionamientos mencionados anteriormente: aquellos que defienden hablar de tipos de energía y se muestran a favor de hablar de transformación de la energía; frente a quienes son más reacios a hablar de tipos de energía y se aferran al concepto de transferencia de la energía. Desde esta tesis ya nos hemos posicionado en trabajar con tipos de energía y, siguiendo los argumentos proporcionados por la didáctica (conexión intuitiva con experiencias próximas al alumnado de niveles básicos, como la Educación Primaria), nuevamente elegimos hablar de transformación de la energía (García-Carmona y Criado, 2013). Sin embargo, también consideramos interesante hablar de transferencia de la energía en cuanto al calor y al trabajo. En esta propuesta hablaremos de transferencia en cuanto al calor cuando se dé un “proceso de transferencia de energía asociado a una variación de temperatura” (García-Carmona y Criado, 2013, p. 92). No se contemplará el desarrollo de la transferencia en esta SEA, puesto que el desarrollo de la misma se programa con una acotación de tiempo importante y se han tenido que priorizar los contenidos trabajados.

Finalmente se va a esclarecer el concepto de degradación como elemento clave para entender el principio de conservación de la energía. Desde edades tempranas se transmite que la energía ni se crea, ni se destruye, sino que sufre distintas transformaciones y, por tanto, se conserva (principio de conservación de la energía). Igual de cierto es decir que la energía se conserva, que señalar que hay energía que “perdemos” en los procesos de transformación. El concepto de degradación refleja esa pérdida de energía aprovechable de un sistema, es decir, según el segundo principio de la termodinámica (entropía) “la pérdida de energía útil es inevitable, de modo que la degradación de la energía es igualmente un principio de la naturaleza” (García-Carmona y Criado, 2013, p. 92). Para la energía, entonces, *envejecer* no significa “consumirse”, significa “degradarse” (Silvestrini, 2000).

Este principio puede ser comprensible para los estudiantes de Educación Primaria sin ahondar en principios físicos, simplemente haciendo referencia a que “en todo proceso energético se conserva la cantidad de energía pero no su calidad” (García-Carmona y Criado, 2013, p. 92), lo que implica que de la energía tenida en cuenta en un proceso hay una parte que no volveremos a tener disponible para nuevas transformaciones, puesto que esa energía se ha emitido al entorno que elevará su temperatura.

V.3.3. DELIMITACIÓN DEL TIEMPO PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y LAS SESIONES

Una vez determinados los contenidos a trabajar debíamos limitar las sesiones en las que se dividirían los contenidos a tratar.

Durante el primer periodo de investigación, como la implementación la iba a realizar la investigadora, los centros participantes pidieron que las horas de clase dedicadas al proyecto no fuesen demasiadas. Por tanto, se condensaron los contenidos en tres horas de trabajo divididos en tres sesiones. Sin embargo, se considera que para trabajar en profundidad los contenidos se pueden alargar más en el tiempo dando más espacio a la reflexión y la reconstrucción de los aprendizajes.

En el segundo periodo de investigación, como la doctoranda quedaba al margen de la implementación, se ofreció a los docentes participantes la posibilidad de modificar el tiempo de ejecución de la SEA. En estos casos los docentes integraron la SEA dentro de la unidad didáctica destinada al trabajo de la energía y priorizaron la ejecución de las actividades de forma satisfactoria por encima del tiempo. Como consecuencia de esto, algunas de las actividades y debates se ampliaron llegando a ejecutarse en el doble de tiempo que en la programación inicial de la SEA.

V.3.4. ESQUEMA DE LA SEA

La SEA diseñada en el primer ciclo de investigación se plantea para ser implementada por la investigadora, por tanto, ella conoce en profundidad tanto la fundamentación teórica en la que se sustenta, como el desarrollo y los materiales para la puesta en práctica. También dispone de tiempo limitado para la reproducción de las sesiones por lo que tiene que establecer unos tiempos por actividad e intentar ajustarlos a los grupos para flexibilizar y realizar adaptaciones sin dejar de trabajar todos los contenidos.

En el segundo ciclo de investigación la SEA se prepara para que pueda ser implementada por los docentes naturales de los grupos de estudiantes participantes en el estudio. Por este motivo, se maquetan los materiales en un cuaderno (Anexo I) para facilitar a los docentes su implementación y se diseña una formación para preparar a los maestros para su puesta en práctica. Asimismo, como mejora se modifica la actividad inicial de la segunda sesión. Por otra parte, el segundo esquema de aplicación se genera sin tiempos de ejecución en las actividades, pues ahora al realizar la puesta en práctica el docente natural del grupo no tiene acotaciones temporales.

Se pueden apreciar las semejanzas y diferencias de la SEA entre periodos en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5**Esquema de SEA. Introducción****Descripción general**

La SEA está orientada tanto al desarrollo de capacidades de pensamiento crítico como a la consecución de conocimientos básicos sobre el papel de la ciencia y la tecnología en relación con la producción y obtención de energía (energías renovables y no renovables, impactos ambientales...).

Relación con el currículo

La SEA tiene como referencia normativa la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa y el Real Decreto 126/ 2014 de 28 de febrero, en la cual se recoge el currículo básico de la Educación Primaria.

En base a dicha normativa, la temática de esta SEA se sitúa en el Bloque 1. Iniciación a la actividad científica y el bloque 4 de contenidos curriculares denominado *Materia y energía*

Número de sesiones

	Nivel	
Primer periodo de investigación	Segundo periodo de investigación	Segundo periodo de investigación
Tres sesiones	Diseñado en tres bloques a implementar en un número de sesiones flexible	Alumnos de 6º curso de Educación Primaria. 11-12 años

Competencias básicas

- Competencias básicas en ciencia y tecnología: los contenidos trabajados son fundamentales para iniciar al alumnado en la comprensión de los impactos que la ciencia y la tecnología tienen en la sociedad.
- Competencia lingüística: a través de la puesta en práctica de esta SEA se contribuye al desarrollo de la expresión y comprensión oral, así como de la capacidad de argumentación y la defensa verbal de una idea.
- Competencia de aprender a aprender: se reflexiona sobre la reconstrucción del propio conocimiento.

Objetivos

- Potenciar capacidades de pensamiento crítico como: reflexionar sobre la pregunta planteada, analizar argumentos, deducir y juzgar las conclusiones o tomar y defender una decisión.
- Relacionar los contenidos relativos a la energía con cuestiones propias de la NdCyT con el fin de trabajar y comprender aspectos sobre sociología interna y externa de la ciencia.
- Entender cómo se utilizan las personas las propiedades de la energía con el fin de abastecer la demanda energética.
- Analizar las consecuencias de impacto que producen en el medio los procesos de obtención de recursos energéticos.
- Reflexionar sobre los pormenores de los problemas energéticos que afronta la sociedad actual.

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 6*Esquema de SEA. Organización y temporalización*

Tiempo primer periodo	Actividades	Organización	Recursos	Indicaciones para el docente. Segundo periodo
20'	Primer periodo Segundo periodo Introducción-motivación Rutinas de pensamiento: -Generar, clasificar conectar, elaborar. -Palabra, idea, frase. -Veo, pienso, me pregunto.	Parejas	Primer periodo Segundo periodo Tarjetas-mapa conceptual. Adivinanzas Noticias	El profesor presenta el tema a través de actividades que inducen al pensamiento, inician la reflexión sobre los contenidos y promueven la motivación del alumnado
20'	Conocimientos previos Puesta en común de las conclusiones llegadas a partir de las rutinas de pensamiento.	Diálogo grupo-clase	Verbal	Modera la puesta en común de las rutinas de pensamiento reconduciendo las ideas de los alumnos hacia la adquisición de contenidos sobre NdCyT
45'	Contenidos Escuchan-preguntan: explicación del concepto de energía, tipos de energía, sus propiedades, las energías renovables y no renovables, los impactos en el medio relacionados con la energía y el método <i>fracking</i>.	Diálogo grupo-clase	Presentaciones trabajadas	Explica los contenidos y promueve la reflexión sobre su relación con la sociedad

45'	Procedimientos-Actitudes Resolución de preguntas de reflexión a través del uso de procesos de PC.	Parejas	Fichas de consolidación	Actividades 2, 4 y 6 del cuaderno del alumno	Resolver las dudas del alumnado en relación con las preguntas conduciéndoles hacia la reflexión sobre las mismas y los contenidos.
45'	Consolidación Puesta en común de las conclusiones de las preguntas de reflexión.	Diálogo grupo-clase	Verbal		Moderar la puesta en común y ayudar al alumnado a consolidar esquemas de conocimiento sólidos a través de las relaciones de <i>feed-back</i> y el debate con sus compañeros.
120' 30' por cuestionario	Evaluaciones iniciales y finales Realización de cuestionarios	Pre-test, intervención, y post-test	Primer periodo Enlace a los cuestionarios y Conexión a internet	Segundo periodo Enlace a los cuestionarios Conexión a internet	
	Evaluación continua: - Relaciones de <i>feedback</i> - Observación - Análisis de producciones	Continua	Diario de clase Rúbricas	Tablas de observación Rúbricas	

Nota. Fuente elaboración propia.

V.3.5. DESARROLLO DE LA SEA

Sesión 1

Actividad inicial

Con el fin de introducir la temática de la energía y promover la reflexión y participación de los estudiantes desde un primer momento, se utilizará una adaptación de la rutina de pensamiento denominada “generar, clasificar, conectar y elaborar: mapas conceptuales” (Ritchhart et al., 2014). Se trata de que los discentes, por parejas, organicen las ideas que tienen relacionadas con la energía a través de un mapa conceptual. Para ello, se ofrecerá a los estudiantes una serie de conceptos (energía; tipos de energía; propiedades de la energía; ciencia y tecnología, y sociedad) y estos deberán reflexionar sobre las relaciones entre los mismos.

En un primer momento, se permite la reflexión en pequeño grupo y posteriormente, se pasa a realizar reflexiones en gran grupo. Al ser el primer momento de reflexión y debate es preciso establecer las orientaciones explícitas necesarias, en relación con el tratamiento de aspectos propios de las capacidades de PC a trabajar. Estas orientaciones se concretan en establecer cuáles son los distintos componentes de un argumento y solicitar el uso de vocabulario específico en cada intervención de los estudiantes. Lo mismo se aplica con las hipótesis, cuando se realice la primera formulación de hipótesis se explicará al alumnado qué es una hipótesis, cómo y por qué se formulan, y se procurará solicitar y advertir de sus usos y comprobaciones. Es preciso formar al alumnado en la realización correcta de estos procedimientos para que puedan comenzar a ponerlos en práctica con corrección durante las siguientes actividades.

Actividad de desarrollo

Estas actividades se plantean como un diálogo entre el maestro y los educandos. En ellas se hace especial énfasis en las relaciones de los contenidos curriculares con la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad, y la construcción social de la tecnología. Con este fin se utilizarán soportes visuales (presentaciones, webs, audiovisuales, etc.) para fomentar la visualización y contextualizar la presentación teórica y atraer la atención del alumnado (ver Anexo II).

En concreto en la primera actividad de este tipo se introducen las nociones teóricas relativas a los contenidos: concepto de energía, propiedades de la energía y tipos de energía. Para ello se fomentará un debate activo donde se incluyan reflexiones sobre los tipos de energía y sus propiedades a partir de ejemplos cotidianos.

Actividad de consolidación

Se pretende que el alumnado afiance los esquemas de conocimiento sobre los contenidos curriculares y sus relaciones con los temas de NdCyT derivados de las reflexiones surgidas en anteriores debates. Para ello por parejas deben dejar constancia de sus nuevos conocimientos dando respuestas a preguntas controvertidas que sigan contribuyendo a la reflexión crítica de la materia y que se presentarán en una ficha a resolver. Finalmente, se iniciará la puesta en común de las respuestas, lo cual generará el último debate de las sesiones; un espacio que sirva de consolidación y reconstrucción del conocimiento de cada uno de los estudiantes.

Sesión 2

Actividad inicial (primer ciclo de implementación)

Para iniciar la sesión de una forma lúdica se utilizarán las adivinanzas elaboradas en Ortega-Quevedo (2016). Estas contienen un acertijo que conduce a un tipo de fuente de energía renovable (solar, eólica, hidráulica y biomasa). La actividad programada a partir de este material consiste en que el alumnado, por parejas, consiga resolver las adivinanzas siguiendo la rutina de pensamiento denominada “palabra, idea, frase” (Ritchhart et al., 2014). Dicha rutina trata de que los educandos escriban una palabra que les ha llamado la atención, una idea que les pareció significativa y una frase que les ayudó a comprender la adivinanza.

Actividad inicial (segundo ciclo de implementación)

En la segunda sesión se emplea un organizador gráfico para comparar y contrastar información (Swartz et al., 2008) a modo de rutina de pensamiento, con el fin de introducir las fuentes de energía renovables y no renovables. Esta rutina de pensamiento consiste en determinar las semejanzas y diferencias entre las fuentes de energía mencionadas, de modo que se pueda llegar a una conclusión sobre las mismas. La actividad se realizará primeramente por parejas, de forma que el alumnado pueda encontrar apoyo a la hora de

realizar las comparaciones necesarias. Después se realizará un debate en gran grupo que permita comprobar las conclusiones a las que han llegado, así como los argumentos que las apoyan.

Actividad de desarrollo

Se mantienen los principios de la actividad implementada en la sesión anterior, pero en esta ocasión centrada en el trabajo de los impactos ambientales derivados de la explotación energética de recursos naturales, así como de las fuentes de energía renovables y no renovables.

Actividad de consolidación (se mantienen los principios de la primera sesión)

Sesión 3

Actividad inicial

La actividad inicial propuesta para la tercera sesión parte de la rutina de pensamiento “ver, pensar, preguntarse” (Ritchhart et al., 2014). Esta rutina de pensamiento consiste en que los estudiantes observen detenidamente un elemento audiovisual, reflexionen sobre qué significa e implica lo que están viendo, y que tengan la oportunidad de plantearse una serie de preguntas en base a ello. El ejercicio se realiza por parejas para promover la reflexión en pequeño grupo y que el alumnado pueda encontrar la motivación al tratar de dar respuesta a sus curiosidades con el apoyo de un compañero. Posteriormente se trasladan las reflexiones al gran grupo.

Antes de iniciar esta actividad conviene determinar si el alumnado tiene algún conocimiento previo sobre el concepto principal a tratar durante esta sesión, el *fracking* o fracturación hidráulica. En caso de que los estudiantes no estén familiarizados con este contenido es preciso iniciar la sesión con la actividad de desarrollo para acercar el concepto los educandos e implementar en segundo lugar la rutina de pensamiento.

Actividad de desarrollo

En esta ocasión se trabaja el *fracking* mediante los principios explicados anteriormente.

Actividad de consolidación (se mantienen los principios de la primera sesión)

V.4. FORMACIÓN DOCENTE

Con el fin de preparar a los maestros para implementar la SEA se diseña un taller de dos horas de duración con los siguientes objetivos: (1) conocer los fundamentos de PC y NdCyT básicos para poner en práctica la SEA; (2) conocer el desarrollo de la SEA, y los materiales y actividades diseñados, asegurando su correcta implementación, así como las posibles adaptaciones a los contextos concretos donde se implementarán.

En base a estos objetivos los contenidos tratados en dicha formación son:

- El concepto de PC.
- Los cinco componentes asociados al PC (capacidades; disposiciones; actitudes y valores; criterios y normas, y conocimientos).
- Los componentes cognitivos del PC, haciendo énfasis en el análisis argumental y la comprobación de hipótesis.
- El concepto de NdCyT y las concepciones relativas a la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad, y la construcción social de la tecnología.
- La evaluación formativa como forma de evaluación del PC y la NdCyT.
- La infusión de los contenidos de PC y NdCyT en la SEA mediante la metodología comunicativo-crítica.

Como material para la formación se prepara una presentación (ver Anexo III) y se utilizan como recursos los cuadernos de los estudiantes para hacer simulaciones de su realización y puesta en común. Asimismo, como documentación adicional se entrega una guía de implementación de la SEA (ver Anexo IV), donde se narra paso a paso, como proceder ante las distintas actividades y se realizan sugerencias para realizar las conexiones entre el contenido de NdCyT y el contenido curricular.

CAPÍTULO VI: DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Atendiendo a la normativa del trabajo científico, para llevar a cabo una investigación es preciso seguir un riguroso método que permita una aproximación al objeto de estudio, de forma satisfactoria, fiable y objetiva. A lo largo de este capítulo se va a describir la fundamentación metodológica a la que se adhiere la investigación realizada.

En primer lugar, se pasa a situar nuestra investigación en un paradigma, pues de este modo la enmarcamos bajo unos preceptos que servirán de orientación a la hora de establecer el diseño. Dicho paradigma es el que Corbetta (2003) denomina postpositivista. Este autor muestra como el positivismo a lo largo del siglo XX mantuvo una evolución justificada por las propias limitaciones que presenta el paradigma, lo que promovió una serie de alteraciones en las concepciones de este, manteniendo sus características básicas y adaptándolo mejor al campo de las ciencias sociales.

No obstante, el propio pospositivismo sigue estando muy marcado por su predecesor en cuanto a separación, por ejemplo, entre el contexto de investigación y el investigador, un precepto que por el contexto de estudio es difícil de cumplir e incluso en algunos casos con escaso valor para la investigación. En consecuencia, este precepto será más abierto y próximo al interpretativismo que al positivismo. Como medio para clarificar qué características serán las guías en el diseño de esta investigación se recoge la Tabla 7 en la que se reflejan las características de los paradigmas pospositivista e interpretativo y se han resaltado en **negrita** los preceptos a los que se acoge la presente investigación.

Tabla 7*Características del pospositivismo y el interpretativismo*

	Pospositivismo	Interpretativismo
Ontología	Realismo crítico: La realidad social es “real” pero conocible solo de un modo imperfecto y probabilístico.	Constructivismo: el mundo conocible es el de los significados atribuidos por los individuos. Relativismo (realidad múltiple): estas realidades construidas varían en la forma y en el contenido entre individuos, grupos, culturas.
Epistemología	Dualismo/objetividad modificados. Resultados probablemente ciertos. Ciencia experimental en busca de leyes. Múltiples teorías para un mismo hecho. Objetivo: explicación. Generalizaciones: leyes provisionales abiertas a revisión.	No dualismo; no objetividad. No separación entre investigador y objeto de la investigación, sino interdependencia. Ciencia interpretativa en búsqueda de significado. Objetivo: comprensión. Generalizaciones: enunciados de posibilidad; tipos ideales.
Metodología	Experimental-manipulativa modificada. Separación observador-observado. Predominante la deducción (falsación de las hipótesis). Técnicas cuantitativas con apertura a las cualitativas. Análisis “por variables”.	Interacción empática entre investigador e investigado. Interpretación. Interacción observación-observado. Inducción (el conocimiento emerge de la realidad estudiada). Técnicas cualitativas. Análisis “por casos”

Nota. Fuente: Corbetta (2003, p. 10).

En esta investigación se busca aproximarse a constructos de estudio muy complejos que se estudian en diferentes contextos escolares, para poder realizar esto se necesita aplicar diferentes métodos y contrastar los datos obtenidos desde diferentes vías, tal y como facilitan los planteamientos mixtos. Los diseños mixtos se definen como

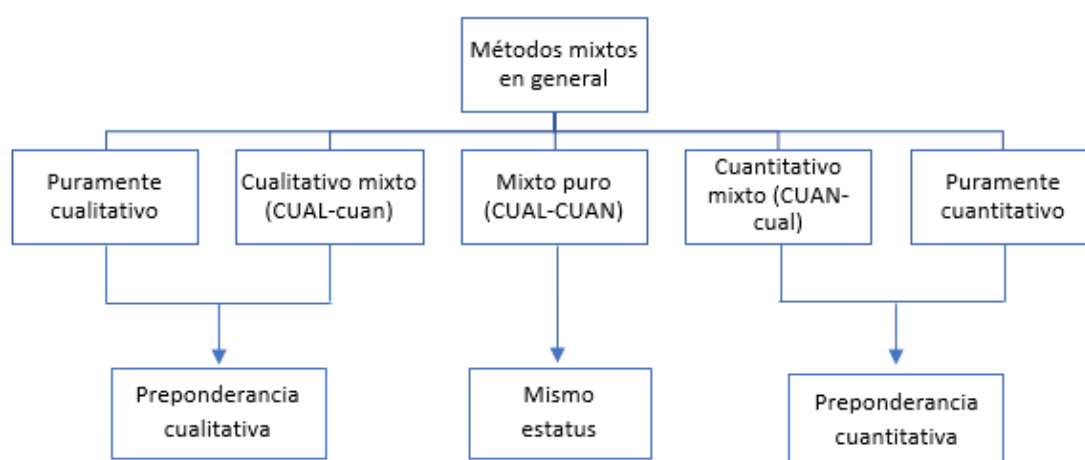
la integración sistemática de los métodos cuantitativo y cualitativo en un solo estudio con el fin de obtener una “fotografía” más completa del fenómeno, y señala que éstos pueden ser conjuntados de tal manera que las aproximaciones cuantitativa y cualitativa conserven sus estructuras y procedimientos originales (“forma pura de los métodos mixtos”); o bien, que dichos métodos pueden ser adaptados, alterados o sintetizados para efectuar la investigación y lidiar con los costos del estudio (“forma modificada de los métodos mixtos”). (Hernández et al., 2014, p. 534)

En otras palabras, la metodología mixta permite aplicar distintos métodos para llegar al objeto de estudio desde distintas perspectivas, pudiendo así obtener una visión de este más completa a través de la recolección de datos de distinta índole.

Dentro de estos enfoques el peso que se otorga a uno u otro método debe especificarse, para ello, el enfoque cuantitativo se denomina CUAN y el cualitativo Cual empleando mayúsculas cuando tienen más prioridad. Siguiendo estas indicaciones los métodos existentes se recogen en la Figura 12.

Figura 12

Los métodos principales de investigación



Nota. Fuente: Hernández et al., 2014, p. 535

De las distintas ventajas que ofrece la aplicación de enfoques mixtos (Hernández et al., 2014, p. 537) este estudio o la propia doctoranda se van a beneficiar especialmente de las siguientes:

- Lograr una perspectiva más amplia y profunda de los fenómenos de estudio.
- Recoger datos más valiosos mediante las distintas aproximaciones al objeto de estudio.
- Apoyar con mayor solidez las inferencias científicas, pues se llega a estas tras recoger información desde diferentes perspectivas.
- Permite desarrollar nuevas destrezas o competencias en materia de investigación.

Del mismo modo, la aplicación de estos modelos en investigación se ve justificada por los motivos recogidos en la Tabla 8.

Tabla 8*Justificaciones y razonamientos para el uso de los métodos mixtos*

Justificación	Se refiere a...
Triangulación o incremento de la validez	Verificar convergencia, confirmación o correspondencia al contrastar datos, así como al corroborar o no los resultados y descubrimientos en aras de una mayor validez interna y externa del estudio.
Compensación	Usar datos y resultados CUAN y CUAL para contrarrestar las debilidades potenciales de alguno de los dos métodos y robustecer las fortalezas de cada uno. Un enfoque puede visualizar perspectivas que el otro no, las debilidades de cada uno son subsanadas por su “contraparte”.
Complementación	Obtener una visión más comprensiva sobre el planteamiento si se emplean ambos métodos, así como un mayor entendimiento, ilustración o clarificación de los resultados de un método sobre la base de los resultados del otro.
Multiplicidad (diferentes preguntas de indagación)	Responder a un mayor número de diferentes preguntas de investigación y más profundamente.
Explicación	Mayor capacidad de explicación mediante la recolección y análisis de datos CUAN y CUAL y su interpretación conjunta.
Reducción de incertidumbre ante resultados inesperados	Un método (CUAN o CUAL) puede ayudar a explicar los hallazgos inesperados del otro método.
Iniciación	Descubrir contradicciones y paradojas, así como obtener nuevas perspectivas y marcos de referencia, y también a la posibilidad de modificar el planteamiento original y resultados de un método con interrogantes y resultados del otro método.
Credibilidad	Al utilizar ambos métodos se refuerza la credibilidad general de los resultados y procedimientos.
Contextualización	Proveer al estudio de un contexto más completo, profundo y amplio, pero al mismo tiempo generalizable y con validez externa.
Argumentación	Consolidar los razonamientos y argumentaciones provenientes de la recolección y análisis de los datos por ambos métodos.

Nota 1. Fuente: Hernández et al., 2014, p. 538-539

Nota 2. Se recogen solo aquellos motivos relacionados directamente con la aplicación en este estudio.

Una vez definido y justificado el uso de diseños metodológicos mixtos se pasa a describir el diseño que va a tomar esta investigación. Concretamente, se va a emplear un Diseño de Integración Múltiple (DIM), pues sus características se ajustan a las necesidades de la investigación (Hernández et al., 2014, p. 549):

1. La recolección de datos cuantitativos y cualitativos se desarrolla en diferentes fases y/o de forma simultánea. En el estudio se recogerán datos en dos periodos de investigación y dentro de cada periodo en distintas fases, aplicando en algunas de ellas técnicas cuantitativas y cualitativas de forma simultánea.
2. La realización de análisis cuantitativos y cualitativos durante todo el proceso. En esta investigación se comparan las variables cuantitativas extraídas de los cuestionarios aplicados con los resultados categorizados de las entrevistas y las observaciones, así como con la evaluación de los cuadernos de trabajo.
3. Los resultados definitivos no se reportan hasta el final.

Así pues, el diseño del estudio toma la estructura recogida en la Figura 13. Como se puede observar dicha estructura se divide en dos periodos de investigación separados por un proceso de mejora de los instrumentos de recogida de datos y de intervención didáctica (SEA). También entre periodos se modifican algunas de las técnicas e instrumentos de recogida de información.

En base a lo expuesto y como forma de dar respuesta al diseño establecido la investigación se plantea en distintas etapas:

Etapas 1. Establecimiento del objetivo de investigación, estudio de la bibliografía y diseño de materiales didácticos y de instrumentos de investigación. Esta fase se remonta a la realización del TFG (Trabajo de Fin de Grado) por parte de la doctoranda, en el que comenzó a investigar sobre la didáctica de las ciencias y diseño y puso en práctica una unidad didáctica sobre la energía en su periodo de prácticum. Posteriormente, durante la realización del máster de investigación, la doctoranda continuó con la inmersión en los conocimientos de la didáctica de las ciencias y de la NdCyT, además de iniciarse en el estudio del PC. De este modo comenzó el diseño de la SEA presentada en este estudio. Con los nuevos conocimientos adquiridos se seleccionaron las actividades más exitosas de la unidad didáctica y las más afines a los contenidos de NdCyT y PC que se quería trabajar y se rediseñaron. Del mismo modo, durante el propio desarrollo del máster se diseñaron y validaron por los primeros instrumentos de recogida de datos (adaptación de los ítems 40211, 40311, 80131 y 80211 del COCTS, primera adaptación del cuestionario de evaluación del PC y el guion de las entrevistas).

Etapas 2. Primer periodo de implementación. En esta etapa comienzan las intervenciones didácticas y la recolección de datos, tal y como se muestra en la Figura 13. Asimismo, una vez terminado el periodo de implementación se procede al análisis y discusión de los datos de este periodo.

Etapas 3. Etapa de mejora. Tras el análisis de datos del ciclo anterior, se observan una serie de deficiencias que pueden mejorarse.

- Evaluación de las variables de estudio. Tras el análisis de resultados se observa que el trabajo del razonamiento verbal se relega a un segundo plano y queda eclipsado por el trabajo del análisis argumental. La realidad al implementar la SEA muestra que no hay tiempo suficiente con la acotación sugerida por los centros de trabajar en profundidad los matices que separan la capacidad de razonamiento verbal de la de análisis argumental que tal y como exponen Nieto et al. (2009) son

las habilidades de Análisis de Argumentos incluyen las destrezas para identificar la conclusión de un argumento, valorar la calidad de las razones ofrecidas y valorar la fuerza global de este argumento. Dentro del Razonamiento Verbal ella incorpora las habilidades para defenderse contra las técnicas persuasivas que están incrustadas en el lenguaje cotidiano. (p. 11)

Por consiguiente, se estima que no se trabaja el razonamiento verbal en sí mismo, sino que se “identifican y valoran la calidad de las ideas, de las explicaciones o de los argumentos presentados” (Nieto et al., 2009, p. 11). De forma que se está tratando el razonamiento verbal del mismo modo que el análisis argumental. En consecuencia, se decide eliminar esta variable del instrumento de evaluación, pues no se estudiará de forma directa, pero no se modifica la SEA en este sentido, ya que se considera que las actividades propuestas están contribuyendo al desarrollo del PC.

- Modificación de una de las actividades de introducción propuestas en la SEA (actividad 1 de la sesión 2).
- Elaboración de un cuaderno de trabajo que recoja todas las actividades escritas que se proponen en la SEA (ver Anexo I).

- Mejora del cuestionario de evaluación de pensamiento crítico. Tras la decisión de eliminar como variable de estudio el razonamiento verbal, se estima necesario modificar el cuestionario de evaluación de pensamiento de forma que se incluyan dos situaciones por cada capacidad de estudio. Con esta modificación se espera que este instrumento permita una evaluación más robusta de las capacidades que se continúan estudiando (análisis argumental y comprobación de hipótesis).

También en esta fase se toman una serie de decisiones que afectan al estudio:

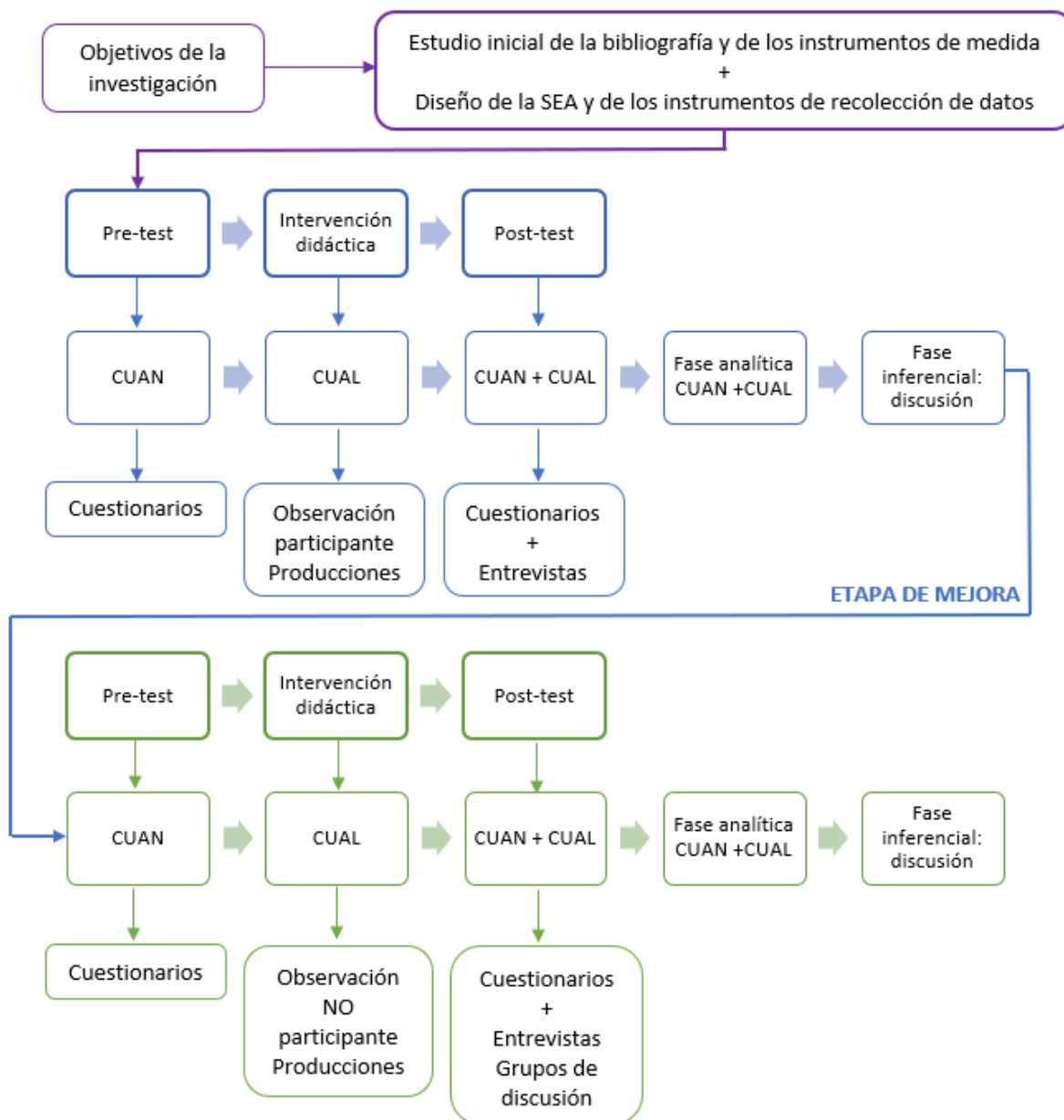
- En el siguiente periodo de investigación se decide que la SEA la implementen los docentes naturales de los grupos-clase participantes en el estudio, con el fin de comprobar los resultados si los instrumentos los aplican otros docentes.
- Se determina que al no ser la doctoranda quien va a realizar las intervenciones la observación pase a ser no participante y, por ende, se elaboran unas tablas de observación para la recolección de datos (ver Anexo VIII).
- Se estima oportuno conocer el discurso entre maestros de centros escolares y docentes universitarios sobre el trabajo del PC y la NdCyT en contextos escolares, así como su opinión sobre la viabilidad de la SEA elaborada en esta investigación. En consecuencia, se determina realizar dos grupos focales y se elabora una lista de control con temas para tratar en dichos grupos.

Etapas 4. Segundo periodo de implementación. En esta etapa se aplican los instrumentos con las mejoras asociadas (ver Figura 13), con la diferencia de que en este periodo no es la investigadora quien lleva a cabo la implementación, sino los docentes naturales de cada grupo-clase. Tras esta puesta en práctica se procede al análisis final de datos y su discusión.

Etapas 5. Conclusiones.

Figura 13

Diseño de investigación por periodos de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

VI.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACIÓN

VI.1.1. TÉCNICAS EMPLEADAS EN LA INVESTIGACIÓN

El total de técnicas empleadas en la investigación es: encuesta, observación, análisis documental y grupos focales. A continuación, se pasa a detallar cómo se aplican dichas técnicas.

VI.1.1.1. Encuesta

La encuesta es una de las técnicas más antiguas para recabar información en ciencias sociales. Esta se define como un “procedimiento estandarizado para recabar información (oral o escrita) de una muestra amplia de sujetos” (Cea, 2001, p. 240). La información recopilada en las encuestas se limita a la delineada por las preguntas propuestas en un cuestionario diseñado para tal fin.

En esta investigación se van a aplicar encuestas cara a cara de forma escrita, pues los participantes en el estudio se van a tener que enfrentar a la resolución de una serie de cuestionarios de forma presencial.

VI.1.1.2. Entrevistas

La entrevista es una técnica de investigación mediante la cual, a través de una situación de contacto personal, una persona (entrevistador) solicita información de otras personas (entrevistados), con el fin de ahondar en distintas cuestiones que conforman el discurso sobre una temática (Báez, 2007; Massot et al., 2004; Mckernan, 2001). En esta tesis se ha empleado entrevistas individuales semiestructuradas, con un guion preestablecido que se puede modificar según el desarrollo de la entrevista, dando pie a improvisaciones (Albert, 2009; Barragán, 2003).

En cuanto a los entrevistados, este estudio realiza entrevistas con docentes y equipo directivo, para conocer formalmente el contexto de las implementaciones y poder determinar las características de los distintos grupos-clase participantes en el estudio. Además de con estudiantes con el fin de recopilar datos sobre las intervenciones y su proceso de enseñanza aprendizaje. En el caso concreto de los estudiantes el proyecto CYTPENCRI recomienda que se realicen tres entrevistas dentro de cada grupo experimental, pues coincide con Kvale (2011) en que este es el número indicado para

investigaciones que buscan comprobar hipótesis entre distintos grupos. Desde esta investigación hemos seguido esta recomendación realizando entrevistas a tres estudiantes por grupo y procurando seleccionar uno por nivel de aprendizaje (alto, medio o en proceso).

En última instancia, se presenta el proceso que se ha llevado a cabo para realizar las entrevistas, recoger el discurso producido en estas y transcribir dicho discurso. Las entrevistas se realizaron en una estancia privada en los distintos centros educativos participantes en esta investigación con la excepción de las entrevistas realizadas durante el curso 2020-21 que se realizaron de forma telemática. Al inicio de la entrevista se recordó el compromiso de confidencialidad al que se había llegado en la negociación con el centro, así como que se iba a emplear una grabadora para recoger el discurso (Taylor y Bogdan, 2010). Finalmente, las entrevistas se han transcrito siguiendo los criterios que sugiere Kvale (2011): (1) El investigador transcribe las entrevistas teniendo en cuenta los aspectos sociales y emocionales de la situación y el entrevistado. (2) Indicar las cuestiones destacables sobre las transcripciones en el informe de transcripción. (3) La transcripción refleja el suficiente detalle para captar las dudas del alumnado, pero se eliminarán otros aspectos propios de lenguaje oral que no aporten a la construcción del significado.

VI.1.1.3. Observaciones

En ciertas situaciones de investigación la forma más acertada de recoger datos sobre un fenómeno es a partir de la observación directa del mismo, ya que esta permite obtener la información tal y como se produce en el contexto. En este sentido, se entiende que la observación es “un proceso sistemático por el que un especialista recoge por sí mismo información relacionada con cierto problema” (Rodríguez et al., 1999, p. 150). Siguiendo esta línea, observar no solo se realiza a través de la vista, sino también a través del resto de los sentidos y mediante la interpretación de lo observado (Hernández, et al., 2014). La “observación es la consecuencia de sumar y asumir la percepción de la persona observadora y de su interpretación” (Verd y Lozares, 2016, p. 242).

En investigación la observación puede dirigirse a varios propósitos (Hernández et al., 2014). En este caso, se realiza con el propósito de comprender las reconstrucciones de aprendizaje que tienen lugar en un aula. Es decir, se centra en “comprender procesos, vinculaciones entre personas y sus situaciones, experiencias o circunstancias, los eventos

que suceden al paso del tiempo y los patrones que se desarrollan” (p. 399). Una vez definido el propósito se pasa a delimitar el tipo de observación que se va a realizar según Verd y Lozares (2016):

- Observación directa o indirecta. El proceso de observación en el primer periodo de implementación ha sido directo, puesto que la investigadora es quien ha realizado todas las observaciones estando inmersa en el contexto. En el segundo periodo de investigación las observaciones realizadas antes de la pandemia a causa de la Covid19 se realizaron de forma directa, sin embargo, las realizadas durante el curso 2020-21 se realizaron de forma indirecta, ya que el acceso a los centros estaba restringido.
- Observación endógena o exógena. La observación ha tenido un carácter exógeno en los dos periodos, pues la investigadora es ajena a los contextos y solamente se ha acercado a los mismos mediante entrevistas (formales e informales) y la interacción que pueda haber tenido en el contexto de observación. Por lo tanto, el conocimiento del contexto y su integración en él no ha llegado a adquirir la suficiente profundidad para que pueda denominarse exógena.
- Entorno natural o artificial. En todos los casos de observación previos a la pandemia la investigadora se ha trasladado a los centros y aulas de los grupos participantes, de modo que la observación se ha realizado en el entorno natural del proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado. En las observaciones realizadas en el curso 2020-21 los datos se han recogido, de nuevo, en el entorno natural, pero la investigadora no estaba presente físicamente.
- Observación abierta y oculta. El proceso de observación durante la investigación fue abierto en todo momento. Tanto los docentes como los participantes sabían que la investigadora estaba observando los acontecimientos ocurridos en el aula de forma síncrona o asíncrona.
- Observación completa, activa, moderada, pasiva o no participante. Las observaciones realizadas en el primer periodo de implementación se han llevado a cabo de forma participativa y activa; es decir, la investigadora ha participado en el proceso de enseñanza-aprendizaje sin olvidar su rol de observador. En concreto, la investigadora ha implementado la SEA en los distintos centros

escolares, participando así con el rol de docente en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por otra parte, las observaciones realizadas durante el segundo periodo de investigación se han llevado a cabo de forma que se ha participado en el contexto lo mínimo posible. La investigadora ha accedido al campo y ha estado presente en todos los contextos en los momentos de enseñanza-aprendizaje (de forma síncrona o asíncrona, según si la implementación se ha realizado antes o después del inicio de la pandemia).

VI.1.1.4. Análisis documental

El análisis documental es “una actividad sistemática y planificada que consiste en examinar documentos ya escritos” (Massot et al., 2004, p. 34). Es decir, es un método de investigación cualitativa mediante el cual los investigadores incluyen en sus estudios documentos escritos por los participantes. Los tipos de documentos que se pueden analizar mediante esta técnica se recogen en la Tabla 9.

Tabla 9

Tipos de documentos escritos en función del productor

Documentos personales	Documentos institucionales		
	Documentos administrativos y de organización	Documentos públicos y de producción oficial	Documentos públicos de producción privada
-Cartas	-Balances	-Informes oficiales	-Prensa escrita
-Diarios	-Circulares	-Registros oficiales	-Publicidad
-Memorias	-Actas	-Leyes y normativas	-Boletines
-Autobiografías	-Expedientes	-Sentencias e informes judiciales	-Memorias de prensa
	-Historiales		-Programas políticos
	-Registros privados		

Nota. Fuente: Verd y Lozares, 2016, p. 275

El proceso de análisis consiste en la lectura de los documentos elaborados por los participantes para incorporar la información al estudio. En concreto, en esta investigación, los documentos principales de análisis son las producciones infantiles, es decir, los documentos elaborados por los estudiantes durante la implementación de la SEA. Estos documentos son de carácter personal. La información obtenida del análisis de estas producciones permitirá comprobar la evolución del proceso de enseñanza aprendizaje en

cuanto a los contenidos curriculares y transversales (NdCyT y PC) trabajados durante la SEA.

VI.1.1.5. Grupos focales

Durante las últimas décadas ha tenido lugar un debate sobre la denominación y características que definen y delimitan los grupos de discusión y las distintas formas de entrevista en grupo (Barbour, 2013; Verd y Lozares, 2016).

Verd y Lozares (2016) definen las discusiones en grupo como “aquellos métodos cualitativos basados en la interlocución de un grupo de sujetos [...] donde una persona investigadora ajena al grupo modera las intervenciones y plantea las cuestiones a debatir” (p. 2016). Ahora bien, se contemplan dos formas de discusión grupal, los grupos de discusión y los grupos focales. Los grupos de discusión “se orientan principalmente al estudio de los discursos y representaciones” (Verd y Lozares, 2016, p. 218), mientras que los grupos focales se orientan “al estudio de las percepciones y opiniones en relación con unos acontecimientos, situaciones, ideas, productos o servicios presentados en la discusión” (Verd y Lozares, 2016, p. 218). En vista de que el objetivo de la realización de formas de discusión grupal en esta tesis es analizar las opiniones de distintos grupos con respecto a el material didáctico creado (SEA) y de sus contenidos, curriculares (energía) y transversales (NdCyT y PC); se establece el uso de grupos focales.

Seguidamente, se presentan las características de los grupos focales relativas a su organización y la delimitación de estas para esta investigación (ver Tabla 10):

- El número de reuniones y la duración de las mismas. El número de reuniones suele variar en función del objetivo propuesto, en este caso el objetivo es abarcable en una sola reunión, de modo que así se procede. En cuanto al tiempo de duración la recomendación por parte de distintas fuentes es que sea de entre una y dos horas (Nieto, 2010; Gibbs, 1997). De esta forma se establece que una hora y media es una extensión adecuada para una sesión de discusión, por tanto, será la duración aproximada aplicada.
- El número de participantes. Existen diferentes perspectivas sobre cuántas personas deben participar en un conjunto de discusión grupal. La mayor parte de los autores defienden que el número idóneo de participantes oscila entre

cinco y 10 (Mena y Méndez, 2009; Nieto, 2010), por tanto, está será nuestra referencia a la hora de generar los grupos.

- La relación de los participantes. En contextos propios de las ciencias sociales, donde los grupos y los contextos de estudio son muy reducidos y concretos, se defiende la postura de que los participantes sí puedan conocerse antes de realizar los grupos de discusión (Barbour, 2013).
- Las características homogéneas y heterogéneas de los participantes. Los participantes en los grupos focales deben tener características homogéneas y heterogéneas. Las homogéneas son aquellas que fijan puntos en común para que se pueda llegar a formar un sentimiento de pertenencia al grupo y las personas integrantes se sientan cómodas. Por otra parte, el grupo también debe presentar características heterogéneas que enriquezcan el discurso y creen diversidad de opiniones (Verd y Lozares, 2016).

Tabla 10

Características de los participantes para los distintos grupos focales

	Participantes	Reuniones	Relación de los participantes	Caract. homogéneas	Caract. heterogéneas
Maestros en activo	Ocho	Una reunión de 106 minutos	La mayor parte de los participantes se conocían, sin embargo, solo dos participantes tenían una relación estrecha.	Maestros en activo en primaria y en quinto o sexto curso	Dos participantes conocen el proyecto. Dos aplican una cultura de pensamiento en el aula. Tres aplican evaluación formativa
Docentes de facultad de educación	Cinco	Una reunión de 85 minutos	La mayor parte de los participantes se conocían y varios mantienen relaciones estrechas en su entorno laboral	Son formadores de formadores	Distintas disciplinas de origen. Diferentes líneas de estudio.

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tomando como referencia las características presentadas se forma la muestra para cada uno de los grupos focales. Asimismo, se quiere destacar que el muestreo es elemental para la realización de formas grupales de discusión, pues será la llave para el posterior análisis de datos (Barbour, 2013). En este caso, la composición de los grupos focales no persigue la representatividad de la población, sino que el grupo sea un reflejo de la diversidad de la población que representa (Barbour, 2013). Por consiguiente, las muestras generadas se realizan de forma intencionada, donde la investigadora selecciona a cada uno de los participantes en función de sus características personales

En relación con estas dos últimas cuestiones hay que resaltar que los grupos focales se realizaron durante la pandemia surgida por la COVID19, por tanto, había que reducir el contacto entre las personas participantes para garantizar su seguridad. En la época actual el auge de las tecnologías de la información y la comunicación ha posibilitado que se puedan crear espacios de reunión virtuales mediante herramientas digitales, donde se pueden llevar a cabo estos grupos focales sin tener contacto físico entre los participantes. Autores como Nieto (2010) ya sugerían aprovechar estos espacios virtuales para implementar este tipo de técnicas y la situación sanitaria nos ha llevado a su uso como forma de proteger a nuestros participantes.

En cuanto al procedimiento de transcripción se siguen las indicaciones marcadas por Nieto (2010): “grabar las sesiones grupales, transcribir identificando los informantes; la transcripción ha de ser literal; se revisará el proceso grupal al acabar la sesión” (p. 239).

VI.1.2. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS

VI.1.2.1. Cuestionarios

Uno de los instrumentos de medida seleccionados para la recogida de datos ha sido el cuestionario. Cea (2001) determina que dicho instrumento consiste en “un listado de preguntas estandarizadas” (p. 254). Este tipo de instrumentos son útiles para recopilar información en investigaciones propias de las ciencias sociales, donde se necesita conocer las formas en las que se desarrollan determinados fenómenos (Martínez, 2002).

En concreto, la presente investigación ha tomado como base dos cuestionarios, el Cuestionario de Opinión sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS) y un test para la evaluación del pensamiento mediante situaciones cotidianas proporcionado por el proyecto

CYTPENCRI. Estos instrumentos han sido validados y ampliamente aceptados como formas de medición de sus respectivos constructos. No obstante, estos cuestionarios no son válidos para su aplicación en el rango de edad que abarcan los participantes en la presente tesis (10-12 años), de forma que para poder implementarlos es preciso adaptarlos a las características psicoevolutivas del alumnado siguiendo distintos procedimientos para verificar su validez y confiabilidad (Hernández et al., 2014).

A continuación, se presenta el proceso de adaptación y validación de los cuestionarios, así como aquellas características de los originales necesarias para entender las adaptaciones derivadas de estos.

VI.1.1.1.1. Adaptación del Cuestionario de Opinión sobre Ciencia Tecnología y Sociedad (COCTS)

El COCTS es un instrumento basado en las opiniones sobre los consensos en CTS y dirigido a público adulto. Este instrumento es la construcción española del Views on Science-Technology-Society (VOSTS) y está formado por 100 preguntas Manassero et al. (2001). El modelo de respuesta establecido para cumplimentar este consiste en valorar el grado de acuerdo con cada uno de los enunciados propuestos como posible respuesta a una pregunta. Este formato permite que los participantes recojan su opinión sobre cada una de las posibles respuestas enriqueciendo los datos recopilados. Con el objetivo de determinar dicha valoración el cuestionario recoge una escala tipo Likert de nueve puntos. (Vázquez y Manassero, 1999; Manassero et al., 2001, 2003a, 2003b).

En lo relativo a la métrica del COCTS, la cual se utilizará sin modificaciones en la adaptación realizada, es necesario esclarecer diversas cuestiones del proceso que lleva a interpretar las respuestas directas como medidas actitudinales (Manassero et al., 2001):

- En primer lugar, se realiza una baremación que clasifica los distintos enunciados alternativos de respuesta en tres categorías: adecuada (cuando la frase expresa una opinión adecuada sobre la actitud), plausible (cuando la frase no es totalmente adecuada, pero expresa algunos aspectos apropiados) e ingenua (cuando la frase presenta un punto de vista que no es ni adecuado ni plausible).
- En segundo lugar, para determinar a qué categoría pertenece cada uno de los enunciados de respuesta, se contactó con una veintena de expertos en la temática

para que realizasen el cuestionario. De este modo, se llega a establecer, según la media de los resultados obtenidos por los expertos, que las respuestas inadecuadas son las que están por debajo del valor 4, las respuestas plausibles son las que se encuentran entre el 4 y el 6, y las adecuadas son las que superaban el 6 (Manassero et al., 2001).

- En tercer lugar, para determinar el índice actitudinal global de cada una de las preguntas del COCTS, se emplea una valoración actitudinal marcada por las escalas de valoración de cada una de las categorías (adecuada, plausible o ingenua) (ver Tabla 11). Una vez obtenida la valoración, las puntuaciones de los distintos enunciados de respuesta se suman y se normalizan (ver Tabla 11).

Tabla 11

Métrica actitudinal del COCTS

Índice actitudinal del 00-010																	
categorías		Grado de acuerdo con la puntuación directa									Valoración actitudinal			Índicen actitudinal normalizado			
		Total	Muy alto	Alto	Parcial alto	Parcial	Parcial bajo	Bajo	muy bajo	Nulo	Máximo	Formula	Mínimo	Máximo	Formula	Mínimo	
		9	8	7	6	5	4	3	2	1							
		Escalas de valoración actitudinal															
adecuada	N_a	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	$+4N_a$	$\sum a_j$	$-4N_a$	1	$I_a=\sum a_j/N_a$	-1	
	N_p	-2	-1	0	1	2	1	0	-1	-2	$+4N_p$	$\sum p_j$	$-4N_p$	1	$I_p=\sum p_j/N_p$	-1	
	N_n	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	$+4N_n$	$\sum n_j$	$-4N_n$	1	$I_p=\sum n_j/N_n$	-1	
N											Índice de actitud global			1	$I=(I_a+I_p+I_n)/3$		-1

a_j : valoración actitudinal para la posición “adecuada” j.

p_j : valoración actitudinal para la posición “plausible” j.

n_j : valoración actitudinal para la posición “adecuada” j.

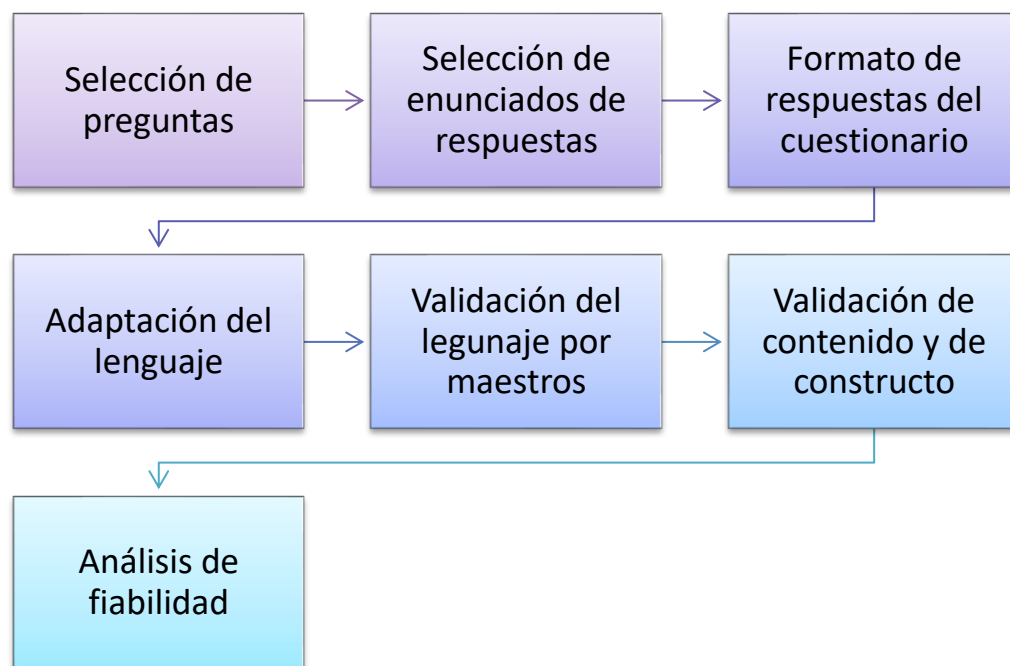
$\sum$: sumatorio de las valoraciones actitudinales de $j=1$ a $j=N_a$ ($j=N_p$ o $j=N_n$) para las categorías “adecuada” (“plausible” o “ingenua”).

Nota: Fuente Manassero et al. 2001, p. 164

Una vez presentadas las características básicas se pasa a desarrollar el proceso seguido para la adaptación y validación del cuestionario (ver Figura 14). Asimismo, el resultado final de la adaptación queda recogido en el Anexo V.

Figura 14

Proceso de modificación y validación de la adaptación del COCTS



Nota. Fuente: Elaboración propia

Fase 1: selección de preguntas

La extensión del COCTS es muy amplia, ya que se basa en los consensos presentados por Manassero y Vázquez (2019), los cuales tal y como se ha recogido en el marco teórico presentan una perspectiva holística de la NdCyT en la que se integran varios elementos. En consecuencia, aunque solamente se seleccionasen las preguntas relacionadas con las categorías de estudio (influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad y construcción social de la tecnología), el cuestionario resultante seguiría siendo demasiado extenso para su aplicación en este rango de edad. Por lo tanto, se estima conveniente seleccionar únicamente dos ítems por cada categoría de estudio (ver Tabla 12). Dicha selección se realiza escogiendo aquellos ítems cuya infusión con los contenidos curriculares a trabajar es más natural.

Tabla 12*Selección de preguntas del COCTS*

Pregunta del COCTS	Categoría de los consensos de Manassero y Vázquez (2019)	Ítem de identificación
Los científicos e ingenieros son los que deberían decidir sobre los asuntos científicos porque son las personas que mejor conocen estos asuntos.	Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad	40211
Siempre se necesita hacer equilibrios (compromisos) entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología.	Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad	40311
Cuando se desarrolla una nueva tecnología, puede ser puesta en práctica o no. La decisión de usar una nueva tecnología depende de que las ventajas para la sociedad compensen las desventajas.	Construcción social de la tecnología	80131
El desarrollo tecnológico puede ser controlado por los ciudadanos.	Construcción social de la tecnología	80211

Nota. Fuente: elaboración propia basada en datos extraídos del proyecto EANCYT (Enseñanza-Aprendizaje de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología).

Fase 2: selección de enunciados de respuesta

Una vez establecidas las preguntas que forman parte de la adaptación, se ha pasado a evaluar los ítems de respuesta. Las opciones de respuesta del COCTS por enunciado oscilan entre cinco y ocho dependiendo de este. Este volumen de respuestas a valorar es demasiado para que sea abarcable por alumnos de este rango de edad en sesiones de aplicación conjunta con el cuestionario de evaluación del PC. En consecuencia, se procede a limitar el número de enunciados de respuesta a cuatro para disminuir la dificultad y acortar el tiempo de realización. El criterio de selección se basa en la capacidad del alumnado de discernir los matices entre cada una de las respuestas.

Fase 3: formato de respuesta del cuestionario

La tercera fase se ha centrado en la forma de respuesta del cuestionario. Inicialmente, el COCTS presenta en las instrucciones el uso de una escala tipo Likert de 9 puntos. No obstante, dicha escala no se emplea enmarcada en cada bloque de enunciados de respuesta, sino indicando los valores a aplicar en cada respuesta. Como forma de facilitar el proceso de resolución al público dirigido se aplica un nuevo procedimiento donde se destina un espacio junto a cada uno de los distintos enunciados a valorar, para que se utilice

los 9 puntos de la escala Likert. De esta forma, los participantes solamente tienen que señalar la casilla de la tabla que recoja la opinión que desean transmitir (véase el cuestionario en Anexo V).

Fase 4: adaptación del lenguaje y redacción de la presentación

Una vez establecido el formato, se ha realizado una modificación del lenguaje adaptándolo a un nivel comprensible para los participantes de esta investigación. Se simplifican los términos de lenguaje específico y la sintaxis del texto. Finalmente, se ha incluido: una introducción, el objetivo del cuestionario y sus instrucciones de cumplimentación. Seguido a esta presentación, se ha destinado un espacio dedicado a solicitar datos de tipo socio-demográfico.

Fase 5: Validación del lenguaje por maestros de Educación Primaria

Se envía la nueva versión del instrumento a tres docentes de Educación Primaria con el fin de valorar la adaptación al lenguaje y la viabilidad de su aplicación en la etapa. Este proceso de revisión propuso la realización de cambios menores relativos a la redacción que fueron tenidos en cuenta. Además, destacaban que el cuestionario podría ser aplicado, pero no se creía que el alumnado tuviera conocimientos para realizar su cumplimentación con criterio.

Fase 6: Validación de contenido y de constructo

“La validez de contenido se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide. Es el grado en el que la medición representa al concepto o variable medida” (Hernández et al., 2014, p. 201). Con el fin de determinar la validez de contenido y teniendo en consideración que la adaptación parte de un instrumento validado y ampliamente utilizado a lo largo de las últimas décadas, se envía la modificación del instrumento a cuatro expertos en la materia. El envío se realiza mediante correo electrónico con una carta de presentación en la que se explica el propósito del estudio y de la adaptación que está teniendo lugar, así como a la población que va dirigida. Los expertos seleccionados se consideran como tal por su trayectoria profesional. En concreto, dos de los integrantes poseen el título de doctor ligado al área de psicología, uno de ellos es catedrático en el área y el otro profesor contratado doctor. Los dos integrantes restantes son doctores en distintas áreas de ciencias experimentales con

docencia e investigación ligada a la didáctica de las ciencias experimentales, uno de ellos profesor contratado doctor y otro profesor colaborador. Asimismo, entre los expertos seleccionados se incluyó a uno de los miembros del equipo que desarrolló el cuestionario original.

La respuesta de los distintos expertos sugirió pequeños cambios relativos a la terminología, puesto que en nuestro empeño por simplificar el vocabulario en algún caso se desvirtuó el carácter de la pregunta. No obstante, los cambios fueron menores y se revisaron y modificaron debidamente. Tras finalizar este procedimiento se afianza la validez de contenido, demostrando que la modificación mantiene la fidelidad a la fundamentación teórica del constructo que ya se obtuvo en el instrumento original.

A pesar de que la aplicación de este cuestionario está pensada para no hacerse de forma completa, sino que está preparado para que se apliquen solamente algunas de las preguntas del mismo; los cambios realizados en cada uno de los ítems nos llevan a comprobar si se mantiene la validez de constructo. Esta validez se considera de las más importantes pues “se refiere a qué tan bien un instrumento representa y mide un concepto teórico” (Hernández, et al., p. 203). Es decir, se centra en el significado del instrumento “qué está midiendo y cómo opera para medirlo. Integra la evidencia que soporta la interpretación del sentido que poseen las puntuaciones del instrumento” (Hernández, et al., p. 203). Esta validez incluye tres etapas: (1) la revisión de la literatura, en nuestro caso reflejada en el Capítulo III; (2) la comprobación estadística; y (3) la interpretación de “la evidencia empírica de acuerdo con el nivel en el que se clarifica la validez de constructo de una medición en particular.” (Hernández et al., 2014, p. 203).

Para cumplir con estas dos últimas etapas se implementa el cuestionario en una muestra de 221 estudiantes de entre 10 y 12 años pertenecientes a distintos centros escolares de la provincia de Segovia. Una vez aplicado el cuestionario se procede a realizar la métrica que transforma las variables de la escala Likert en una escala actitudinal. Obtenidas las variables definitivas se procede a realizar un análisis factorial exploratorio por medio del software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Statistics 24, para “tratar de establecer una estructura subyacente entre las variables del análisis, a partir de estructuras de correlación entre ellas; o, en otras palabras: busca definir grupos de variables (más conocidos como factores) que estén altamente correlacionados entre sí”

(Méndez y Rodón, 2012, p. 198). En concreto, se emplea esta técnica con el fin de explorar el conjunto de factores comunes que explican las respuestas dadas a los ítems de un cuestionario (Lloret-Segura et al., 2014)

Previo a el análisis exploratorio se precisa comprobar la elegibilidad de los datos para el análisis factorial, por tanto, se implementan la prueba de Kaiser-Mayer-Olkin (prueba KMO), y el coeficiente de esfericidad de Bartlett para determinar si la matriz de correlaciones es la matriz de identidad, permitiendo ver si las variables están correlacionadas (Martín et al., 2008). De la prueba de Bartlett se obtienen un $\chi^2 = 122.94$, un valor alto que permite rechazar la hipótesis nula con un p-valor < 0.05 y aceptar la correlación entre las variables. En lo relativo a la prueba KMO se obtiene un índice 0.663 el cual se considera regular (< 0.5 inaceptable, 0.5-0.59 pobre, 0.6-0.79 regular y 0.8-1, meritorio) (Méndez y Rodón, 2012). En vista de los resultados de estas pruebas se determina la elegibilidad de los datos para el análisis de los componentes principales.

El análisis exploratorio se realiza mediante la extracción de componentes principales con una rotación de Varimax con normalización de Kaiser. De estas pruebas se extraen los valores recogidos en la Tabla 13 en la que se muestra la varianza explicada. En dicha tabla se observa cómo se obtienen dos factores que explican el 71.965% de la varianza.

Tabla 13

Varianza total explicada de la adaptación del COCTS

Componente	Sumas de rotación de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado
1	1.853	46.316	46.316
2	1.052	26.289	72.605

Nota 1: método de extracción: análisis de componentes principales con rotación de Varimax

Nota 2. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 14 se presentan los ítems que conforman cada uno de los factores. En este caso se puede observar que existe variación en la formación de los componentes en comparación con la factorización del cuestionario original. Según esta validación los dos primeros ítems pertenecerían a un factor y los dos últimos a otro. En este caso, se aprecia como el ítem 40211 se agrupa con los dos últimos en un componente (Construcción social de la tecnología), probablemente por su relación con el ítem 80211. Ambos ítems tratan sobre el control y la toma de decisiones y, aunque están planteados desde perspectivas diferentes e inicialmente se agruparon en factores independientes, con la reducción de ítems

esta diferencia se puede haber desdibujado dando lugar a esta nueva ubicación. Así pues, los componentes muestran como los ítems 40211, 80131 y 80211 se agruparían entorno a la construcción social de la tecnología, donde también habría que incluir la ciencia, a causa del ítem 40211; y el ítem 40311 en la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Asimismo, cabe señalar como, a pesar de que el factor 2 se compone de un solo ítem, no se descarta para el estudio por su relevancia desde un punto de vista teórico, así como porque ayuda a explicar el 72.605 de la varianza.

Tabla 14

Matriz de componentes de la adaptación del COCTS

	Componente	
	1	2
COCTS_40211	,659	
COCTS_40311_		,960
COCTS_80131	,849	
COCTS_80211	,782	

Nota 1: método de extracción: análisis de componentes principales.

Nota 2: método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Nota. Fuente: elaboración propia.

Fase 7: análisis de la fiabilidad

Con las validaciones de lenguaje, contenido y constructo realizadas se pasa a estudiar la fiabilidad de la prueba. Con este fin se emplea la muestra obtenida en la anterior implementación del test para llevar a cabo el análisis estadístico empleando el software SPSS Statistics 24. En concreto, la comprobación de la fiabilidad se realiza mediante el estadístico Alfa de Cronbach. Dicho estadístico puede variar en función del número de ítems, siendo más fácil obtener buenos resultados con un número elevado de estos. En este caso al tener un número muy reducido de los mismos será exigente (Rodríguez-Rodríguez y Reguant-Álvarez, 2020). Concretamente de la prueba Alfa se obtiene un índice de fiabilidad de 0.630, el cual se considera aceptable teniendo en cuenta la limitación de ítems y el resto de los cambios incorporados al cuestionario inicial.

VI.1.1.1.2. Tes de Evaluación de Pensamiento Crítico proporcionado por el proyecto CYTPENCRI

La complejidad del PC hace que la creación de instrumentos de evaluación del PC sea una tarea muy compleja (Saiz y Rivas, 2008). Un ejemplo de instrumento de evaluación del PC es el *Halpern Critical Thinking Assessment* (HCTA), el cual se elaboró empleando situaciones de la vida cotidiana donde se precisa el uso del PC, para así poder medir su aplicación a contextos por parte de adultos. Este tipo de planteamientos “consiguen que a la persona que cumplimenta la prueba le resulte familiar lo que se le propone; en consecuencia, se enfrentará a ello como acostumbra a hacerlo en su entorno” (Saiz y Rivas, 2008, p. 39), por tanto, su esencia se corresponde con el planteamiento de esta investigación.

En concreto, una traducción del HCTA proporcionada por el proyecto CYTPENCRI, la cual conoceremos como Test para la Evaluación del Pensamiento Crítico (TEPC) será el instrumento de referencia para la adaptación elaborada en esta tesis. El TEPC se ha diseñado para medir las construcciones que sus creadores consideran más comunes en las definiciones de PC: el razonamiento verbal, el análisis de argumentos, la comprobación de hipótesis, la probabilidad e incertidumbre, y la toma de decisiones o resolución de problemas. Con este fin se conforma un cuestionario formado por 20 situaciones cotidianas (25 en sus versiones iniciales) sobre las que hay que resolver una serie de cuestiones planteadas. En primer lugar, se proponen preguntas abiertas sobre la situación, dando la oportunidad a la persona de crear su propio pensamiento sobre algo. Finalmente, se presenta una opción de respuestas cerradas que responden a cuestiones planteadas sobre la situación, pudiendo comprobar si se reconocen las opciones de respuestas más eficientes (Halpern, 2016).

Tras la presentación del TEPC se exponen las fases seguidas en la adaptación y validación del instrumento a aplicar en la Figura 15. Asimismo, en el Anexo VI se recoge la primera y la segunda versión de este instrumento.

Figura 15

Proceso de modificación y validación de la adaptación del TEPC.



Nota. Fuente: Elaboración propia

Fase 1: selección de situaciones de la vida cotidiana

En la primera fase de adaptación, con el fin de ajustar el tiempo de realización del cuestionario y la fatiga cognitiva que pueda ocasionar al alumnado, hubo que acortar el mismo. En consecuencia, se seleccionaron las tres variables de estudio señaladas anteriormente, razonamiento verbal, comprobación de hipótesis y análisis argumental.

Una vez limitadas las capacidades de PC a estudiar, se pasó a analizar cuál de las situaciones planteadas que evalúan dichas capacidades eran adecuadas para ser adaptadas. Este proceso resultó complejo, ya que muchas de las situaciones tratan temáticas inadecuadas para que sean planteadas a menores, así como muchas que no serían comprendidas por estos por su planteamiento. En este proceso se buscaron principalmente

estructuras que evaluar las habilidades seleccionadas y que fueran fáciles de reformular o no necesitasen ser reformuladas. Al completar este proceso se habían seleccionado tres situaciones con una fácil reestructuración y dos más que no requerían una reformulación, solo una adaptación del lenguaje.

Fase 2: reformulación de situaciones de la vida cotidiana

Una vez seleccionadas las situaciones que podían resultar más idóneas para la adaptación, se decidió formar el cuestionario por una situación ejemplo y tres situaciones a resolver, una por cada capacidad evaluada. Seguidamente, se han buscado escenarios o circunstancias de contextos reales con los que los participantes pudieran estar familiarizados, con el fin de reformular las situaciones seleccionadas que no eran adecuadas. En este caso se modificó la temática base de dos situaciones: la primera ha consistido en cambiar una propuesta de ley denominada “agujas limpias” por una propuesta de ley “que permita poner en marcha nuevas formas de obtener petróleo”, y la segunda ha consistido en cambiar el tema de un debate televisivo de “la pena de muerte” a el “uso de videojuegos en menores”.

Fase 3: adaptación del lenguaje y redacción de la presentación

Una vez adaptado el planteamiento de las tres situaciones que se van a utilizar, se ha pasado a comprobar que el lenguaje fuera apto para que los participantes pudieran comprenderlo correctamente. Tras la simplificación terminológica y de sintaxis, se incluyó una introducción con las instrucciones de realización y un ejemplo resuelto de una situación similar a las planteadas.

Fase 4: validación del lenguaje por maestros de Educación Primaria

Con el fin de validar la adaptación de las temáticas y el lenguaje, así como la viabilidad del instrumento al rango de edad seleccionado, se envía la versión del cuestionario a tres docentes de Educación Primaria. Estos propusieron la corrección de errores menores y pequeños cambios relativos a la redacción que fueron modificados. Asimismo, ponen en nuestro conocimiento la complejidad de su realización porque ellos entienden que no son actividades a las que este tipo de alumnado esté acostumbrado a enfrentarse.

Fase 5: adaptación de la métrica del TEPC

La métrica en el caso de esta adaptación sí se ha visto ligeramente modificada en los casos de la puntuación de las preguntas en las situaciones asignadas. La diferencia principal reside en que se puntúa positivamente la detención de falsedades y no únicamente la identificación de respuestas acertadas. A continuación, se recogen las Tablas 15, 16 y 17, que muestran el sistema de puntuación en el que se basa la métrica del cuestionario.

Tabla 15

Sistema de puntuación de la situación 1 de la primera adaptación del TEPC

Situación 1		Categoría: análisis argumental		
Se pidió a un candidato a presidente que explicara su posición acerca de una ley que se iba a debatir para poner en marcha nuevas formas de obtener petróleo y así encontrar una solución al problema energético. Contestó que se oponía a la propuesta, porque era un error.				
Parte primera	Abierta, 2 puntos descripción completa de la forma de pensar del candidato	1 punto Descripción incompleta	0 puntos Descripción incorrecta	
Puntuación máxima 2				
Parte cerrada. máxima 5	Puntuación	Enunciados 1, 2 y 4: Si la respuesta es no 1 punto	Enunciados 3 y 5: Si la respuesta es sí 1 punto	

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 16

Sistema de puntuación de la situación 2 de la primera adaptación del TEPC

Situación 2		Categoría: análisis argumental	
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.			
Parte Abierta, primera parte. Puntuación máxima 1	1 punto	0 puntos	Extrae una conclusión del texto Respuestas irrelevantes.
Parte Abierta, segunda parte. Puntuación máxima 3	1 punto	0 puntos	Por cada una de las razones expuestas en el texto Respuestas irrelevantes.
Parte cerrada. Puntuación máxima 5	Enunciados 1, 3 y 4: Si la respuesta es razón 1 punto Enunciado 5: si la respuesta es contraargumento 1 punto	Enunciado 2: Si la respuesta es conclusión 1 punto	

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 17***Sistema de puntuación de la situación 3 de la primera adaptación del TEPC***

Situación 3		Categoría: comprobación de hipótesis	
Después de un debate televisivo sobre el uso de los videojuegos, se animó a los telespectadores a entrar en la página web de la cadena de televisión para votar a favor o en contra de que los niños jueguen con esta aplicación. Durante la primera hora, unas 1000 personas votaron. En el recuento de votos aproximado se obtuvieron los mismos votos para cada una de las opiniones. Al día siguiente, el presentador que anunció ese resultado concluyó que la gente de ese país estaba dividida en dos grupos similares en el asunto del uso de videojuego por parte de los niños y niñas.			
Parte Abierta, primera parte.	1 punto	0 puntos	
Puntuación máxima 1	Si la respuesta es no	Si la respuesta es sí	
Parte Abierta, segunda parte.	1 punto	0 puntos	
Puntuación máxima 2	1 punto por cada sugerencia relevante	Sugerencias irrelevantes.	
Parte cerrada.	Enunciados 1 y 4: Si la respuesta es verdadero	Enunciados 2 y 3: Si la respuesta es falso	
Puntuación máxima 4	1 punto	1 punto	

Nota. Fuente: elaboración propia.

Fase 6: validación de contenido y constructo

En esta fase, con el objetivo de determinar la validez de contenido, se envía la adaptación al mismo panel de expertos que el cuestionario anterior siguiendo el mismo procedimiento. Dichos expertos propusieron la realización de cambios menores relativos a la redacción que fueron revisados y modificados. Además, no encontraron problemas en el contenido, lo cual permite afianzar la validez de contenido.

En cuanto a la validación de constructo, como en este caso se ha seleccionado solo una situación por variable de estudio se considera irrelevante realizar un análisis factorial y, por tanto, se reduce esta validación a las aportaciones del panel de expertos. Dicho panel no ha sugerido modificaciones a este respecto por lo que se considera que se mantiene la validez de constructo del cuestionario original.

Fase 7: análisis de la fiabilidad

Tras finalizar las validaciones de lenguaje, contenido y constructo se pasa el cuestionario a una muestra de 117 estudiantes de la provincia de Segovia (España) para el estudio estadístico de la fiabilidad empleando el software SPSS Statistics 24. Con este objetivo se realiza la prueba denominada Alfa de Cronbach. El Alfa determina un índice de fiabilidad de 0.550 pudiendo considerarse aceptable teniendo en cuenta la limitación de ítems (Rodríguez-Rodríguez y Reguant-Álvarez, 2020).

Fase 8: replanteamiento de necesidades de investigación

Una de las decisiones tomadas en el cambio de periodo de investigación es abandonar una de las variables de estudio (ver la introducción del presente capítulo). Esta decisión trae otras asociadas como la de mejorar la adaptación del TEPC, eliminando la situación destinada a la evaluación del razonamiento verbal (variable eliminada) y ampliando el número de situaciones por habilidad estudiada (análisis argumental y comprobación de hipótesis). Esto daría más consistencia al instrumento en cuanto al constructo sin incrementar mucho el tiempo de realización y la fatiga cognitiva del alumnado. En consecuencia, se inicia un nuevo procedimiento de validación siguiendo las mismas fases que en el proceso anterior.

Fase 1 adaptación 2: selección de situaciones de la vida cotidiana

Se revisa de nuevo el cuestionario TEPC en busca de dos situaciones que puedan reformularse y que se complementen para ofrecer una perspectiva más completa de las capacidades de comprobación de hipótesis y el análisis argumental. Una vez seleccionadas las situaciones para la nueva adaptación se pasa a reformular aquellas que lo requieren.

Fase 2 adaptación 2: reformulación de situaciones de la vida cotidiana

Con la nueva selección se pasa a buscar escenarios o circunstancias de contextos reales para modificar la temática de dos de las situaciones: la primera ha consistido en cambiar “consumo de cigarrillos” por “uso de redes sociales”. La segunda se ha centrado en reconducir la intención de un programa para conseguir que los estudiantes con probabilidad de no terminar los estudios consigan titular y acceder a la universidad a otro para reducir el consumo de bollería. En el primer caso se pasa a valorar hipótesis sobre los impactos del consumo de cigarrillos a el uso de redes sociales, y en el segundo caso la estructura de la situación consiste en valorar el impacto del programa y lo que se modifica es la intencionalidad de este.

Fase 3 adaptación 2: adaptación del lenguaje y redacción de la presentación

Con la adaptación de la temática de las situaciones, se ha pasado a modificar el lenguaje para que fuera apto para el rango de edad de los destinatarios del instrumento. Para ello se realiza nuevamente una simplificación terminológica y de sintaxis. Finalmente se incluye la introducción de la anterior adaptación y se dan por concluidas las modificaciones

para pasar a la validación. Además, también se incluye para formar el cuestionario una introducción con las instrucciones de realización y un ejemplo resuelto de una situación similar a las planteadas. Con esto se dieron por concluidas las modificaciones para la adaptación, a expensas de la validación de esta.

Fase 4 adaptación 2: Validación del lenguaje por maestros de Educación Primaria

Se envía la prueba a docentes para comprobar que las modificaciones en la temática y la adaptación al lenguaje son adecuadas para la implementación con estudiantes de entre 10 y 14 años. En este caso no se sugirieron cambios, pero al igual que en la adaptación anterior remarcan la complejidad de su realización, pues no son actividades que el alumnado suele realizar en el aula.

Fase 5 adaptación 2: Validación de contenido

Para determinar la validez de contenido, se envía la modificación del instrumento a un panel de expertos siguiendo el mismo protocolo que en casos anteriores. En este caso el panel se forma por un doctor en didáctica y un doctor en ingeniería agrónoma ambos catedráticos en didáctica de las ciencias en la actualidad y dos doctoras en psicología una catedrática y otra profesora contratada doctora. La selección de dichos expertos se ha considerado por su trayectoria de docencia e investigación. Este proceso de revisión propuso la realización de cambios mayores, como el replanteamiento de una de las situaciones. En concreto, este cambio surgió en la primera situación donde uno de los expertos destacó que en *“la situación de redes sociales hay una variable cuantitativa que es el número de horas presumiblemente dedicado a las redes y que intuitivamente se puede relacionar como horas que no se dedican al estudio; mientras que en la situación de fumar o no fumar no hay esta relación”*, por lo que se cambió el uso de redes sociales por el consumo de chicles, se reevaluó y se dio por aceptado el cambio. También hubo cambios menores en el resto de las situaciones que contemplaban aspectos de adecuación de las respuestas cerradas y/o cambios en el estilo y redacción. Los cambios sugeridos fueron ejecutados y revisados. Con este proceso se pretendió afianzar la validez de contenido, demostrando que la modificación se ajusta a la fundamentación teórica del constructo.

Fase 6 adaptación 2: adaptación de la métrica de la adaptación del TEPC

Al igual que en la adaptación anterior, en este caso la métrica vuelve a modificarse en base a los mismos criterios. Seguidamente, se recogen las Tablas 18, 19, 20 y 21, donde se muestra el sistema de puntuación en el que se basa la métrica del cuestionario.

Tabla 18

Sistema de puntuación de la situación 1 de la segunda adaptación del TEPC

Situación 1		Categoría: comprobación de hipótesis	
La dirección de un colegio, con muchos alumnos, ha observado que un elevado número de estudiantes comen grandes cantidades de bollería industrial durante el almuerzo. Para hacer que se reduzca el consumo de bollería industrial y conseguir aumentar el consumo de alimentos saludables, la dirección diseña un programa llamado “Almuerzo Saludable”. La secretaria del centro puso un gran cartel con el nombre del programa y se envió al alumnado un folleto informativo con diferentes almuerzos saludables. Al cabo de un año se comprobó, de la misma forma, que el consumo medio de bollería industrial por los estudiantes que solían comer este tipo de dulces en el centro se redujo un 2%, en comparación con los datos del año anterior. El director del programa “Almuerzo Saludable” anunció que: “Este programa ha tenido un gran éxito como puede verse por la reducción del consumo de bollería industrial por parte de los estudiantes”.			
Parte Abierta, primera parte.	2 puntos	1 punto	0 puntos
Puntuación máxima 2	Explica el descenso del consumo de bollería industrial	Menciona el descenso del consumo de bollería industrial	Respuestas irrelevantes
Parte Abierta, segunda parte.	2 puntos	1 punto	0 puntos
Puntuación máxima 2	Se incluyen cuestiones relacionadas con el escaso descenso de la media o la poca fiabilidad de las evidencias presentadas	Se hace referencia al escaso descenso	Respuestas irrelevantes
Parte cerrada. Puntuación máxima 5	Enunciado 1: 1 punto si apoya la afirmación	Enunciados del 2 al 5: 1 punto si debilita la afirmación	

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 19*Sistema de puntuación de la situación 2 de la segunda adaptación del TEPC*

Situación 2		Categoría: análisis argumental	
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.			
Parte Abierta, primera parte.	1 punto	0 puntos	
Puntuación máxima 1	Extrae una conclusión del texto	Respuestas irrelevantes.	
Parte Abierta, segunda parte.	1 punto	0 puntos	
Puntuación máxima 3	1 punto por cada una de las razones expuestas en el texto	Respuestas irrelevantes.	
Parte cerrada.	Enunciado 1: 1 punto	Enunciados 2 y 3: 1 punto	Enunciado 4: 1 punto
Puntuación máxima 4	si la respuesta es conclusión	si la respuesta es razón	si la respuesta es contraargumento

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 20*Sistema de puntuación de la situación 3 de la segunda adaptación del TEPC*

Situación 3		Categoría: comprobación de hipótesis	
Un informe reciente aparecido en una revista para padres y profesores muestra que los niños que comen chicle compulsivamente suelen obtener peores calificaciones en clase. A medida que aumenta el número de chicles por día, disminuyen sus notas. Una sugerencia que hace el informe es que podríamos mejorar el rendimiento escolar evitando que los niños coman chicles.			
Parte Abierta, primera parte.		1 punto	0 puntos
Puntuación máxima 1		Responde: no	Responde: sí
Parte Abierta, segunda parte.	2 puntos	1 punto	0 puntos
Puntuación máxima 2	Usa lenguaje técnico para expresar que no hay datos que demuestren la causalidad de la relación	Emplea ejemplos de los que se extrae que no existe relación causa-efecto.	Respuestas irrelevantes.
Parte cerrada. Puntuación máxima 1		1 punto si la respuesta seleccionada es la tercera opción de respuesta	

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 21*Sistema de puntuación de la situación 4 de la segunda adaptación del TEPC*

Situación 4		Categoría: análisis argumental	
El alcalde ha propuesto que todos los edificios del centro de la ciudad se pinten con una pintura que permita limpiar fácilmente los grafiti.			
Parte Abierta, primera parte.	2 puntos	1 punto	0 puntos
Puntuación máxima 2	Si expone una opinión coherente y desarrollada	Expone una opinión coherente pero poco fundamentada	Respuestas irrelevantes.
Parte Abierta, segunda parte.		1 o 2 puntos si expone 1 o 2 razones válidas y otro si expone una conclusión válida	0 puntos
Puntuación máxima 3			Respuestas irrelevantes.
Parte cerrada.	Enunciado 1: 1 punto si la respuesta es opinión	Enunciado 2: 1 punto si la respuesta es hecho	Enunciado 3: 1 punto si la respuesta es argumento razonado
Puntuación máxima 3			

Nota. Fuente: elaboración propia.

Fase 7 adaptación 2: Validación de constructo

Con el fin de analizar la validez de constructo se siguen nuevamente las etapas propuestas por Hernández et al. (2014), de forma que en primera estancia se realiza una revisión de la literatura, la cual queda representada en el Capítulo IV, seguido de un análisis estadístico (comprobación estadística) y su posterior interpretación.

En consecuencia, se realiza un análisis factorial exploratorio empleando el software SPSS Statistics 24. Con este objetivo se pone en práctica el instrumento en una muestra de 171 estudiantes de la provincia de Segovia (España) de entre 11 y 13 años. Una vez aplicado el cuestionario se procede a la codificación de las respuestas hasta llegar a la variable escala por el procedimiento de métrica señalado en la fase anterior. Obtenidas las variables definitivas se procede a realizar un análisis factorial exploratorio.

Previo a el análisis es necesario comprobar la elegibilidad de los datos, por tanto, se implementan la prueba KMO (Kaiser-Mayer-Olkin), y el coeficiente de esfericidad de Bartlett, conforme lo justificado en la Fase 6 del epígrafe VI.1.1.1.1., donde se explica el procedimiento por primera vez. De la prueba de esfericidad de Bartlett se obtienen un $\chi^2=212.226$, un elevado valor que permite rechazar la hipótesis nula con un p-valor <0.05 y aceptar la correlación entre las variables. En lo relativo a la prueba KMO se obtiene un índice 0.69 el cual se considera medio. En vista de los resultados de estas pruebas se determina la elegibilidad de los datos para el análisis de los componentes principales.

El análisis factorial exploratorio se realiza mediante la extracción de componentes principales con una rotación de Varimax con normalización Kaiser. De estas pruebas se extraen los valores recogidos en la Tabla 22, donde se muestra la varianza explicada. En la tabla se observa cómo se obtienen dos factores que explican el 48,884% de la varianza, el cual, aunque bajo, se considera suficiente en vista de la reducción de ítems aplicados y el nivel de la población a la que está dirigido el instrumento.

Tabla 22

Varianza total explicada de la segunda adaptación del TEPC

Componente	Sumas de extracción de cargas al cuadrado		
	Total	% de varianza	% acumulado
1	2.534	31.676	31.676
2	1.377	17.209	48.885

Nota: método de extracción: análisis de componentes principales

Nota. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 23 se presentan los ítems que conforman cada uno de los factores. En este caso se puede observar que el componente 1 está formado por los ítems formulados para las situaciones de comprobación de hipótesis, más el ítem correspondiente con las respuestas abiertas de la cuarta situación, destinada al análisis argumental. Además, el ítem de respuestas cerradas de la cuarta situación correlaciona en negativo con este primer componente. Por otra parte, el componente 2 está formado por todos los ítems relacionados con las situaciones destinadas al análisis argumental a excepción del ítem de respuestas abiertas de la cuarta situación.

Esta división demuestra que no existe unidimensionalidad y que la construcción del PC se compone de un conjunto de capacidades, como se presenta en la fundamentación teórica. Asimismo, los componentes resultantes son los esperados, pues se ajustan al modelo obtenido por Halpern (2016) en el HCTA, ya que se ha obtenido la misma cantidad de factores que dimensiones se pretende trabajar, lo que sostiene la validez de constructo del instrumento modificado a partir del TEPC. Solo la parte abierta de la cuarta situación se ha posicionado en un componente en el que no se espera, sin embargo, es algo habitual en la factorización de estos instrumentos tal y como apuntan Nieto et al. (2009).

la dificultad para extraer factores puros o una estructura factorial coherente con un modelo teórico se deriva, al menos en parte, de la dificultad para delimitar o extraer de “forma pura” qué habilidad del pensamiento crítico se puede estar utilizando en un

momento concreto, porque las habilidades del pensamiento están profusamente interrelacionadas durante el funcionamiento cognitivo cotidiano. (p.12)

El mismo estudio de Nieto et al. (2009) registra un mayor reposicionamiento en el análisis factorial de su validación de la versión española del HCTA.

Tabla 23

Matriz de componentes de la segunda adaptación del TEPC

		Componentes	
		1	2
Comprobación de hipótesis	Situación 1 Abierta	0.737	
	Situación 1 Cerrada	0.641	
	Situación 3 Abierta	0.700	
	Situación 3 Cerrada	0.534	
Análisis argumental	Situación 2 Abierta		0.672
	Situación 2 Cerrada		0.773
	Situación 4 Abierta	0.523	
	Situación 4 Cerrada	-0.437	0.604

Nota 1: Método de extracción: análisis de componentes principales

Nota 2: Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Nota 3. Fuente: elaboración propia.

Fase 8 adaptación 2: análisis de la fiabilidad

Una vez realizada las validaciones de lenguaje, contenido y constructo se pasa a analizar la fiabilidad del cuestionario. Para ello se emplea la muestra de 171 participantes obtenida anteriormente para poder realizar el análisis estadístico empleando el software SPSS Statistics 24. En esta fase se realiza la prueba de fiabilidad de Alfa de Cronbach, concretamente aplicada al total del instrumento adaptado y se obtiene un coeficiente de 0.611, lo cual se considera aceptable. Asimismo, en vista de los buenos resultados en la distribución de componentes se considera pertinente estudiar la fiabilidad también por capacidades o factores de estudio.

Así pues, los resultados de la prueba Alfa se presentan en la Tabla 24 por dimensiones junto con los resultados de esta misma prueba de la versión española del HCTA (Nieto et al., 2009), por ser un instrumento semejante. Para la interpretación de esta prueba y su comparación entre los distintos instrumentos es preciso no perder de vista el número de elementos del test por su influencia en la propia prueba alfa (Rodríguez-Rodríguez y Reguant-Álvarez, 2020). Por ejemplo, en la dimensión Comprobación de hipótesis se observa que el test HCTA en su versión en español obtiene un índice Alfa de fiabilidad de 0.635 con 10 ítems, mientras que el índice obtenido en la adaptación del TEPC

realizada por este equipo es un poco más bajo (0.615), pero se obtiene con solamente 4 ítems.

Tabla 24

Resultados de la prueba Alfa de Cronbach por dimensiones del HCTA en contraste con la segunda adaptación del TEPC

Dimensión	Nº de elementos del test		Alfa de Cronbach	
	HCTAes	Adaptación del TEPC	HCTAes	Adaptación del TEPC
Comprobación de Hipótesis	10	4	0.635	0.615
Análisis de Argumentos	10	4	0.465	0.447

Nota. Fuente: elaboración propia.

VI.1.2.2. Guiones de las entrevistas

En esta investigación se van a realizar entrevistas a tres colectivos diferentes, los directores de centro, los docentes de las distintas aulas y los alumnos participantes en el estudio. En consecuencia, se diseña un guion para cada uno de los colectivos. Estos guiones fueron validados por miembros del equipo de trabajo del proyecto CYTPENCRI, los cuales comparten el ser doctores dentro de distintas disciplinas científicas y tener una trayectoria de investigación en el área de didáctica de las ciencias experimentales. En la Tabla 25, se presentan las preguntas pertenecientes al guion del colectivo de alumnos participantes por su mayor relevancia para el estudio. Los otros dos guiones se recogen en el Anexo VII y presentan preguntas que persiguen aportar datos sobre el estilo de enseñanza del centro y sus estudiantes; así como de los docentes y los grupos-clase.

Tabla 25

Preguntas de las entrevistas de seguimiento al alumnado

- 1-. ¿Qué actividades o temas de las clases destacarías como más interesantes? ¿Por qué?
- 2-. ¿Qué actividades o temas de las clases consideras menos interesantes? ¿Por qué?
- 3-. ¿Qué cosas has aprendido durante las clases que antes no conocías?
- 4-. ¿Qué actividades o temas trabajados te han resultado más difíciles de entender?
- 5-. ¿Para qué crees que te ha servido el desarrollo de estas clases? ¿Crees que te ha ayudado a pensar? ¿Por qué?
- 6.1-. ¿Sabes quién debe tomar las decisiones con respecto a asuntos científicos como las fuentes de energía ¿Y antes habías pensado sobre esto?

- 6.2-. ¿Por qué crees que tiene que haber equilibrios entre los efectos negativos y positivos de la ciencia y la tecnología ¿Y antes habías pensado sobre esto?
- 6.3-. ¿Sobre de qué depende que se aplique una nueva tecnología? ¿Y antes habías pensado sobre esto?
- 6.4-. ¿Sabes si los ciudadanos tienen el control del desarrollo tecnológico? ¿Y antes habías pensado sobre esto?
- 7-. ¿Yo podría afirmar que todos los niños de 11 años de Segovia son muy altos basándome solo en la altura de los niños de tu colegio? ¿Por qué?
- 8-. ¿Recuerdas el vídeo sobre el *fracking*? ¿Podrías decirme las dos posturas que defendían las personas que aparecían en el video y algún ejemplo de sus argumentos?

Nota. Fuente: elaboración propia.

VI.1.2.3. Registro de las observaciones. Diario y tablas de observación

El registro de las observaciones se realizará de modos diferentes dependiendo del periodo de investigación.

En el primer periodo, se opta por una técnica de registro no sistematizado de tipo narrativo, dada la implicación del investigador al desarrollar las sesiones de la SEA. Es decir, el desarrollo de la técnica no cuenta con mucha preparación previa y no se determina el orden de registro, sino que se realiza una descripción mediante lenguaje escrito de los sucesos observados (Nieto, 2010). No obstante, sí se establece una serie de aspectos que se deben observar con especial atención (la reconstrucción del concepto de energía y la transferencia de sus propiedades y tipos al contexto real, aplicando vocabulario técnico; la transferencia al entorno cercano de las fuentes de energía renovables y no renovables, así como los impactos que pueden causar; quién decide sobre los asuntos científicos; la necesidad de un equilibrio entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología; la dependencia de la implantación de una nueva tecnología; el poder de la ciudadanía para controlar el desarrollo tecnológico; la elaboración y el uso consciente de argumentos completos, la elaboración y comprobación de hipótesis, y el análisis del discurso del docente y los compañeros por parte de los estudiantes).

El instrumento concreto empleado es el diario de clase, pues no se debe olvidar que los datos que se quieren recoger están contextualizados en una clase dentro de un aula. En concreto, de entre los estilos existentes de diario de clase se emplea el tipo analítico, ya que

se pretenden analizar aspectos concretos dentro de un determinado contexto de observación (Zabala, 2004). Así pues, será la docente investigadora quien llevará el registro de sucesos y reflexiones que tienen lugar en los distintos grupos-clase.

En el segundo periodo la doctoranda, al no participar en el desarrollo de las sesiones, tiene oportunidad de realizar una observación sistemática propia de observadores en formación. Este tipo de observación emplea instrumentos como las listas de control, que son sistemas que permiten registrar si se ha observado un determinado hecho o conducta por parte de alguno de los participantes (Nieto, 2010). Asimismo, se reserva un espacio como anecdotario para anotar hechos descartables fuera del registro de la tabla de control (ver Tablas 26, 27 y 28). Las tablas de control se completarán durante el desarrollo de las sesiones o inmediatamente después de las mismas.

Tabla 26

Tabla de observación de la Sesión 1

Nombre y nivel de aprendizaje.	Relaciones entre conceptos: Ciencia, Sociedad, Energía, tipos de la Energía y Propiedades de la Energía.		Adquisición de conceptos básicos I (energía, propiedades de la energía y manifestaciones de la energía) y transferencia de estos a la vida real.					Debate consolidación: comprobación de las hipótesis construidas en relación con las preguntas propuestas, uso de argumentos y contraargumentos.				
	Defiende sus conclusiones aportando argumentos	Pone ejemplos que relacionan conceptos	Reconoce los tipos de energía naturales	Aporta ejemplos de tipos de energía naturales	Reconoce los tipos de energía artificiales	Aporta ejemplos de la energía artificiales	Comprende la importancia de las propiedades de la energía	Comprende la relación de las propiedades de la energía a nivel científico-tecnológico y social	Emplea argumentos razonados en lugar de opiniones	Apoya los argumentos de sus compañeros o presenta contraargumentos	Contrasta sus hipótesis sobre las preguntas a través de los argumentos presentados y es capaz de modificarlas	Reformula sus hipótesis en función de las evidencias presentadas en el debate

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 27

Tabla de observación de la Sesión 2

Nombre y nivel de aprendizaje.	Adquisición y transferencia de conceptos básicos II: fuentes de energía renovable y no renovable e impactos ambientales.					Debate consolidación: comprobación de las hipótesis construidas en relación con las preguntas propuestas, uso de argumentos y contraargumentos.				
	Diferencia entre fuente de energía renovable y no renovable	Aporta reflexiones sobre los recursos energéticos del territorio español	Aporta reflexiones sobre quién tiene el poder de decisión sobre qué tipos de fuentes de energía se utilizan en España	Aporta reflexiones sobre quién tiene el poder para fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan el uso de energía renovable	Aporta argumentos sobre qué impactos ambientales tienen las mejores o peores consecuencias para el medio	Muestra comprender los efectos positivos y negativos del uso de diferentes tecnologías energéticas	Emplea argumentos razonados en lugar de opiniones	Apoya los argumentos de sus compañeros o presenta contraargumentos	Contrasta sus hipótesis sobre las preguntas a través de los argumentos presentados y es capaz de modificarlas	Reformula sus hipótesis en función de las evidencias presentadas en el debate

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 28

Tabla de observación de la Sesión 3

Nombre y nivel de aprendizaje.	El concepto de <i>fracking</i> (identificación de hipótesis y comprobación de estas a través de los argumentos del video)								Debate consolidación: comprobación de las hipótesis construidas en relación con las preguntas propuestas, uso de argumentos y contraargumentos.			
	Muestra comprender qué es la tecnología <i>fracking</i>	Identifica las hipótesis presentadas por los distintos personajes que del video	Identifica argumentos presentados en el video que apoyan o debilitan las distintas hipótesis	Aporta reflexiones sobre las repercusiones de tomar una decisión como la de implantar o no una “nueva” tecnología como el <i>fracking</i> .	Aporta reflexiones sobre quién tiene el poder del desarrollo de tecnologías como el <i>fracking</i>	Aporta reflexiones sobre qué motivos promueven la implantación de tecnologías como el <i>fracking</i> .	Comprende los efectos positivos y negativos de la implantación del <i>fracking</i> .	Adopta una postura a favor o en contra del <i>fracking</i> y aporta argumentos para defenderla	Emplea argumentos razonados en lugar de opiniones	Apoya los argumentos de sus compañeros o presenta contraargumentos	Contrasta sus hipótesis sobre las preguntas a través de los argumentos presentados y es capaz de modificarlas	Reformula sus hipótesis en función de las evidencias presentadas en el debate

Nota. Fuente: elaboración propia.

VI.1.2.4. Rúbricas de evaluación

Tal y como indican (López-Pastor y Pérez-Pueyo, 2017) en España se ha generalizado el término rúbricas para referirse a lo que en el mundo anglosajón denominan “rubric” y que aquí era conocido como escalas descriptivas. Una rúbrica o escala descriptiva es una escala que establece diferentes niveles de logro y en cada uno de esos niveles se desarrolla una descripción, lo más precisa que se pueda conseguir, sobre las características que pueda tener el ejercicio que se quiere evaluar. A continuación, se presentan las tres rúbricas diseñadas (ver Tablas 29, 30 y 31) con el fin de evaluar las producciones de los estudiantes en los tres campos de interés: PC, NdCyT y energía. Asimismo, es necesario señalar que al englobar más de un ítem por estándar la selección del nivel de logro del alumnado por estándar se realizará teniendo en cuenta en qué nivel se han señalado más ítems.

Tabla 29

Rúbrica de evaluación de contenidos sobre PC

	Máximo nivel de logro	Nivel de logro medio	Nivel del logro bajo
Estándar 1: conclusión	Expresa, la conclusión completa y fundamentada en evidencias válidas	Expresa la conclusión incompleta o mal expresada pero fundamentada en evidencias válidas	No expresa la conclusión de forma coherente con las evidencias
Estándar 2: razón	Expresa varias razones fundamentadas en evidencias válidas	Expresa una razón fundamentada en evidencias válidas	No expresa razones fundamentadas en evidencias válidas
Estándar 3: contra argumento	Expresa varios contraargumentos fundamentados en evidencias válidas	Expresa un contraargumento fundamentado en evidencias válidas	No expresa contraargumentos fundamentados en evidencias válidas
Estándar 4: evaluación de la validez de la información	Contrasta la información y en función de la evaluación emite conclusiones adecuadas y correctamente expresadas sobre la misma	Contrasta la información y, en función de la evaluación, emite conclusiones adecuadas sobre la misma	Contrasta la información, pero no evalúa correctamente su validez antes de emitir
Estándar 5: modifica sus hipótesis iniciales en función de las nuevas evidencias	Analiza los argumentos y evidencias presentados y comprueba la validez de sus hipótesis en función de las nuevas evidencias. Modifica esas hipótesis si es necesario	Analiza los argumentos y evidencias presentados y comprueba la validez de sus hipótesis en función de las nuevas evidencias.	No contrasta sus hipótesis con las evidencias y argumentos presentados y no modifica sus hipótesis.

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 30

Rúbrica de evaluación de contenidos sobre NdCyT

	Máximo nivel de logro	Nivel de logro medio	Nivel del logro bajo
Estándar 1: Toma de decisiones sobre asuntos científicos	Comprende que: La decisión debería ser tomada de manera compartida entre científicos e ingenieros y ciudadanos informados. Los ciudadanos deberían decidir, porque la decisión afecta a todos; PERO científicos e ingenieros deberían aconsejar La decisión no debe depender del gobierno, aunque la política puede ayudar a la gestión	Comprender que: El gobierno debería decidir porque el tema es básicamente político; PERO científicos e ingenieros deberían aconsejar.	Comprende que: Los científicos e ingenieros deberían decidir porque tienen la formación y los datos que les permiten comprender mejor el tema. Los ciudadanos no pueden, ni tienen qué decidir porque no les afecta. Todo el poder de decisión depende del gobierno.
Estándar 2: equilibrios entre efectos positivos y negativos en ciencia y tecnología	Comprenden qué Existen equilibrios porque los científicos no pueden predecir los efectos a largo plazo de los nuevos avances, a pesar de realizar cuidadosos estudios iniciales.	Comprende que: Existen equilibrios porque las cosas que son buenas para algunos serán malas para otros. Existen equilibrios porque no se pueden obtener resultados positivos sin probar una nueva idea y entonces trabajar los efectos negativos.	Comprende que: No existe equilibrio porque algunos nuevos desarrollos nos benefician sin producir efectos negativos.
Estándar 3: dependencia de la implantación de una nueva tecnología	Comprende que: La decisión depende de algo más que sólo las ventajas o desventajas de la tecnología. Depende de lo bien que funcione, de cuánto cueste y de su eficacia. Muchas tecnologías nuevas se han puesto en marcha para ganar dinero, aunque sus desventajas fueran más grandes que sus ventajas.	Comprende que: Depende del tipo de nueva tecnología que se trate. En unos casos, la decisión dependerá de las ventajas o desventajas, y en otros, dependerá de otras cosas.	Comprende que: La decisión de usar una nueva tecnología depende principalmente de los beneficios para la sociedad, porque si hay demasiadas desventajas, la sociedad no la aceptará y esto puede frenar su desarrollo posterior.
Estándar 4: control de la tecnología por los ciudadanos	Comprende que: El desarrollo tecnológico NO puede ser controlado por los ciudadanos porque quienes tienen el poder de desarrollar la tecnología evitan que los ciudadanos la controlen. El desarrollo tecnológico puede ser controlado por los ciudadanos un poquito cuando los ciudadanos están unidos y se hacen oír, bien a favor o bien en contra de un nuevo desarrollo.	Comprende que: El desarrollo tecnológico puede ser controlado por los ciudadanos solo cuando los ciudadanos están unidos y se hacen oír, bien a favor o bien en contra de un nuevo desarrollo. El desarrollo tecnológico NO puede ser controlado por los ciudadanos porque la tecnología avanza tan rápido que el ciudadano ignora su desarrollo.	Comprende que: El desarrollo tecnológico puede ser controlado por los ciudadanos porque cada generación de científicos y tecnólogos que desarrollarán la tecnología sale de la población de ciudadanos. Por tanto, los ciudadanos controlan un poco los avances en tecnología.

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 31

Rúbrica de evaluación de contenidos sobre contenidos relativos a la energía

	Máximo nivel de logro	Nivel de logro medio	Nivel del logro bajo
Estándar 1: propiedades de la energía	- Narra el viaje de la energía eléctrica desde centrales de distinto tipo a sus hogares - Puede poner ejemplos sobre transformaciones energéticas - Comprender el proceso de degradación y conservación de la energía y no usa expresiones como “la energía se gasta”.	- Narra el viaje de la energía eléctrica desde centrales de un solo tipo a sus hogares - Puede poner pocos ejemplos sobre transformaciones energéticas - Comprender el proceso de degradación y conservación de la energía y ocasionalmente emplea expresiones como: “la energía se gasta”.	- No reconoce como llega la energía a sus hogares -No puede poner ejemplos sobre transformaciones energéticas - No transfiere la propiedad de conservación y degradación de la energía y aplica expresiones como: “la energía se gasta”.
Estándar 2: tipos de la energía	- Comprende la necesidad biológica de consumir energía y sabe poner ejemplos de su consumo. - Comprende el uso de energía para facilitar aspectos de la vida cotidiana y pone ejemplos de uso sostenible.	- Tiene dificultades en la comprensión de la necesidad biológica de consumir energía y le cuesta poner ejemplos de estos usos. - Comprende el uso de energía para facilitar aspectos de la vida cotidiana, pero no identifica formas de consumo sostenible.	- No identifica el consumo de energía con nuestras necesidades biológicas. - No comprende el uso de energía para facilitar aspectos de la vida cotidiana ni identifica formas de consumo sostenible.
Estándar 3: Fuentes de energía renovable	- Reconoce las fuentes de energía renovables trabajadas. -Identifica desventajas de las distintas fuentes de energía renovable. - Identifica ventajas de las fuentes de energía renovable. - Identifica cuales de las fuentes de energía renovable tienen más rendimiento en su territorio.	- Reconoce algunas de las fuentes de energía renovables trabajadas. - Identifica algunas desventajas de las distintas fuentes de energía renovable. - Identifica algunas ventajas de las fuentes de energía renovable. - Identifica algunas de las fuentes de energía renovable que tienen más rendimiento en su territorio.	- No reconoce las fuentes de energía renovable trabajadas. - No identifica desventajas de las distintas fuentes de energía renovable. - No identifica ventajas de las fuentes de energía renovable. - No identifica las fuentes de energía renovable que tienen más rendimiento en su territorio.
Estándar 4: Fuentes de energía no renovable	- Reconoce las fuentes de energía no renovable trabajadas. - Identifica desventajas de las distintas fuentes de energía no renovable. - Identifica ventajas no de las fuentes de energía renovable.	- Reconoce algunas fuentes de energía no renovable trabajadas. - Identifica algunas desventajas de las distintas fuentes de energía no renovable. - Identifica algunas ventajas no de las fuentes de energía renovable.	- No reconoce las fuentes de energía renovables trabajadas. -No identifica desventajas de las distintas fuentes de energía no renovable. -No identifica ventajas de las fuentes de energía no renovable.

Nota. Fuente: elaboración propia.

VI.1.2.5. Guion de grupos focales

Para la ejecución de los grupos focales se destaca la preparación previa de las sesiones con la elaboración de una serie de temáticas a abordar que delimitan un “guion” para el desarrollo del discurso (ver Tabla 32).

Tabla 32

Guion de temas a abordar en los grupos focales

Qué se entiende por PC
Creer que el PC es importante trabajarlo desde las primeras edades, infantil primaria
Creer que la legislación actual en educación primaria promueve el desarrollo del PC
Creer que es viable el desarrollo del PC en el aula según la legislación actual
Qué entiendes por la formación del PC en el aula
Qué se entiende por NdCyT
Creer que el NdCyT es importante trabajarlo desde las primeras edades, infantil primaria
Creer que la legislación actual en educación primaria promueve el desarrollo de concepciones de NdCyT
Creer que es viable el desarrollo de concepciones de NdCyT en el aula según la legislación actual
Qué entiendes por la formación del NdCyT en el aula
Estudia este material
Creer que mediante su implementación se pueden desarrollar capacidades de PC en el aula de educación primaria
En caso afirmativo, cuáles. En caso negativo, justifica tu respuesta
Teniendo en cuenta el nivel psicoevolutivo y el RD126/2014 de la educación primaria. En qué cursos se podrían implementar estos materiales
Creer que mediante su implementación se pueden mejorar algunas concepciones de NdCyT
Con qué principios de la NdCyT estarían relacionadas dichas concepciones
Con qué tipo de metodología podría ir acompañado este material para que las sesiones contribuyesen a estas mejoras
Con qué tipo de evaluación tendría que combinarse este material para que las sesiones propiciaran estos progresos

Nota. Fuente: elaboración propia.

VI.2. ACCESO AL CAMPO Y PARTICIPANTES

VI.2.1. ACCESO AL CAMPO

Las acciones llevadas a cabo con el fin de acceder a los distintos centros donde se pretende realizar la investigación se resumen en:

1. Solicitar a la Consejería de Educación de Castilla y León los permisos necesarios para que la investigadora pudiera acceder a los distintos centros e implementar la propuesta de investigación.
2. Contactar telefónicamente con el director o directora de los CEIP, con el objetivo de presentarles las líneas generales del proyecto y que accedieran a concertar una reunión con el equipo de investigación para negociar su participación en el proyecto de investigación.
3. Facilitar a los centros distintos documentos oficiales que recogieran toda la información sobre el proceso de investigación: la autorización de acceso al centro, un acuerdo de confidencialidad, un compromiso de protección y tratamiento de datos, el resumen del proyecto, el esquema de la SEA y una copia de los principales instrumentos de evaluación (cuestionarios y guion de la entrevista).
4. Resolver las dudas que surjan de los miembros responsables de los distintos centros educativos sobre el proyecto, así como de los tutores de los grupos participantes.
5. Obtener el consentimiento informado de participación por parte de los centros y de los integrantes de este.
6. Acordar las fechas destinadas para realizar la intervención y las evaluaciones. En los contextos donde la implementación se ha visto afectada por la pandemia surgida en 2020 se tienen en cuenta las siguientes modificaciones.
 - Solventar los aplazamientos surgidos a partir de la pandemia sufrida por la población mundial desde marzo del 2020.
 - Renegociar los permisos con la Junta de Castilla y León para implementar el proyecto en los centros en el curso 2020-21 atendiendo al protocolo sanitario. Se acuerda: contacto cero con los centros, conexiones mediante

videoconferencia con docentes, equipo directivo y estudiantes, así como para observar las sesiones de aula.

VI.2.2. PARTICIPANTES

VI.2.2.1. Primer periodo de investigación

La presente investigación se ha centrado en alumnado de 6º curso de Educación Primaria (11-12 años) de centros de educación pública de Segovia capital y de los núcleos de población colindantes. En concreto, los centros que se han seleccionado como colaboradores en esta investigación son cinco, y se han escogido según el denominado muestreo por conveniencia (Alaminos y Castejón, 2006; Cea, 2001). Este tipo de muestreo se aleja de la aleatoriedad de los muestreos probabilísticos y se realiza a partir de criterios subjetivos relacionados con los objetivos de la investigación y las posibilidades del grupo de investigación. Además, presenta una serie de ventajas para esta investigación como su sencilla ejecución, al no tener que realizar un marco de muestreo, y que su materialización es más económica en comparación con los muestreos probabilísticos. En concreto, el muestreo realizado se ha guiado por la facilidad de acceso al centro. Con estas dos cuestiones se ha pretendido escoger una selección muestral que sea lo más representativa posible del total de la población (Centros Educativos Públicos de Segovia y núcleos urbanos próximos).

De este modo, en la Tabla 33 se recoge el número de participantes con la muestra ya depurada, es decir, solamente se contabilizan como participantes en el estudio aquellos estudiantes de alguno de los centros que han estado presentes en todas las fases de implementación (pre-test – intervención – post-test y seguimiento). En esta misma tabla se presentan otras variables como el nivel cultural y económico de las familias de los participantes y la receptividad que los grupos mostraron a la metodología como variables que pueden afectar al estudio (la metodología comunicativo-crítica en la que se basa la intervención requiere que los estudiantes sepan interactuar y debatir, esta capacidad variará de un grupo a otro en función de si los estudiantes están más o menos familiarizados con este tipo de participación en el aula).

Tabla 33

Participantes por grupos de clase, sexo, nivel cultural, nivel económico y receptividad a la metodología en el primer periodo de investigación

Grupos de centros	Participantes			Nivel cultural	Nivel económico	Receptividad a la metodología
	Hombre	Mujer	Total			
Centro_1_Grupo_A	12	10	22	Medio	Medio	Medio
Centro_1_Grupo_B	12	9	21	Medio	Medio	Medio
Centro_2_Grupo_A	9	10	19	Alto	Medido/Alto	Medio
Centro_3_Grupo_B	11	8	19	Medio/bajo	Medio	Alto
Centro_4_Grupo_A	7	11	18	Bajo	Medio/bajo	Bajo
Centro_4_Grupo_B	5	13	18	Bajo	Medio/bajo	Bajo
Centro_5_Control	9	4	13	Medio/alto	Medio/alto	Medio
	65	65	130			

Nota 1: el total de participantes se incluye depurado, computando únicamente aquellos que han participado en todas las fases de investigación.

Nota. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se quiere demostrar la equivalencia entre el grupo experimental y el grupo control para legitimar su comparabilidad. Así pues, con los resultados del pre-test se emplea la prueba H de Kruskal-Wallis, estableciendo como variable de agrupación la condición del grupo (experimental o control). Tanto en la adaptación del COCTS, como en la adaptación del TEPC se obtienen p-valores mayores de .05 para todos los ítems, de modo que, conforme a los resultados, se demuestra la igualdad de medianas y, por ende, la igualdad de conocimientos de los que parten el grupo control y los grupos experimentales.

VI.2.2.2. Segundo periodo de investigación

Los participantes del estudio en este periodo (ver Tabla 34) se amplían a alumnado de 5º y 6º curso de Educación Primaria (10-12) de centros de educación pública de Segovia capital y de los núcleos de población colindantes. El tipo de muestreo realizado se mantiene entre periodos, siendo nuevamente por conveniencia.

En cuanto a la permanencia de centros, el centro dos y tres continúan con esa codificación y el antiguo centro cinco o centro control pasa a tener un grupo experimental. Además, se incorpora un nuevo centro que se denominará seis. Asimismo, en este periodo hay que señalar distintos acontecimientos que alteran la muestra original.

En primer lugar, hay que destacar que la implementación en el Centro 3 y el Centro 6 se fija para el curso escolar 2018-2019 y la del Centro 5 y el Centro 2 para el 2019-2020. En el curso escolar de 2018-2019 el Centro 3 sufrió una sobrecarga de actividades asumidas

y ninguno de los 3 grupos participantes pudo realizar las evaluaciones cuantitativas de post-test. Como consecuencia los datos de este centro se eliminan del estudio, quedando como único participante válido el Centro 4.

La participación se vio nuevamente afectada en el curso 2019-2020 con la aparición de la COVID19 y la pandemia que ha sufrido la población mundial en 2020 y 2021. Con esta situación excepcional todas las intervenciones programadas tuvieron que ser aplazadas. Al inicio del curso 2020-21 se retomó la negociación de fechas para la formación y la implementación de la SEA.

Tabla 34

Participantes por grupos de clase, sexo, nivel cultural, nivel económico y receptividad a la metodología en el segundo periodo de investigación

Grupos de centros	Participantes			Nivel cultural	Nivel económico	Receptividad a la metodología
	Hombre	Mujer	Total			
Centro_2_Grupo_5A	6	7	13	Alto	Medio/Alto	Medio
Centro_2_Grupo_6A	6	7	13	Alto	Medio/Alto	Medio
Centro_2_Grupo_Control	9	8	17	Alto	Medio/Alto	Medio
Centro_3_Grupo_5A	-	-	-	-	-	-
Centro_3_Grupo_6A	-	-	-	-	-	-
Centro_3_Grupo_6B	-	-	-	-	-	-
Centro_5_Grupo_6ºB	5	5	10	Alto	Medio/Alto	Medio
Centro_6_Grupo_6A	12	7	19	Medio	Medio	Bajo
	38	34	72			

Nota 1. El total de participantes se incluye depurado, computando únicamente aquellos que han participado en todas las fases de investigación.

Nota 2. Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se quiere demostrar la equivalencia entre el grupo experimental y el grupo control para legitimar su comparabilidad. Así pues, se emplean los resultados del pre-test y se aplica la prueba H de Kruskal-Wallis, estableciendo como variable de agrupación la condición del grupo (experimental o control). Los resultados a en las variables de la adaptación del COCTS obtienen p-valores mayores de .05 de modo que se demuestra la igualdad de medianas y, en consecuencia, la igualdad de conocimientos de los que parten los distintos grupos. En el caso de los resultados de las respuestas de la adaptación del TEPC sobre comprobación de hipótesis y análisis argumental se realiza el mismo procedimiento obteniendo nuevamente p-valores mayores de 0.05 en todas las variables. De este modo queda justificada la comparabilidad entre los grupos experimentales y el grupo control en todas las variables cuantitativas de estudio.

VI.3. EL ANÁLISIS DE DATOS

El diseño metodológico mixto empleado contempla dos enfoques de análisis, cuantitativo y cualitativo. Sendos enfoques y las técnicas empleadas para llevarlos a cabo se describen a continuación.

VI.3.1. ANÁLISIS CUANTITATIVO

El objetivo general de la investigación cuantitativa es determinar si hay cambios en las variables centrales (capacidades de PC y comprensión de NdCyT) en los estudiantes de los grupos experimentales, como efecto de los aprendizajes realizados en la intervención didáctica (estructura cuasiexperimental pre-test – intervención – post-test). Concretamente, las variables dependientes para la determinación cuantitativa de la mejora en el alumnado son aquellas medidas con los ítems de las respectivas adaptaciones de los cuestionarios COCTS y TEPC. Los datos recogidos mediante estos cuestionarios se han analizado con el *software* SPSS 24.

El proceso de análisis de datos ha implicado los siguientes pasos:

- Creación de bases de datos en SPSS, donde se recojan los datos de los dos cuestionarios en las dos fases de aplicación (pre y post-test).
- Recodificación y valoración de datos hasta llegar a las variables escala (ver métrica de las adaptaciones en los epígrafes VI.1.1.1.1. y la Fase 5 y la Fase 6 adaptación 2 del epígrafe VI.1.1.1.2.).
- Extracción de los estadísticos de los valores y elaboración de tablas y gráficos para su interpretación.
- Interpretación del análisis descriptivo. Descripción de la distribución de las variables y de su normalidad.
- Interpretación del análisis inferencial. Comprobación de hipótesis relacionadas con los objetivos del estudio mediante pruebas estadísticas de comparación de distribuciones (medianas) y correlación.
 - Pruebas para la comparación de distribuciones: se eligen pruebas no paramétricas para mantener una perspectiva de análisis conservadora al no ser todas las variables escalas tendientes a la normalidad.

- Prueba de Wilcoxon para dos muestras relacionadas. Prueba no paramétrica para comparar la distribución de variables en muestras dependientes.
- Prueba U de Mann-Whitney para k muestras independientes. Prueba no paramétrica para comparar la distribución de variables en muestras independientes.
- Correlación según Sperman. Al considerarse todas las variables como no normales para mantener una igualdad en las pruebas aplicadas y una perspectiva conservadora del análisis la correlación de Sperman es la prueba correcta para un análisis correlacional.

VI.3.2. ANÁLISIS CUALITATIVO

La metodología cualitativa es aquella que pretende llegar a la realidad a través del análisis de textos orales o escritos. Debido a esto, dicha metodología produce textos narrativos o descriptivos de los fenómenos a investigar mediante técnicas, como las entrevistas o la observación directa, con el fin de analizarlos (Báez, 2007; Pita y Pértegas, 2002; Taylor y Bogdan, 2010). En este caso los datos de tipo cualitativo que se han recogido en los distintos periodos de investigación consisten en las impresiones recogidas por el investigador durante: la observación participante en un diario de clase; las transcripciones de las entrevistas de seguimiento realizadas a los alumnos; las tablas de observación en la observación no participante, y las producciones de los estudiantes.

La técnica cualitativa seleccionada para analizar los datos obtenidos mediante los instrumentos cualitativos es el análisis de contenido. Esta técnica “posibilita el examen metódico, sistemático, objetivo y, en determinadas ocasiones, cuantitativo, del contenido de ciertos textos, con vistas a clasificar y a interpretar sus elementos constitutivos y que no son totalmente accesibles en la lectura inmediata” (Robert y Bouillaguet citado por Amado et al., 2014, p. 304). Autores como Bardin (1977), Ruiz (2003) o Amado et al., (2014) delimitan las fases a seguir para llevar a cabo este tipo de técnica de análisis teniendo sus aportaciones gran consenso, aunque diferente nomenclatura para cada una de las fases. Dichas fases son: definición del problema y de los objetivos del trabajo; establecimiento del

marco teórico; construcción de un corpus documental; lectura atenta y activa de los documentos; formulación de hipótesis y categorización.

Al no ser esta la única técnica aplicada en el estudio, puesto que el diseño de investigación es complejo y engloba una gran cantidad de instrumentos y técnicas de análisis, la aplicación de dichas fases se ha tenido que adaptar a las características del estudio. La diferencia más importante es la realización de dos sistemas de categorías ambos basados en la definición de categoría dada por Báez (2007) y siguiendo los principios de homogeneidad interna y externa que propone este mismo autor.

La primera categorización se ha construido de forma deductiva tomando como referencia el marco teórico y de modo que cada categoría permanezca paralela a las variables de estudio cuantitativas para favorecer la triangulación metodológica, cuando sea posible. Esta motivación ha llevado a crear el sistema de categorías después de la fase de construcción de un corpus documental y antes de la lectura atenta de los documentos (ver Tabla 35).

Tabla 35

Categorías para el análisis cualitativo de las entrevistas, el diario de clase y las tablas de observación

Categoría	Subcategoría
Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad	Toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos Los equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología
Construcción social de la tecnología	La dependencia del uso de una nueva tecnología El control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos
Comprobación de hipótesis	Formulación hipótesis en base a las evidencias Comprobación de hipótesis y reformulación si no son correctas
Análisis argumental	Uso de razones y contraargumentos Formulación de conclusiones
Razonamiento verbal	Identificación de evidencias en el discurso de enseñanza.
Conceptos relativos a la energía y su relación con la sociedad	Propiedades de la energía Tipos de energía Fuentes de energía renovables Fuentes de energía no renovables El <i>fracking</i> Interés de las actividades Contenidos trabajados por primera vez Dificultad de los contenidos Utilidad de las actividades

Nota. Fuente: elaboración propia.

En segundo lugar, se ha elaborado la segunda categorización de forma inductiva tomando como referencia el discurso extraído de los grupos focales, puesto que son sus transcripciones las que se pretenden analizar a partir de esta categorización. En consecuencia, la categorización se ha diseñado tras la realización de las transcripciones de dichos grupos y su lectura (ver Tabla 36).

Tabla 36

Categorías para el análisis cualitativo de los grupos focales

Categoría
Qué entienden los participantes por NdCyT
Importancia de trabajar el NdCyT desde las primeras edades (etapas de infantil y primaria; 3-12 años)
Legislación y NdCyT
Qué entienden los participantes por PC
Importancia y viabilidad de trabajar el PC desde las primeras edades (etapas de infantil y primaria; 3-12 años)
Legislación y PC
La SEA y su relación con la NdCyT y el PC

Nota. Fuente: elaboración propia.

VI.3.2.1. Codificación de los datos personales de los participantes

Como se ha señalado en el acceso al campo (epígrafe VI.2.) el estudio se compromete con la confidencialidad de los participantes. En consecuencia, se ha elaborado la Tabla 37, mediante la cual se pueden codificar estos datos y preservar la identidad de los participantes aun señalando sus características básicas.

Por último, se ofrece un ejemplo figurado de la codificación de datos. Así pues, una estudiante perteneciente al grupo B de sexto curso de un hipotético centro 8, cuyo número de identificación es 1000 y con un nivel de aprendizaje alto tendría la siguiente codificación: 1000.M.8.6.B.A.

Tabla 37*Códigos empleados en la codificación de datos personales*

Datos personales	Código
Nombre	Número de identificación asignado a los cuestionarios
Sexo	Masculino = M Femenino = M
Centro	Número asignado en la tabla que recoge la muestra
Curso	Quinto = 5 Sexto = 6
Grupo	A B
Nivel de aprendizaje	Alto = A Medio = M En proceso = P

Nota. Fuente: elaboración propia.

VI.4. CUESTIONES ÉTICAS Y DE RIGOR METODOLÓGICO

La presente investigación ha pretendido ajustarse a los principios éticos recogidos en el Manual de Publicaciones de la American Psychological Association (2010). En esta línea, es necesario justificar éticamente la utilidad de esta investigación para la comunidad científica y la sociedad actual. Esta investigación está enmarcada dentro del proyecto CYTPENCRI, el cual une el trabajo de muchos investigadores con el fin de estudiar una temática (el desarrollo del PC a través de la NdCyT), diseñar modelos y materiales didácticos, observar sus beneficios educativos y promover su implantación en las aulas como medida de mejora. En otras palabras, la presente investigación está contextualizada dentro de un proyecto que pretende una mejora de la sociedad y que promueve la cooperación científica para llegar al estudio del objeto de mejora.

Una vez justificada la importancia de la investigación se pasa a analizar críticamente las decisiones que se han tomado en esta, en base a las indicaciones éticas publicadas en American Psychological Association (2010).

En primer lugar, se presenta lo relativo a la “protección de los derechos y las garantías de los participantes en la investigación” (American Psychological Association 2010, p.16). En este sentido cabe destacar que:

- Se ha negociado a través del contacto con los centros su colaboración en la investigación, facilitando a los participantes toda la información relacionada con esta (conocimiento informado). Para ello se ha hecho entrega a la dirección de

los centros de un documento que recoge: “el propósito del estudio, el tipo de datos que se solicitan; la naturaleza del compromiso, la institución que patrocina el estudio; la selección de sujetos; los procedimientos que van a llevarse a cabo y la garantía de confidencialidad” (Mesía, 2007, p. 149).

- Se ha informado a los centros de la relación de riesgos y beneficios. En este caso los riesgos que fueron previstos consistían en que la SEA diseñada no proporcionase los beneficios esperados (el desarrollo del PC del alumnado y la mejora en sus concepciones sobre NdCyT a la vez que su aprendizaje sobre contenidos relativos a la energía). Como contrapunto, los beneficios que fueron pronosticados consistían en que la SEA lograra desarrollar las capacidades estimadas y que los centros pudiesen disponer de ella para posteriores aplicaciones. La balanza de riesgo beneficio se consideró apropiada y el proyecto se ofertó y llevó a cabo en distintos centros educativos.
- En esta investigación no se ha podido garantizar el anonimato de los participantes, ya que la investigadora debe tener acceso a los centros, contacto con los participantes y una forma de identificar a los mismos para poder cruzar variables a la hora de realizar el análisis. No obstante, se ha aplicado el más riguroso principio de confidencialidad, tomando todas las medidas oportunas para que no se pueda identificar a ninguno de los centros escolares, ni de los participantes directos de la investigación (Mesía, 2007).
- Se han tenido en cuenta los posibles perjuicios del diseño de la investigación para los participantes, especialmente para aquellos seleccionados como grupo control. Por este motivo a este grupo se le ha dado la oportunidad de acceder a la intervención, una vez se haya cumplimentado el post-test. De este modo, se ha procurado que todos los participantes de la investigación puedan obtener los mismos beneficios.

En segundo lugar, se plasman las cuestiones relacionadas con “cómo asegurar la precisión del conocimiento” (American Psychological Association 2010, p.16). En esta línea se ponen a disposición los datos y elementos relacionados con el estudio para que se puedan realizar contrastes y réplicas del mismo.

VI.4.1. CRITERIOS DE RIGOR

A lo largo de las siguientes líneas se van a exponer los criterios de rigor que han servido para determinar si la presente investigación es fiel a las preocupaciones principales de los investigadores en relación con: el valor de verdad, la aplicabilidad de la investigación, la consistencia de los descubrimientos y la naturalidad de las revelaciones (Guba, 1983). Guba (1983) establece cuatro criterios que se relacionan con cada una de las preocupaciones definidas según el método (cuantitativo o cualitativo) empleado (véase Tabla 38).

Tabla 38

Criterios de rigor para investigaciones naturalistas y positivistas

Preocupaciones principales de los investigadores	Criterios de rigor aplicados a investigaciones cuantitativas	Criterios de rigor aplicados a investigaciones cualitativas
Valor de verdad	Validez interna	Credibilidad
Aplicabilidad	Validez externa	Transferibilidad
Consistencia	Fiabilidad	Dependencia
Neutralidad	Objetividad	Confirmabilidad

Nota. Fuente: Guba (1983, p. 153).

Una vez establecidos los criterios que tener en cuenta para señalar el rigor de esta investigación, se pasa a realizar una breve explicación de los mismos, así como a contemplar cada uno de los factores a tener en cuenta para cada uno de los métodos empleados. Con este proceso, se pretende determinar como la investigación ha conseguido dichos criterios y, por ende, el rigor de la misma.

VI.4.1.1. Criterios de rigor asociados a los métodos cuantitativos

Los criterios de validez interna (contenido y constructo), externa y de fiabilidad asociados a los métodos cuantitativos están debidamente justificados mediante la validación de los instrumentos de recogida de datos cuantitativos y la selección de la muestra.

Por otra parte, cabe resaltar la objetividad mantenida en el análisis de dichos datos, entendida como la liberación de la interpretación de resultados cuantitativos de valores subjetivos. En relación con esta premisa, la presente investigación ha empleado instrumentos de recogida de datos objetivos (cuestionarios) y análisis estadísticos, además de haber realizado una triangulación metodológica que refuerza la veracidad y la objetividad de los resultados obtenidos.

VI.4.1.2. Criterios de rigor asociados a los métodos cualitativos

Criterio de Credibilidad

Se justifica el criterio de credibilidad en la presente investigación por el cumplimiento de los siguientes factores (Guba, 1983):

- Juicio crítico de los compañeros: la investigadora se ha reunido regularmente con miembros del departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Valladolid, ha mantenido contacto con miembros del equipo de trabajo del proyecto CYTPENCRI y ha compartiendo distintos fragmentos de la tesis con doctores de otras universidades en dos estancias de investigación internacionales (Universidad de Aveiro y Universidad Pedagógica Nacional de Colombia), con el fin de comentar cuestiones relativas a la investigación, exponiéndolas al juicio de estos y respondiendo a sus críticas para poder mejorar el proceso de investigación.
- Recogida de material de adecuación referencial: se han recogido grabaciones de audio de las entrevistas realizadas en los contextos de estudio, de los grupos focales, así como de algunas de las sesiones de observación.

Criterio de transferibilidad

La transferibilidad es la posibilidad existente de poder reproducir o aplicar las medidas llevadas a cabo por los investigadores en otro contexto similar (Guba, 1983). A este respecto se procura recopilar suficiente información de los contextos educativos en los que se realiza la intervención para que se comprendan los contextos en los que se ha aplicado y se pueda replicar.

Criterio de dependencia

Con el fin de mantener la estabilidad de los datos y asegurar su independencia de los prejuicios del investigador y del momento de observación, se plantea el factor denominado métodos solapados (Guba, 1983). Este proceso ha consistido en emplear una triangulación metodológica que ha permitido contrastar los datos y compensar las debilidades de cada uno de los métodos empleados, con las virtudes del otro. Concretamente, se han triangulado los resultados del análisis del diario de clase, de los cuadernos de trabajo de los alumnos, de

las entrevistas y de los dos cuestionarios. A través de este proceso se ha verificado la consistencia de los datos.

Criterio de confirmabilidad

Este criterio, entendido como presenta Guba (1983), se cumple en esta investigación al utilizar una triangulación de personas. Se han compartido los resultados con distintos miembros del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la propia Universidad de Valladolid, así como con miembros del proyecto CYTPENCRI y miembros de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, para comprobar que la interpretación de los datos no está sesgada por la investigadora.

CAPÍTULO VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La intervención llevada a cabo persigue mejoras en categorías muy concretas que forman parte de los constructos de NdCyT y PC, además de la intención de promover la enseñanza de contenidos curriculares (energía) en contexto. A continuación, se pasa a analizar los resultados obtenidos por los estudiantes, poniendo especial atención a la evolución, o su ausencia, en el desarrollo del alumnado, puesto que una intervención es eficaz cuando muestra resultados positivos en los estudiantes (Dorland, 1994).

VII.1. RESULTADOS DEL PRIMER PERIODO DE IMPLEMENTACIÓN

Recordemos que en el primer ciclo de implementación todas las puestas en práctica se realizan por la misma persona, pero en distintas aulas y centros escolares. En este caso se obtienen datos de técnicas como la encuesta, la observación participante, el análisis documental y la entrevista a partir de instrumentos como, el guion semiestructurado, el diario de clase y las rúbricas de evaluación. Para efectuar un análisis de los resultados lo más integrado posible, en el cual se puedan contrastar los datos recogidos mediante los distintos instrumentos, se emplearán las categorías de análisis cualitativo para estructurar la presentación de los mismos. De este modo se comenzará por los resultados sobre NdCyT, presentando en primer lugar las dos variables de influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad, seguido de las dos sobre construcción social de la tecnología (conforme a la estructuración teórica presentada por Manassero y Vázquez (2019)). En segundo lugar, se presentan los resultados sobre PC (comprobación de hipótesis, análisis argumental y razonamiento verbal). En tercer lugar, se exponen los resultados sobre el aprendizaje de la energía y, por último, se cierra el epígrafe con un análisis correlacional de los resultados cuantitativos.

VII.1.1. RESULTADOS DE NdCYT. TOMA DE DECISIONES CON RESPECTO A LOS ASUNTOS CIENTÍFICOS. PRIMER PERIODO DE INVESTIGACIÓN

En primer lugar, se analizaron los resultados cuantitativos de la adaptación del ítem 40211 del COCTS. En concreto, se han recogido en la Tabla 39 los principales estadísticos de las puntuaciones obtenidas por los participantes. Con el fin de proporcionar más

información en esa tabla se han recogido los datos de modo que se pueda apreciar el contraste entre las puntuaciones obtenidas entre el grupo control y el conjunto de grupos experimentales, así como entre el grupo control y cada uno de los grupos que han recibido la intervención didáctica. Además, es conveniente recordar que las puntuaciones máximas y mínimas de la escala de actitud son 1 y -1, siendo 1 la puntuación máxima.

Al observar la Tabla 39 se apreció como la puntuación media y la mediana obtenidas por el conjunto de grupos experimentales son superiores en la fase pre-test que en la fase post-test. Esta misma mejora se percibió en cada uno de los grupos-clase. En concreto, la mediana en los resultados de la fase pre-test suele ser negativa o ser positiva, pero muy cercana a cero; mientras que en la fase post-test la puntuación asciende quedando en la mayoría de los casos próxima a .5. Sin embargo, este incremento en la puntuación no se detectó en el grupo control, que no solo no había mejorado, sino que obtuvo puntuaciones más bajas en sus medidas de tendencia central.

Tabla 39

Estadísticos resultantes de la adaptación del ítem 40211 del COCTS. Primer periodo de investigación

	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 1 grupo A		Centro 1 grupo B		Centro 2 grupo B		Centro 3 grupo A		Centro 4 grupo A		Centro 4 grupo B	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	-.03	-.07	-.01	.34	-.14	.43	.02	.54	.02	.36	-.04	.42	.3	.42	-.14	.18
Mediana	.04	-.17	.0	.38	-.23	.38	.0	.52	.13	.42	.08	.46	.3	.5	-.1	.17
Desviación estándar	.21	.25	.37	.31	.44	.23	.32	.17	.32	.3	.35	.26	.35	.3	.37	.29
Mínimo	-.4	-.5	-1	-.5	-1	.13	-.56	.25	-.67	-.21	-1	-.83	-.54	-.17	-.83	-.33
Máximo	.29	.37	1	.92	.67	.86	.58	.92	.5	.79	.42	.75	1	.83	.33	.67
1er cuartil	-.2	-.27	-.25	.16	-.42	.26	-.2	.4	-.17	.08	-.25	.27	.1	.22	-.33	-.04
3er cuartil	.1	.15	.25	.58	.22	.58	.2	.63	.21	.63	.17	.65	.48	.66	.23	.42

Nota 1: no se presentan datos sobre asimetría y curtosis puesto que al emplear pruebas no paramétricas no son necesarios para la interpretación.

Nota. Fuente: elaboración propia.

Con el fin de comprobar la significatividad de estas observaciones, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Los p valores que se han obtenido en dicha prueba fueron menores de .05, tanto en el caso del conjunto de grupos experimentales, como en el desglose por grupos-clase, con la excepción del Centro 4 A (p valor .31). En concreto, los p valor fueron: .000 en el conjunto de grupos experimentales, .000 en el

Centro 1 A, .000 en el Centro 1 B, .006 en el Centro 4 B, .003 en el Centro 2 y .003 en el Centro 3. Con estos datos se pudo afirmar con un 95% de seguridad que la diferencia entre las medianas de la primera y la segunda medición ha resultado significativa para todos los grupos excepto el grupo A del Centro 4 que, a pesar de haber mejorado en su puntuación, este incremento no es significativo. En cuanto al grupo control se obtuvo un p valor de .88, por lo que en este caso se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición con un margen de error de 5% y se pudo determinar que el descenso de las puntuaciones observado no fue estadísticamente significativo.

En segundo lugar, se pasó a comparar si la mejora de cada uno de los grupos es significativa con respecto al grupo control. En este caso se aplicó la prueba U de Mann-Whitney. Primeramente, se aplicó al conjunto de grupos experimentales en comparación con el grupo control. En este caso se obtuvo un p valor de .000, lo cual determinó que la diferencia entre las medianas es significativa al 95%. En la comparativa del resto de grupos experimentales con respecto al grupo control, se han recogido los siguientes p valores como resultado: Centro 1 grupo A p valor =.000, Centro 1 grupo B p valor =.000, Centro 4 grupo A p valor =.000, Centro 4 grupo B p valor =.03, Centro 2 p valor =.000, Centro 3 p valor =.000. Por consiguiente, todos los p valor son menores de .05, lo que nos indicó que la diferencia de medianas ha sido significativa, o lo que es lo mismo, que los puntajes obtenidos por estos grupos han sido significativamente superiores al logrado por los participantes del grupo control.

En resumen, los resultados cuantitativos permitieron demostrar mejoras en el conjunto de grupos experimentales, así como en su división en grupos clase entre periodos de investigación y en contraste con el grupo control.

El análisis del contenido del diario determinó que el alumnado empezó a reflexionar sobre esta temática en el debate de la última actividad de consolidación de la segunda sesión. En este contexto, los estudiantes empezaron a plantearse qué recursos energéticos estaban disponibles en su entorno y de qué recursos provenía la energía que utilizaban. De dichos planteamientos surgieron reflexiones sobre, quién debe tomar las decisiones con respecto a qué fuentes de energía se estudian o se explotan. En este debate *los participantes inicialmente piensan que las decisiones deben ser tomadas por los científicos porque “son los que saben”, sin embargo, tras las reconducciones amplían la perspectiva e incluyen a*

los ciudadanos “que saben” en la toma de decisiones (extracto del diario). Es decir, durante el desarrollo del debate se van aproximando a ideas más aceptadas desde un punto de vista científico como, que las decisiones deberían tomarse de manera compartida entre científicos e ingenieros y ciudadanos informados (Vázquez y Manassero, 2012a).

Muestras de este mismo discurso son visibles en las actividades realizadas por los participantes de los grupos experimentales en la segunda sesión. En este contexto los estudiantes responden a cuestiones como, ¿Quién debe tomar las decisiones sobre los asuntos científicos? con respuestas acertadas (21% de los cuadernos de trabajo) como: *los científicos que saben sobre ello y los habitantes*. Plausibles (58% de los cuadernos de trabajo) como: *los que más entiendan pero con la aprobación del gobierno y los habitantes*. O ingenuas (21% de los cuadernos de trabajo) como: *el gobierno*. De la evaluación de dichas producciones mediante las rúbricas diseñadas (ver en la Tabla 30 en el epígrafe VI.1.2.4.), se obtuvieron los siguientes resultados. Del total de 52 ejercicios revisados (se recuerda que se trabajaba los documentos escritos en pequeño grupo), 11 presenta el nivel de logro bajo de la rúbrica, 30 el nivel medio y 11 el nivel alto. Esto mostró como 41 de los 52 grupos (79%) consiguió abandonar una perspectiva ingenua y aproximarse a unas concepciones científicamente más aceptadas sobre esta categoría (Vázquez y Manassero, 2012a), indicando que existe un desarrollo sobre conocimientos relacionados con la NdCyT.

Al estudiar el caso concreto del Centro 4 grupo A, se pudo observar que de los ocho cuadernos presentados por ese grupo ninguno alcanzó el nivel de logro superior, seis llegaron al nivel medio y dos se mantuvieron en el bajo o ingenuo. Lo cual coincide con la limitada mejora que presentan en los estudios cuantitativos. Como contraste otros grupos que sí han obtenido una mejora significativa en la adaptación del ítem 40211 del COCTS, por ejemplo, el Centro 3, de los siete cuadernos presentados cuatro han logrado un nivel de logro medio y tres el nivel superior.

Finalmente, en el seguimiento realizado un mes después de la intervención, se preguntó a los estudiantes entrevistados si su opinión con respecto a esta categoría había cambiado. En el análisis se observaron diferencias en las respuestas del alumnado de diferente nivel de aprendizaje, siendo los cambios más notables y mejor justificados los de los discentes con un nivel de aprendizaje alto. El alumnado de nivel medio manifestó

cambios de opinión, en algunos casos hacia respuestas consideradas como plausibles y en otros no supieron justificar su cambio de opinión. Los participantes del nivel en proceso cuando cambian de opinión tienden a no saber por qué o qué opinan. Algunos ejemplos de las respuestas dadas por los entrevistados son:

83.F.2.A.A.: *no, yo pensaba que había que hacerlo por igual, o sea que la gente lo tenía que decidir y a la vez los científicos y ahora pienso igual.*

37.M.1.B.A.: *sí.*

44.F.4.A.M.: *no, (¿Quién debe decidir?) el gobierno y sus consejeros científicos.*

6.F.1.A.M.: *sí.*

25.F.1.B.P.: *no, no sé.*

46.M.4.A.P.: *sí.*

VII.1.2. RESULTADOS DE NDCYT. LOS EQUILIBRIOS ENTRE LOS EFECTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA. PRIMER PERIODO DE INVESTIGACIÓN

Para el análisis de los resultados de la adaptación del ítem 40311 del COCTS se recogieron en la Tabla 40 los principales estadísticos descriptivos. En dicha tabla se pudo apreciar como la puntuación media y los cuartiles obtenidos por el conjunto de grupos experimentales fueron ligeramente más altas en el post-test que en el pre-test. En lo relativo a cada uno de los grupos experimentales se detectó que mayoritariamente siguen esta tendencia, con algunas excepciones en las cuales se presentan resultados iguales o más bajos (estos casos se resaltan con un sombreado gris para facilitar su visualización). En concreto, el conjunto de grupos presenta un incremento en la mediana de .17 y el incremento más sustancial del desglose por grupos lo lidera el Centro 3 con una mejora de .54. En cuanto al grupo control, se observa como la mediana se mantiene y la media desciende .01 puntos.

Tabla 40

Estadísticos resultantes de la adaptación del ítem 40311 del COCTS. Primer periodo de investigación

	Centro Control		Todos los grupos		Centro 1 grupo A		Centro 1 grupo B		Centro 2 grupo B		Centro 3 grupo A		Centro 4 grupo A		Centro 4 grupo B	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	-.04	-.05	-.03	.11	-.04	.15	.04	.03	.13	.2	-.33	.15	.02	.13	.01	.15
Mediana	0	0	0	.17	-.04	.17	.04	.13	.08	.25	-.33	.21	.08	.13	.17	.17
Desviación estándar	.4	.37	.43	.29	.39	.26	.3	.26	.45	.37	.53	.24	.34	.28	.45	.24
Mínimo	-.63	-.88	-1	-.88	-.67	-.42	-.5	-.41	-.75	-.63	-1	-.33	-.86	-.5	-1	-.42
Máximo	.75	.5	1	.75	.75	.67	.75	.41	1	.75	.5	.5	.5	.58	.42	.58
1er cuartil	-.4	-.31	-.33	.0	-.33	.0	-.17	-.17	-.04	0	-1	-.02	-.25	0	-.42	.04
3er cuartil	.15	.17	.25	.33	.25	.31	.23	.17	.46	.5	.12	.33	.33	.31	.35	.29

Nota. Fuente: elaboración propia.

Al igual que en el caso anterior se comprobó la significatividad de estas diferencias mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. En concreto, se obtuvo un p valor de .001 al comparar los resultados del conjunto de grupos experimentales en las distintas fases, lo que nos permitió determinar con un 95% de seguridad que la mejora percibida como escasa, sí llegó a ser significativa. Seguidamente se pasó a estudiar la mejora por grupos de trabajo mediante esta misma prueba. En estos casos se detectó que el único p valor inferior a .05 es el relativo al Centro 3. Esto indicó que la diferencia entre las medianas de la primera y la segunda medición no eran significativas excepto en el caso del grupo del Centro 3. En cuanto al grupo control, el resultado de la prueba determinó un p valor de .85 y, en consecuencia, se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición con una confianza del 95%.

En segundo lugar, se comprobó si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control a través de la prueba U de Mann-Whitney. La comparación entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control obtuvo un p valor de .08, lo cual permitió determinar que la diferencia entre las medianas no era significativa con un margen de error del 5% y, por tanto, la mejora que ha experimentado el conjunto de grupos experimentales no ha sido significativa en comparación con los resultados del grupo control. En lo relativo a las comparaciones entre el grupo control y cada uno de los grupos experimentales, se registraron p valores superiores a .05, lo cual

mostró la igualdad de medianas demostrando que los resultados de los participantes de los grupos experimentales no diferían significativamente de aquellos obtenidos por el grupo control.

En síntesis, los resultados de las pruebas no paramétricas permitieron detectar mejoras estadísticamente significativas para el conjunto de grupos experimentales y para el grupo del Centro 3.

En el contenido del diario quedó recogido como los estudiantes comenzaron a ser conscientes de las consecuencias de los efectos positivos y negativos de las cuestiones científicas y tecnológicas durante el debate de la actividad de consolidación de la segunda sesión y el desarrollo de la tercera sesión. *Los alumnos tienen problemas para responder qué beneficios tienen las fuentes de energía no renovables. Tienen interiorizado que son malas porque contaminan, pero no saben por qué las utilizamos. [...] también tienen dificultades para reflexionar sobre los efectos negativos de fuentes de energía renovables...* (extracto del diario de clase). Es decir, mientras se debatía sobre impactos ambientales y fuentes de energía renovables y no renovables; así como con el análisis de los argumentos a favor y en contra del *fracking*, *los estudiantes comenzaron a vislumbrar la complejidad de los equilibrios entre efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología* (extracto del diario de clase). Durante este proceso, el alumnado llegó a la conclusión de que hay ciertas cosas que benefician a unos y perjudican a otros, así como que hay ciertas tecnologías que traen consigo una serie de efectos que hay que sopesar. No se llegó tanto a profundizar en el motivo de la existencia de dichos efectos, lo cual es probable que haya sido una de las razones por las que la mejora en las puntuaciones cuantitativas no haya sido muy notable.

Estas reflexiones de la docente se corresponden con los resultados obtenidos en las actividades realizadas, pues se localizaron muestras de estas reflexiones en los ejercicios realizados por los participantes de los grupos experimentales en la segunda y tercera sesión. En dichos ejercicios, los discentes expresaron sus ideas sobre la existencia de efectos positivos y negativos al poner en práctica una nueva ciencia o tecnología. No obstante, ninguno llega a un nivel de reflexión que se identifique con respuestas totalmente adecuadas de acuerdo con estudios como el de Vázquez y Manassero (2012a), es decir, los estudiantes durante el trabajo realizado mejoran levemente sus creencias y reflexionan sobre los contenidos propuestos, pero interiorizan como correctos enunciados plausibles

como: *hay que tener en cuenta ventajas, desventajas y beneficios a largo plazo* (respuesta repetida en diversas ocasiones y la que se podría considerar más correcta) o *las ventajas y las desventajas*.

No se encuentran respuestas que no tengan en cuenta efectos negativos relacionados con la ciencia o la tecnología; sin embargo, se han incluido algunos grupos en el nivel bajo de la rúbrica debido a que se han limitado a exponer las ventajas o desventajas de las que se ha hablado en el debate, sin transferir los conocimientos a la reflexión principal. En concreto, de los 52 ejercicios evaluados, 4 presentaron el nivel de logro bajo y 48 (92% de los cuadernos) el nivel medio. Es preciso señalar también que ninguno de los grupos del Centro 3, ni del Centro 1 grupo A se han situado en el nivel de logro bajo, lo cual queda en consonancia con los resultados cuantitativos, ya que estos grupos son los que mayor incremento presentan en sus puntuaciones medias y, por ende, que más han interiorizado esta cuestión sobre NdCyT.

Por último, en el seguimiento realizado mediante las entrevistas se preguntó si se ha cambiado de opinión con respecto a la existencia de equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología. Muchos de los entrevistados afirman haber cambiado de opinión, en especial los de nivel de aprendizaje alto o medio. Algunos entrevistados de nivel de aprendizaje alto sostienen que no han cambiado de opinión debido a que conocían la necesidad de la existencia de equilibrios. Por otra parte, la mayoría de los entrevistados que pertenecen al nivel en proceso no saben expresar su opinión o justificarla. Algunos ejemplos de respuestas a esta cuestión son:

83.F.2.A.A.: *sí, pensaba que todo era bueno, ahora veo que lo positivo y lo negativo tiene que tener un equilibrio.*

104.M.3.B.A: *no ha cambiado, ya sabía que tenía que haber equilibrio entre lo malo y lo bueno.*

102.F.3.B.M.: *sí.*

90.F.2.A.M.: *no me acuerdo de lo que pensaba antes, creo que ha cambiado.*

25.F.1.B.P.: *no.*

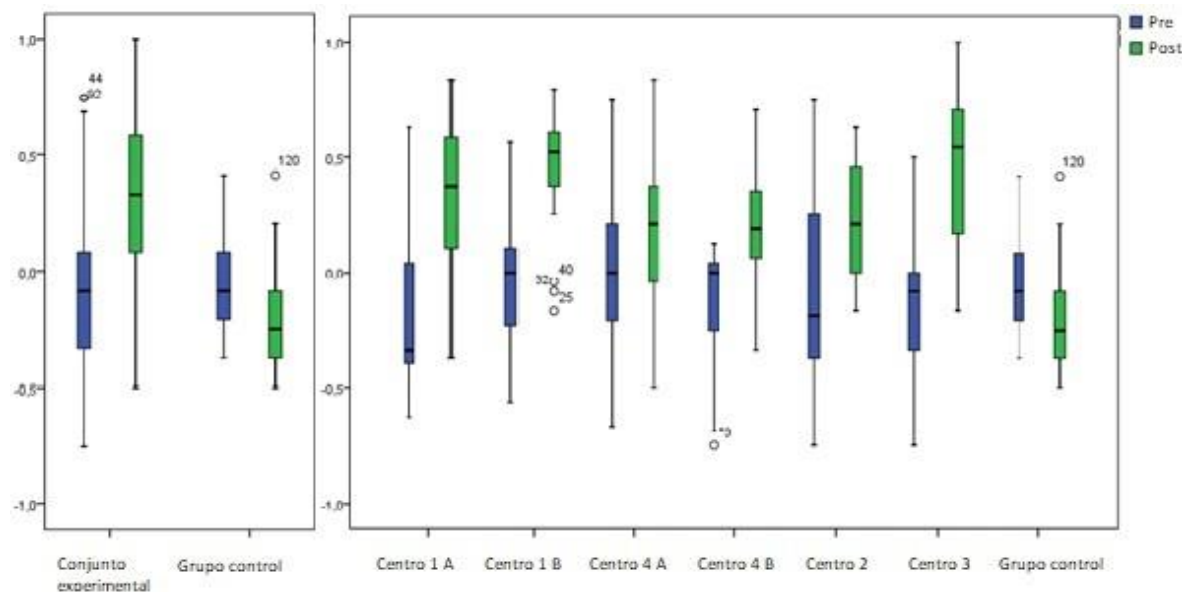
79.M.4.B.P.: *sí, he cambiado mi opinión.*

VII.1.3. RESULTADOS DE NdCYT. LA DEPENDENCIA DEL USO DE UNA NUEVA TECNOLOGÍA. PRIMER PERIODO DE INVESTIGACIÓN

Con el fin de analizar los resultados de la adaptación del ítem 80131 del COCTS se extrajeron dos *boxplot* (ver Figura 16). El primer diagrama ha permitido comparar entre el conjunto de grupos experimentales y el control; y el segundo entre cada uno de los grupos-clase. Al observar la Figura 16 se pudo apreciar un cambio visualmente significativo entre las distribuciones de los resultados de la fase pre y post-test para los grupos experimentales, tanto en conjunto, como de forma individual. En concreto se puede ver los incrementos en la mediana, así como en los cuartiles. En los resultados del grupo control también se pudo observar diferencias en la distribución de los resultados, sin embargo, la diferencia en este caso fue a la inversa, viéndose peores resultados en la fase post-test.

Figura 16

Boxplot del ítem 80131 de la adaptación del COCTS. Primer periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

La comprobación de la significatividad de dichas diferencias se realizó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Los resultados (p valor .000) permitieron concluir que la diferencia entre las medianas de los resultados de las distintas fases de medición en el conjunto de grupos experimentales es significativa con un error del .05. En el desglose de grupos experimentales se obtuvieron p valores menores .05 excepto en el Centro 4 A con

un p valor de .118, indicando que las diferencias eran significativas entre las medianas de las distintas fases de medición de todos los grupos menos del señalado. En el caso del grupo control, como resultado de la prueba se obtuvo un p valor de .07, lo que indicó la igualdad entre las medianas no siendo significativo el descenso de las puntuaciones en la segunda fase de medición.

En segundo lugar, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney con el fin de comprobar si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control. Al realizar la comparación de medianas entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control se obtuvo un p valor de .000, lo cual permitió esclarecer que la mejora de dicho conjunto de grupos ha sido significativa con respecto al grupo control con un margen de error del 5%. Al analizar la mejora de cada uno de los grupos, mediante este mismo proceso, se obtuvieron los siguientes p valores: Centro 1 grupo A p valor =.000, Centro 1 grupo B p valor =.000, Centro 4 grupo A p valor =.003, Centro 4 grupo B p valor =.01, Centro 2 p valor =.000, Centro 3 p valor =.000. Al ser todos los p valor menores de .05 se demostró que la diferencia entre medianas era significativa.

En resumen, los resultados cuantitativos permitieron demostrar mejoras en el conjunto de grupos experimentales y en su división en grupos clase con la excepción del Centro 4 A entre fases de medición, así como en la comparativa con el grupo control. A continuación, se contrastan estos resultados con los datos cualitativos recopilados en esta misma categoría.

El análisis del contenido del diario determinó que las reflexiones sobre esta temática se iniciaron durante las actividades de consolidación de la sesión tres, cuando el alumnado abandonó su creencia de que toda tecnología se desarrolla y se implanta solamente en beneficio de la sociedad. Una vez alejados de dicha creencia, los participantes comenzaron a contemplar otro tipo de intereses como el económico y las propias ventajas o desventajas que conlleva la implantación de una tecnología. En el discurso generado y recogido en el diario se refleja como los participantes han reflexionado sobre cuestiones que reconocían no haberse planteado anteriormente. Por ejemplo, sobre los intereses de las empresas privadas que promueven la implantación de centrales energéticas o de extracción de fuentes de energía, y los impactos que conllevan estas explotaciones o centrales. *Lo quieren poner por el dinero, sin importarles los efectos que pueda haber* (anotación de una declaración de

un alumno del Centro 3 en el diario de clase). Esta aproximación puede considerarse como la germinación de la semilla que inicie la reflexión sobre los temas de NdCyT que nos ocupan.

Muestras de estos discursos quedaron reflejadas en los ejercicios realizados por los participantes de los grupos experimentales, fundamentalmente en la última sesión. En este contexto los estudiantes responden a cuestiones como ¿de qué depende que se implante una nueva tecnología? con respuestas próximas a lo aceptado (Vázquez y Manassero, 2012a) como (31% de los cuadernos evaluados): *los veneficios el dinero, la_[sic.] empresas, los ciudadanos o tener en cuenta las bentajas_[sic.]*, Plausibles (58% de los cuadernos evaluados) como: *las desbentajas_[sic.], las empresas y el dinero*. O ingenuas (11% de los cuadernos evaluados) como, *de los que lo hacen o de los científicos*. De la evaluación de dichas producciones, mediante las rúbricas diseñadas (ver en la Tabla 30 en el epígrafe VI.1.2.4.), se obtuvieron los siguientes resultados. Del total de 52 ejercicios revisados, seis presentan el nivel de logro bajo de la rúbrica, 30 el nivel medio y 16 el nivel alto. En esta categoría se destaca como 46 de los 52 grupos de trabajo han logrado un nivel de logro aceptable, lo cual queda en consonancia con la mejora lograda en los resultados cuantitativos, con los discursos generados en el aula y las impresiones resultantes de los mismos. En el caso concreto del Centro 4 Grupo A, cabe destacar que tres de los ocho cuadernos se sitúan en un nivel de logro bajo, tres en un nivel medio y dos en un nivel alto. Al comparar estos resultados con, por ejemplo, el caso del Centro 3, en el que las evaluaciones sitúan a cinco de los ocho cuadernos en un nivel medio y los tres restantes en el alto, se observó la correspondencia de estos resultados con aquellos aportados por los datos cuantitativos. Es decir, se destaca que el Centro 4 grupo A no mejora tan significativamente como el resto de los grupos experimentales.

Finalmente, en el seguimiento realizado un mes después de la intervención, se preguntó a los participantes si habían cambiado las ideas que tenían sobre de qué depende que se aplique una nueva tecnología. En este caso los participantes se mostraron menos comunicativos, a excepción de algunos estudiantes de nivel de aprendizaje alto que han sabido explicar correctamente que su opinión no ha cambiado porque ya sabían lo que se habló en clase, y algunos de los discentes del nivel en proceso que han intentado expresar la opinión que mantienen, aunque esta no sea adecuada.

70.F.4.B.A.: *sí, ha cambiado.*

83.F.2.A.A.: *no, depende de los beneficios que cause a la sociedad, de la cantidad de tiempo que dure, de los puestos de trabajo que incluya...*

6.F.1.A.M.: *sí.*

44.F.4.A.M.: *no.*

46.M.4.A.P.: *sí.*

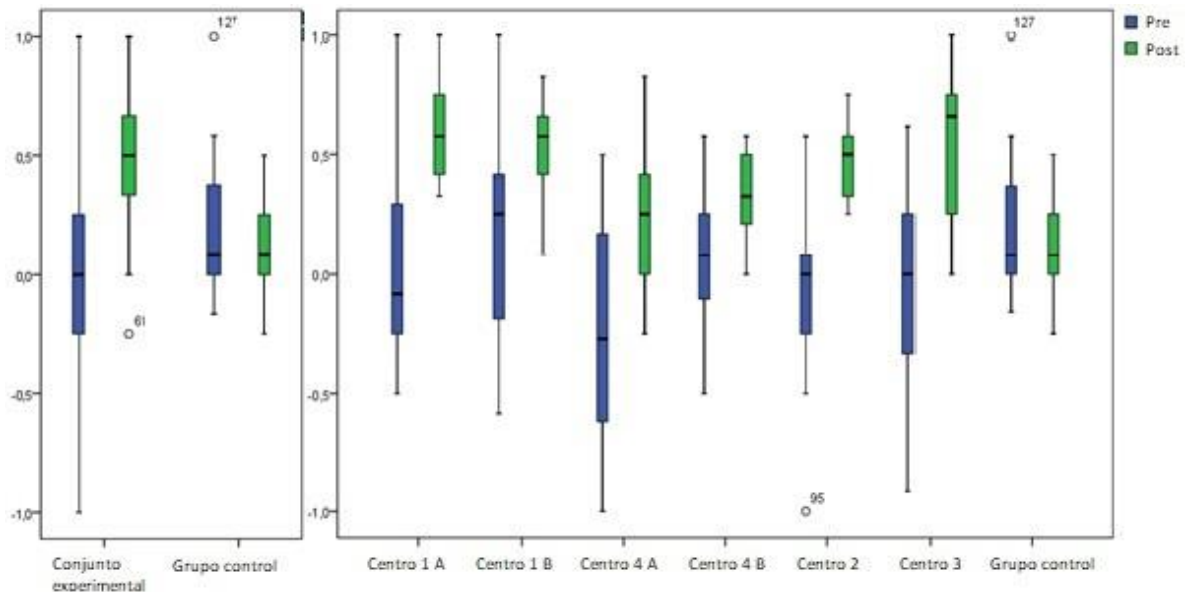
25.F.1.B.P.: *no, pues para que las fábricas no echen humo negro, para que usen otro tipo de combustible.*

VII.1.4. RESULTADOS DE NdCYT. EL CONTROL DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO POR LOS CIUDADANOS. PRIMER PERIODO DE INVESTIGACIÓN

Para el análisis de los resultados de la adaptación del ítem 80211 del COCTS se extrajeron los *boxplot* presentados en la Figura 17. Mediante el análisis de dicha figura se apreció un incremento en las puntuaciones del conjunto de grupos experimentales, así como de cada uno de estos grupos-clase en la fase post-test. En concreto, se puede identificar una mejora de alrededor de .5 en la mediana del conjunto de grupos experimentales, así como de su desglose en grupos clase. En cuanto a los resultados del grupo control, apenas se observaron diferencias en la distribución de los resultados entre fases de medición.

Figura 17

Boxplot del ítem 80211 de la adaptación del COCTS. Primer periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

Con el fin de comprobar la significatividad de estas observaciones se pasó a analizar el resultado mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. El p valor que se obtuvo al comparar entre las puntuaciones obtenidas en el pre y el post-tes en el caso del conjunto de grupos experimentales fue .000. De este modo, se pudo afirmar con un 95% de seguridad que la diferencia entre las medianas de la primera y la segunda medición ha resultado significativa, o lo que es lo mismo, que tras la intervención se obtuvo una mejora significativa. Asimismo, los p valores que se obtuvieron en esta misma prueba en el desglose de los grupos experimentales también fueron menores de .05 y, en consecuencia, se realizó la misma confirmación que en el caso del conjunto de grupos experimentales. En cuanto al grupo control se obtuvo un p valor de .39, por lo que en este caso se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición con un margen de error de 5%, es decir, en este caso no se apreció una mejora.

En segundo lugar, se pasó a comparar si la mejora de cada uno de los grupos es significativa con respecto al grupo control. En este caso se aplicó la prueba U de Mann-Whitney y, primeramente, se aplicó al conjunto de grupos experimentales en comparación con el grupo control. En este caso se obtuvo un p valor de .000, lo cual determinó que la diferencia entre las medianas es significativa al 95%. En la comparativa del resto de grupos experimentales con respecto al grupo control, se han recogido los siguientes p valores como resultado: Centro 1 grupo A p valor =.000, Centro 1 grupo B p valor =.000, Centro 4 grupo A p valor =,17, Centro 4 grupo B p valor =,048, Centro 2 p valor =.000, Centro 3 p valor =,001. En base a estos datos, se estableció la diferencia entre medianas o lo que es lo mismo la mejora de los resultados obtenidos por los grupos experimentales con respecto al grupo control para todos los grupos, excepto el Centro 4 grupo A.

En síntesis, los resultados cuantitativos permitieron demostrar una mejora significativa entre fases de medición y en contraste con el grupo control para el conjunto de grupos experimentales y para cada uno de los grupos-clase participantes, aunque para el caso del Centro 4 grupo A esta mejora no fue significativa en comparación con los resultados del grupo control.

En el contenido del diario quedó recogido como los estudiantes partían de la creencia de que el control del desarrollo tecnológico dependía únicamente de los científicos y los ingenieros. Sin embargo, los debates de la actividad de consolidación de las dos

últimas sesiones, junto con la rutina de pensamiento sobre el *fracking*, los llevaron a conclusiones como: *son las empresas que tienen dinero para invertir las que tienen el control* (declaración de uno de los participantes del centro 1 grupo A con nivel de aprendizaje alto transcrita en el diario de clase). Asimismo, en todos los grupos clase los estudiantes, según lo recogido en el diario, mostraban no estar de acuerdo con que las cosas fuesen así y manifestaban que les gustaría poder decidir sobre estas cuestiones.

Estas reflexiones de la investigadora/docente se corresponden con los resultados obtenidos en las actividades realizadas, pues se localizan muestras de estas reflexiones en los ejercicios realizados por los participantes de los grupos experimentales en la segunda y tercera sesión. En esta línea, los discentes expresan sus ideas sobre el control que tienen los ciudadanos en el desarrollo tecnológico con respuestas acertadas (34% de los cuadernos evaluados) como: *no porque decide el gobierno y las empresas*; plausibles (56% de los cuadernos evaluados) como: *que muchas personas recojan firmas para que no se haga*; o ingenuas (10% de los cuadernos evaluados) como: *sí, porque nosotros somos los que usamos esa tecnología*. De la evaluación de dichas producciones mediante las rúbricas diseñadas (ver en la Tabla 30 en el epígrafe VI.1.2.4.) se obtuvieron los siguientes resultados. Del total de 52 ejercicios, cinco presenta el nivel de logro bajo de la rúbrica, 29 el nivel medio y 18 el nivel alto.

Por último, en el seguimiento realizado mediante las entrevistas se pregunta si se ha cambiado de opinión con respecto a si piensan que los ciudadanos tienen el control del desarrollo tecnológico. A este respecto, los estudiantes exponen haber cambiado de opinión y demuestran que ese cambio se aproxima a lo que los expertos consideran correcto (Vázquez y Manassero, 2012a). No obstante, al menos un participante de todos los niveles mantiene una opinión errónea o no sabe expresarse. Algunos ejemplos:

83.F.2.A.A.: *sí, yo creía antes que eran sobre todo los científicos porque eran los que lo desarrollaban, pero ahora me parece que es quien tiene el dinero. Porque en los cuestionarios ponía cosas que me han hecho pensar.*

70.F.4.B.A.: *no ha cambiado. Los expertos saben más y ellos deberían decidir.*

74.F.4.B.M.: *sí, ha cambiado.*

102.F.3.B.M.: *pues las empresas donde trabajan los científicos.*

25.F.1.B.P.: *no. No sé.*

80.F.2.A.P.: sí.

VII.1.5. RESULTADOS DE PC. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS EN BASE A LAS EVIDENCIAS Y COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS Y REFORMULACIÓN SI NO SON CORRECTAS. PRIMER PERIODO DE INVESTIGACIÓN

En la Tabla 41 se recogieron los principales estadísticos de los resultados de la parte abierta de la situación que evalúa la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. De estos datos se pudo apreciar como las puntuaciones obtenidas son bastante bajas con medias generalmente inferiores a 1 (mínima puntuación posible 0 y máxima 3), aunque ligeramente más elevadas en la fase post-test en el caso del conjunto de grupos experimentales. En el desglose por grupos clase se mantuvo la tendencia de este leve aumento, con la excepción del Centro 2 cuya puntuación disminuyó tras la intervención, aunque es preciso resaltar que presenta las mayores puntuaciones tanto en el pre, como en el post-test. En los resultados del grupo control, también se observaron puntuaciones más bajas en la fase post-test.

Tabla 41

Estadísticos resultantes de la parte abierta de la evaluación de la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. Primer periodo de investigación

	Centro Control		Todos los grupos		Centro 1 grupo A		Centro 1 grupo B		Centro 2 grupo B		Centro 3 grupo A		Centro 4 grupo A		Centro 4 grupo B	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	.69	.54	.65	.94	.32	.75	.48	1	1.42	1.37	.58	1.11	.5	.81	.67	.89
Mediana	0	0	1	1	0	1	0	1	2	1	1	1	0	1	.5	1
Desviación estándar	.855	.78	.71	.66	.57	.55	.51	.71	.69	.68	.26	.75	.62	.4	.77	.47
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Máximo	2	2	2	3	2	2	1	3	2	3	1	3	2	1	2	2
1er cuartil	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1
3er cuartil	1.5	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1.25	1	1	1	1

Nota. Fuente: elaboración propia.

La comprobación de la significatividad de estas diferencias se realizó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Como resultado en su aplicación en el conjunto de grupos experimentales se obtuvo un p valor de .000, de modo que se estableció que la diferencia entre las medianas de los resultados de las distintas fases de medición en el

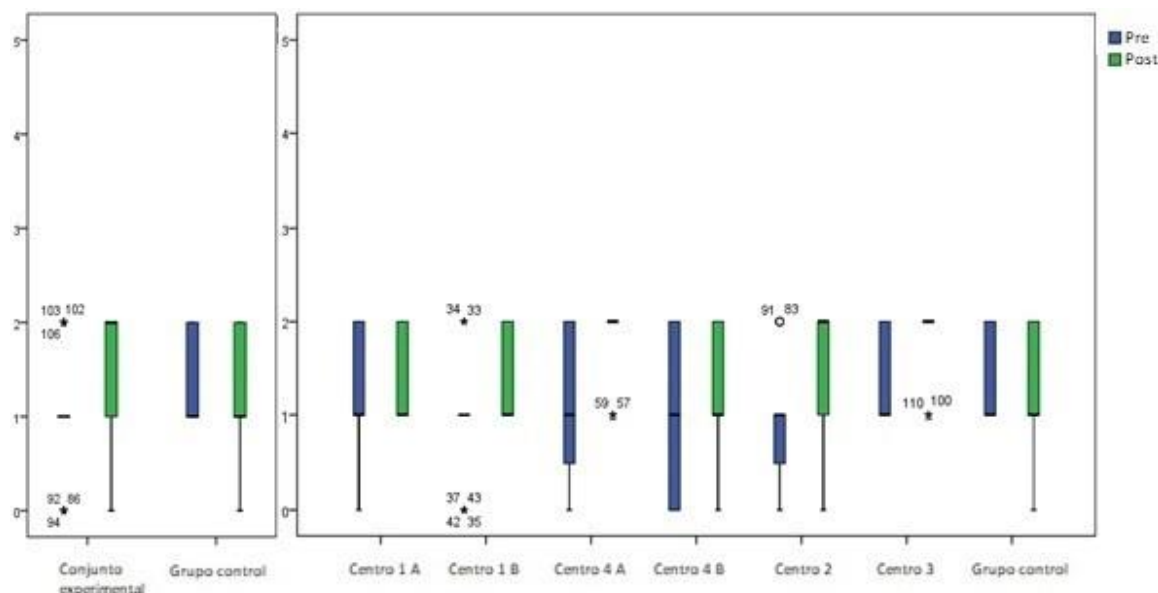
conjunto de grupos experimentales es significativa con una confianza del 95%. Es decir, la intervención ha permitido obtener una mejora estadísticamente significativa. En el desglose de grupos experimentales se observó que tres de estos grupos presentan una mejora estadísticamente significativa, según los resultados de esta misma prueba Centro 1 A y B (p valores .013 y .016) Centro 3 (p valor .021); mientras que el Centros 4 grupos A y B no logran esta mejora y el Centro 2 no sufre un retroceso significativo. En lo relativo al grupo control, esta prueba permitió esclarecer que existe igualdad entre las medianas en las distintas fases de medición (p valor .32), en otras palabras, el descenso en los puntajes no es significativo.

Por otra parte, se comprobó la significatividad de la mejora de cada uno de los grupos con respecto al grupo control mediante la prueba U de Mann-Whitney. Al realizar la comparación de medianas entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control se obtuvo un p valor de .009, lo cual permitió esclarecer la mejora significativa de dicho conjunto de grupos con respecto al grupo control. Sin embargo, cuando aplicamos esta prueba en el desglose de grupos experimentales, se observó que solo es significativa en el caso del Centro 2, ya que el resto de p valores eran superiores a .05.

En segundo lugar, se analizaron los resultados relativos a la parte cerrada de la situación destinada a la evaluación de la comprobación de hipótesis, mediante los *boxplot* recogidos en la Figura 18. A partir de dicha figura se observó que las puntuaciones obtenidas son bajas en ambas fases de medición (mínimo y máximo posibles 0 y 4 respectivamente), aunque, se apreciaron mejoras en las puntuaciones del conjunto de grupos experimentales en la fase post-test. En lo relativo a cada uno de los grupos-clase con carácter experimental se detectó que mayoritariamente siguen esta tendencia. No sucedió lo mismo con el grupo control, en el que la diferencia entre sus medidas de tendencia central bien se mantuvo o bien sufrió un ligero descenso.

Figura 18

Boxplot de la parte cerrada de la evaluación de la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. Primer periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

La significatividad de estas diferencias entre fases de medición se comprueba mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, al igual que en los casos anteriores. En concreto, se obtuvo un p valor de .000 al comparar los resultados del conjunto de grupos experimentales, lo que nos permitió determinar con una confianza del 95% que la mejora producida entre fases es significativa estadísticamente. Cuando se realizó la comparativa por grupos de trabajo se obtuvieron p valores menores de .05 en todos los grupos excepto en el Centro 1 grupo A y el Centro 4 grupo B. Esto determinó que la diferencia entre las medianas de las dos mediciones fue significativa para todos los casos excepto dos, o lo que es lo mismo, que se ha percibido una mejora significativa tras la intervención en cuatro de los seis grupos experimentales. En el caso del grupo control se obtuvo un p valor de .16 y, en consecuencia, se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición.

Seguidamente, se comprobó si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control mediante la prueba U de Mann-Whitney. La comparación entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control obtuvo un p valor de .07, lo cual permitió determinar que la diferencia entre las medianas no era significativa con un

margen de error del 5% y, por tanto, la mejora que ha experimentado el conjunto de grupos experimentales no ha sido significativa en comparación con los resultados del grupo control. En lo relativo a las comparaciones entre el grupo control y cada uno de los grupos-clase se registraron los siguientes p valores menores de .05: Centro 4 grupo A p valor =.017, Centro 3 p valor =.011. El análisis de estos p valores mostró la diferencia de medianas en dos de los grupos, lo que determinó que los resultados de los participantes de cuatro de los grupos experimentales no diferían significativamente de aquellos obtenidos por el grupo control.

En resumen, los resultados cuantitativos permitieron demostrar mejoras en la parte cerrada de la situación, lo que permite constatar que los estudiantes han mejorado en su capacidad de reconocer las razones por las cuales una hipótesis puede ser aceptada, refutada o generalizada al resto de la población y son capaces de evaluar cuando se acepta una hipótesis en función de las mismas.

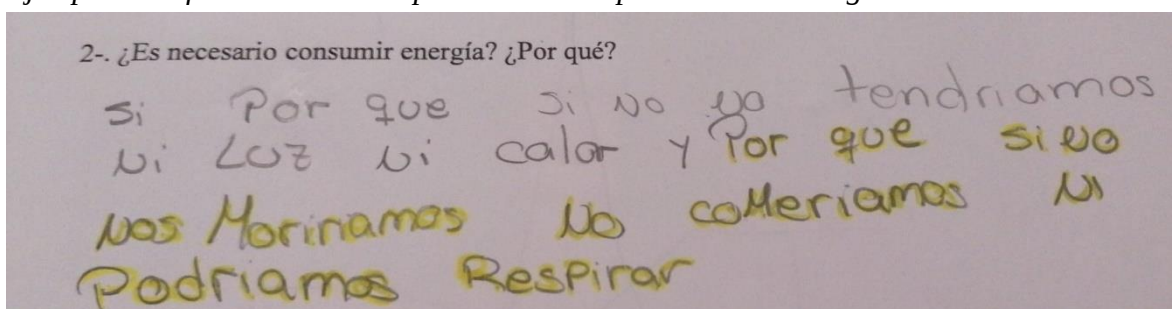
El análisis del contenido del diario permitió establecer que fue en la primera sesión cuando se introdujo el concepto de hipótesis y, desde ese momento, la comprobación de las hipótesis del alumnado ha estado presente en todas las actividades, así como el hecho de plantear si dichas hipótesis eran generalizables a toda la población o únicamente aplicables a una muestra de dicha población. El uso reiterado de los procedimientos de contraste de información y comprobación de hipótesis hacía que el alumnado fuera cada vez más consciente de cuándo ponía en práctica estas estrategias. *Los estudiantes evalúan las hipótesis de sus compañeros en base a la información presentada y si encuentran deficiencias en su formulación se la discuten* (extracto del diario de clase). De esta forma, en la última sesión el alumnado fue aumentando la fluidez con la que aplicaba esta capacidad, de modo que la incidencia en la estabilidad de las fundamentaciones y en la credibilidad y el número de fuentes que evidencian un dato para comprobar las distintas hipótesis que se exponían en el debate era mayor. Asimismo, a lo largo de todas las sesiones se reiteró la necesidad de completar o reformular aquellas respuestas (hipótesis) aportadas en los distintos ejercicios.

Esto quedó reflejado en el cuaderno de trabajo de los estudiantes, mediante las modificaciones realizadas en sus ejercicios. Las parejas de alumnos han reformulado sus respuestas iniciales completándolas tras los debates llevados a cabo en el aula (Ver Figura

19). La evaluación de los cuadernos de trabajo con ayuda de la rúbrica diseñada (ver Tabla 29 en epígrafe VI.1.2.4.), permitió observar una mejora en el paso de las sesiones, tal y como queda reflejada en el gráfico de barras recogido en la Figura 20. En este gráfico se observó como el número de grupos que han obtenido un nivel de logro bajo ha disminuido de la primera sesión (23) a la tercera (12). En consecuencia, los participantes evaluados con el nivel medio y alto de la rúbrica han ido aumentando, quedando siempre el grueso de los estudiantes en el nivel intermedio.

Figura 19

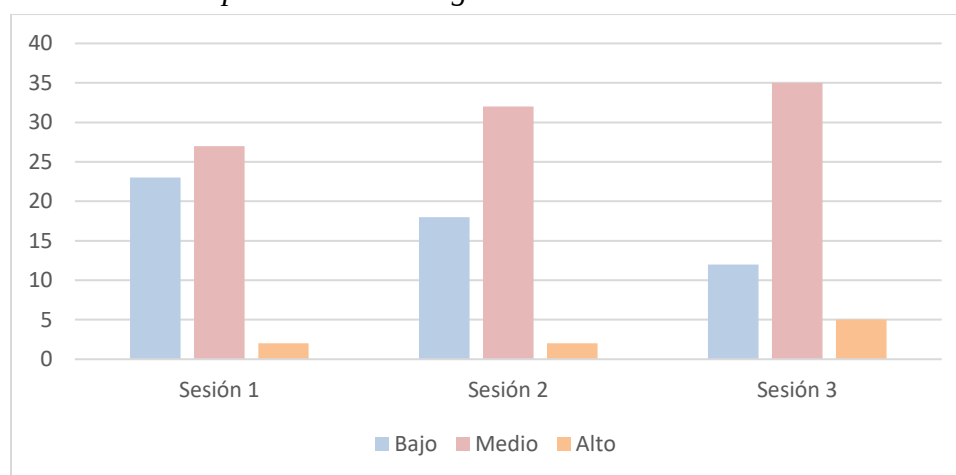
Ejemplo de reformulación de hipótesis. Primer periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 20

Resultados de las producciones infantiles sobre comprobación de hipótesis por nivel de logro y sesiones. Primer periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

Si bien en algunos grupos los resultados de las pruebas cuantitativas no han sido significativos estadísticamente, los resultados obtenidos a través de otras técnicas muestran

cierta evolución positiva en los aprendizajes de los estudiantes. En este sentido, resaltamos las siguientes aportaciones:

- Las evaluaciones de los siete cuadernos de trabajo del Centro 4 grupo A estiman que en la primera sesión cinco de estos cuadernos tenían un nivel de logro bajo y cinco un nivel medio. Los resultados de la última sesión determinan un mejor nivel de logro al invertirse la cantidad de cuadernos en cada uno de los niveles, quedando cinco en el nivel de logro medio y dos en el bajo.
- En el caso del Centro 4 grupo B, las evaluaciones en la primera sesión son como las del grupo A, teniendo cinco de los ocho grupos un nivel de logro bajo y tres un nivel medio. Sin embargo, en este caso la mejora en la última sesión es menor, pues los resultados indican un nivel de logro bajo de cuatro de los cuadernos y un nivel de logro medio por los cuatro restantes. Como puede observarse en estos dos primeros casos existe una mejora, tal y como se presenta en los resultados cuantitativos, pero esta es poco significativa, sobre todo en el caso del Centro 4 grupo B.
- Las evaluaciones de los cuadernos de trabajo del Centro 2 obtienen mejor nivel de logro que en los casos anteriores, tanto de partida como en la última sesión (concordando con los resultados cuantitativos). En este caso en la primera sesión de los 11 cuadernos de trabajo, cuatro presentan un nivel de logro bajo, frente a siete con un nivel de logro medio. En la última sesión estos resultados muestran una mejora con dos cuadernos que se mantienen en el nivel bajo, ocho en el nivel medio y uno que alcanza el nivel de logro alto. Estos resultados contrastan con el descenso producido en los resultados del test de la parte abierta, pudiendo deberse dicho retroceso a falta de interés y atención al realizar la prueba o a la transferencia de esta capacidad a otros contextos sin apoyo. No obstante, concuerdan con los obtenidos en la parte cerrada que sí muestran una mejora.
- En el caso del Centro 1 grupo A, sí se puede observar una mejora en el transcurso de las sesiones de clase, según las actividades evaluadas mediante las rúbricas. En la primera sesión, de los 10 cuadernos evaluados seis se situaron en el nivel de logro bajo, frente a cuatro en el nivel medio. Sin embargo, en la última sesión ninguno de los cuadernos se clasificó en el nivel bajo, ocho se

situó en el nivel medio y dos en el alto. Esto contrasta con los resultados no significativos obtenidos en la mejora de la fase cerrada del test. Esta diferencia puede deberse a la transferencia de la capacidad a otras temáticas y a la implicación a la hora de afrontar el test.

Finalmente, en el seguimiento realizado un mes después de la intervención, se preguntó a los estudiantes entrevistados si se podría afirmar que todos los niños de 11 años de Segovia son muy altos basándose solo en la altura de los niños de su colegio. A lo que los discentes del nivel de aprendizaje alto e intermedio aportaron explicaciones relacionadas con la generalización de una muestra al total de la población, lo cual permitió señalar que realizaban procesos válidos de generalización y contraste de información. El alumnado del nivel en proceso simplemente respondía señalando algunas razones por las cuales la hipótesis no podía cumplirse.

104.F.3.B.A.: *no, porque los del colegio son unos pocos y los niños de Segovia son muchísimos más.*

83.F.2.A.A.: *no, porque no representamos al total. Si fueras a todos los colegios y ya hicieras cuentas pues lo podrías decir.*

102.F.3.B.M.: *no, porque todos tienen su estatura y no todos son iguales.*

38.M.1.B.M.: *no, porque no conoces la altura de todos.*

79.M.4.B.P.: *no tiene porque, no tienes por qué ser alto.*

109.M.3.B.P.: *no, porque depende de los genes y de cómo se esté cuidando.*

VII.1.6. RESULTADOS DE PC. USO DE RAZONES, CONTRAARGUMENTOS Y FORMULACIÓN DE CONCLUSIONES. PRIMER PERIODO DE INVESTIGACIÓN

En primer lugar, se analizaron los resultados cuantitativos de la prueba abierta de evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC, a partir de la Tabla 41, donde se recogen los principales estadísticos de las puntuaciones obtenidas por los participantes (recordar que el mínimo posible de obtener en los resultados en esta pregunta es 0 y el máximo 4). Al observar dicha tabla se apreció como la puntuación media obtenida por el conjunto de grupos experimentales desciende en la parte pos-test (.43 a .33). En el desglose por grupos experimentales se observó que los únicos centros que presentan una media superior en los resultados de la fase post-test son el Centro 3 (.21 a .33) y el Centro 4

grupo A (.28 a .5). En cuanto al grupo control también se apreció este incremento en la media de las respuestas post-test (.46 a .77).

Tabla 42

Estadísticos resultantes de la parte abierta de la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Primer periodo de investigación

	Centro Control		Todos los grupos		Centro 1 grupo A		Centro 1 grupo B		Centro 2 grupo B		Centro 3 grupo A		Centro 4 grupo A		Centro 4 grupo B	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	.46	.77	.43	.33	.5	.05	.71	.38	.53	.42	.21	.33	.28	.5	.28	0
Mediana	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	.66	.93	.75	.73	.86	.22	1.06	.67	.7	1.01	.53	.84	.46	.73	.67	0
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	2	3	4	3	3	1	4	2	2	3	2	3	1	2	2	0
1er cuartil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3er cuartil	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0

Nota. Fuente: elaboración propia.

Con el fin de comprobar la significatividad de estas observaciones se pasó a analizar el resultado de distintas pruebas. En primer lugar, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Los p valores que se han obtenido en dicha prueba fueron mayores de .05, tanto en el caso del conjunto de grupos experimentales, como en el desglose por grupos, con la excepción del Centro 1 A (p valor ,04). Con estos datos se pudo afirmar con un 95% de seguridad que el descenso en las puntuaciones no fue significativo para el conjunto de grupos experimentales, ni para los centros 1 grupo B, 2 y 4 grupo B, del mismo modo, el incremento en las puntuaciones tampoco fue significativo para el Centro 3 y el grupo A del Centro 4. La diferencia de medianas sí resultó significativa en el Centro 1 grupo A, lo que demostró un retroceso en los resultados. En cuanto al grupo control se obtuvo un p valor de .046, por lo que en este caso también se aceptó la desigualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición mostrando una mejora significativa.

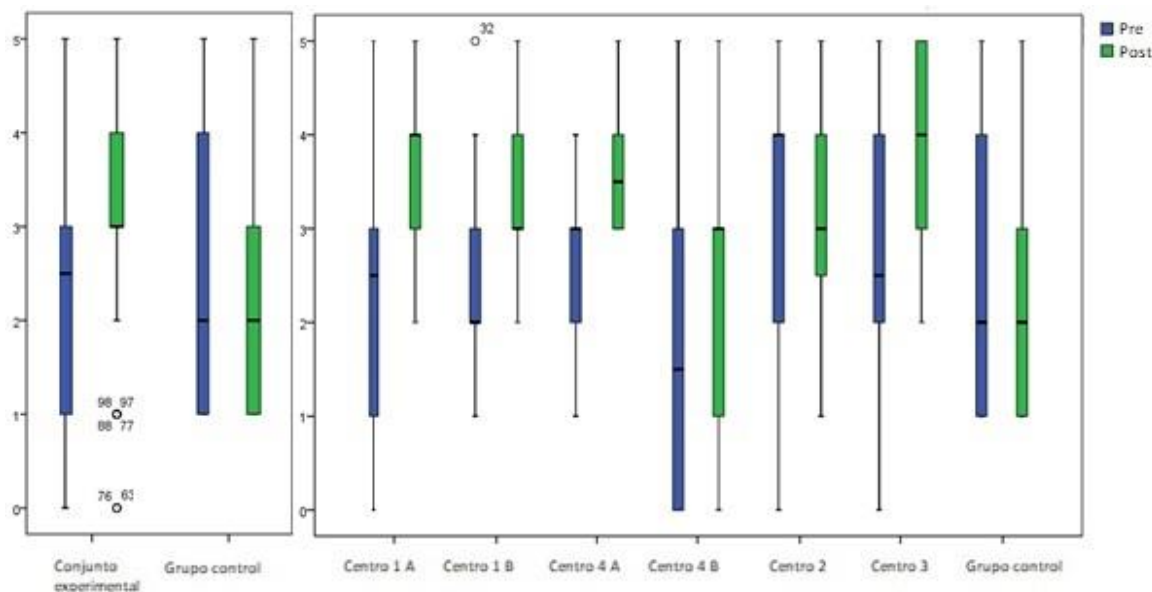
Por otra parte, se pasó a comparar si las diferencias entre los resultados del grupo control y los de los distintos grupos son significativas mediante la prueba U de Mann-Whitney. Primeramente, se aplicó al conjunto de grupos experimentales en comparación con el grupo control y se obtuvo un p valor de .003, lo cual determinó que la diferencia entre las medianas es significativa al 95% y que el grupo control tiene mejores resultados

que el conjunto de grupos experimentales en este caso. En la comparativa del resto de grupos experimentales con respecto al grupo control, se han obtenido dos p valores por debajo de .05: Centro 1 grupo A p valor =.000, Centro 4 grupo B p valor =.03. Por consiguiente, se aceptó la diferencia entre las medianas de estos grupos, lo cual mostró que el descenso en los resultados de estos grupos es significativo con respecto a los resultados obtenidos por el grupo control.

En segundo lugar, se analizan los resultados cuantitativos relativos a la parte cerrada de la evaluación del análisis argumental. Para ello se extraen los *boxplot* recogidos en la Figura 21. Mediante la observación de dicha figura se apreció que las puntuaciones son algo más elevadas que en la parte abierta, así como que en esta ocasión existe un incremento tanto en las puntuaciones del conjunto de grupos experimentales, como en las de cada uno de los grupos-clase en la fase post-test. En cuanto a los resultados del grupo control, se observó un descenso en las puntuaciones obtenidas en la fase post-test. Es conveniente señalar que la puntuación máxima posible para esta pregunta es 5 y la mínima 0.

Figura 21

Boxplot de la parte cerrada de la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Primer periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

Con el fin de comprobar si la diferencia entre los datos obtenidos en la fase pre y post-test era significativa se pasó a aplicar la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. El p valor que se obtuvo al comparar las distintas fases en el caso del conjunto de grupos experimentales fue .000. De modo que se pudo afirmar que la diferencia entre las medianas de la primera y la segunda medición ha resultado significativa, es decir, que tras la intervención se obtuvo una mejora significativa en los conocimientos del conjunto de grupos experimentales sobre esta variable. Los p valores que se obtuvieron en esta misma prueba en el desglose de los grupos experimentales también fueron menores de .05 con la excepción del Centro 2 (p valor .1), que parte de un nivel alto y no incrementa lo suficiente su puntuación, por lo que se determinó que se obtuvo una mejora significativa para cinco de los seis grupos. En cuanto al grupo control se obtuvo un p valor de .56, por lo que en este caso se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición con un margen de error de 5%, es decir, en este caso no se apreció una mejora.

Seguidamente, se pasó a comparar si la mejora de cada uno de los grupos es significativa con respecto al grupo control, a través de la prueba U de Mann-Whitney. De esa prueba se obtuvo un p valor de .02 en la comparativa del conjunto de grupos experimentales en contraste con el grupo control, lo cual determinó que la diferencia entre las medianas es significativa al 95%. En la comparativa del resto de grupos experimentales con respecto al grupo control, se han recogido los siguientes p valores como resultado: Centro 1 grupo A p valor =.02, Centro 1 grupo B p valor =.076, Centro 4 grupo A p valor =.01, Centro 4 grupo B p valor =.92, Centro 2 p valor =.09, Centro 3 p valor =.012. En base a estos datos se estableció la diferencia entre medianas para tres de los seis grupos experimentales o, lo que es lo mismo, la mejora de los resultados obtenidos por los grupos experimentales, Centro 1 grupo A, Centro 4 grupo B y Centro3, con respecto del grupo control.

En síntesis, los resultados cuantitativos permitieron demostrar que las situaciones abiertas no solo no presentan una mejora entre fases de medición, sino que en general se obtienen peores resultados en la fase post-test. No obstante, en la parte cerrada sí se muestran mejoras significativas tanto del conjunto de grupos experimentales en las distintas fases de medición, como en tres de los grupos-clase con respecto del control. Esto demuestra que los estudiantes identifican las distintas partes de un argumento con apoyo, lo

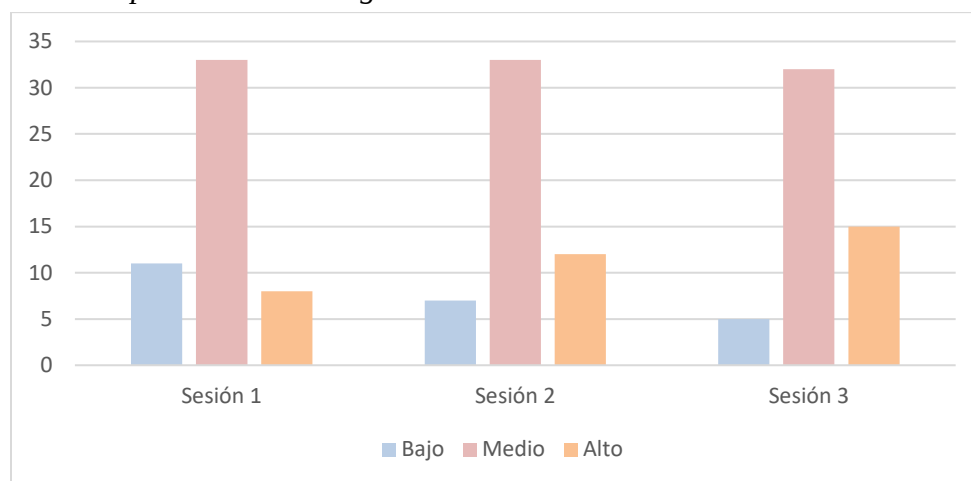
cual lleva a explicar los resultados de la fase abierta en base a dos premisas, primero la fatiga cognitiva; los alumnos no se han tomado el tiempo para responder debidamente y, segundo, por las respuestas concretas puntuadas. Se han valorado con 0 puntos respuestas que en lugar de exponer la conclusión y razones descritas en el texto dado han indicado sus propias razones y conclusiones.

En el contenido del diario quedó recogido como se comenzó a trabajar la argumentación en la primera sesión y que tanto la terminología relativa al proceso argumental, como la elaboración de argumentos ha estado presente durante toda la SEA y, especialmente, en las actividades iniciales y finales de cada sesión. Como se refleja en este instrumento, la constante puesta en práctica de estos procesos de pensamiento ha permitido a los estudiantes realizar argumentaciones más complejas, en las que han tenido en cuenta más razones y contraargumentos, así como conclusiones más elaboradas.

Las reflexiones del diario se corresponden con los resultados obtenidos en las actividades realizadas, pues en los ejercicios se detectan hilos argumentales que van mejorando conforme avanza la SEA. Mediante la evaluación de los cuadernos de trabajo a través de la rúbrica (ver la Tabla 29 en el epígrafe VI.1.2.4.), se observó una mejora con el paso de las sesiones (ver Figura 22). En concreto se pudo señalar como se fue reduciendo en número de trabajos con un nivel de logro bajo (en la primera sesión 21% frente a un 10% en la segunda) y aumentó los resultados del nivel de logro alto (en la primera sesión 15% frente a un 29% en la segunda). El número de trabajos de nivel intermedio prácticamente se mantuvo en todas las sesiones (desciende en uno en la tercera sesión) y recoge a la mayor parte de los estudiantes (64% en la primera y segunda sesión; 61% en la tercera sesión).

Figura 22

Resultados de las producciones infantiles sobre análisis argumental por nivel de logro y sesiones. Primer periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

En relación con la evolución de los grupos cuyos resultados en las pruebas cuantitativas muestran resultados negativos o mejoras no significativas como en el caso del Centro 1 grupo A (retroceso significativo), el Centro 2 (mejoras no significativas en ambas partes) y el Centro 3 (mejora no significativa en la parte abierta), se puede resaltar que:

- Los estudiantes del Centro 1 grupo A sí presentan una mejora significativa entre las sesiones con respecto a la evaluación de los ejercicios mediante las rúbricas. En concreto, en la primera sesión se evalúan 10 cuadernos, de los cuales cinco quedan en el nivel bajo, cuatro en el medio y uno en el alto. Mientras que en la tercera sesión se clasifican los cuadernos en nueve de nivel de logro medio y uno de nivel de logro alto. Esto concuerda con la mejora significativa en la parte cerrada, reforzando la relevancia en la mejora de esta capacidad.
- La evaluación en el caso del Centro 2 determina que la mejora visible es limitada, puesto que los resultados de la primera sesión muestran que ocho de los 11 cuadernos están en el nivel medio y tres en el alto; mientras que los de la tercera sesión son que siete están en el nivel medio y cuatro en el nivel alto. En este caso efectivamente la mejora no es notable, pero si es destacable que la evaluación inicial es buena.

- En el caso del Centro 3 se obtuvo en la evaluación mediante rúbricas que cuatro de los siete cuadernos tenían un nivel de logro medio y tres un nivel de logro alto. Mientras que en la tercera sesión se obtuvo que dos de los siete cuadernos tenían un nivel de logro medio y cinco un nivel alto. Esto nos permite observar una mejora, acorde con la demostrada como significativa en la parte cerrada.

A modo de síntesis en base a estos nuevos datos cualitativos se puede reforzar la idea presentada anteriormente de que los retrocesos y las ausencias de mejora en los resultados de algunas pruebas realizadas con los datos cuantitativos puede deberse a la fatiga cognitiva y a la métrica del cuestionario que descarta puntuar otras posibles argumentaciones sobre el tema planteado, puesto que pregunta directamente por las razones o conclusiones aportadas en un texto.

Por último, en el seguimiento realizado mediante las entrevistas, se preguntó si los participantes recordaban el hilo argumental principal del audiovisual presentado en la tercera sesión. Al menos un estudiante por cada nivel de aprendizaje afirmó no recordar bien el vídeo mostrado en la sesión y, por ende, no acordarse del hilo argumental presentado. Sin embargo, la mayor parte de los entrevistados sí admiten recordar el vídeo y pudieron exponer correctamente las dos posturas principales en el debate, así como reproducir algunos de los argumentos que se aportaban en el mismo. Esto nos permite señalar que la mayor parte del alumnado identificó y retuvo los componentes del argumento presentado en el audiovisual, lo que se corresponde con los datos de mejora aportados por los resultados cuantitativos de la parte cerrada de la evaluación de esta categoría. Algunos ejemplos de las respuestas aportadas por los participantes son:

104.M.3.B.A.: *sí, unos estaban de acuerdo porque decían que no hacía tanto daño, que estaba controlado y que ayudaría a la economía y a la energía, y otros decían que estaban en contra porque producía muchos efectos negativos y podía contaminar los ríos.*

18.M.1.A.A.: *más o menos porque fue hace mucho tiempo. No me acuerdo bien.*

6.F.1.A.M.: *no me acuerdo bien.*

102.F.3.B.M.: *Si. Unos defendían que el medio ambiente iba a quedar fatal y que todo se iba a poner muy peligroso, y los otros decían lo contrario.*

17.M.1.A.P.: *no.*

80.F.2.A.P.: *más o menos. Que unos estaban en contra porque iba a destruir el paisaje y los que vivían cerca se iban a tener que ir por la contaminación, y otros de acuerdo porque decían que era muy bueno para conseguir unos materiales y que no sufriría el medio ambiente.*

VII.1.7. RESULTADOS DE PC. IDENTIFICACIÓN DE EVIDENCIAS EN EL DISCURSO DE ENSEÑANZA. PRIMER PERIODO DE INVESTIGACIÓN

Para esta última variable relacionada con el PC se mantuvo la misma estructura de análisis. En la Tabla 43 se recogieron los principales estadísticos de los resultados de la parte abierta de la evaluación del razonamiento verbal de la adaptación del TEPC. A partir de estos datos se pudo apreciar como las puntuaciones obtenidas son bajas (máximo posible 2, mínimo 0) en ambas fases de medición, aunque las medias sí presentan un ligero incremento en la fase post-test, excepto en dos casos, el Centro 1 grupo A (con un descenso al pasar de .14 a .1) y el centro 4 Grupo B (con un descenso al pasar de .06 a .0). En cuanto a los resultados del grupo control, también se pudo observar como la media y la mediana se mantienen entre las fases pre y post-test.

Tabla 43

Estadísticos resultantes de la parte abierta de la evaluación del razonamiento verbal de la adaptación del TEPC. Primer periodo de investigación

	Centro Control		Todos los grupos		Centro 1 grupo A		Centro 1 grupo B		Centro 2 grupo B		Centro 3 grupo A		Centro 4 grupo A		Centro 4 grupo B	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	.08	.08	.11	.15	.14	.1	.14	.14	.21	.26	.11	.39	.0	.06	.06	.0
Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	.28	.28	.31	.48	.35	.31	.36	.36	.42	.45	.32	.98	.0	.25	.24	.0
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	1	1	1	4	1	1	1	2	1	1	1	4	0	1	1	0
1er cuartil	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
3er cuartil	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1	.0	.25	.0	.0	.0	.0

Nota. Fuente: elaboración propia.

La comprobación de la significatividad de dichas diferencias se realizó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Los resultados permitieron concluir que con un p valor de .41 la diferencia entre las medianas de los resultados de las distintas fases de medición en el conjunto de grupos experimentales no es significativa con una confianza del

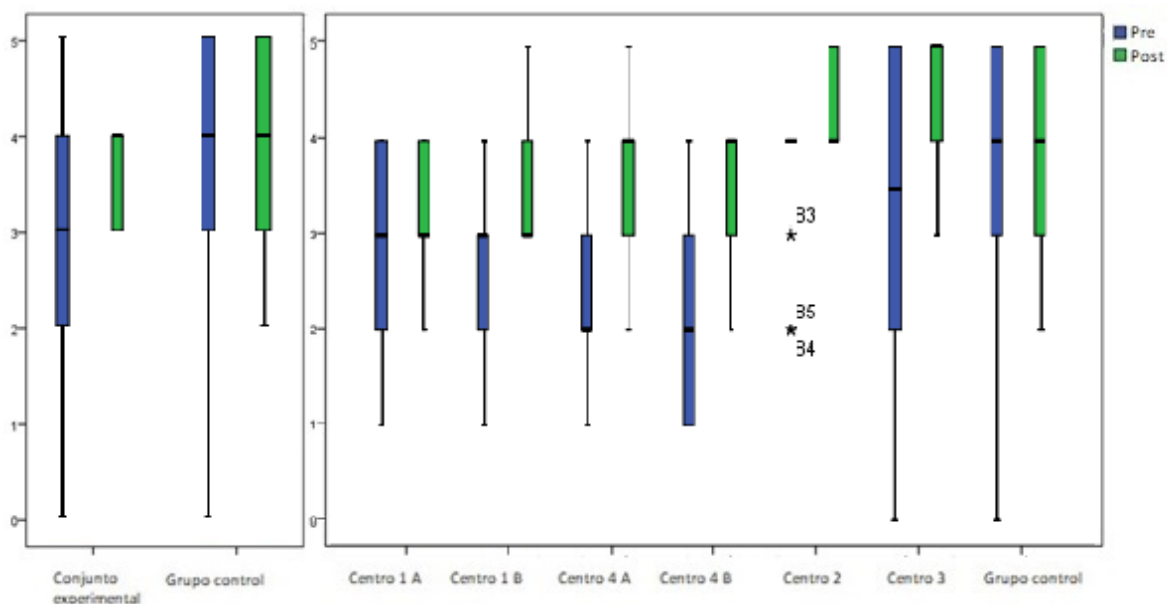
95%. Es decir, la intervención no ha permitido obtener una mejora estadísticamente significativa en el resultado del conjunto de los grupos experimentales en la prueba que mide el razonamiento verbal en su versión de respuesta abierta. Esto mismo sucede con el desglose de los grupos experimentales y el grupo control.

Por otra parte, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney con el fin de comprobar si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control. Al realizar la comparación de medianas entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control se obtuvo un p valor de .55, lo cual permitió esclarecer que dicho conjunto de grupos no ha mejorado con respecto al grupo control de forma significativa. Lo mismo sucede al aplicar la prueba para cada uno de los grupos-clase.

En segundo lugar, se analizaron los resultados de la parte cerrada de esa prueba, mediante los *boxplot* recogidos en la Figura 23. En base a estos datos se pudo afirmar que tanto la media, como las puntuaciones medianas varían mucho en función del grupo experimental y que en todos los grupos los estadísticos son más elevados en la segunda fase de medición (es conveniente recordar que el mínimo posible para esta pregunta es 0 y el máximo 5). No sucedió lo mismo con el grupo control que mantuvo las puntuaciones.

Figura 23

Boxplot de la parte cerrada de la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Primer periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

La significatividad de estas diferencias entre fases de medición se comprobó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. En concreto, se obtuvo un p valor de .000 al comparar los resultados del conjunto de grupos experimentales, lo que nos permitió determinar con una confianza del 95% que la mejora experimentada había sido significativa. Cuando se realizó la comparativa por grupos de trabajo se obtuvieron p valores menores de .05 en todos los grupos excepto en el Centro 1 grupo A. Esto determinó que la diferencia entre las medianas de los resultados de las fases pre y post-test son significativas para todos los casos excepto uno, o lo que es lo mismo, que se ha percibido una mejora significativa tras la intervención en cinco de los seis grupos experimentales. En el caso del grupo control se obtuvo un p valor de .46 y, en consecuencia, se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición.

Seguidamente, se comprobó si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control, mediante la prueba U de Mann-Whitney. De dicha prueba se obtuvieron p valores superiores a .05 en todos los casos. Esto nos indica que la mejora no es significativa con respecto a los resultados del grupo control, es decir, que a pesar de que se ha producido una mejora significativa entre mediciones para el caso de grupos experimentales, esta mejora no difiere de forma significativa en comparación con el grupo control.

En resumen, los resultados cuantitativos permitieron demostrar que las diferencias entre las puntuaciones de las distintas fases no son significativas para el caso de la respuesta abierta, mientras que en la parte cerrada de la situación planteada en el cuestionario sí se consiguieron mejoras con carácter significativo entre fases de medición en el caso de los grupos experimentales.

El análisis del contenido del diario determinó que desde la primera sesión se ha incitado al alumnado a analizar el discurso de sus compañeros para poder discutir sus ideas e incluso añadirlas a las suyas propias; de esta forma, se ha trabajado el razonamiento verbal de forma transversal a lo largo de todas las sesiones. En concreto, se destacó como en el Centro 4, gran parte del alumnado manifestaba serias dificultades para realizar ciertas conexiones y razonamientos, así como para expresar sus ideas. En consecuencia, y según se ha registrado en el diario, la docente realizó una adaptación formulando preguntas más concretas que indujesen a la reflexión de forma más progresiva y llamase más la atención

sobre los temas a resaltar. Gracias a esto *los estudiantes consiguieron materializar sus pensamientos y mejoraron en la capacidad de razonamiento verbal* (extracto del diario). Esta reflexión conecta con los puntajes obtenidos en el cuestionario, puesto que las medias obtenidas por los dos grupos del Centro 4 son las menores en la fase pre-test, sin embargo, los esfuerzos y la moderación por parte de la docente para fomentar que los estudiantes establecieran estas conexiones ha tenido como consecuencia la mejora significativa señalada en el análisis cuantitativo.

VII.1.8. RESULTADOS EN CONCEPTOS RELATIVOS A LA ENERGÍA. USO DE TERMINOLOGÍA ADECUADA, IDENTIFICACIÓN DE CONTENIDOS EN CONTEXTO Y TRANSFERENCIA

Esta categoría se centra en aspectos relacionados con los conocimientos que ha construido el alumnado sobre la energía y su capacidad para relacionar estos con la sociedad. En este caso, solo se disponía de datos cualitativos para el análisis, los cuales estaban recogidos mediante instrumentos como el diario de clase, las producciones infantiles (actividades realizadas a lo largo de las sesiones) y las transcripciones de las entrevistas. A continuación, se expone el análisis del diario en contraste con el análisis de las producciones infantiles. Dichos análisis se presentan organizados por los distintos contenidos a tratar: propiedades de la energía, tipos de energía, fuentes de energías renovables y fuentes de energía no renovables.

Sobre las propiedades de la energía, la docente expone *en cuanto a propiedades de la energía conocían todas menos la degradación* en el diario. Es decir, queda reflejado como todos los grupos de todos los centros demostraron conocer las principales propiedades de la energía (transferencia, transformación, transporte y conservación), a partir del debate realizado en la actividad escuchan-preguntan de la primera sesión. Sin embargo, se destacó como los estudiantes no eran conscientes, en un principio, de la implicación de estas propiedades en su vida diaria, ni de su aprovechamiento en nuestro beneficio. También quedó recogido como se presentó la degradación de la energía. Un concepto que no conocía ningún grupo de los estudiantes y que les ayudó a comprender, en mayor profundidad, la conservación de la energía, tal y como señalan García-Carmona y Criado (2013). Asimismo, la docente destaca la construcción del conocimiento de forma

grupal gracias al diálogo (Torres, 2014), señalando como los discentes de mayor nivel de aprendizaje dirigen los debates hacia nociones con más corrección científica sobre las distintas temáticas abordadas, ayudando al resto de compañeros a abandonar sus concepciones alternativas (cuestión que se repite a lo largo de todas las sesiones y temáticas tratadas formando un patrón).

Esto quedó reflejado en las actividades realizadas en el cuaderno de trabajo durante la primera sesión. En concreto, tras la evaluación de dichas actividades con la rúbrica elaborada, se han obtenido los siguientes resultados: ocho cuadernos de 52 han obtenido un nivel de logro bajo, 36 un nivel intermedio y ocho un nivel alto. En cuanto a los resultados por grupo se identificó que el grupo con mejores efectos fue el del Centro 3.

En lo relativo a los tipos de energía, en el diario se esclarece que el único grupo en el que los participantes conocían todos los tipos tratados en la SEA es el perteneciente al Centro 3. En este centro, el alumnado tiene una comprensión profunda de cada uno de los tipos de energía y puede explicar el comportamiento de esta en la naturaleza y en situaciones generadas por el ser humano. En comparación con este grupo, el resto de los centros tienen un menor grado de comprensión de los distintos tipos de energía y no habían oído hablar de tipos como la energía mecánica. No obstante, según manifiesta la docente al final de la puesta en práctica de la actividad “escuchan-preguntan” de la primera sesión, consiguió que los estudiantes progresen en su conocimiento sobre los tipos de energía. Se destacó también como las temáticas más discutidas en todos los grupos durante el debate de la actividad de consolidación de la primera sesión fueron: la diferencia entre el uso de la energía para sobrevivir y para hacernos la vida más fácil, y los procesos de obtención de suministro eléctrico en los distintos tipos de centrales eléctricas (tratado en profundidad en todos los grupos excepto en los del Centro 4, donde no se pudo dedicar el tiempo estimado a trabajar esta temática en la actividad de consolidación por las dificultades detectadas en el resto de actividades).

La mejora anteriormente mencionada se percibe en el análisis de las producciones, donde según la evaluación realizada mediante la rúbrica los grupos de estudiantes que han obtenido un nivel de logro bajo han sido 11 de 52, seguidos por 35 con un nivel intermedio y seis con un nivel de logro alto. Asimismo, los mejores resultados obtenidos son los del Centro 3 con cuatro grupos con un nivel de logro intermedio y tres con nivel alto.

Sobre las fuentes de energía renovables, en el diario se han recogido los conocimientos iniciales que se exponen a continuación:

- Solar. Solo los participantes del Centro 3 conocían el potencial de esta energía en el territorio español, así como las dos formas de aprovechamiento de esta (fotovoltaica y fototérmica). En otros centros como los dos grupos del Centro 1 y el grupo del Centro 2, los estudiantes conocían las formas de aprovechamiento de esta fuente de energía, pero no su potencial en el territorio español. En los dos grupos del Centro 4, los discentes conocían el concepto de energía solar, pero no distinguían las formas de aprovechamiento, ni su potencial.
- Eólica. En este caso todos los grupos de todos los centros conocían el concepto y los aerogeneradores como tecnología que permite el aprovechamiento de esta fuente de energía. No obstante, solamente los estudiantes del Centro 3 conocían la posibilidad de colocar campos eólicos en espacios marítimos.
- Hidráulica. Los participantes de todos los grupos en esta ocasión comprendían el concepto y el procedimiento, pero no conocían las implicaciones que conlleva crear una central hidráulica (con la excepción de los estudiantes del Centro 3).
- Geotérmica. Los participantes de los dos grupos del centro 1 y del grupo del centro 2 comprendían el concepto y resaltaban ejemplos como los géiseres. Sin embargo, solo los discentes del Centro 3 conocían el escaso potencial de esta energía en el territorio español. Por otra parte, el alumnado del Centro 4 no había oído hablar ni del concepto, ni de la capacidad de aprovechamiento de esta energía en el territorio español.
- Energía obtenida del mar. En este caso, los únicos participantes que conocían esta forma de obtención de energía eran los del Centro 3, el resto no conocían el concepto ni su potencialidad en el territorio costero español.
- Biomasa. Los estudiantes de todos los grupos, excepto los del centro 4 grupo A, conocían el concepto de energía biomasa, aunque no eran conscientes de todo su potencial en zonas como la de la provincia de Segovia.

En base a estas reflexiones recogidas en el diario, se destacaron los conocimientos de los participantes del Centro 3, quienes tenían mayores conocimientos iniciales sobre la energía, lo que les permitió profundizar más en los contenidos transversales y en las

reflexiones relacionadas con la interacción CTS. Esto puede deberse a que estos estudiantes tuvieron en cursos anteriores a la investigadora como maestra en prácticas y habían trabajado en dichos cursos estos contenidos en menor grado de dificultad. A pesar de que no todos los centros tenían los mismos conocimientos iniciales, la docente destacó como la participación y el diálogo activo surgido en todos los grupos durante la actividad “escuchan-preguntan” sirvió para que los participantes profundizaran en estos contenidos (incluso en los dos grupos del Centro 4, donde se encontraron más dificultades para llevar a cabo las dinámicas dialógicas). Asimismo, se resaltan, como temáticas principales en los debates de la actividad de consolidación de esta sesión, las diferencias existentes entre los recursos energéticos de los que dispone el territorio español y los recursos que se utilizan en el territorio; y las formas de evitar los impactos ambientales, mediante el aprovechamiento de las fuentes de energía más próximas y las renovables.

Estas reflexiones de la docente se corresponden con los resultados obtenidos en las actividades realizadas. En la evaluación de dichos ejercicios mediante la rúbrica diseñada (ver Tabla 31 en el epígrafe VI.1.2.4.), cuatro de 52 grupos de alumnos alcanzan un nivel de logro bajo, 29 intermedio y 19 alto. Esto indica que gran parte del alumnado obtiene niveles aceptables y elevados en la adquisición de conocimientos.

En lo relativo a las fuentes de energía no renovables, en el diario se destacó como la totalidad de los participantes de los grupos experimentales conocían las principales fuentes de energía no renovables y su uso en el contexto social, así como los principales impactos que podían causar en el medio. Como matices se destacó que en los dos grupos del Centro 1 y el grupo del Centro 3 los estudiantes conocían y comprendían con una mayor profundidad los riesgos, beneficios y consecuencias del uso de la energía nuclear, así como que solo los participantes del Centro 3 supieron dar más usos al carbón que su empleo en barbacoas. Se señalaron los beneficios del uso de fuentes de energía no renovables como uno de los temas centrales del debate de la actividad de consolidación de la segunda sesión en todos los grupos. Probablemente este efecto fue debido a que inicialmente la mayoría de los participantes no eran capaces de señalar aspectos positivos de este tipo de fuentes de energía.

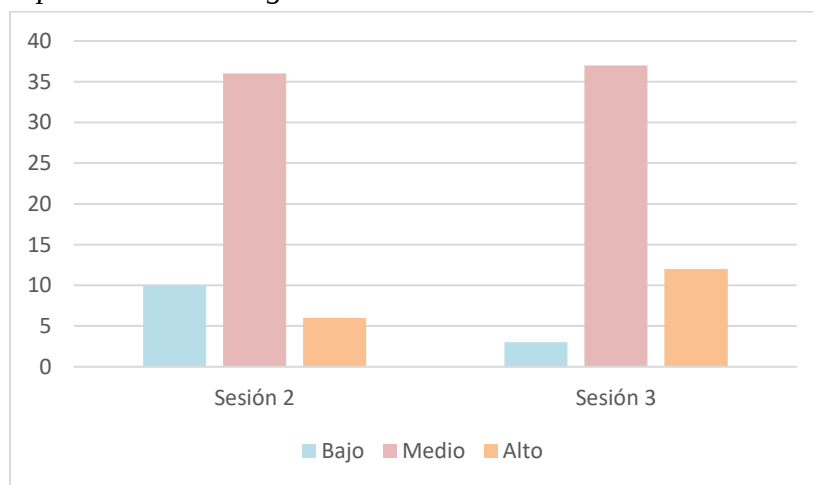
En relación con el concepto de *fracking* en el diario se destacó como este procedimiento solo era conocido por los estudiantes del Centro 3. Como adaptación ante

este hecho, la docente/investigadora consideró oportuno alterar el orden de la estructura de la sesión (actividad “escuchan-preguntan”, rutina de pensamiento, actividad de consolidación). La docente resalta como los participantes se interesaron activamente por el contenido de la sesión realizando diversas preguntas y debatiendo de forma continuada sobre los distintos riesgos y beneficios que se expusieron durante las actividades. Esto quedó reflejado en las actividades realizadas por los participantes en el cuaderno de trabajo durante la segunda y tercera sesión.

En la evaluación de dichas actividades según el ítem correspondiente de la rúbrica se apreció una mejora en los conocimientos sobre las fuentes de energía no renovables de una sesión a otra. En la Figura 24 se pudo observar esta mejora, así como apreciar que el número de trabajos con un nivel de logro bajos se redujo (10 iniciales y 3 en la última sesión), para aumentar aquellos de nivel intermedio (36 iniciales y 37 en la última sesión) y alto (6 iniciales y 12 en la última sesión).

Figura 24

Resultados de las producciones infantiles relacionados con la energía por sesiones de trabajo. Primer periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

Por último, en el seguimiento realizado mediante las entrevistas se realizaron cinco preguntas que versan sobre los resultados de esta categoría. La primera pregunta se dirigió a conocer qué actividades consideran más interesantes los alumnos. A este respecto, la mayor parte de los participantes coincidieron en que las actividades más interesantes fueron las relativas a las fuentes de energía renovables y no renovables. Como se pudo apreciar en

las transcripciones, la diferencia entre centros y niveles de aprendizaje no fue determinante en lo que se refiere a las actividades destacadas. A pesar de esto sí se apreciaron diferencias por nivel en cuanto a la profundidad de la reflexión y la expresión, como se puede ver en las siguientes transcripciones.

18.M.1.A.A.: *cuando vimos el video sobre el fracking y luego tuvimos que responder a las preguntas, porque no lo conocía y no sabía esas cosas.*

44.F.4.A.M.: *los tipos de energía, lo de la marea negra..., porque es interesante y no lo sabía, entonces he aprendido.*

46.M.4.A.P.: *lo de las centrales eléctricas. (¿Qué de las centrales?) Los procesos para conseguir la energía, porque es interesante.*

La segunda pregunta permitió establecer cuáles eran las actividades que menos interesantes habían resultado al alumnado. En este caso, la mayor parte de los participantes entrevistados señalaron que todas las actividades les han parecido interesantes. No obstante, hay algunos estudiantes que afirmaron que las energías no renovables les resultan menos interesantes porque les gustan menos. En este sentido, se pudo observar que los estudiantes que afirmaron que las actividades relacionadas con las energías no renovables les han resultado menos interesantes, pertenecen al nivel de aprendizaje en proceso o medio. Sin embargo, el análisis de las transcripciones permitió determinar que se refieren a que no les gustan las consecuencias de este tipo de procesos relacionados con la energía y no a un verdadero desinterés por la temática.

37.M.1.B.A.: *ninguna, me gustaron todas. Porque a mí estos temas me gustan mucho. Me interesa mucho saber estas cosas.*

74.F.4.B.M.: *no renovables, porque no me gustan las energías no renovables. Me gustan más otras.*

46.M.4.A.P.: *no sé. Me ha resultado todo interesante porque no lo sabía.*

109.M.3.B.P.: *lo del petróleo, porque no me gusta que destrocen el planeta, porque contamina mucho.*

La tercera pregunta pretendió conocer qué contenidos han aprendido los estudiantes que no conocían previamente. Los contenidos que los participantes entrevistados más destacaron fueron: la profundización sobre el concepto de energía, el *fracking*, los impactos ambientales relacionados con la energía y algunas fuentes de energía renovable. En este

caso se apreció que, independientemente del centro o el nivel de aprendizaje, los estudiantes saben identificar los conceptos que han aprendido y antes no conocían, así como nombrarlos un mes después de haber realizado la intervención. Esto permitió apreciar que el alumnado ha quedado impactado por estos contenidos y los ha adquirido de un modo satisfactorio.

70.F.4.B.A.: *No conocía qué es el fracking y algunos tipos de energía no renovables.*

104.M.3.B.A.: *algunas fuentes de energía que no conocía como la geotérmica o el fracking.*

44.F.4.A.M.: *varios tipos de energía que no conocía y lo de la marea negra y los impactos.*

102.F.3.B.M.: *lo de la energía del fracking. Cosas que no sabía que ahora sí que se. También como se hacían las cosas. (¿Los procesos que hemos visto en relación con la energía?) Sí.*

79.M.4.B.P.: *he aprendido cosas sobre la energía mareomotriz y sobre las perforaciones estas que luego se echaba el líquido con veneno... el fracking.*

La cuarta pregunta se centraba en averiguar las actividades o temáticas más difíciles de entender para los discentes. En esta línea, algunos estudiantes, sobre todo de los niveles de aprendizaje medio y en proceso, afirmaron tener dificultades con la comprensión de algunos tipos de energía y el *fracking*; mientras que otros detectaron la dificultad en los procesos de reflexión y asimilación, frente a los de memorización y reproducción.

Transcripciones que destacan la dificultad en los contenidos:

104.M.3.B.A.: *no sé, es que con lo del power point si no te enterabas... (¿Te ha resultado fácil enterarte con las imágenes y ejemplos del power point?) Sí.*

74.F.4.B.M.: *las energías no renovables me ha costado más entenderlas. (¿El fracking te ha resultado difícil de entender?) Sí, me ha resultado más difícil que otras cosas.*

46.M.4.A.P.: *lo del fracking. (¿Pero has entendido?) Sí.*

50.M.4.A.P.: *el fracking. (¿Al final lo has entendido?) Más o menos.*

Transcripciones que destacan la dificultad en los procesos de reflexión:

6.F.1.A.M.: *lo más difícil para mí ha sido cuando había cosas que explicabas y no podía memorizar (¿Por ejemplo?) ... no sé, tampoco había una en concreto.*

18.F.1.A.A.: *pues... a la hora de contestar las preguntas, porque era difícil de expresar lo que había visto en los videos.*

La quinta pregunta permitió determinar la opinión de los participantes en relación con la utilidad de la SEA, así como si esta los ha ayudado a pensar. En líneas generales, los estudiantes explicaron que las clases les han ayudado a aprender más cosas sobre la energía y a reflexionar. Asimismo, de sus palabras se pudo extraer que esto se debió a la metodología empleada, la cual, como ya se ha explicado anteriormente, se centra en el diálogo, la contextualización de los contenidos, el fomento de la reflexión y la retroalimentación.

104.M.3.B.A.: *para así conocer mejor todo sobre la energía y el desarrollo. Sí, porque las situaciones te obligan a pensar.*

83.F.2.A.A.: *pues para darme cuenta de que hay gente que miente para conseguir más dinero y tener más poder, aunque no beneficie a la sociedad. Sí. Por eso que te he dicho antes de la gente, que no me podía imaginar que se aprovecharan tanto de nosotros.*

74.F.4.B.M.: *para aprender más, para que tú lo expliques bien. (¿Es más fácil de entender la forma de explicarlo según lo he explicado yo que con otras formas?) Si porque tú lo explicas a tu manera y las otras profesoras del libro, es mejor hablar. (¿Entonces es más fácil para ti aprender hablando que aprender del libro?) Sí. (¿Crees que te ha ayudado a pensar? ¿Por qué?) Sí me ha ayudado más a expresarme porque tú lo explicas con tus palabras y a pensar más porque he participado de otra forma.*

102.F.3.B.M.: *para saber más y para comprender, porque lo explicas muy bien. Y para cuando esté en el instituto así lo recuerdo y lo sé mejor. Sí, porque había cosas que no conocía y eran de pensar.*

109.M.3.B.P.: *para la vida y para llegar a algún sitio, para estudiar más. Sí, porque yo antes estaba solo pensando en los juegos y ahora pienso también en estas cosas.*

79.M.4.B.P.: *para cuando demos la energía que sepamos un poco más de lo que van a dar. Sí me ha ayudado a pensar sobre estos temas. He tenido que pensar para resolver los ejercicios.*

VII.1.9. CORRELACIONES DE LOS RESULTADOS CUANTITATIVOS EN EL PRIMER PERIODO DE INVESTIGACIÓN

En la Tabla 44. se recogieron los coeficientes de correlaciones según la prueba de Spearman. Mediante la observación de dichos coeficientes se pudo determinar las correlaciones entre los ítems del mismo cuestionario. El ítem 40211 de la adaptación del COCTS (influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos) correlacionó en positivo de forma muy significativa con la adaptación del ítem 80131 (construcción social de la tecnología. La dependencia del uso de una nueva tecnología) y del 80211 (construcción social de la tecnología. El control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos). La adaptación del ítem 80131 por su parte, además de con el ítem 40211, correlacionó con el 80211. Fue la adaptación del ítem 40311 (influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Los equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología) el único que no correlacionó con ninguno de los restantes.

Por otra parte, se apreció que la adaptación del ítem 80131 del COCTS correlacionó con la parte abierta de la prueba de evaluación de comprobación de hipótesis y que la adaptación del ítem 80211 del COCTS correlacionó con la parte cerrada de la prueba de evaluación del análisis argumental. Ambas correlaciones presentaron una alta significatividad.

Finalmente, se analizaron las correlaciones entre las distintas variables derivadas de las pruebas de evaluación de las capacidades de PC. En primer lugar, se observó que la parte abierta de la prueba de evaluación del razonamiento verbal (RV_A), solamente correlaciona con la parte cerrada de su misma situación (RV_C), sin embargo, esta última correlaciona con el resto de las situaciones, tanto en sus versiones abiertas como cerradas. En segundo lugar, se apreció que la prueba de evaluación del análisis argumental no demostró más correlaciones a parte de las señaladas en su versión abierta (AA_A) y cerrada (AA_C). Finalmente, se detectó que la prueba de evaluación de la comprobación de hipótesis en su versión abierta (CH_A) y cerrada (CH_C), correlacionaron entre ellas, además de las correlaciones anteriormente destacadas.

Tabla 44

Coeficientes de correlación entre variables. Primer periodo de investigación

	40211	40311	80131	80211	RV_A	RV_C	AA_A	AA_C	CH_A	CH_C
40211		,007	,440**	,248**	,001	,023	-,114	,111	,058	,105
40311	,007		-,057	,027	,092	,124	-,012	,119	,107	,139
80131	,440**	-,057		,313**	-,006	-,024	-,176	,081	,251**	,052
80211	,248**	,027	,313**		,051	,070	-,047	,302**	,202*	,105
RV_A	,001	,092	-,006	,051		,271**	,212*	,098	,138	,126
RV_C	,023	,124	-,024	,070	,271**		,193*	,197*	,276**	,204*
AA_A	-,114	-,012	-,176	-,047	,212*	,193*		,157	,124	,008
AA_C	,111	,119	,081	,302**	,098	,197*	,157		,148	,151
CH_A	,058	,107	,251**	,202*	,138	,276**	,124	,148		,191*
CH_C	,105	,139	,052	,105	,126	,204*	,008	,151	,191*	

Nota. Fuente: elaboración propia.

VII.2. SEGUNDO PERIODO DE IMPLEMENTACIÓN

Como se ha expuesto anteriormente, el segundo ciclo de implementación se ha llevado a cabo por los docentes naturales de cada uno de los grupos-clase, es decir, la SEA se ha impartido por cuatro docentes diferentes. En este caso, se obtienen datos de técnicas de investigación como la encuesta, la observación no participante, el análisis documental y la entrevista mediante instrumentos como cuestionarios, guion semiestructurado, tablas de observación y rúbricas de evaluación.

Con el fin de analizar los datos de forma integrada y contrastada se va a seguir el mismo proceso que en el periodo anterior. De esta forma se comienza por los resultados obtenidos sobre NdCyT (influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad y construcción social de la tecnología). Seguidamente, se presentan los resultados sobre PC (comprobación de hipótesis y análisis argumental). A continuación, se exponen los resultados sobre el aprendizaje de la energía y, por último, se realiza un análisis correlacional de los resultados cuantitativos.

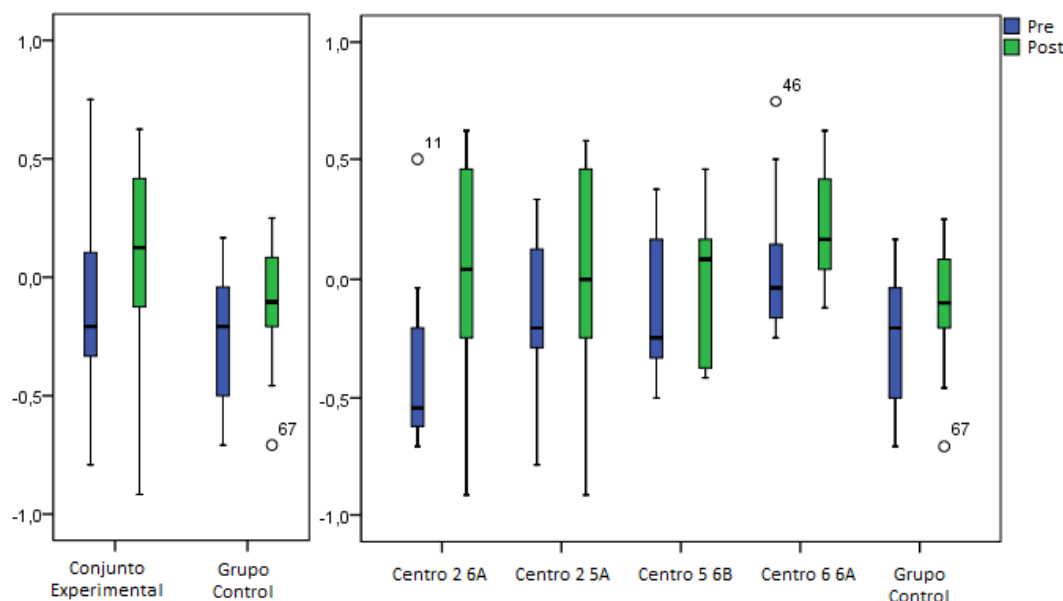
VII.2.1. RESULTADOS DE NdCYT. TOMA DE DECISIONES CON RESPECTO A LOS ASUNTOS CIENTÍFICOS. SEGUNDO PERIODO DE INVESTIGACIÓN

Los resultados del análisis del ítem 40211 adaptado del COCTS en el segundo periodo de implementación se muestran en la Figura 25. Al observar dicha figura se aprecia que la mediana obtenida por el conjunto de grupos experimentales es superior en la fase pre-test que en la fase post-test, tendencia que se repitió en el desglose por grupos-clase. En

concreto, la mediana en los resultados de la fase pre-test es negativa para todos los casos, mientras que en la fase post-test la puntuación ascendió y se obtienen resultados positivos en todos los grupos experimentales (conviene recordar que la puntuación mínima posible es -1 y la máxima 1). También se detectó un incremento de la puntuación del grupo control (.08 de incremento en la mediana), no obstante, este es reducido y la mediana no supera el 0.

Figura 25

Boxplot del ítem 40211 de la adaptación del COCTS. Segundo periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

Con el fin de comprobar la significatividad de estas observaciones, se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. El p valor que se obtuvo en dicha prueba fue .001, de forma que se pudo afirmar con un 95% de seguridad que la diferencia entre las medianas de la primera y la segunda medición ha resultado significativa para el conjunto de grupos experimentales. Con respecto al desglose en grupos-clase se obtuvieron los siguientes p valores: .36 en el Centro 2 5°A, .03 en el Centro 2 6°A, .34 en el Centro 5 grupo 6°B y .008 en el Centro 6 6°A. Con estos datos se pudo afirmar que la mejora en este caso es significativa para los grupos-clase de los Centros 2 6°A y 6 6°A. En cuanto al grupo control se obtuvo un p valor de .14, por lo que en este caso se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición con un margen de error de 5% y se pudo

determinar que el aumento de las puntuaciones observado no fue estadísticamente significativo.

En segundo lugar, se comprobó si la mejora de cada uno de los grupos es significativa con respecto al grupo control mediante la prueba U de Mann-Whitney. Inicialmente, se aplicó al conjunto de grupos experimentales en comparación con el grupo control y se obtuvo un p valor de .014, lo cual permitió determinar que la diferencia entre las medianas es significativa al 95%. En la comparativa del resto de grupos experimentales con respecto al grupo control, se han recogido los siguientes p valores como resultado: Centro 2 5ºA p valor =.46, Centro 2 6ºB p valor =.16, Centro 5 6ºB p valor =.31, Centro 6 6ºA=.000. En base a dichos valores se estima que la diferencia entre la mejora obtenida en los grupos-clase con respecto al grupo control solo es significativa para el caso Centro 6ºA.

En resumen, los resultados cuantitativos permitieron demostrar mejoras en el conjunto de grupos experimentales entre fases de medición y también con respecto al grupo control. En cuanto a la división por grupos-clase el único grupo que presenta mejoras significativas con respecto a sí mismo y al grupo control es el centro 6 6ºA. Tras el estudio de los resultados cuantitativos se pasó a contrastar dichos resultados con los datos cualitativos recopilados en esta misma categoría.

El análisis de las tablas de observación (ver epígrafe VI.1.2.3.) determinó que el alumnado empezó a reflexionar sobre esta temática (toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos) durante las actividades agrupadas en la segunda sesión, especialmente en el debate de la última actividad de consolidación de esta agrupación. Concretamente, en el Centro 2 6ºA se observó un extenso debate en el que, en respuesta a las preguntas del cuaderno de trabajo, se dedicó tiempo a reflexionar y reconducir las respuestas ingenuas o plausibles del alumnado, *Los ciudadanos y el presidente* (anotaciones de la tabla de observación sobre respuestas del alumnado), hacia otras más adecuadas, *Los ciudadanos que sepan con los científicos*. En el Centro 2 5ºA se destinó un tiempo a que todos los grupos aportasen sus hipótesis sobre las preguntas planteadas en las actividades de consolidación (¿Quién debería decidir qué recursos energéticos utilizar en el territorio español?), no obstante, en ocasiones estas no eran científicamente correctas y no se recondujeron adecuadamente, dando lugar a un discurso de enunciados generalmente plausibles en torno a quién debe tomar las decisiones sobre los asuntos tecnocientíficos *Los*

científicos y la gente en general o los políticos tienen que escuchar a los científicos (anotaciones de la tabla de observación sobre respuestas del alumnado) en el cual también conviven enunciados ingenuos *los políticos no porque se van a ir a lo más barato o todos tenemos que poder dar nuestra opinión para poder intentar cambiar* (anotaciones de la tabla de observación sobre respuestas del alumnado). En última instancia en los Centros 5 6ºB y Centro 6 6ºA no se trató la temática fuera del espacio que surge a partir de las preguntas planteadas en el cuadernillo de trabajo. Sin embargo, en el grupo del Centro 6 el debate en torno a los ejercicios del cuaderno de trabajo fue muy dinámico y el discurso se mantuvo entre lo concebido por los científicos como plausible o aceptado *los ciudadanos que han aprendido por los científicos*. No sucedió lo mismo en el caso del Centro 5 6ºB, donde el espacio de debate fue menor y no se dedicó el tiempo necesario para realizar la dinámica al completo, sino que se realizó de forma oral sin destinar tiempo a la escritura en el cuaderno de trabajo ni a la reformulación y reconstrucción del conocimiento.

Estas observaciones coinciden con el análisis de las producciones infantiles. En este contexto los estudiantes respondieron a cuestiones relacionadas con la toma de decisiones sobre los asuntos científicos con respuestas acertadas (24% de los cuadernos de trabajo evaluados) como: *los científicos y las personas que han aprendido*. Plausibles (48% de los cuadernos de trabajo evaluados) como: *los políticos que tienen científicos que les dicen lo que es bueno hacer*. O ingenuas (28% de los cuadernos de trabajo evaluados) como: *elgobiernos_[sic] que es el que manda*. De la evaluación de dichas producciones mediante las rúbricas diseñadas (ver en la Tabla 30 en el epígrafe VI.1.2.4.), se obtuvieron los siguientes resultados. Del total de 26 ejercicios revisados (se recuerda que se trabajaban los documentos escritos en pequeño grupo), se evaluaron 21 trabajos, quedando los cinco correspondientes al grupo-clase del Centro 5 6ºB sin evaluar, ya que no se había realizado la parte escrita de la dinámica. De esos 21 ejercicios 6 presenta el nivel de logro bajo de la rúbrica (24% de los cuadernos evaluados), 10 el nivel medio y 5 el nivel alto. Es decir, que 15 de los 21 grupos (76%) consiguió abandonar una perspectiva ingenua y aproximarse a unas concepciones científicamente más aceptadas sobre esta categoría (Vázquez y Manassero, 2012a), indicando que existe un desarrollo sobre conocimientos relacionados con la NdCyT.

Al estudiar el caso concreto del Centro 2 5ºA, se pudo observar que de los seis cuadernos presentados ninguno alcanzó el nivel de logro superior, tres alcanzaron el nivel medio y tres se mantuvieron en el bajo o ingenuo, resultados que coinciden con la escasa mejora observada en los datos cuantitativos. Si contrastamos estos resultados con grupos que sí han obtenido una mejora significativa, como el del Centro 2 6ºA que ha obtenido cuatro cuadernos evaluados con nivel de logro medio y dos con nivel alto, se observa de forma clara como el nivel de logro del grupo determinado por la rúbrica es superior en el Centro 2 6ºA, tal y como arrojan los resultados cuantitativos.

Otro caso digno de mención es el del Centro 5 6ºB, en el que se observó una mejora no significativa en los resultados cuantitativos, la cual tras el estudio de las observaciones y el análisis de las producciones se relaciona con la alteración de la dinámica. Al no dedicar tiempo a las reformulaciones y las reconstrucciones del conocimiento tras los debates, sobre todo en las actividades de consolidación, los estudiantes no demostraron alcanzar las mejoras esperadas.

Por último, en el seguimiento realizado un mes después de la intervención, se preguntó a los estudiantes entrevistados si su opinión con respecto a esta categoría había cambiado. A este respecto la mayoría de los entrevistados reconocen no haber pensado antes de la intervención sobre la temática. Asimismo, los entrevistados de nivel de aprendizaje alto mostraron respuestas que se ajustan a lo aceptado desde un punto de vista científico; los de nivel medio presentaron respuestas entre lo aceptado y lo plausible, y los entrevistados de nivel en proceso expusieron respuestas más dubitativas y peor justificadas, pero que se mantenían próximas a lo aceptado o plausible (Vázquez y Manassero, 2012a). Algunos ejemplos se muestran en los siguientes comentarios:

3.F.6.A.A: *sí, porque antes pensaba que el gobierno y ahora escuchando la opinión de los demás pues ha cambiado.*

53.M.2.6A.M: *pues no, no lo había pensado. Ahora sí. (Y ahora sabrías decirme quién tiene que tomar las decisiones) pues los científicos y un poco los ciudadanos porque algunos sabrán no todos. Los ciudadanos que sepan.*

44.M.2.6A.M: *no mucho, la verdad, pero sí un poquitillo. Ahora sé que más o menos los científicos, un poquillo el gobierno y los ciudadanos que sepan.*

14.M.6.A.P: *yo antes pensaba que lo hacían los científicos y me he dado cuenta de que también lo hacen los ciudadanos, porque los ciudadanos también lo tienen que hacer y el gobierno y eso.*

28.F.5.B.P: *no (¿y ahora lo sabes?) no sé.*

VII.2.2. RESULTADOS DE NdCYT. LOS EQUILIBRIOS ENTRE LOS EFECTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA. SEGUNDO PERIODO DE INVESTIGACIÓN

Para el análisis de los resultados de la adaptación del ítem 40311 del COCTS del segundo periodo, se recogieron los principales estadísticos descriptivos mostrados en la Tabla 45. En esta tabla se aprecia que la puntuación media y los cuartiles obtenidos por el conjunto de grupos experimentales fueron ligeramente más altas en el post-test que en el pre-test. En lo relativo a cada uno de los grupos experimentales se detectó que mayoritariamente siguen esta tendencia, con algunas excepciones en las cuales se obtuvieron resultados más bajos, como en el caso del Centro 2 5ºA. En concreto, el conjunto de grupos experimentales presentó un incremento en la mediana de .25, asimismo, el aumento más sustancial del desglose por grupos lo lideró el Centro 5 6ºB con una mejora de .33. En el caso del grupo control, se observa que la mediana aumentó .09 puntos.

Tabla 45

Estadísticos resultantes de la adaptación del ítem 40311 del COCTS. Segundo periodo de investigación

	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 5ºA		Centro 2 6ºB		Centro 2 6ºB		Centro 5 6ºA		Centro 6	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	-.23	-.14	-.06	.12	.000	-.03	-.01	.15	-.15	.24	-.11	.13		
Mediana	-.17	-.08	-.08	.17	-.08	-.13	-.08	.25	-.08	.25	-.21	.08		
Desviación estándar	.33	.23	.25	.41	.19	.5	.19	.48	.3	.25	.31	.38		
Mínimo	-1	-.67	-.75	-1	-.17	-1	-.25	-1	-.75	-.17	-.58	-.75		
Máximo	.25	.08	.5	.67	.5	.67	.25	.67	.25	.58	.5	.67		
1er cuartil	-.44	-.25	-.23	-.17	-.08	-.33	-.17	-.13	-.29	.06	-.33	.000		
3er cuartil	.02	.000	.08	.5	.000	.5	.21	.54	.04	.5	.15	.42		

Nota. Fuente: elaboración propia.

Al igual que en el caso anterior se comprobó la significatividad de estas diferencias mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. En concreto, se obtuvo un p valor de .003 al comparar los resultados del conjunto de grupos experimentales en las distintas fases, lo que nos permitió determinar con un 95% de seguridad que la mejora percibida como escasa, sí llegó a ser significativa. Seguidamente, se pasó a estudiar la mejora por grupos de trabajo mediante esta misma prueba. En estos casos se obtuvieron los siguientes p valores: .86 en el Centro 2 5ºA, .25 en el Centro 2 6ºA, .027 en el Centro 5 grupo 6ºB y .006 en el Centro 6 6ºA. A partir de estos datos se pudo determinar que los grupos-clase de los centros 5 y 6 consiguieron una mejora significativa, mientras que la diferencia entre las medianas de la primera y la segunda medición no fue significativa para los grupos del Centro 2. Esto indicó que el descenso en sus puntuaciones no es significativo para el grupo 5ºA, así como que el incremento en el caso del grupo 6ºA tampoco es notable. En el caso del grupo control el resultado de la prueba determinó un p valor de .48 y, en consecuencia, se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición con una confianza del 95%.

En segundo lugar, se comprobó si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control a través de la prueba U de Mann-Whitney. La comparación entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control obtuvo un p valor de .003, lo cual permitió determinar que la diferencia entre las medianas sí había sido significativa con un margen de error del 5% y, por tanto, la mejora que ha experimentado el conjunto de grupos experimentales es destacable con respecto al grupo control. En lo relativo a las comparaciones entre el grupo control y cada uno de los grupos-clase, se registraron p valores menores de .05 en tres de los cuatro centros (Centro 2 5ºA p valor =.58, Centro 2 6ºB p valor =.015, Centro 5 6ºB p valor =.001, Centro 6 BºA p valor =.004), lo que permitió determinar que existen diferencias estadísticamente significativas entre el progreso de todos los grupos clase con respecto al grupo control menos el Centro 2 5ºA.

En síntesis, los resultados de las pruebas no paramétricas permitieron detectar mejoras estadísticamente significativas para el conjunto de los grupos experimentales y para los grupos de los Centros 5 y 6, tanto entre fases de medición, como en comparación con el grupo control. Asimismo, el grupo 6ºA del Centro 2 presenta diferencias significativas con respecto al grupo control en la última fase de medición.

En las tablas de observación quedó recogido como los estudiantes comenzaron a ser conscientes de las consecuencias de los efectos positivos y negativos de las cuestiones científicas y tecnológicas durante el debate de la actividad de consolidación sobre fuentes de energía renovables y no renovables. Estas reflexiones fueron retomadas en la actividad de consolidación sobre el *fracking*. Las observaciones registradas muestran que los Centros 5 y 6 no abordan una enseñanza explícita durante la actividad “escuchan-preguntan”, pero sí dedican un espacio del debate de las actividades de consolidación a trabajar esta temática y reconducir las ideas ingenuas presentadas hacia lo científicamente más aceptado. De esta forma el discurso predominante contiene algunas de las siguientes declaraciones: *hay cosas malas que no se pueden controlar; hay cosas que son buenas y malas a la vez* (anotaciones del Centro 6); *es necesario el equilibrio de los efectos positivos y negativos. Por ejemplo, en las placas solares tiene que haber un equilibrio en que estén colocadas en un sitio que den la suficiente energía y donde no hagan mucho daño* (anotaciones del Centro 5). El docente del Centro 2 6ºA siguió esta misma dinámica, aplicando un trabajo menos explícito del contenido, pero con reconducciones en el debate. Sin embargo, en dicho debate surgieron cuestiones diferentes que no se condujeron debidamente como, por ejemplo, declaraciones relacionadas con la existencia de desequilibrios en cuestiones de fuentes de energía por ser o no ser renovables, *no hay equilibrio porque las no renovables no se pueden volver a utilizar y te has dejado el dinero en unas cosas que no se pueden volver a utilizar* (anotaciones del Centro 2 6ºA). Por último, en el caso del Centro 2 5ºA se observa un trabajo poco explícito y un debate menos extenso sobre la temática, sin embargo, el discurso dominante se aproxima a lo científicamente correcto, *tiene que haber un equilibrio porque si lo malo es muy malo no merece la pena* (anotaciones del Centro 2 5ºA).

Estas observaciones de la investigadora se corresponden con los resultados obtenidos en las actividades realizadas, pues se localizaron muestras de estos discursos en los ejercicios llevados a cabo por los participantes de los grupos experimentales en la segunda sesión. En dichos ejercicios, los discentes expresaron sus ideas sobre la existencia de efectos positivos y negativos de poner en práctica una nueva ciencia o tecnología. En esta línea, 2 de los 26 cuadernillos de trabajo aportan respuestas adecuadas evaluadas con un nivel de logro alto (15%), 20 con nivel de logro medio (77%) y 4 con un nivel de logro bajo (8%). En relación con las evaluaciones correspondientes con el nivel de logro bajo

conviene destacar que contemplan efectos negativos en la ciencia y la tecnología, no obstante, se han incluido en este nivel de evaluación respuestas que se han limitado a exponer los efectos positivos y negativos sin transferir los conocimientos a la reflexión principal. Es preciso señalar también que los cuadernillos de los participantes del Centro 2 5ºA se han evaluado todos en el nivel de logro medio de la rúbrica, lo cual destaca al compararlo con los resultados cuantitativos, donde se apreció un ligero descenso en la media.

Finalmente, en el seguimiento realizado mediante las entrevistas se preguntó si se ha cambiado de opinión con respecto a la existencia de equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología. La mayoría de los entrevistados afirmaron no haber pensado en esta temática antes de la intervención y la totalidad de estos manifestó la necesidad de que existan equilibrios sin diferenciar en el nivel de aprendizaje (incluidos aquellos pertenecientes al grupo 2 5ºA, el único grupo que presenta peores resultados en la escala de actitud en la fase post-test). Es preciso destacar que los entrevistados con un nivel de aprendizaje alto se expresaron con más corrección y justificaron su respuesta de forma más próxima a lo científicamente aceptado (Vázquez y Manassero, 2012a). Algunos ejemplos de respuestas a esta cuestión son:

41.F.2.5A.A: *porque... a ver... porque tiene que haber equilibrio porque pueden pasar cosas buenas o cosas malas (¿Y antes habías pensado sobre esto?) No mucho.*

3.F.6.A.A: *no, porque siempre ha sido positiva. Todo tiene Un ... conveniente y un inconveniente. Porque igual que se fabrican placas solares, es un ejemplo, para obtener energía solar, al fabricarlo que contamina también, pero después contaminas menos.*

44.M.2.6A.M: *pues sí, porque si algo es... muy perjudicial pues... va a acabar afectando demasiado negativamente a algo o a alguien y se puede liar parda. (¿Y antes habías pensado sobre esto?). Nunca me he parado a pensar sobre esto antes.*

14.M.6.A.P: *sí, porque antes las cosas estaban más cambiadas, en plan, cuando mis padres eran pequeños yo creo que antes las cosas eran menos seguras de lo que son ahora. (crees que ahora tienen menos efectos negativos que positivos) sí pero también hay cosas muy negativas.*

VII.2.3. RESULTADOS DE NdCYT. LA DEPENDENCIA DEL USO DE UNA NUEVA TECNOLOGÍA. SEGUNDO PERIODO DE INVESTIGACIÓN

En primer lugar, se analizaron los resultados de la adaptación del ítem 80131 del COCTS en el segundo periodo de investigación. En concreto, se han recogido en la Tabla 46 los principales estadísticos de las puntuaciones obtenidas por los participantes. Al observar dicha tabla se pudo apreciar que los puntajes obtenidos en la escala de actitud son bajos, quedando la mediana negativa incluso en la fase post-test. No obstante, sí se apreció un ligero aumento del valor de la mediana en la fase post-test para el conjunto de grupos experimentales, aumento que se repitió en los grupos-clase con la excepción del grupo del Centro 5. En concreto, se detectó un incremento de .09 en el conjunto de grupos experimentales, de .17 en el Centro 2 6ªA, de .25 en el Centro 2 5ªA y de .08 en el Centro 6, mientras que la mediana del grupo del Centro 5 desciende en la fase post-test .05. En los resultados del grupo control también se pudo observar un aumento de .07 en el valor de la mediana en la fase post-test con respecto al pre-test.

Tabla 46

Estadísticos resultantes de la adaptación del ítem 80131 del COCTS. Segundo periodo de investigación

	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 2 5ªA		Centro 2 6ªA		Centro 5 6ªB		Centro 6 6ªA	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	-.22	-.14	-.16	-.003	-.2	-.05	-.31	-.03	.06	.03	-.14	.03
Mediana	-.23	-.16	-.13	-.04	-.25	-.08	-.33	-.08	.09	.04	-.08	.00
Desviación estándar	.2	.19	.27	.3	.31	.37	.23	.34	.15	.20	.26	.28
Mínimo	-.63	-.42	-.71	-.67	-.54	-.67	-.63	-.67	-.29	-.21	-.71	-.38
Máximo	.21	.25	.29	.54	.29	.46	.08	.46	.21	.33	.29	.54
1er cuartil	-.3	-.25	-.44	-.21	-.5	-.38	-.5	-.27	.00	-.17	-.37	-.21
3er cuartil	-.13	-.01	.06	.25	.08	.33	-.15	2.9	.18	.22	.04	.25

Nota. Fuente: elaboración propia.

La comprobación de la significatividad de dichas diferencias se realizó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. El p valor derivado de esta prueba para el conjunto de grupos experimentales es .006, por tanto, se pudo concluir que la diferencia entre las medianas de los resultados de las distintas fases de medición en el conjunto de grupos experimentales es significativa con un error del .05. En el desglose de grupos

experimentales se obtuvieron los siguientes p valores: .38 en el Centro 2 5ºA, .042 en el Centro 2 6ºA, .55 en el Centro 5 grupo 6ºB y .029 en el Centro 6 6ºA. De estos datos se extrae que la diferencia entre las medianas en ambas fases de medición es significativa solo en los casos de los grupos-clase del Centro 2 6ºA y del Centro 6, es decir que el descenso en la escala de actitud observado en los estadísticos correspondientes al Centro 5 no es significativo, del mismo modo que no lo es el aumento de las puntuaciones medias del Centro 2 5ºA. En el caso del grupo control, como resultado de la prueba, se obtuvo un p valor de .57 lo que indicó la igualdad entre las medianas.

En segundo lugar, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney con el fin de comprobar si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control. Al realizar la comparación de medianas entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control se obtuvo un p valor de .08, lo cual permitió esclarecer que la mejora de dicho conjunto de grupos no ha sido significativa con respecto al grupo control con un margen de error del 5%. Al analizar la mejora de cada uno de los grupos, mediante este mismo proceso, se obtuvieron p valores mayores que .05, por tanto, se confirmó que la diferencia de medianas no es significativa.

En resumen, los resultados cuantitativos permitieron demostrar mejoras tras la intervención en el conjunto de grupos experimentales, así como para los casos concretos del grupo del Centro 6 y del Centro 2 6ºA. A continuación, se contrasta estos resultados con los datos cualitativos recopilados en esta misma categoría.

El análisis de las tablas de observación determinó la ausencia de enseñanza explícita sobre esta temática en la actividad “escuchan-preguntan” y situó las reflexiones sobre la dependencia del uso de una nueva tecnología durante la actividad de consolidación sobre el *fracking*. En este momento, se discutieron los motivos por los cuales un país invertía en centrales de *fracking* y de qué depende que se pongan en práctica ciertas tecnologías. En esta línea, se observó como en los grupos-clase Centro 2 6ºA y Centro 6 6ºA el discurso se dirigió hacia causas políticas y económicas con declaraciones como *se saca mucho petróleo y gases y da dinero* (anotación de la declaración de una alumna del Centro 2 6ºA). Sin embargo, el tratamiento poco explícito y las escasas reconducciones por parte de sendos docentes hizo que el discurso se desvirtuase y se centrase más en quién promueve las inversiones en tecnología que en la dependencia de las causas para su implantación,

ejemplos de este discurso quedan reflejados en los siguientes extractos: *los ciudadanos porque ellos eligen al gobierno que decide; el estado porque tiene el dinero* (anotaciones de la declaración de estudiantes del Centro 2 6ºA); *del gobierno y de los científicos o también debería depender un poco de los ciudadanos que viven cerca de la zona de extracción porque les afecta* (anotaciones de la declaración de estudiantes del Centro 6 6ºA). Esto último es lo que sucede en el caso del Centro 2 5ºA, en el que el discurso generado en las actividades de consolidación fue escaso y, en todo momento, se centró sobre quién decide invertir en el desarrollo de una nueva tecnología y bajo qué intereses. A este respecto no se observó reconducción por parte del maestro quedando ideas en el discurso como, *los políticos que tienen que hacer la decisión o los científicos porque son los que tienen toda la idea de cómo puede afectar el fracking al ambiente*. Finalmente, se destaca como en el Centro 5 la actividad de consolidación, en la que se abordó esta temática, se realizó únicamente de forma oral, el docente dedicó poco tiempo al desarrollo de la actividad y a la reconducción de las ideas ingenuas de los estudiantes. En concreto, se apreció momentáneamente un discurso que dirigía la dependencia del uso de una nueva tecnología a causas económicas y necesidades sociales con declaraciones como, *ganan mucho dinero o sacan gases y petróleo* (anotaciones de la declaración de estudiantes del Centro 5 6ºB).

En esta fase de observación conviene destacar que, a pesar de la desvirtuación del discurso detectada en los grupos Centros 2 6ºA y 6, se han conseguido mejoras significativas en la escala de actitud entre fases de medición. No sucede lo mismo en el grupo 5ºA del Centro 2 y en el de Centro 5 que no presentan mejoras en la escala. Esto puede deberse a que, según las observaciones, en ambos centros han dedicado menos tiempo a la actividad o la han realizado con un planteamiento alternativo (el Centro 5 realiza la actividad únicamente de forma oral).

En el análisis de las producciones infantiles también se detectaron muestras del discurso desvirtuado comentado anteriormente. Concretamente, en las respuestas de los estudiantes en los ejercicios realizados por los estudiantes durante la actividad de consolidación sobre el *fracking*. En consecuencia, ninguno de los cuadernillos de trabajo de los estudiantes se evalúa dentro del nivel de logro alto. Sí se han clasificado cuadernos dentro del nivel de logro medio, puesto que a pesar de que el discurso no se dirigía a de qué depende que se implante una nueva tecnología, sí que se detectó en las respuestas la

comprensión de que la decisión dependerá de las ventajas, desventajas u otras cuestiones de interés como muestran los siguientes comentarios: *son cosas buenas y malas a la vez; la decisión la tienen que tomar las personas a las que las perjudica o favorecen, o solo quieren ganar dinero*. En concreto, del total de 21 ejercicios revisados (se dejan sin evaluar los cuadernos del Centro 5 por la ausencia de respuestas en esta temática) 6 presentan el nivel de logro bajo de la rúbrica (29% de los cuadernos evaluados) y 15 el nivel de logro medio (71% de los cuadernos evaluados). Por tanto, el 71% de los cuadernos evaluados llegó a un nivel de logro aceptable a pesar de la ausencia de reconducciones que no han permitido un trabajo específico y explícito de esta categoría. Estos resultados de nuevo son acordes con las escasas puntuaciones obtenidas por los estudiantes en la escala de actitud, bajas para todos los grupos (inferiores a 0). Asimismo, se destaca que el 50% de los cuadernos de trabajo de los participantes del Centro 2 5ºA se sitúan en el nivel de logro bajo y el 50% restante en el nivel de logro medio, lo cual coincide en aspectos relativos a la mejora con los resultados superiores, por ejemplo, del grupo 6ºA de su mismo Centro, en el que la evaluación sitúa al 83% de los cuadernos de trabajo en el nivel de logro medio y el 17% restante en el nivel bajo.

Finalmente, en el seguimiento realizado un mes tras la intervención, se preguntó a los participantes si habían cambiado las ideas que tenían sobre los factores que influyen en que se aplique una nueva tecnología. En este caso la mayoría de los participantes manifestaron haber pensado sobre este tema con anterioridad, sin embargo, las respuestas son confusas y alejadas de las razones científicamente aceptadas. Solo cuatro de las 12 respuestas recogidas (una en cada uno de los grupos-clase) tienen cierta corrección científica (próximas a una concepción plausible) y estas corresponden siempre a estudiantes de nivel de aprendizaje alto o medio. Algunas de las respuestas se muestran a continuación:

26.M.5.B.A: *pues... no ... sí, yo pensaba que era solo la economía, que les beneficiaba económicamente y por eso lo ponían. Ahora, a parte de beneficios económicos, porque les sale mejor hacerlo en distintos sitios para producir más, también económicamente claro.*

44.M.2.6A.M: *tenemos que tener en cuenta los impactos ecológicos que tan bien o tan mal nos puede afectar a todos... (¿Y antes habías pensado sobre esto?) Pues... un poquillo pero casi nada, la verdad, ahora después del tema sí.*

34.M.2.5A.M: *Pues... los que han decidido poner el fracking han sido los científicos, pero yo creo que también la decisión tendría que ser la gente de los ganaderos de los agricultores, porque a ellos también son un poco los que más les afecta si sale algo mal. ¿Y antes habías pensado sobre esto? No lo había pensado, pero cuando empezamos a hablar del frakigs_[sic] sí que lo empecé a pensar*

28.F.5.B.P: *no, no sé. Nuca había pensado esto.*

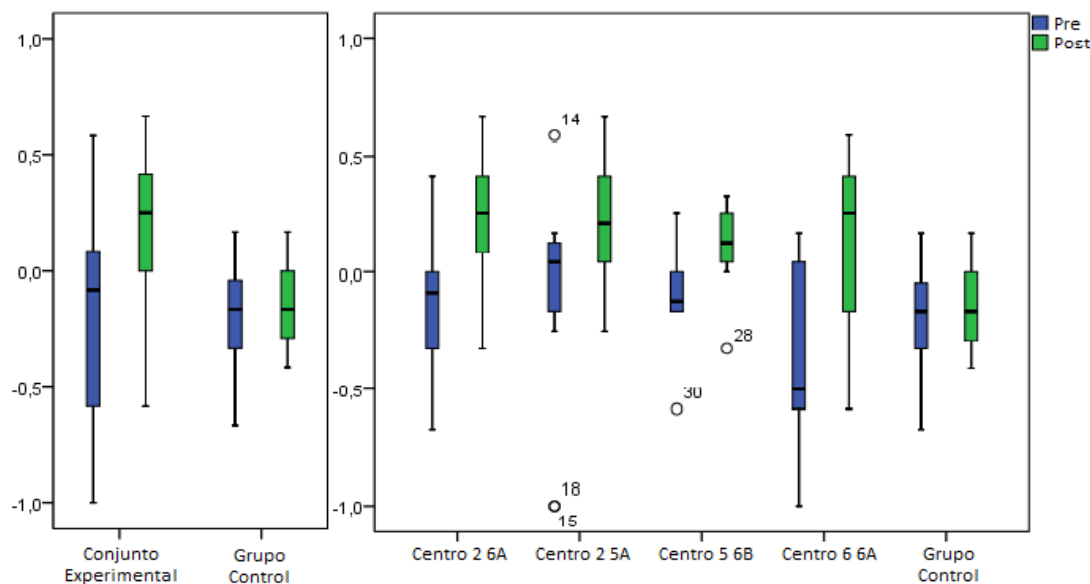
3.F.6.A.A: *sí, porque daba igual, porque todo va a seguir igual.*

VII.2.4. RESULTADOS DE NdCYT. EL CONTROL DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO POR LOS CIUDADANOS. SEGUNDO PERIODO DE INVESTIGACIÓN

Para el análisis de los resultados de la adaptación del ítem 80211 del COCTS se extrajeron los *boxplot* presentados en la Figura 26. Mediante el análisis de dicha figura se pudo apreciar un cambio visualmente significativo entre las distribuciones de los resultados de la fase pre y post-test para los grupos experimentales, tanto en conjunto, como de forma individual. En concreto, se detecta un incremento en los valores de la mediana, así como en los cuartiles tanto en el caso del conjunto de grupos experimentales, como en el desglose por grupos-clase. En cuanto a los resultados del grupo control, apenas se observaron diferencias en la distribución de los resultados entre fases de medición.

Figura 26

Boxplot de la adaptación del ítem 80211 del COCTS. Segundo periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

Con el fin de comprobar la significatividad de estas observaciones se procedió a analizar el resultado de la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. El p valor que se obtuvo al comparar las distintas fases de medición en el caso del conjunto de grupos experimentales fue .000. De este modo, se pudo afirmar con un 95% de seguridad que la diferencia entre las medianas de la primera y la segunda medición ha resultado significativa, o lo que es lo mismo que tras la intervención se obtuvo una mejora significativa en los conocimientos del conjunto de grupos experimentales sobre esta variable. Asimismo, los p valores que se obtuvieron en esta misma prueba en el desglose de los grupos experimentales fueron .054 en el Centro 2 5ºA, .014 en el Centro 2 6ºA, .14 en el Centro 5 grupo 6ºB y .006 en el Centro 6 6ºA, por consiguiente, los Centros 2 5ºA y 5 no obtuvieron una mejora significativa. En cuanto al grupo control se obtuvo un p valor de .59, por lo que en este caso se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición con un margen de error de 5%, es decir, no se apreció una mejora.

En segundo lugar, se pasó a comparar si la mejora de cada uno de los grupos es significativa con respecto al grupo control. En este caso, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney y, primeramente, se aplicó al conjunto de grupos experimentales en comparación con el grupo control y se obtuvo un p valor de .001, lo cual determinó que la diferencia entre las medianas es significativa al 95%. En la comparativa de los diferentes grupos-clase con respecto al grupo control, se han recogido los siguientes p valores como resultado: Centro 2 5ºA p valor =.001, Centro 2 6ºA p valor =.007, Centro 5 6ºB p valor =.002, Centro 6 6ºA p valor =.04. Dichos resultados han permitido establecer la mejora de los puntajes obtenidos por los grupos experimentales con respecto del grupo control para todos los grupos-clase.

En síntesis, los resultados cuantitativos permitieron demostrar una mejora significativa tras la intervención para el conjunto de grupos experimentales y para los grupos-clase Centro 2 6ºA y Centro 6 6ºA, así como para el conjunto de grupos experimentales y cada uno de los grupos-clase al compararlos con el grupo control.

En las tablas de observación quedó recogido como no se dedicó tiempo a la enseñanza explícita de esta categoría en las actividades “escuchan-preguntan”, pero sí se dedicó espacio a la reflexión sobre la misma en las actividades de consolidación. En concreto, los estudiantes comenzaron a ser conscientes del control del desarrollo

tecnológico por los ciudadanos en la actividad de consolidación sobre el *fracking*. Durante las observaciones se identificó un patrón similar en los tres centros, en los cuales los estudiantes no dirigían el discurso hacia si los ciudadanos tenían o no control sobre el desarrollo de una tecnología, sino que, al igual que en la categoría anterior, el discurso se centraba en quién eran las personas u organismos que tenían ese control. Una vez más esta desvirtuación de la enseñanza del contenido de NdCyT no fue reconducida y, por tanto, queda en consonancia con la falta de enseñanza explícita por parte de los cuatro docentes. Sin embargo, y a pesar de esta situación, sí se detectaron algunas apreciaciones sobre si la ciudadanía tenía poder de elegir, sobre todo cuando esa ciudadanía se veía afectada por los efectos de esa posible tecnología, como queda patente en las siguientes afirmaciones: *también debería depender un poco de los ciudadanos que viven cerca de la zona de extracción porque les afecta* (anotación de la aportación del Centro 2 6ºA) o *también los ciudadanos deberían poder decir si quieren que se ponga porque si les pasa algo malo por tener eso ahí... pueden decir que no quieren y votar* (anotación de la aportación del Centro 6 6ºA). En otros casos se apelaba al desconocimiento para eliminar el control de la ciudadanía: *los ciudadanos no tenemos tanta idea como los científicos para decidir* (anotación de la aportación de un estudiante del Centro 2 5ºA).

Sobre estas observaciones se destaca como los grupos-clase que se aproximan, aunque sea de forma imprecisa a los aspectos deseados, como es el caso del grupo 6ºA del Centro 2 y del grupo del Centro 5, se corresponden con aquellos que mejoran en la escala de actitud (análisis cuantitativo). Por el contrario, la ausencia de mejora en la escala de actitud se corresponde con escasas reconducciones por parte del docente en el diálogo que se desarrolla en el aula y un tratamiento alterado de la actividad, como sucede en los Centros 5 y Centro 2 5ºA.

Estas observaciones de la investigadora concuerdan con los resultados obtenidos en los cuadernos de trabajo de los alumnos, pues se localizan muestras de estas reflexiones en la actividad de consolidación sobre el *fracking*. En esta línea, los discentes expresaron sus ideas sobre el control que tienen los ciudadanos en el desarrollo tecnológico con respuestas aceptadas que no atribuyen a los ciudadanos este control o se lo atribuye solo en un grado menor (24% de los cuadernos evaluados) como: *el estado decide, el pueblo vota*_[sic]; plausibles (62% de los cuadernos evaluados) cuando dan el control si los ciudadanos se

manifiestan de forma organizada, *tenemos que hacer más caso a los científicos y si no queremos que se haga una cosa como el frakin_[sic] pues hay que decirlo para que no lo hagan*; o ingenuas cuando se da el control a los ciudadanos (14% de los cuadernos evaluados) como: *los ciudadanos porque es su dinero*. De la evaluación de dichas producciones mediante las rúbricas diseñadas (ver en la Tabla 30 en el epígrafe VI.1.2.4.) se obtuvieron los siguientes resultados (se excluye de la evaluación los cuadernos del Centro 5 puesto que han realizado la dinámica exclusivamente de forma oral). Del total de 21 ejercicios, tres se clasificaron en el nivel de logro bajo de la rúbrica, 13 en el nivel medio y cinco en el nivel alto. Cabe destacar que el único centro en el que se detectaron resultados de nivel bajo es el Centro 6, lo que se corresponde con los resultados cuantitativos, ya que a pesar de ser uno de los grupos-clase que ha experimentado una mejora significativa, era el grupo que partía de unos puntajes más bajos en la escala de actitud. Asimismo, en la evaluación de los cuadernos de trabajo del Centro 2 5ºA se observó que 5 de los 6 cuadernos se sitúan en el nivel medio y uno en el alto, destacando sobre los resultados de la escala de actitud. En conclusión, estos datos permiten resaltar como el 86% de los cuadernos evaluados quedan por encima del nivel de logro bajo.

Por último, en el seguimiento realizado mediante las entrevistas se pregunta si se ha cambiado de opinión con respecto a si piensan que los ciudadanos tienen el control del desarrollo tecnológico. A este respecto, la mayor parte de los entrevistados exponen haber cambiado de opinión mostrando concepciones aceptadas o plausibles según lo que muestran los expertos (Vázquez y Manassero, 2012a). Asimismo, se advirtió que las opiniones ingenuas que estiman que los ciudadanos son quienes tienen el control se conciben más como un deseo que como una realidad. A continuación se muestran algunos ejemplos:

26.M.5.B.A: *sobre las tecnologías que inventa, depende de la tecnología. Si por ejemplo inventan una nueva manera de conseguir electricidad pues no. Pero por ejemplo si inventan una tecnología que yo puedo cambiarla o moverla pues sí. (¿Entonces tienes poco control o mucho control?) poco. (¿y habías pensado en esto antes?) no.*

49.M.2.6A.A: *yo creo que algo, un papel juegan. No muy importante, pero algo aportarían. No digo que sea muy importante, pero algo sí.*

7.M.6.A.M: *no. Yo creo que el control del desarrollo tecnológico lo tienen las empresas que lo hacen y el gobierno un poco, pues para ver que sale y todo eso.*

14.M.6.A.P: *yo creo que mi opinión ha cambiado porque antes yo creía que los científicos hacían lo que les daba la gana, pero no porque también lo tienen que elegir los ciudadanos (entonces los ciudadanos crees que tienen poder de decidir qué tecnología se desarrolla) sí, yo creo que sí porque si aquí en este pueblo quieren poner algo yo creo que deberían hacer unas elecciones para que el pueblo esté de acuerdo. (¿pero eso pasa?) No, es lo que me gustaría.*

30.M.2.5A.P: *yo creo que tienen algo de idea, pero no la suficiente para llevar a cabo la tarea. (¿Y antes habías pensado sobre esto?) Sí eso sí que lo pensaba igual*

VII.2.5. RESULTADOS DE PC. FORMULACIÓN HIPÓTESIS EN BASE A LAS EVIDENCIAS. SEGUNDO PERIODO DE INVESTIGACIÓN

Los principales estadísticos de los resultados de la parte abierta de la primera situación que evalúa la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC en el segundo periodo de implementación se recogen en la Tabla 47. A partir de dichos datos se apreció que las puntuaciones obtenidas son bastante bajas en la fase pre-test con medias generalmente inferiores a 1 (mínima puntuación posible 0 y máxima 4). En la fase post-test estas puntuaciones medias presentaron un leve incremento, aunque en ningún caso superaron los 1.5 puntos. En los resultados del grupo control, se pudo observar puntuaciones más bajas en la fase post-test.

La comprobación de la significatividad de estas diferencias se realizó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Como resultado en su aplicación en el conjunto de grupos experimentales se obtuvo un p valor de .000, de modo que se estableció que la diferencia entre las medianas de los resultados de las distintas fases de medición en el conjunto de grupos experimentales es significativa con una confianza del 95%. Es decir, la intervención ha permitido obtener una mejora estadísticamente significativa. En el desglose de grupos experimentales se observó que dos de estos grupos presentan una mejora estadísticamente significativa, según los resultados de esta misma prueba, Centro 2 6ºA y Centro 6 (p valores .025 y .005). En lo relativo al grupo control, esta prueba permitió

afirmar que existe igualdad entre las medianas en las distintas fases de medición (p valor .08), es decir, que el descenso en las puntuaciones no es significativo estadísticamente.

Tabla 47

Estadísticos resultantes de la parte abierta de la primera situación para la evaluación de la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación

	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 5ºA		2 Centro 6ºA		2 Centro 6ºB		5 Centro 6ºA		6
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
Media	.76	.41	.71	1	.23	.5	1.15	1.35	.3	.55	.95	1.34	
Mediana	1	0	.5	1	0	0	1.5	1.5	0	.25	1.5	1.5	
Desviación estándar	.83	.62	.77	.83	.6	.65	.8	.83	.54	.8	.71	.71	
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Máximo	2	2	2	3	2	2	2	2	1.5	2	2	3	
1er cuartil	0	0	0	0	0	0	.25	.5	0	0	0	1	
3er cuartil	1.5	1	1.5	2	0	1	2	2	.63	.88	1.5	2	

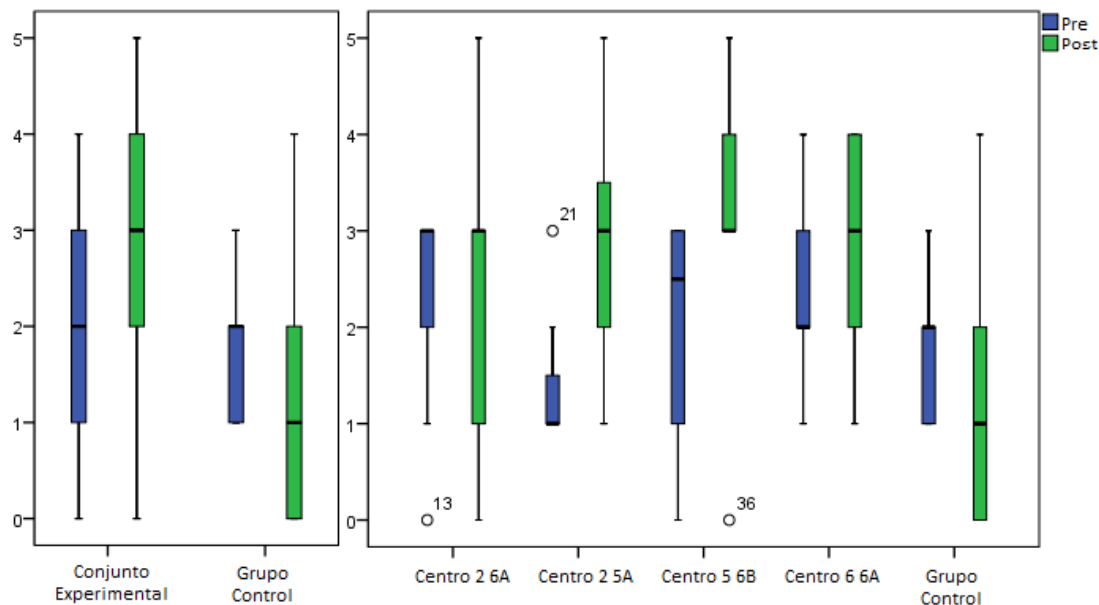
Nota. Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, se comprobó la significatividad de la mejora de cada uno de los grupos con respecto al grupo control mediante la prueba U de Mann-Whitney. Al realizar la comparación de medianas entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control se obtuvo un p valor de .008, lo cual permitió esclarecer la mejora significativa de dicho conjunto de grupos con respecto al grupo control. Al aplicar esta misma prueba para cada uno de los grupos clase se observó que los p valores menores de .05 resultantes se correspondieron con el Centro 2 6ºA y Centro 6 (p valores .000 y .004) de nuevo.

En segundo lugar, se analizaron los resultados relativos a las cuestiones cerradas de esta misma situación, mediante los *boxplot* recogidos en la Figura 27. A partir de dicha figura se observó que las puntuaciones obtenidas son bajas en ambas fases de medición (mínimo y máximo posibles 0 y 5 respectivamente), aunque, se apreciaron mejoras en las puntuaciones entre las fases pre y post-test, tanto en el caso del conjunto de grupos experimentales, como en su desglose por grupos-clase. En concreto, se detectaron incrementos de más de medio punto en todos los grupos-clase con la excepción del Centro 2 6ºA. No sucedió lo mismo con el grupo control, puesto que se observó un descenso en sus puntuaciones medias entre fases.

Figura 27

Boxplot de la parte cerrada de la evaluación de la primera situación para la evaluación de la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

La significatividad de estas diferencias entre fases de medición se comprobó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, al igual que en los casos anteriores. En concreto, se obtuvo un p valor de .002 al comparar los resultados del conjunto de grupos experimentales, lo que nos permitió determinar con una confianza del 95% que la mejora producida entre fases es significativa estadísticamente. Cuando se realizó la comparativa por grupos de trabajo se obtuvieron p valores menores de .05 en todos los grupos excepto en el Centro 2 6ªA y en el Centro 6. Esto demostró una mejora significativa tras la intervención en dos de los cuatro grupos experimentales. En el caso del grupo control se obtuvo un p valor de .064 y, en consecuencia, se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición, es decir, que el descenso en las puntuaciones no es significativo.

Seguidamente, se comprobó si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control mediante la prueba U de Mann-Whitney. La comparación entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control obtuvo un p valor de .000, lo cual permitió determinar que la diferencia entre las medianas era significativa con un

margen de error del 5% y, por tanto, la mejora que ha experimentado el conjunto de grupos experimentales ha sido significativa en comparación con los resultados del grupo control. En lo relativo a las comparaciones entre el grupo control y cada uno de los grupos experimentales, todos los p valores obtenidos fueron menores de .05. Esto permitió determinar que los resultados de los participantes de los grupos experimentales diferían significativamente de aquellos obtenidos por el grupo control.

En resumen, los resultados cuantitativos permitieron demostrar mejoras tanto en las cuestiones abiertas, como en las cuestiones cerradas de la situación para el conjunto de grupos experimentales entre fases de medición y en comparación con el grupo control. En otras palabras, los participantes en este periodo presentan una mejora al evaluar las ideas que apoyan o debilitan una hipótesis.

El análisis de las observaciones permitió señalar que no se ha dedicado espacio suficiente a la enseñanza explícita sobre el concepto de hipótesis ni sobre su formulación en base a evidencias o sobre como distintas evidencias pueden apoyar o no una idea formulada. En cuanto al uso de vocabulario específico sobre esta temática, únicamente en los grupos-clase del Centro 2 se hizo un uso más específico del mismo. En los centros restantes, los docentes apenas emplearon vocabulario explícito ni incidieron en su uso como forma de resaltar el contenido. Estas diferencias en el trabajo del PC afectaron a la dinámica planteada de las siguientes formas en cada uno de los casos. En el Centro 2 5ºA se generó un discurso organizado, a través del cual se reflexionó sobre las distintas hipótesis y se contrastaron buscando información en internet que las respaldase o refutase; sin embargo, este discurso tan coherente no pudo ser plasmado de forma efectiva en los cuadernos, al reservar poco espacio para este proceso de escritura a los estudiantes. En el Centro 2 6ºA no siempre se logró una construcción adecuada del diálogo, en ocasiones cada uno de los grupos de estudiantes compartieron sus hipótesis, pero no hubo una evaluación de las mismas, ni de las evidencias en las que se apoyaban. En el centro 5 se contrastaron hipótesis de forma oral, mientras cada uno de los subgrupos de discentes las compartía en el debate, incluso se discutió su sustentación. En el Centro 6 el discurso fue más agresivo y los distintos grupos intentaban imponer sus hipótesis al resto; para ello los estudiantes buscaban el respaldo del docente a su fundamentación. En ningún momento se tuvo en

cuenta que más de una hipótesis podía tener partes ciertas ni tampoco que varias de las evidencias presentadas fueran válidas.

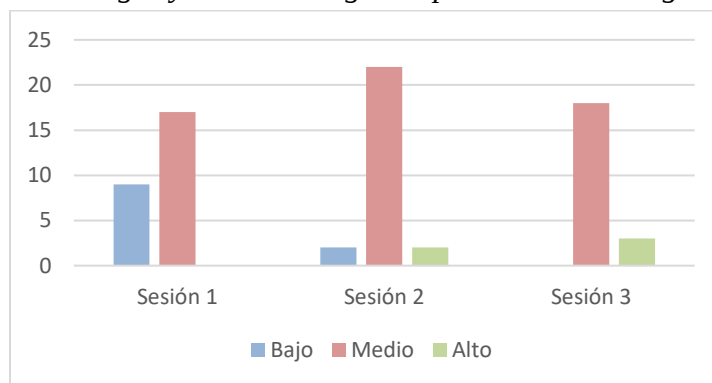
Como se ha expuesto en líneas anteriores, el análisis cuantitativo aplicado a cada uno de los grupos-clase presenta mejoras significativas cruzadas, el progreso resulta significativo en el Centro 2 6ºA y en el Centro 6 en las respuestas abiertas y en el Centro 2 5ºA y el Centro 5 en las respuestas cerradas. Con el fin de arrojar luz sobre estos resultados se contrastan estos con las observaciones realizadas en el aula. Así pues, el Centro 2 5ºA y el Centro 5 son dos grupos que abordaron y contrastaron hipótesis con discursos elaborados en profundidad, aunque estos no se hayan plasmado en los cuadernos de forma efectiva. Esta forma de trabajo ha repercutido en una mejora significativa de los estudiantes en la parte cerrada de la situación, es decir al clasificar una serie de afirmaciones en función de si refuerzan o no una hipótesis. Mientras, en el grupo 6ºA del Centro 2 y el grupo del Centro 6 no se llegó a construir un diálogo que permitiera contrastar debidamente las hipótesis presentadas por los estudiantes. Esta forma de implementación ha permitido que los estudiantes mejoren en la parte abierta de la situación, es decir, al destacar elementos dados en un texto que apoyan o debilitan una hipótesis.

Por otro lado, las observaciones de la investigadora se corresponden con los resultados obtenidos en las actividades realizadas en los cuadernos a lo largo de las distintas sesiones. A este respecto se pudo evaluar, mediante la rúbrica diseñada (ver en la Tabla 30 en el epígrafe VI.1.2.4.), si los estudiantes han contrastado la información y si, en función de las indagaciones realizadas en el aula, han llegado a emitir conclusiones adecuadas y correctamente expresadas. En la Figura 28 se recoge la evolución de esta capacidad a lo largo de las distintas sesiones de trabajo (es preciso tener en cuenta que en este periodo una sesión no equivale a una clase, si no al conjunto de las clases que engloba una temática: concepto-propiedades y tipos de energía; fuentes de energía renovable y no renovable; *fracking*). En este gráfico se observó que el número de grupos que han obtenido un nivel de logro bajo ha disminuido de la primera sesión (9 de 26) a la tercera (0 de 21). En consecuencia, los cuadernos de trabajo evaluados con el nivel de logro medio y alto de la rúbrica han aumentado, aunque se corresponde con el nivel de logro intermedio el mayor número de casos. Conviene apreciar como en total de cuadernos evaluados en la última

sesión desciende, puesto que los ejercicios del Centro 5 no han sido evaluados debido a que realizaron las actividades únicamente de forma oral.

Figura 28

Resultados de las producciones sobre comprobación de hipótesis (formulación en base a evidencias) por nivel de logro y sesiones. Segundo periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en el seguimiento realizado un mes después de la intervención, se preguntó a los estudiantes entrevistados si se podría afirmar que todos los niños de 11 años de Segovia son muy altos basándose solo en la altura de los niños de su colegio. Los entrevistados de nivel alto y medio aportaron explicaciones relacionadas con la generalización de una muestra al total de la población, lo cual permitió señalar que realizaban procesos válidos de generalización y contraste de información, aunque en algunos casos no sabían exactamente cuál era el cálculo correcto que se debía realizar (41.F.2.5A.A). Los estudiantes del nivel en proceso simplemente respondían señalando algunas razones por las cuales la hipótesis no podía cumplirse, como muestran las siguientes afirmaciones:

41.F.2.5A.A: *no, porque habría que medir a todos los de Segovia y hacer un porcentaje y luego ya sí lo podrías decir. Sino no.*

49.M.2.6A.A: *no, porque una clase no representa todo. Tendrías que ir por diferentes clases y hacer una media. No porque yo mida por ejemplo... ósea que sea bastante alto y por ejemplo ... haya más personas bajas no tiene por qué ser bajos todos los niños de Segovia. Habría que hacer una media.*

34.M.2.5A.M: *no, porque no has preguntado a todos. A lo mejor hay en otros sitios personas que son más altas.*

44.M.2.6A.M: *no, la verdad, porque primero necesitas calcular una media porque tal vez somos una clase excepcional o también hay personas más bajas o un poco más altas. que crear una media...*

14.M.6.A.P: *no, porque también hay de Segovia y de otros pueblos.*

28.F.5.B.P: *no sé, no.*

30.M.2.5A.P: *sí.... No, no sé. Es que no tengo idea sobre esos temas. (pero piénsalo) No solo los de mi colegio son los altos.*

53.M.2.6A.M: *no, la verdad no, tendría que mirar la altura de otros niños de otros colegios y de otras clases y ya podrías decir si son altos o bajos.*

VII.2.6. RESULTADOS DE PC. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS Y REFORMULACIÓN. SEGUNDO PERIODO DE INVESTIGACIÓN

En primer lugar, se analizaron los resultados de la parte abierta de la segunda situación que evalúa la comprobación de hipótesis en la adaptación del TEPC del segundo periodo, a partir de la Tabla 48 (mínimo posible 0 y máximo 3). Al observar dicha tabla se apreció que la puntuación media obtenida por el conjunto de grupos experimentales aumentó en la parte post-test (.3 a .57). En el desglose por grupos experimentales se observó que todos los grupos presentaron una media superior en los resultados de la fase post-test con incrementos de entre .19 y .44. En cuanto al grupo control se apreció un descenso en la media de las respuestas post-test (.24 a .18).

Tabla 48

Estadísticos resultantes de la parte abierta de la segunda situación para la evaluación de la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación

	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 5ºA		Centro 6ºB		Centro 6ºB		Centro 5ºA		Centro 6ºA	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	.24	.18	.3	.57	.23	.67	.31	.5	.44	.7	.28	.47	.28	.47
Mediana	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Desviación estándar	.44	.39	.46	.67	.44	.65	.48	.67	.53	.95	.46	.51	.46	.51
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Máximo	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1
1er cuartil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3er cuartil	.5	0	1	1	.5	1	1	1	1	2	1	1	1	1

Nota. Fuente: elaboración propia.

Con el fin de comprobar la significatividad de estas observaciones se procedió a aplicar la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. El p valor obtenido para el caso del conjunto de grupos experimentales fue .011, por lo cual se pudo afirmar con un 95% de seguridad que el aumento en las puntuaciones fue significativo para el conjunto de grupos experimentales. En el desglose por grupos se obtuvo un p valor menor de .05 para el caso del Centro 2 5ªA, lo que determinó que en este grupo se obtuvo una mejora significativa en su desarrollo. En cuanto al grupo control, se obtuvo un p valor de .65, por lo que se establece que el descenso en las puntuaciones no es significativo en este caso.

Por otra parte, se comprobó si las diferencias entre los resultados del grupo control y los del resto de grupos-clase eran significativas mediante la prueba U de Mann-Whitney. Primeramente, se aplicó la prueba al conjunto de grupos experimentales en comparación con el grupo control y se obtuvo un p valor de .026, lo cual determinó que la diferencia entre las medianas es significativa al 95% y que el conjunto de grupos experimentales ha logrado una mejora en comparación con el grupo control. En la comparativa del resto de grupos experimentales con respecto al grupo control, se han obtenido p valores superiores a .05 en todos los casos, por lo que se acepta que no existen mejoras en la comparación de cada grupo experimental con el grupo control.

En segundo lugar, se han analizado los resultados relativos a la parte cerrada de esta misma situación (segunda situación que evalúa la comprobación de hipótesis). Para ello se recogen los principales estadísticos descriptivos en la Tabla 49 (mínimo posible 0 y máximo 1). Los resultados permiten afirmar que existe un incremento en las puntuaciones del conjunto de grupos experimentales, así como de cada uno de estos grupos-clase en la fase post-test. En cuanto a los resultados del grupo control, se observó un incremento en las puntuaciones en la fase post-test de .17.

Con el fin de comprobar la significatividad de estas observaciones se aplicó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. El p valor que se obtuvo al comparar las distintas fases de medición en el caso del conjunto de grupos experimentales fue .012. De esta forma se afirma que la diferencia entre los valores de las medianas de la primera y la segunda medición ha resultado significativa, es decir, que tras la intervención se obtuvo una mejora significativa en los conocimientos del conjunto de grupos experimentales sobre esta

variable. Los p valores que se obtuvieron en esta misma prueba en el desglose de los grupos experimentales fueron superiores a .05 en todos los grupos. Esto demostró que la mejora no es estadísticamente significativa para el desglose de grupos, a pesar de que sí lo es en el estudio conjunto de los grupos experimentales. En cuanto al grupo control se obtuvo un p valor de .25, por lo que en este caso se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición con un margen de error del 5%, es decir, en este caso no se apreció una mejora.

Tabla 49

Estadísticos resultantes de la parte cerrada de la segunda situación para la evaluación de la comprobación de hipótesis de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación

	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 5°A		2 Centro 6°B		2 Centro 6°B		5 Centro 6°A		6
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Post
Media	.24	.41	.29	.53	.23	.39	.39	.62	.2	.7	.32	.47	
Mediana	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	
Desviación estándar	.44	.51	.46	.5	.44	.51	.51	.51	.42	.48	.48	.51	
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Máximo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1er cuartil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3er cuartil	.5	1	1	1	.5	1	1	1	.25	1	1	1	

Nota. Fuente: elaboración propia.

Seguidamente, se comparó si la mejora de los grupos experimentales es significativa con respecto al grupo control a través de la prueba U de Mann-Whitney. De esa prueba se obtuvo un p valor de .25 en la comparativa del conjunto de grupos experimentales en contraste con el grupo control, lo cual determinó que la diferencia entre las medianas no es significativa al 95%. En la comparativa del resto de grupos experimentales con respecto al grupo control, se han recogido también p valores superiores a .05 con lo que se vuelve a determinar la ausencia de mejora.

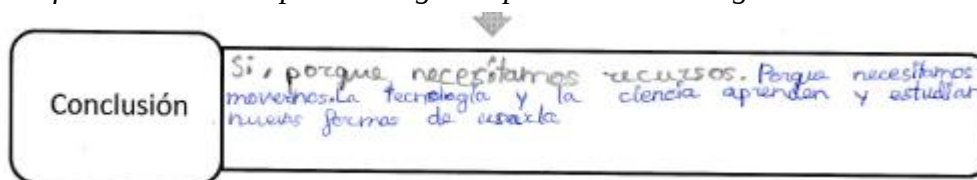
En síntesis, los resultados cuantitativos permitieron demostrar la mejora para el conjunto de grupos experimentales en las distintas fases de medición tanto en la parte abierta, como en la cerrada; es decir, que en conjunto los participantes han mejorado su capacidad de evaluación de la información para formular o reconsiderar hipótesis.

En las tablas de observación quedó recogido como los docentes no trabajaron de forma explícita la importancia de la reformulación de las hipótesis tras la obtención de nueva información o evidencias, de forma que esta enseñanza quedó relegada a un tratamiento no explícito. Concretamente, en el Centro 2 6ºA y en el Centro 6 se apreció que los docentes en los primeros ejercicios incidieron en que los estudiantes realizasen las diferentes tareas tal y como exponen los enunciados, no obstante, no hicieron uso de vocabulario específico sobre esta temática. Sin embargo, a partir de la segunda sesión se dejó de incidir en la reformulación y los estudiantes dejaron de realizar esta tarea. En el Centro 5 se empleó algo de vocabulario específico y se incitó a realizar esta reformulación de hipótesis en las actividades que se realizan por escrito; por el contrario, en las actividades que realizan únicamente de forma oral, el trabajo no queda registrado y, por tanto, solo se trabaja el contraste y la verificación sin incidir en la reformulación. En el Centro 2 5ºA se empleó vocabulario específico y se prestó mucha importancia a la reconstrucción del conocimiento. No obstante, lo que se aprecia en este caso es que en muchas ocasiones algunos grupos de estudiantes esperaban a realizar el ejercicio y, por ende, a formular sus hipótesis en el momento de debate, tiempo en el que ya cuentan con el apoyo y las ideas iniciales de otros compañeros y del docente.

Las observaciones de la investigadora se corresponden con los resultados obtenidos en las actividades realizadas, pues en los ejercicios se detectan reformulaciones en las respuestas de los estudiantes empleando otros colores (ver Figura 29).

Figura 29

Ejemplo de reformulación de hipótesis. Segundo periodo de investigación



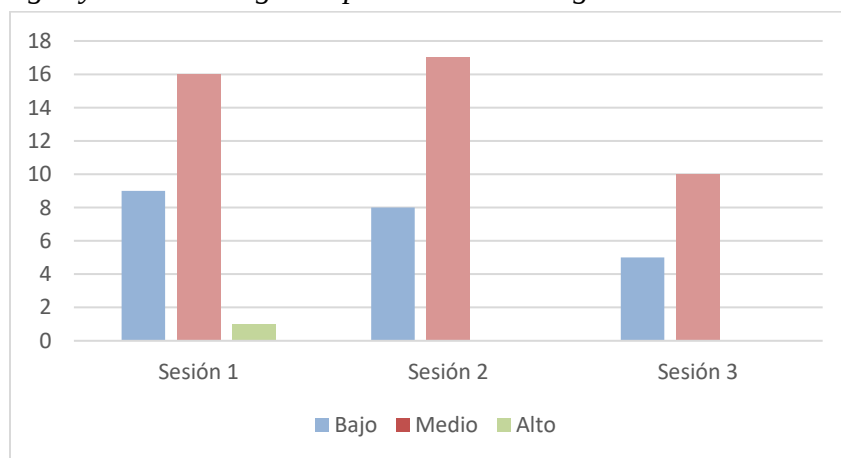
Nota. Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se recogió la evolución de esta capacidad a lo largo de las sesiones mediante su evaluación con las rúbricas diseñadas (ver epígrafe VI.1.2.4.) en la Figura 30. Lo primero a destacar es que el número de cuadernos evaluados desciende en la sesión tres, esto se debe a que los cuadernos del Centro 5 y del Centro 2 5ºA no han sido evaluados, ya

que como se ha indicado anteriormente las actividades fueron realizadas únicamente de forma oral. A pesar de esto se observa que el número de cuadernos situados en el nivel de logro bajo desciende (del 35% al 33%) de la primera a la tercera sesión, a la vez que aumenta el número de cuadernos evaluados que se sitúan en el nivel de logro medio (del 62% al 67%). Además, es preciso resaltar que en la primera sesión se encuentra un cuaderno en el nivel de logro alto de la rúbrica, siendo esta la única ocasión en la que un cuaderno se identifica con dicho nivel. Este cuaderno se corresponde con uno de los ejercicios elaborados por estudiantes del Centro 6, en concreto este centro pasa de tener 1 cuaderno evaluado en el nivel de logro bajo, 7 en el nivel de logro medio y 1 en el nivel de logro alto en la primera sesión a 2 en el nivel de logro bajo y 7 en el nivel medio en las sesiones dos y tres. Descenso que coincide con el retroceso en la incidencia del docente en realizar reformulaciones tras la puesta en común de los distintos ejercicios, tal y como se ha resaltado en el análisis de las observaciones realizadas en el aula.

Figura 30

Resultados de las producciones infantiles sobre comprobación de hipótesis (reformulación) por nivel de logro y sesiones. Segundo periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

VII.2.7. RESULTADOS DE PC. USO DE RAZONES, CONTRAARGUMENTOS Y FORMULACIÓN DE CONCLUSIONES. SEGUNDO PERIODO DE INVESTIGACIÓN

En la Tabla 50 se recogieron los principales estadísticos de los resultados de la parte abierta de la primera situación que evalúa el razonamiento verbal de la adaptación del TEPC del segundo periodo. A partir de estos datos se pudo apreciar que las puntuaciones

medias y las medianas obtenidas por todos los grupos son bajas (máximo posible 4, mínimo 0) en ambas fases de medición, aunque las medias sí presentan un ligero incremento en el post-test, excepto en el caso del Centro 2 5ºA que se mantiene. En cuanto a los resultados del grupo control, se pudo observar que la media se incrementa en .25 y la mediana se mantiene entre las fases pre y post-test.

Tabla 50

Estadísticos resultantes de la parte abierta de la primera situación para la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación

	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 5°A		Centro 2 6°B		Centro 2 6°B		Centro 5 6°A		6
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
Media	0	.25	.25	.56	0	0	.31	.62	.33	.67	.35	.88	
Mediana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
Desviación estándar	0	.58	.62	.98	0	0	.63	1.12	1	1	.61	1.1	
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Máximo	0	2	3	4	0	0	20	3	3	3	2	4	
1er cuartil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3er cuartil	0	0	0	1	0	0	.5	1	0	1	1	1.5	

Nota. Fuente: elaboración propia.

La comprobación de la significatividad de dichas diferencias se realizó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Los resultados permitieron concluir que con un p valor de .004 la diferencia entre las medianas de los resultados de las distintas fases de medición en el conjunto de grupos experimentales es significativa, por lo que se ha obtenido una mejora en la capacidad de análisis argumental en su versión de preguntas abiertas con una confianza del 95%. En cuanto al desglose por grupos-clase los p valores obtenidos son mayores de .05 en todos los casos excepto en el del Centro 6 (p valor .038). En el caso del grupo control se obtuvo un p valor de .102 y, en consecuencia, se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición con una confianza del 95%.

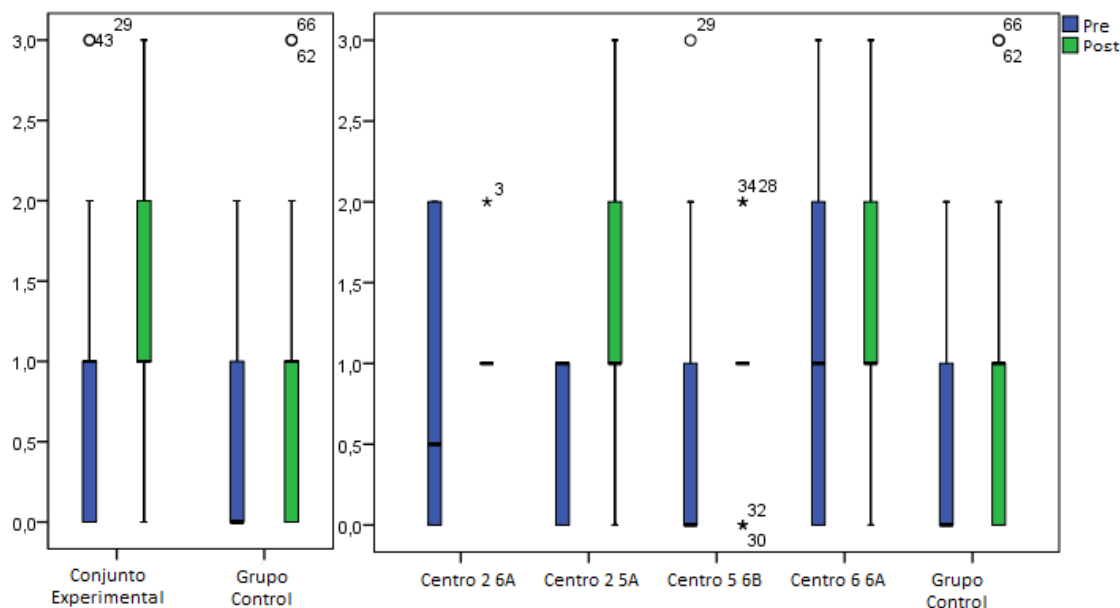
Por otra parte, se aplicó la prueba U de Mann-Whitney con el fin de comprobar si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control. Al realizar la comparación de medianas entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control se obtuvo un p valor de .26, lo cual permitió esclarecer que dicho conjunto de grupos no ha mejorado con respecto al grupo control de forma significativa. Lo mismo sucede al aplicar la prueba para cada uno de los grupos-clase.

En segundo lugar, se analizaron los resultados de la parte cerrada de la primera situación que evalúa el análisis argumental de la adaptación del TEPC, mediante los *boxplot* recogidos en la Figura 31. Los resultados obtenidos permitieron afirmar que la

mediana y los cuartiles sufrieron un incremento en la fase post-test, tanto en el caso del conjunto de grupos experimentales, como en el desglose por grupos-clase, con la excepción del Centro 2 6ºA (es conveniente recordar que el mínimo posible para esta pregunta es 0 y el máximo 4). No sucedió lo mismo con el grupo control que mantuvo las puntuaciones.

Figura 31

Boxplot de la parte cerrada de la primera situación para la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

La significatividad de estas diferencias entre fases de medición se comprobó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. En concreto, se obtuvo un p valor de .003 al comparar los resultados del conjunto de grupos experimentales, lo que permitió determinar, con una confianza del 95%, que la mejora experimentada había sido significativa. Cuando se realizó la comparativa por grupos de trabajo se obtuvieron p valores mayores de .05 en los grupos del Centro 2 (5ºA y 6ºA) (p valores .33 y .72 respectivamente). Esto determinó que la diferencia entre las medianas de los resultados de las fases pre y post test son significativas para los grupos de los Centros 5 y 6, o lo que es lo mismo, que en estos dos grupos se ha percibido una mejora significativa tras la intervención. En el caso del grupo control se obtuvo un p valor de .56 y, en consecuencia, se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición.

Seguidamente, se comprobó si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control mediante la prueba U de Mann-Whitney. De dicha prueba se obtuvo un p valor de .013 en para el contraste entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control, lo que indicó una mejora significativa en el desarrollo de esta capacidad para el conjunto de grupos experimentales en comparación con el grupo control. En el desglose por grupos-clase encontramos p valores menores de .05 en los casos del Centro 5 y el Centro 6 (.006 y .035 respectivamente), por lo que se sostiene la mejora con respecto al grupo control en el caso de estos dos grupos.

En síntesis, los resultados cuantitativos permitieron demostrar que el conjunto de grupos experimentales presenta una mejora significativa tras la intervención tanto en la versión abierta, como en la cerrada. Esta mejora se repite con respecto al grupo control en el caso de la parte cerrada de la situación lo que demuestra que los estudiantes identifican las distintas partes de un argumento con apoyo, y que son capaces de localizar dichos argumentos y destacarlos en un texto.

En las tablas de observación quedó recogido como se comenzó a trabajar la argumentación en la primera sesión con un momento de enseñanza explícita que aclara los componentes de un argumento. Este momento de enseñanza se aplicó en todos los grupos-clase cuando los docentes explicaron el esquema que se debía utilizar para responder a los ejercicios de la primera actividad de consolidación. A partir de esto los docentes fomentaron que los estudiantes empleasen vocabulario específico sobre esta temática, tanto en las actividades de consolidación, como en las de introducción, sin embargo, durante la dinámica de debate, no todos los docentes promovieron el uso de la capacidad argumentativa del mismo modo. A este respecto, los dos docentes del Centro 2 fomentaron más la interacción de los discentes y que los estudiantes replicasen o apoyasen los argumentos de sus compañeros en lugar de exponer las respuestas escritas. Mientras que en los Centros 5 y 6, aunque se procuraba fomentar esta interacción, se conseguía en menor medida. Además, durante las observaciones la investigadora recogió las siguientes cuestiones de interés:

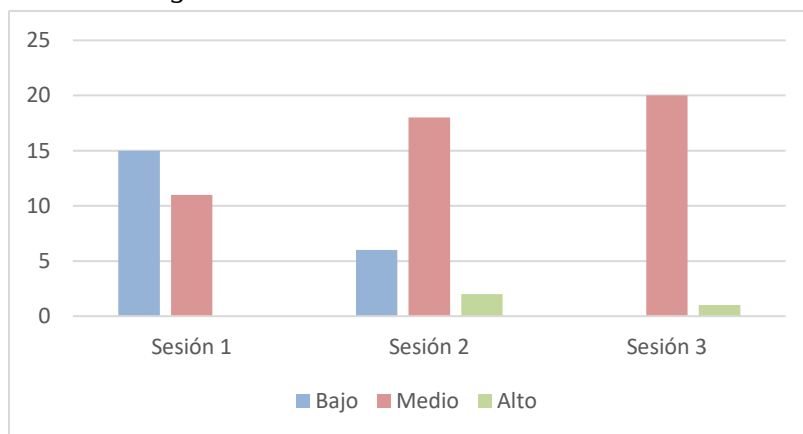
- En el Centro 6 el discurso argumental era agresivo y con poco apoyo en evidencias. En muchas ocasiones se daba por zanjada una discusión sin haber llegado a una idea científicamente adecuada.

- En el Centro 5 la evolución en el proceso argumental se vio un poco frenada en la última sesión que, siendo el culmen, la integración de contenidos resultó abrumadora para que todos los estudiantes se sintieran cómodos con su participación y las intervenciones fueron más individuales y con menos contraste.
- En el centro 2 5ºA las dinámicas de debate fueron muy fluidas y la interacción y discusión de los argumentos muy intensa.
- En el centro 2 6ºA no en todas las preguntas se fomentaban las réplicas o la conexión entre los argumentos presentados en el debate.

La evaluación de los cuadernos de trabajo a través de las rúbricas diseñadas (Tabla 29 epígrafe VI. 1.2.4.) permitió la elaboración de la Figura 32. A partir de dicha figura se detectó una mejora en las capacidades de argumentación, especialmente entre el primer y el segundo bloque de actividades. Entre la segunda y tercera sesión se precisó hacer uso de porcentajes para el análisis, puesto que los cuadernos del centro 5 no se han evaluado con respecto a esta capacidad al no haber completado actividades suficientes de forma escrita. En concreto se estimó que en la segunda sesión un 69% de los cuadernos de trabajo pertenecían al nivel de logro medio y un 8% al nivel de logro alto, frente a un 95% en el nivel de logro medio y un 5% en el nivel alto en la tercera sesión. Estos datos entre las dos últimas sesiones permiten observar que los participantes se sitúan fundamentalmente en el nivel medio y se paraliza la mejora a nivel alto, que al no evaluar los cuadernos del Centro 5 pierde cuadernos clasificados en su categoría.

Figura 32

Resultados de las producciones sobre análisis argumental por nivel de logro y sesiones. Segundo periodo de investigación



Nota. Fuente: Elaboración propia

Por último, en el seguimiento realizado mediante las entrevistas, se preguntó a los participantes si recordaban el hilo argumental principal del audiovisual presentado en la tercera sesión. Todos los estudiantes afirmaron recordar los principales argumentos presentados en el audiovisual, aunque mostraban más o afirmaban recordar mejor los argumentos en contra del *fracking*. En este caso, no se aprecian diferencias significativas por nivel de aprendizaje, lo cual permite señalar que el alumnado identificó y retuvo los componentes del argumento presentado en el audiovisual, lo que se corresponde con los datos de mejora aportados por los resultados cuantitativos de la parte cerrada de la evaluación de esta categoría. Algunos ejemplos que ilustran estas afirmaciones aportadas por los participantes son:

49.M.2.6A.A: *no me acuerdo muy bien, pero podría decirte algunos argumentos. Lo primero, tiene sus partes malas y sus partes buenas, como todo. No puede ser ni perfecto ni malísimo. Pero con el medio ambiente pues hay un problema. Yo es que... lo están explotando para conseguir ese fracking, lo están explotando y ese es el efecto malo. Teniendo en cuenta que el fracking no se hace por ninguna razón buena, sino para ganar dinero simplemente tampoco tiene muchos aspectos buenos, pero también es verdad que si no hubiésemos hecho fracking no tendríamos casi petróleo y no podríamos hacer, por ejemplo, que los coches funcionasen. Entonces algo bueno tiene. Siempre algo bueno tiene que tener. Entonces hay que ir a lo que hemos dicho antes del balance.*

26.M.5.B.A: *sí, pues que el fracking era una manera de extraer gases inyectando agua a mucha presión para extraer el gas y había otras personas que decían que no era bueno para el medio ambiente porque si había algún gas en el pozo podría ser malo y porque muchos ríos se contaminaban y se podía hundir la tierra si se descuidaba el pozo. (¿entonces había argumentos a favor y en contra, y tú cuando veías el vídeo sabías identificar cuáles eran a favor y en contra?) sí yo creo que sí.*

44.M.2.6A.M: *sí, pero no muy bien. Me acuerdo solamente de las cosas malas. Al usar esto, una especie de técnica explosiva pueden crear terremotos y ... bueno y también contaminar mucho el área en generar y también las quejas.*

30.M.2.5A.P: *sí. Había unas personas que decían que el fracking contaminaba, pero otras decían que la técnica, aunque contaminase, se utilizaba para estudiar más las cosas y darnos energía. También los agricultores no estaban de acuerdo porque...*

porque...puede causar terremotos... pero yo creo que a los políticos les parecerá bien porque es más barato la técnica y no tendíamos que comprar la energía no renovable a otro país, sino que la podríamos extraer nosotros y nos sale más barato y podemos avanzar en nuestras cosas.

VII.2.8. RESULTADOS DE PC. DIFERENCIACIÓN ENTRE ARGUMENTO RAZONADO, OPINIÓN Y HECHO. SEGUNDO PERIODO DE INVESTIGACIÓN

En la Tabla 51 se recogen los principales estadísticos de los resultados de la parte abierta de la segunda situación que evalúa el análisis argumental de la adaptación del TEPC en el segundo periodo. A partir de dichos datos se pudieron apreciar medianas y medias bastante bajas en todos los grupos (mínima puntuación posible 0 y máxima 4) en el pre-test con medias generalmente inferiores a .5 excepto en el Centro 5 6ºB (1). En cuanto a la fase post-test, se percibió un aumento en las puntuaciones, que en el caso del conjunto de grupos experimentales es de .86 puntos. En los casos concretos de los grupos-clase los incrementos más sustanciales se obtuvieron en el Centro 6 y el Centro 2 6ºB. En los resultados del grupo control, también se observó un ligero incremento en la puntuación (.11) en la fase post-test.

Tabla 51

Estadísticos resultantes de la parte abierta de la segunda situación de la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación

	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 5ºA		Centro 2 6ºB		Centro 2 6ºB		Centro 5 6ºA		Centro 6	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Media	.18	.29	.19	1.05	0	.25	.08	1.5	1	1.14	.47	1.2		
Mediana	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	2		
Desviación estándar	.39	.47	.4	1.2	0	.62	.28	1.51	.32	1.2	.51	1.03		
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Máximo	1	1	1	3	0	2	1	3	1	3	1	3		
1er cuartil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3er cuartil	0	1	0	2	0	0	0	3	0	2	1	2		

Nota. Fuente: elaboración propia.

La comprobación de la significatividad de estas diferencias se realizó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon. Como resultado se obtuvo un p valor de .000 en su aplicación en el conjunto de grupos experimentales, de modo que se estableció que la

diferencia entre las medianas de los resultados de las distintas fases de medición para este caso es significativa con una confianza del 95%. En el desglose de grupos experimentales se observó que dos de estos grupos presentan una mejora estadísticamente significativa, según los resultados de esta misma prueba: Centro 2 6°A (p valor .013) Centro 6 6°A (p valor .008); mientras que el Centro 5 6°B (p valor .066) y el Centro 2 5°A (p valor .18) no incrementan tanto su puntuación como para lograr una mejora estadísticamente significativa. En lo relativo al grupo control, esta prueba permitió esclarecer que existe igualdad entre las medianas en las distintas fases de medición (p valor .41), es decir, que no se presenta una mejora. En otras palabras, el conjunto de grupos experimentales y en concreto los grupos-clase Centro 2 6°A muestran mejoras significativas en cuanto a la capacidad de los estudiantes de escribir opiniones y redactar razones y conclusiones sobre una cuestión que se les plantea.

Por otra parte, se comprobó la significatividad de la mejora de cada uno de los grupos con respecto al grupo control mediante la prueba U de Mann-Whitney. Al realizar la comparación de medianas entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control se obtuvo un p valor de .013, lo cual permitió esclarecer la mejora significativa de dicho conjunto de grupos con respecto al grupo control. Sin embargo, cuando aplicamos esta prueba en el desglose de grupos experimentales, se observó que solo resulta significativa en el caso del Centro 6 (p .01).

En segundo lugar, se analizaron los resultados relativos a la parte cerrada de la segunda situación destinada a la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC en el segundo periodo, mediante los datos recogidos en la Tabla 52. A partir de esta tabla, se observó que las puntuaciones obtenidas en los casos de los grupos experimentales, tanto en conjunto como en su desglose por grupos-clase, son bajas en ambas fases de medición (mínimo y máximo posibles 0 y 3 respectivamente), aunque se observaron incrementos en las puntuaciones en el post-test (conjunto de grupos = .38; Centro 2 5°A = .51; Centro 2 6°A = .31; Centro 5 = .3; Centro 6 = .32). En el caso del grupo control se percibe un incremento de .09.

Tabla 52

Estadísticos resultantes de la parte cerrada de la segunda situación para la evaluación del análisis argumental de la adaptación del TEPC. Segundo periodo de investigación

	Centro Control		Grupos experimentales		Centro 5°A		Centro 2 6°B		Centro 2 6°B		Centro 5 6°A		6
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	
Media	.71	.8	.82	1.2	.62	1.3	.77	1.08	.7	1	1.05	1.37	
Mediana	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	
Desviación estándar	.85	1	.86	.72	.51	.75	.93	.29	1.1	.67	.91	.9	
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Máximo	2	3	3	3	1	3	2	2	3	2	3	3	
1er cuartil	0	0	0	1	0	1	0	1	0	.75	0	1	
3er cuartil	1.5	1	1	2	1	2	2	1	1.25	1.25	2	2	

Nota. Fuente: elaboración propia.

La significatividad de estas diferencias entre fases de medición se comprobó mediante la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, al igual que en los casos anteriores. En concreto, se obtuvo un p valor de .03 al comparar los resultados del conjunto de grupos experimentales, lo que permitió determinar con una confianza del 95% que la mejora producida entre fases es significativa estadísticamente. Cuando se realizó la comparativa por grupos de trabajo se obtuvieron p valores mayores de .05 en todos los grupos excepto en el Centro 2 5°A. Esto determinó la existencia de una mejora significativa tras la intervención en uno de los grupos-clase. En el caso del grupo control se obtuvo un p valor de .77 y, en consecuencia, se aceptó la igualdad entre las medianas de la primera y la segunda medición.

Seguidamente, se comprobó si la mejora de cada uno de los grupos era significativa con respecto al grupo control, mediante la prueba U de Mann-Whitney. La comparación entre el conjunto de grupos experimentales y el grupo control obtuvo un p valor de .026, lo que permitió determinar que la diferencia entre las medianas es significativa con un margen de error del 5% y, por tanto, la mejora que ha experimentado el conjunto de grupos experimentales es significativa en comparación con los resultados del grupo control. En lo relativo a las comparaciones entre el grupo control y cada uno de los grupos experimentales se registraron p valores mayores de .05 en todos los casos, por lo tanto, no se encontraron diferencias en la comparativa entre las medianas.

En síntesis, los resultados cuantitativos permitieron demostrar que tanto la situación abierta, como la cerrada presentan una mejora entre fases de medición para el conjunto de grupos experimentales y especialmente en, al menos, uno de los grupos-clase. Concretamente, según estos resultados se estima que el conjunto de grupos experimentales ha mejorado en su capacidad para discernir entre opinión, argumento razonado y para expresar su opinión y elaborar razones y conclusiones relativas a dicha opinión (argumentos razonados). Asimismo, cabe destacar que la mejora estadísticamente significativa del Centro 6 para la parte abierta coincide con su evolución en la anterior situación pues destaca especialmente en la redacción e identificación de los componentes de un argumento.

El análisis de las observaciones permitió establecer que solo se ha tratado explícitamente la diferencia entre opinión, hecho y argumento razonado en el Centro 2 5ºA. En el resto de los centros el profesorado se ha centrado en la exposición de un argumento y sus elementos sin dirigir la atención a la diferencia entre los elementos señalados. Esto coincide con los resultados cuantitativos, puesto que solo en el Centro 2 5ºA ha conseguido mejoras significativas en la parte cerrada.

VII.2.9. RESULTADOS SOBRE CONCEPTOS RELATIVOS A LA ENERGÍA. USO DE TERMINOLOGÍA ADECUADA, IDENTIFICACIÓN DE CONTENIDOS EN CONTEXTO Y TRANSFERENCIA

Al igual que en el anterior periodo, en esta categoría se presentan los resultados relacionados con el abordaje del concepto de energía. En concreto, se expondrán datos recogidos mediante instrumentos como las tablas de observación, las producciones infantiles y las transcripciones de las entrevistas realizadas a los alumnos participantes. En un primer momento se van a presentar los resultados relativos a la observación y los cuadernos de trabajo organizados por contenidos (propiedades y tipos de energía, fuentes de energía renovable, fuentes de energía no renovable y el *fracking*).

En cuanto a las propiedades de la energía, a partir de las observaciones realizadas y recogidas en las tablas de observación, se destaca que el docente del Centro 2 5ºA ha dedicado tiempo a explicar detenidamente las propiedades de la energía durante la actividad “escuchan-preguntan”, empleando los materiales (Anexo II). No obstante, en lugar de

establecer un diálogo con los estudiantes donde se fueran discutiendo y ejemplificando los contenidos a trabajar, ha sido el docente quien ha aportado los ejemplos de transformaciones, degradación y transferencia de energía. Por otra parte, en la actividad de consolidación de la primera sesión donde se abordaban estas cuestiones de forma explícita, el docente no ha reconducido debidamente errores terminológicos como “*la energía se gasta*” o la equivalencia entre fuente de energía y energía. En relación con el análisis de las producciones de los estudiantes, al encontrar grandes diferencias entre los resultados de las distintas propiedades de la energía de forma recurrente (no solo en el análisis de los cuadernos de trabajo de este centro, sino de todos los grupos-clase) se van a tratar por separado los criterios propuestos en la rúbrica presentando, por una parte, aquellos relacionados con la degradación y el transporte y, por otro lado, el relacionado con la transferencia. De esta forma, los resultados de evaluación según la rúbrica para las propiedades de degradación y transporte en este grupo-clase fueron tres de los seis cuadernos en nivel de logro alto y, los tres restantes, en nivel medio; mientras que en el caso de la transferencia la evaluación situó cuatro cuadernos en nivel alto y dos en nivel medio.

Los docentes del grupo 6ºA del Centro 2 y del grupo del Centro 6 han procedido de forma similar, de modo que se presentan los resultados en conjunto. Sendos docentes han presentado los contenidos en la actividad “escuchan-preguntan” sin una explicación en profundidad de las propiedades de la energía y apenas han mencionado el concepto de degradación de la energía. Ambos se han limitado a realizar una lectura superficial de la presentación proporcionada. No se ha entablado un diálogo con los estudiantes en el que se haya solicitado a estos ejemplos de uso/reconocimiento de estas propiedades en su entorno próximo. Tampoco se ha tratado la importancia de las propiedades de la energía a nivel social. Por otro lado, durante la actividad de consolidación de la primera sesión, a raíz de las preguntas planteadas, surgen cuestiones sobre la degradación de la energía que no se resuelven. En consecuencia, se estima que, al no cumplir con la profundidad debida en la explicación de la degradación de la energía, los estudiantes mantienen dudas sobre la conservación de la energía (García-Carmona y Criado, 2013). A este respecto los estudiantes emplearon en varias ocasiones la expresión “*la energía se gasta*”, sin ser reconducidos por los docentes. En cuanto al análisis de las producciones mediante la

rúbrica adaptada. Los estudiantes del Centro 6 han obtenido siete cuadernos en nivel bajo y dos en nivel medio en el criterio que incluye las propiedades de degradación y transporte de la energía; y nueve en nivel medio en el criterio sobre la transformación de la energía. Esto queda en línea con los resultados del grupo 6ºA del Centro 2 con cuatro cuadernos evaluados con nivel de logro bajo y dos con nivel medio para las propiedades de degradación y transporte, y seis en nivel medio para la propiedad de transformación.

Por su parte en el Centro 5 el docente dedicó tiempo a trabajar las propiedades de la energía durante la actividad “escuchan-preguntan” con ayuda de la presentación propuesta. Cabe resaltar como positivo el uso de vocabulario con corrección y la dedicación de tiempo suficiente para tratar cuestiones más controvertidas como la degradación de la energía. En este grupo se realizó la dinámica estableciendo debidamente un diálogo con el alumnado y solicitando ejemplos de situaciones cotidianas del uso de la energía y de la identificación de una propiedad de la misma. Además, el docente se detiene debidamente en la propiedad de degradación utilizando vocabulario específico.

Durante el desarrollo de la actividad de consolidación se observaron reconducciones de las escasas respuestas que mantienen concepciones alternativas de los estudiantes. Se apreció un discurso muy preciso con expresiones o ideas planteadas por el alumnado como *“la energía se debilita y se escapa alrededor y no la podemos recuperar”* (un estudiante refiriéndose a la degradación de la energía). Estas expresiones resaltan la teoría presentada por García-Carmona y Criado (2013) que afirma que con un buen tratamiento de la propiedad de la degradación se llega a una mejor comprensión de la conservación de la energía. Asimismo, el análisis de los cuadernos de trabajo de este grupo mediante las rúbricas de evaluación (ver en la Tabla 31 en el epígrafe VI.1.2.4.) determinó que cuatro de los cuadernos han logrado un nivel de logro alto y uno un nivel medio en el criterio de las propiedades de degradación y transporte; mientras que en el criterio de transformación de la energía los cinco cuadernos han alcanzado un nivel de logro alto.

La observación con respecto a los tipos de energía determina que en ninguno de los tres centros se destinó el tiempo necesario a profundizar en esta cuestión. En todos los centros se trabaja con ayuda de la presentación (se trata del mismo material que en el caso de las propiedades de la energía) y se hace mención a ellos, pero no se profundiza en los mismos de forma que no se trata su identificación en entornos naturales y artificiales en

todos los casos. En cuanto a su importancia en nuestra vida cotidiana (uso de la energía para hacernos la vida más fácil, uso biológico de la energía), cabe resaltar que en el Centro 5 el docente dedicó algo más de tiempo a trabajar los tipos de energía en comparación con el resto de los grupos. En este caso sí se llegó a establecer un diálogo en la actividad “escuchan-preguntan” sobre los usos de la energía con discusiones como *“la única energía que necesitamos para vivir es la de los alimentos”* (intervención de un estudiante del Centro 5) *“¿te vas a comer un filete crudo? necesitas energía para más cosas”* (respuesta de otro estudiante al primero). Asimismo, en el Centro 6 aunque no se generó un diálogo sobre estas temáticas en la actividad “escuchan-preguntan”, sí aparecieron estas reflexiones durante la actividad de consolidación con ideas como *“la energía es necesaria para nuestro cuerpo”* (intervención de un estudiante del Centro 6).

En cuanto a los resultados en los cuadernos de trabajo se perciben diferencias en las evaluaciones según los grupos-clase. Por una parte, la evaluación según las rúbricas en los cuadernos de trabajo de los Centros 5 y 6 determina que ambos criterios han obtenido niveles de logro similares para estas producciones. En concreto, se han clasificado dos cuadernos del Centro 5 en el nivel de logro alto y tres en el nivel medio, y dos de los cuadernos del Centro 6 en el nivel de logro alto, seis en el nivel medio y uno en el bajo. Resultados que coinciden con las observaciones realizadas sobre el proceso de enseñanza del contenido. Por otra parte, los grupos del Centro 2 (5ºA y 6ºA), al no realizar una enseñanza en profundidad del contenido, obtienen resultados diferentes en los dos criterios de la rúbrica, presentan niveles altos o medios en el caso del uso de la energía para facilitar aspectos de la vida cotidiana, y medios o bajos en la comprensión de la necesidad biológica de la energía para la realización de las funciones vitales.

En relación con las fuentes de energía renovables, se detectó, durante las observaciones en los grupos-clase, que inicialmente los participantes conocían la energía solar fotovoltaica y la energía eólica (en campos terrestres); es decir, los estudiantes no manifestaron en ningún caso haber adquirido un aprendizaje significativo de fuentes de energía como la hidráulica, la geotérmica, la biomasa o la energía del mar. Tampoco mostraron conocer el potencial energético de las distintas fuentes en su territorio próximo. Con respecto al trabajo de estos contenidos en cada uno de los grupos-clase se destaca que:

El docente del Centro 2 5ºA dedicó tiempo a la presentación de las diferentes fuentes de energía durante la actividad “escuchan-preguntan”, mientras empleaba el material elaborado para esta implementación (Anexo II). Sin embargo, continuó sin entablar un diálogo con los estudiantes que indujera verdaderamente a la reflexión sobre las fuentes de energía disponibles en el territorio próximo en contraste con la procedencia de la energía que habitualmente consumen los estudiantes. Por otra parte, durante el desarrollo de las actividades de consolidación sobre las fuentes de energía, se observaron nuevamente menciones a concepciones mal adquiridas en relación con las propiedades de la energía que no se recondujeron (nuevas menciones a que la energía se gasta) y a las que se añadieron cuestiones relativas a las ventajas y desventajas de las fuentes de energía renovables. Algunos estudiantes presentan expresiones como *la desventaja de las no renovables es que no las usamos tanto como deberíamos* o *la energía no renovable no tiene ningún defecto a mí me parece una energía muy buena* sin que sean clarificadas ni reconducidas. Dichas observaciones se corresponden con los resultados obtenidos por los participantes en los cuadernos de trabajo donde, tras la evaluación mediante la rúbrica correspondiente, se sitúa a los seis cuadernos en un nivel de logro bajo. Además, cabe destacar que durante el análisis se apreció gran confusión entre el reciclado de objetos y de energía. Se usaban expresiones como *que gastamos menos energía y reciclamos más* referido al uso de fuentes de energías renovables como energías recicladas.

Según lo recogido en las tablas de observación, los docentes del Centro 2 6ºA y el Centro 5 presentaron los contenidos en la actividad “escuchan-preguntan” con la profundidad requerida, pues dedicaron tiempo a cada una de las fuentes de energía renovables y visualizaron los vídeos de apoyo enlazados en las presentaciones. Ambos han dedicado tiempo a comentar los mapas y a reflexionar sobre la disponibilidad de fuentes de energía renovable en el territorio español, entablando un diálogo con el alumnado, tal y como requiere la dinámica. En consecuencia, las reflexiones presentadas en la actividad “escuchan-preguntan” reaparecen en los debates de la actividad de consolidación de la segunda sesión. No siendo necesario realizar reconducciones notables por parte de los docentes. También es reseñable como en el Centro 5 la mayor parte de la actividad de consolidación de la segunda sesión se realizó de forma oral, restando tiempo a los trabajos de reconstrucción y de visibilización del conocimiento. En cuanto al análisis de las

producciones infantiles, mediante la aplicación de la rúbrica, cabe destacar que se desestimó el análisis de las producciones del Centro 5 por falta de respuestas escritas por parte de los participantes, así como que de los seis cuadernos evaluados del Centro 2 6ºA tres se situaron en el nivel de logro medio y tres en el nivel alto a pesar de detectar muchas carencias a la hora de encontrar desventajas de las fuentes de energía renovable.

Por último, el docente del Centro 6, conforme a lo observado durante la actividad de exposición de contenidos, se basó en la presentación elaborada para trabajar las distintas fuentes de energía. Sin embargo, no se detuvo en trabajar en profundidad cada una de las fuentes de energía ni visualizó los enlaces complementarios. Tampoco entabló el diálogo esperado con el alumnado para reflexionar sobre las fuentes de energía disponibles en el territorio y las que verdaderamente se emplean para el abastecimiento energético. En relación con el análisis de las producciones infantiles mediante la rúbrica se clasificaron los nueve cuadernos del grupo-clase en el nivel medio. Cabe desatacar que se apreció un déficit encontrado en las respuestas dadas en la capacidad de los estudiantes en reconocer las desventajas de las fuentes de energía renovable y el potencial de estas en el territorio español, lo que coincide con las observaciones realizadas.

Con respecto a las fuentes de energía no renovables, quedó reflejado en las tablas de observación que la totalidad de los participantes de los diferentes grupos-clase conocían las principales fuentes de energía no renovables y los principales impactos que podían causar en el medio. Aunque se detectó menor grado de conocimiento en el uranio, la energía nuclear y en los usos del carbón. En relación con las características observadas en las implementaciones de cada grupo-clase se destaca:

Las observaciones realizadas en torno a esta temática permiten resaltar que el docente del Centro 2 5ºA durante la actividad “escuchan-preguntan” de la segunda sesión continuó con la tendencia de presentar una explicación más o menos completa del contenido (no se profundiza en los usos del carbón), tomando como base las presentaciones disponibles. No obstante, no se llegó a profundizar en cuestiones determinantes como resaltar las ventajas del uso de estas fuentes de energía. Tampoco se entabló el programado diálogo reflexivo con el alumnado que permitiera reconducir las concepciones alternativas. En consecuencia, al final de la sesión 2 en el aula surgieron de nuevo ideas como *las energías renovables no tienen desventajas solo el dinero de ponerlas* (anotación de una

intervención en el Centro 2 5ºA). Durante la tercera sesión se plantearon una vez más cuestiones relativas a las fuentes de energía no renovables ante las que el docente se enfrentó del mismo modo descrito en la sesión anterior.

Al final de la sesión tres, momento culmen surgido al aplicar todos los conceptos trabajados anteriormente, se observaron ideas confusas fruto de las escasas reconducciones en conceptos anteriormente trabajados como, *la energía no renovable del fracking se puede transformar en renovable* (anotación en el Centro 2 5ºA), que son rebatidas solo por otros compañeros, *eso no se puede solo es renovable lo que es casi infinito y el gas natural no es infinito* (anotación de una intervención en el Centro 2 5ºA), sin más reflexión ni aclaración conceptual por parte del docente. Es decir, se estima que el escaso cimentaje en conceptos clave como las propiedades de la energía influyeron en las reflexiones sobre el aprovechamiento de las fuentes de energía no renovables no permitiendo a algunos discentes llegar a un nivel de logro aceptable del concepto.

Estas observaciones se corresponden con los resultados analizados en los cuadernos de aprendizaje mediante la rúbrica diseñada, puesto que se clasifican cuatro de los seis cuadernos en el nivel de logro bajo y dos en el medio. Se destaca también que solo se evalúan las respuestas de las actividades de consolidación de la segunda sesión, debido a que las preguntas sobre esta temática en la tercera sesión se realizaron exclusivamente de forma oral.

Conforme a lo recogido en las tablas de observación en el grupo 6ºA del Centro 2 y en el grupo del Centro 5 se realizó una presentación reflexiva de los contenidos entablando un diálogo con los estudiantes durante la actividad “escuchan-preguntan”. En dicho diálogo se trataron de forma explícita cuestiones como el porqué del uso de fuentes de energía no renovables, exponiendo temas como la cantidad de energía que permiten extraer. Estas reflexiones se trasladaron al discurso de los estudiantes durante la actividad de consolidación, donde se registraron las siguientes intervenciones: *son más rápidas en el funcionamiento* (se refiere a la eficiencia de las fuentes de energía no renovable) (anotación del Centro 2 6º), *usamos la energía nuclear porque produce más electricidad que otras* (anotación Centro 5). En la tercera sesión, se hicieron patentes estos aprendizajes, ya que quedaron reflejados en el discurso de los estudiantes, pues estos transferían este conocimiento a las propias razones por las cuales se implementa la tecnología *fracking*

porque sacan gases y petróleo que se necesita para tener mucha energía (anotación Centro 5). Sin embargo, la mayoría de los estudiantes hacían gala de una arraigada conciencia ambiental, no teniendo en cuenta cuan grande es la dependencia social de esos hidrocarburos y, anteponiendo los impactos ambientales a dicha necesidad, se posicionaban en contra del *fracking*. Solamente una persona en cada grupo decía estar también *un poco a favor* (anotación Centro 5) *yo estoy en las dos porque a favor si dejamos de hacer esto nos vamos a quedar sin los materiales y en contra porque contamina* (anotación Centro 2 6ºA).

Respecto a la evaluación de las producciones mediante las rúbricas diseñadas (ver en la Tabla 31 en el epígrafe VI.1.2.4.), en el Centro 5 solo se realiza dicha evaluación para las actividades propuestas en la segunda sesión debido a la falta de respuestas escritas en los cuadernos de trabajo. En concreto, de los cuadernos evaluados se sitúan tres en nivel de logro alto y dos en nivel medio. En el caso del Centro 2 6ºA sucede lo mismo con las preguntas relativas a la tercera sesión, de modo que se evalúan solo las preguntas de la segunda sesión, situando dos cuadernos en el nivel de logro alto y cuatro en el nivel medio.

En cuanto a lo sucedido en el Centro 6, según las observaciones, el docente se basó en la presentación disponible para exponer los contenidos de forma superficial, especialmente en los casos de la energía nuclear y el carbón. Del mismo modo, no se entabló un diálogo con los estudiantes y, en consecuencia, no se indujo a reflexiones como las ventajas de estas fuentes de energía. Durante la actividad de consolidación de la segunda y tercera sesión el discurso se centró en los impactos ambientales y en la contaminación, no siendo el alumnado capaz de ligar esas reflexiones con las necesidades sociales relacionadas con la energía y no siendo esto reconducido por el docente. En la sesión sobre el *fracking* se observa que se señalan algunos aspectos positivos de esta tecnología, pero solo se identifican, no se asumen como algo verdaderamente que tener en cuenta debido al déficit en las reflexiones como, *para tener dinero y gas* (anotación del Centro 6).

La evaluación de las producciones mediante las rúbricas diseñadas (ver en la Tabla 31 en el epígrafe VI.1.2.4.) en este centro (Centro 6) se realiza sobre las cuestiones relativas la actividad de consolidación sobre fuentes de energía no renovables y sobre la actividad de consolidación sobre el *fracking*. En concreto, en la evaluación sobre las actividades de la actividad de consolidación sobre las fuentes de energía no renovables el 89% de los

cuadernos se sitúan en el nivel de logro bajo y el 11 en el medio. En la segunda actividad evaluada, los resultados mejoran con el 67% de los cuadernos en nivel de logro bajo y el 43% en nivel de logro medio.

En relación con el concepto de *fracking* conviene destacar que, como en ninguno de los casos los estudiantes tenían conocimientos previos sobre la temática, todos los docentes invirtieron la estructura de la sesión comenzando por la actividad “escuchan-preguntan”. En este caso el tratamiento realizado por los cuatro docentes fue similar. Todos los implicados sin excepción se detuvieron en la presentación y explicaron la técnica *fracking*. Seguidamente, iniciaron la reproducción del audiovisual. En este caso cabe resaltar que en el Centro 5 y en el grupo 5ºA del Centro 2 se realizaron pausas para clarificar algunos puntos del vídeo. En todos los grupos se estima que los discentes comprendieron qué es el *fracking*, así como las posturas presentadas en el audiovisual. Durante la actividad de consolidación los principales temas tratados ya se han expuesto, no obstante, se puede resaltar un interés y motivación por la temática en todos los grupos.

Finalmente, en el seguimiento realizado tras la intervención a través de entrevistas a los estudiantes, se plantearon cinco preguntas relativas a esta categoría. En primer lugar, se preguntó sobre qué actividades consideran más interesantes los alumnos. Sobre esto la mayor parte de los estudiantes destacaron las actividades relacionadas con el *fracking*, generalmente por la novedad del tema y en un caso por el trabajo científico-tecnológico asociado a la técnica. Además del *fracking* dos estudiantes entrevistados nombraron también el cuaderno de trabajo y la metodología que les ha permitido trabajar en pequeño grupo y gran grupo. Como se pudo apreciar en las transcripciones en este caso no hay diferencias entre grupos-clase ni niveles de aprendizaje, como muestran los ejemplos expuestos a continuación:

3.F.6.A.A: *pues... lo de la contaminación y lo de las energías renovables y no renovables porque así nos concienciamos para no hacerlo mal (qué fuentes de energía te han interesado más). Lo del petróleo y el gas.*

26.M.5.B.A: *pues... eh... a mí me ha parecido interesante el cuadernito que nos dio y las preguntas sobre las energías renovables... porque creo que son mejores para el medio ambiente.*

34.M.2.5A.M: *pues la que hicimos un debate sobre los cambios del uso del fracking y el fracking. Porque me llamo la atención de que haciendo presión bajo la roca se pudiese sacar gas natural.*

44.M.2.6A.M: *en general todo, la verdad, en general todo, pero sobre todo el fracking porque era una cosa nueva para mí.*

14.M.6.A.P: *lo de la esta, lo de la forma de extracción del gas (el fracking) porque he pensado que han estudiado mucho para tener una técnica que de gas.*

28.F.5.B.P: *eh... No sé a mí me ha parecido todas muy interesantes, porque podía hablar con mis compañeros, porque es como algo muy natural y a mí me gusta intentar cuidar el medio ambiente.*

La segunda pregunta relacionada con esta categoría se dirigió a conocer cuáles eran las actividades que menos interesantes les habían parecido a los estudiantes. En esta línea, el alumnado entrevistado mostraba un acuerdo generalizado en que todas las actividades les habían interesado. Resaltan algunas aportaciones como la de un estudiante que no le gustó escribir el cuaderno de trabajo (en contraposición con dos que lo destacaban como una de sus actividades preferidas) u otros que hacían referencia a las energías no renovables, aunque refiriéndose a que no tenían aprecio por el uso excesivo de estas fuentes de energía más que por las actividades realizadas. Algunos ejemplos de estas declaraciones son:

3.F.6.A.A: *no sé, es que todo en realidad me parece importante.*

26.M.5.B.A: *pues lo que menos me ha gustado yo creo que es hacer en el librito las cosas sobre la energía no renovable que me parece que es peor para el medio ambiente (¿no te gustan las actividades o no te gustan esas fuentes de energía?) no, no me gustan esas energías, las actividades me parecen todas bien.*

7.M.6.A.M: *lo más aburrido fueron las últimas preguntas porque me constó más entenderlas.*

53.M.2.6A.M: *pues no sé qué decirte, menos interesante... no sé me ha interesado todo.*

28.F.5.B.P: *que estábamos muy separados y no podíamos hacerlo muy bien juntos. Y lo de la energía renovable.*

30.M.2.5A.P: *pues ninguna.... No sé me han gustado todas, son muy interesantes.*

La tercera pregunta persiguió comprender qué contenidos había aprendido el alumnado durante las sesiones. A este respecto el contenido más destacado, independientemente del nivel de aprendizaje, fue el *fracking*, seguido del mar como fuente de energía. También un estudiante resaltó las reflexiones sobre el uso cotidiano de la energía. Como en el caso anterior, los estudiantes nombraron y destacaron estos conocimientos como nuevos para ellos sin presentar dificultades. Tampoco se detectan diferencias en las respuestas por nivel de aprendizaje o entre grupos-clase

41.F.2.5A.A: *Pues el fracking no lo conocía ni había visto nada de él y no sabía ni siquiera que exista ni nada.*

49.M.2.6A.A: *pues mira otra vez con el tema de las energías renovables, no conocía alguna de ellas. Por ejemplo, las energías... las normales que sí conocía como la solar, pero he descubierto que gracias al agua se puede hacer energía y eso antes no lo tenía muy claro y ahora he descubierto como. (con agua de los ríos o con agua también del mar). Agua del mar, sobre todo agua del mar no de los ríos.*

34.M.2.5A.M: *un poco de todo, pero ehhh lo que no había oído hablar ni del fracking ni del uso en el hogar, bueno del uso en el hogar sí, pero así no.*

44.M.2.6A.M: *las técnicas del fracking, los efecto positivos y negativos y ... bueno... (¿Y las fuentes de energía renovables las conocías todas?) sí me faltaban una o dos.*

28.F.5.B.P: *sobre la energía no renovable, eso era lo más nuevo porque nunca lo había dado así antes. (¿el fracking?) sí eso era lo que no había dado antes. (¿la energía del mar la conocías?). Energía del mar un poco.*

30.M.2.5A.P: *cómo es el uso de la energía, como contamina tanto al planeta la energía no renovable y como nos facilita la vida. (¿y del fracking habías oído hablar?) no, del fracking no había oído hablar.*

La cuarta pregunta se centró en averiguar qué actividades o temas les habían resultado más difíciles de entender a los estudiantes. Sobre esto la mayoría del alumnado señaló el *fracking* como el contenido más difícil, aunque indicando que no mucho o que sí lo han llegado a entender. Sin embargo, otros resaltaron la dificultad de llegar a acuerdos en los debates; de redactar los cuadernos de trabajo, por el tipo de preguntas que se plantean, o de comprender la energía y sus propiedades relacionándolas con la vida diaria. Estas

declaraciones, aunque de forma más desdibujada, pueden relacionarse, al igual que en el periodo anterior, con la metodología aplicada. Unos estudiantes centraban la dificultad en el contenido, como es el caso del *fracking* o del trabajo de las relaciones profundas entre la energía sus propiedades y la sociedad; mientras que otros la centraban en la metodología, mencionando los debates y los tipos de preguntas de los cuadernos. Algunas afirmaciones de los alumnos que reflejan estos aspectos quedan recogidas:

3.F.6.A.A: *lo de que el otro día que hubo un debate en clase de quién tendría que tomar las decisiones de esto y quién no y por qué. En realidad, todo el mudo tendríamos que elegirlo todos y sin embargo X decía que solo los científicos. (¿y llegasteis a un consenso?) Sí a lo de que los científicos nos dieran unas razones y luego los ciudadanos también pudiesen decidir. (¿y a esta opinión llegasteis tus compañeros y tú?) Y con ayuda de Nobredel docente.*

26.M.5.B.A: *Pues... yo creo que el cuadernito, porque había preguntas difíciles. (¿con la ayuda de los compañeros te ha resultado más fácil?) Sí.*

34.M.2.5A.M: *el uso de la energía en el hogar por los porcentajes y todo eso.*

44.M.2.6A.M: *[...] el que me ha resultado más difícil de entender ha sido el fracking, porque al principio no se me había quedado muy clara la idea, pero luego ya me ha ido quedando más claro y más, más hasta que lo he entendido.*

14.M.6.A.P: *lo del principio de la energía y las propiedades, porque las cosas no eran como nosotros las hacíamos, era más raro y las preguntas no son como las que nos hacía Nombredel docente.*

30.M.2.5A.P: *pues en ninguno, todos los he entendido bien. (el más difícil de todos) pues... también el fracking porque al principio no entendía cómo se extraía la energía del subsuelo.*

La quinta pregunta se centró en averiguar qué opinan los estudiantes sobre las SEA diseñada y sobre si dicha SEA les ha ayudado a pensar. A este respecto se puede dividir la primera parte de la pregunta en tres tipos de respuestas que no se condicionan mediante el nivel de aprendizaje, respuestas que versan sobre contenidos relativos a la energía, respuestas relacionadas con la NdCyT aplicadas a la energía e incluso respuestas relacionadas con capacidades de pensamiento crítico.

Respuestas sobre contenidos relativos a la energía:

14.M.6.A.P: *pues yo creo que para darme cuenta de la energía de lo que vale, de la contaminación de muchas cosas que no sabía cómo lo de comernos la contaminación y lo del fracking.*

20.M.5.B.M: *pues para entender la energía que usamos como se hace.*

49.M.2.6A.A: *no solo para apara aprender sobre la energía. Creo que me van a servir en la vida, por ejemplo, yo... aprender esto no es como aprender a hacer raíces cuadradas, que te va a servir, pero no mucho. La energía sí porque luego yo monto un trabajo y monto placas solares porque quiero usar energías renovables y así sé cómo puedo hacerlo y creo que me van a ayudar mucho en la vida cotidiana.*

Respuestas relacionadas con la NdCyT aplicadas a la energía:

26.M.5.B.A: *pues... para ver... sobre todo cosas sobre el cambio del medio ambiente y sobre los... las cosas malas que tienen algunas cosas y las cosas buenas que tienen las energías renovables o las no renovables.*

41.F.2.5A.A: *para pensar y reflexionar sobre quién tiene que opinar si las personas o los científicos o... los presidentes.*

Respuestas relacionadas con capacidades de pensamiento crítico:

3.F.6.A.A: *para aprender a debatir y después para saber cómo responder preguntas importantes [...]. (¿antes habíais debatido en clase?) No*

7.M.6.A.M: *para aprender a razonar mejor con mi compañero y para aprender cosas de la energía.*

Sobre la segunda parte de la pregunta que permitió destacar si este tipo de sesiones ha ayudado a los estudiantes a pensar. En este sentido el total de los entrevistados destacan que estas sesiones les han ayudado a pensar, debido a las preguntas que se plantean, a trabajar construyendo respuestas con el compañero, a trabajar contenidos sobre los que no habían tenido oportunidad de pensar o que no conocían y por los planteamientos que hacían ver que no todo eran cosas buenas. Algunos ejemplos son:

3.F.6.A.A: *Sí, me ha ayudado a pensar porque había preguntas difíciles de responder y entre mi compañera y yo pues las hemos sacado al final.*

49.M.2.6A.A: *yo soy muy de hacerme el lio y deirme por los caminos difíciles y hacerme el lio yo solo. Entonces yo creo que sí me ha ayudado a tener otra manera de pensarlo, no solo centrarme en una sino más abiertas. Maneras más abiertas.*

7.M.6.A.M: *sí, porque como yo cuando los ejercicios son individuales pongo lo que opino yo, pues como mi compañero y yo a veces opinábamos cosas distintas pues había que pensarlo.*

44.M.2.6A.M: *sí, la verdad, me han ayudado a pensar y también un poquillo incluso a mi forma de pensar un poco. (¿y por qué crees?) Pues no sé... es porque se enfocan en cosas que al principio te puede parecer algo bueno, pero luego si te lo pones a pensar así bastante bien, pero son cosas que al final pueden afectar a alguien o algo negativamente.*

14.M.6.A.P: *sí porque yo creo que he razonado cosas que antes no razonaba.*

30.M.2.5A.P: *sí, porque antes no había pensado sobre estas cosas y no tenía mucha idea sobre estas cosas. Creo que he pensado más en el fracking porque no sabía que existía esta técnica del subsuelo y me ha servido para aprender muchísimo que no sabía de la energía.*

VII.2.10. CORRELACIONES DE LOS RESULTADOS CUANTITATIVOS EN EL SEGUNDO PERIODO DE INVESTIGACIÓN

En la Tabla 53 se presentan los coeficientes de correlación extraídos mediante la prueba de Spearman. A partir del análisis de dicha tabla se determinaron las correlaciones entre los ítems de la adaptación del COCTS. Así pues, se estableció que el ítem 40211 (influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos) correlaciona con los ítems 40311 (influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Los equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología) y 80131 (construcción social de la tecnología. La dependencia del uso de una nueva tecnología). Además, el ítem 40311 correlaciona con el 80131. Fue el ítem 80211 (construcción social de la tecnología. El control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos) el único ítem que no correlaciona con ninguno de los restantes de este cuestionario.

Por otra parte, los ítems del COCTS correlacionan con algunas de las situaciones de la adaptación del TEPC. A este respecto el ítem 40211 correlacionó con las partes abiertas de la situación CH1_A (comprobación de hipótesis. Formulación de hipótesis en base a las evidencias) y CH2_A (comprobación de hipótesis. Comprobación de hipótesis y

reformulación). El ítem 40311 con la situación CH2_A abierta y el ítem 80131 con la CH1_A parte abierta.

Finalmente se analizan las correlaciones entre las propias situaciones de la adaptación del TEPC. En esta línea, la adaptación de la situación CH1_C parte cerrada correlaciona con la situación CH2_A parte abierta, la situación AR1_A parte abierta (Análisis argumental. Uso de razones, contraargumentos y formulación de conclusiones) y la situación AR2_A parte abierta (análisis argumental. Diferenciación ente argumento razonado, opinión y hecho). En segundo lugar, la adaptación de la situación CH2_C parte cerrada correlaciona con la parte abierta de la situación AR2_A. En tercer lugar, la adaptación de la situación AR1_A parte abierta correlaciona con la parte abierta y cerrada de la situación AR2_AyC. Por último, la parte cerrada de la situación AR1_C correlaciona con la parte abierta de la situación AR2_A

Tabla 53

Coeficientes de correlación entre variables. Segundo periodo de investigación

	40211	40311	80131	80211	CH1_A	CH1_C	CH2_A	CH2_C	AR1_A	AR1_C	AR2_A	AR2_C
40211	1	.340**	.375**	-.029	.257*	.075	.255*	.131	.074	-.017	.165	.037
40311	.340**	1	.403**	.187	.153	.132	.246*	.192	.167	.143	.165	-.030
80131	.375**	.403**	1	.073	.272*	.109	.200	-.062	-.002	-.015	-.021	.165
80211	-.029	.187	.073	1	.190	.155	.128	-.097	.178	.095	.140	.065
CH1_A	.257*	.153	.272*	.190	1	.043	-.086	-.047	.236	.095	.167	.056
CH1_C	.075	.132	.109	.155	.043	1	.438**	.070	.215	.337**	.385**	.156
CH2_A	.255*	.246*	.200	.128	-.086	.438**	1	.087	-.192	-.069	.166	.066
CH2_C	.131	.192	-.062	-.097	-.047	.070	.087	1	-.173	.090	.298*	.113
AR1_A	.074	.167	-.002	.178	.236	.215	-.192	-.173	1	.238	.248*	-.280*
AR1_C	-.017	.143	-.015	.095	.095	.337**	-.069	.090	.238	1	.296*	.064
AR2_A	.165	.165	-.021	.140	.167	.385**	.166	.298*	.248*	.296*	1	-.038
AR2_C	.037	-.030	.165	.065	.056	.156	.066	.113	-.280*	.064	-.038	1

Nota. Fuente: elaboración propia.

VII.2.11. RESULTADOS DE LOS GRUPOS FOCALES

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras la realización de los grupos focales atendiendo a la categorización establecida en la Tabla 36 del epígrafe VI.3.2

VII.2.11.1. Qué entienden los participantes por NdCyT

Los maestros que no han participado en el proyecto mediante la implementación de la SEA no han respondido al preguntarles qué entienden por NdCyT, de forma que se entendió que no sabían expresar sus conocimientos previos sobre NdCyT o que no poseen suficientes conocimientos como para expresarlos en una sesión como esta. En consecuencia, se pasó a hacer una breve presentación del concepto, con el fin de que pudiesen evaluar posteriormente si tiene cabida abordar contenidos sobre NdCyT en Educación Primaria. En contraposición, sí que se obtuvo una opinión sobre qué es la NdCyT por parte de las docentes de los grados en educación, como muestran los siguientes fragmentos de las transcripciones:

8FU: *Yo cuando empecé con todo este tema de la Naturaleza de las Ciencias es algo que vi desde educación, o sea, de cuando me puse a leer cosas de didáctica. Yo no recuerdo en la carrera que nadie hubiera hablado de naturaleza de la ciencia.*

Asimismo, estas docentes entienden que la NdC es un meta-conocimiento sobre las ciencias que incluye qué es la ciencia, su forma de abordar el conocimiento (método científico, formas de preguntar, inexistencia del principio de autoridad...), como que el conocimiento científico no es definitivo...

8FU: *la naturaleza de la ciencia es lo que define la ciencia y lo que hace la ciencia diferente de la filosofía. Es su forma de abordar el conocimiento de la realidad; es centrarse en el mundo material como... como objeto de estudio; las formas de preguntar, que son muchas en ciencias; que no existe el principio de autoridad... Eso sería la naturaleza de la ciencia.*

VII.2.11.2. Importancia de trabajar la NdCyT desde las primeras edades (etapas de infantil y primaria; 3-12 años)

Tras la exposición a los maestros del concepto de NdCyT estos pudieron realizar comentarios sobre su abordaje en Educación Primaria. En esta línea algunos participantes destacan como lo ajenos que resultan algunos de estos contenidos a nivel social, a su formación y a los estudiantes pueden dificultar su inclusión en esta etapa educativa, así afirman:

5FEP: *yo me quedo con la pregunta de quién toma las decisiones en la ciencia, quien toma las decisiones de poner una central o quien toma las decisiones de hacer un... algo nuevo de investigación. Es algo que no tenemos claro a nivel de sociedad, nosotros como profesores y pasa todavía más con los niños. Realmente no se tiene mucha idea. No se siente poder decir yo voy a poder opinar sobre esto. Entonces como que queda algo lejano y sobre todo para trabajarlo en primaria porque constantemente estamos diciendo que los niños en primaria tienen que sentirse partícipes de su aprendizaje. Entonces claro muchas veces estos temas de Ciencias tan puros, por así decirlo, se les queda tan lejos y se sienten tan externos a ellos que es muy difícil, yo creo, trabajarlos o involucrarlos si no tienen un interés personal.*

Sin embargo, otros docentes destacan que el enfoque puede resultar positivo precisamente como forma de acercar la ciencia al contexto del alumnado, por ejemplo:

7FEP: *yo creo que el enfoque es muy positivo porque [...] para entender la relación entre ciencia tecnología y sociedad hay que llevarlo a su entorno más cercano y es lo que les invitas a hacer en las preguntas estas de la conclusión de cada sesión. Ahí se ve muy bien como ellos tienen que ponerse en la piel del contenido que están dando, pues está aplicado en su entorno más cercano y ahí es donde entra también la parte de pensamiento crítico de ver el impacto que eso tendría en su vida. Es como construir desde su propia experiencia y yo creo que es el enfoque que se debería de seguir, no solo para dar este tema, sino para otros en ciencias y en otras asignaturas.*

En esta misma línea, las docentes universitarias destacan el trabajo de la NdCyT en Educación Primaria y en la formación de futuros maestros. En concreto, resaltan como necesario el trabajo de estos aspectos desde el punto de vista de conocer cómo se hace ciencia. No hacen referencia a una dimensión teórica, sino de aproximar a los estudiantes la forma de acceder al conocimiento científico, de hacer ciencia:

8FU: *trabajarlo en el aula creo que sería importante, no de manera teórica, pero sí de manera de ir adquiriendo esa capacidad. [...] Quitarnos de la cabeza que las Ciencias son los conceptos o las teorías, sino entender cómo se han generado esos conceptos y esas teorías. Ese proceso de enfrentarse a los problemas y de ir buscando esas herramientas.*

12FU: *para estos pequeños pues sí se podría explicarles estas pequeñas características de la ciencia, no darles un tema de filosofía de la ciencia [...], pero sí que*

es verdad que si la ciencia tiene una dimensión procedimental y tiene un método pues llamarles la atención sobre que ese método ya es hacer ciencia. Yo creo que con eso ya... ya les estás dando un poquito de naturaleza de la ciencia.

10FU: tratar eso en primaria, pues a ver, depende hasta donde queramos llegar. Lo puedo ver complejo, pero sí que hay que hacerles entender que es la ciencia y cómo se hace ciencia para que diferencien como comentabais, no sé si era 8FU, que es ciencia y qué no lo es. Que sean conscientes de la influencia que ejercen ciencia y tecnología sobre la sociedad me parece absolutamente necesario, vamos desde el primer día.

Asimismo, en este caso el discurso también se ha dirigido a la problemática de introducir estos temas en las aulas de esta etapa educativa.

11FU: el problema es cómo encajar la enseñanza de la naturaleza de las Ciencias en un sistema en el que se enseña Ciencias Naturales en toda la primaria con un libro. Siguiendo el libro, con el problema añadido de que quienes lo enseñan en la parte bilingüe están enseñando vocabulario de ciencias y muy poquita ciencia. Es encajar ahí el tema de la naturaleza de la ciencia [...]. Yo eso no lo estoy viendo aquí, entonces lo veo muy complicado, hay tanto que cambiar antes...

8FU: si es que eso es cambiar... cambiar la metodología porque tienes que enseñar otras cosas, no tienes que enseñar solo los conceptos; sino los procesos los procedimientos, la actitud de la perseverancia, la constancia... no me ha salido y lo vuelvo a intentar. 9FU y yo empezamos el curso con una actividad cuestionándose si era una semilla o no un ser vivo y planteando qué necesitan para germinar. Yo les llamé la atención sobre el sesgo de confirmación, pero al mismo tiempo les felicité a las que les salió que les habían germinado las semillas a oscuras y dijeron “hemos hecho mal el experimento, vamos a repetirlo”. Los datos dicen lo contrario, pero bueno repetirlo a ver si es una cuestión de diseño experimental o qué es lo que está pasando ahí.

VII.2.11.3. Legislación y NdCyT

Sobre la inclusión de la NdCyT en el actual currículo de Educación Primaria (Real Decreto 126/ 2014 de 28 de febrero), tanto los maestros como las docentes en los grados en educación, estiman que algunos contenidos se encuentran en el bloque 1 del currículo de

Ciencias de la Naturaleza. No obstante, también destacan que no se indica cómo deben trabajarse dichos contenidos. Algunos testimonios es esta línea son:

6MEP: *el bloque 1 habla en exclusiva de la actividad científica, es en teoría eso [...]. Con el bloque 1 de Ciencias pasa un poco como con el plan lectoescritor de lengua. Plan que son dos palabras, pero que se permite desarrollarlo como tú quieras un poco. Entonces yo creo que ahí estaría la cabida del pensamiento crítico o aunque no está directamente se sobre entiende.*

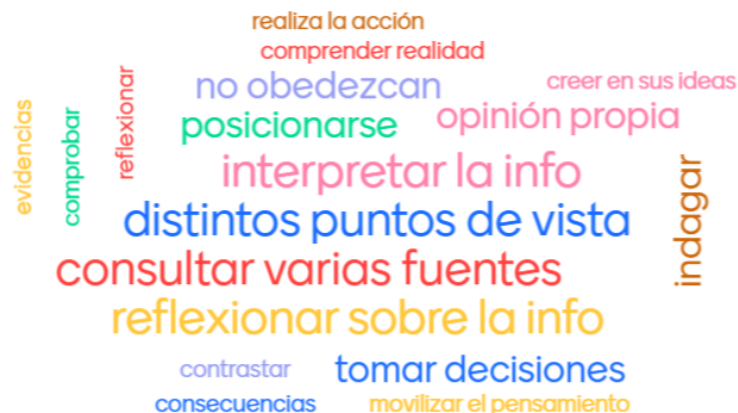
10FU: *yo creo que en el currículo de educación primaria en el bloque de iniciación a la actividad científica sí que se debe de trabajar y hay mencionados contenidos de manejo de fuentes [...]. Yo creo que está, pero no dice como debería de ser.*

VII.2.11.4. Qué entienden los participantes por PC

Con el fin de recoger qué capacidades y disposiciones incluyen los maestros y las docentes universitarias sobre PC, se realiza una nube de palabras que muestra en función del tamaño de letra los conceptos que más han repetido los participantes durante la dinámica (a mayor tamaño más repeticiones). Como se puede observar en las Figuras 33 y 34, los maestros han incluido gran cantidad de capacidades relacionadas con el PC. Todas las aportaciones resultaron ser bastante acertadas y, en conjunto, muestran una perspectiva bastante completa del componente cognitivo de este constructo. Por su parte, las docentes universitarias se han extendido menos, pero también incluyen una perspectiva correcta de varias capacidades asociadas a el PC.

Figura 33

Qué entienden los maestros por PC



Nota. Fuente: Elaboración propia

Figura 34

Qué entienden las docentes universitarias por PC



Nota. Fuente: Elaboración propia

En cuanto al resto de factores inherentes al PC, cabe destacar que los maestros incluyen algunos conceptos más relacionados con el componente disposicional como, no dejarse convencer o tener una opinión propia; mientras que estos conceptos no se reconocen en la nube de palabras de las docentes universitarias.

VII.2.11.5. Importancia y viabilidad de trabajar el PC desde las primeras edades (etapas de infantil y primaria; 3-12 años)

Los maestros reconocen la importancia de potenciar el desarrollo del PC en las aulas de Educación Primaria, sin embargo, también consideran que es una de las cosas que por

sobrecarga dejan de incluir en sus programaciones. En esta línea, aparecen dos posturas, la de asumir el desarrollo del PC como parte de los objetivos del centro para que todo el claustro contribuya paulatinamente a su desarrollo y todos los docentes queden comprometidos para dicho fin; frente a la opción de trabajar el PC, aunque sea como proyecto personal dentro de un aula. A este respecto, todos excepto uno de los participantes señaló que sería útil que fuese un proyecto de centro, mientras que la persona restante hizo ver que, a pesar de ser útil, ella prefiere sus “pequeñas revoluciones a nivel de aula”. Se muestran algunos de los testimonios que han permitido extraer esta información:

5FEP: pues yo estoy un poco en la línea de 7FEP que yo creo que todos queremos que nuestros alumnos desarrollen esta capacidad, pero no siempre tenemos la opción o nosotros mismos no damos las oportunidades de que este desarrollo se produzca porque muchas veces lo tenemos todo tan encasillado que no saben qué pensar o que pueden llegar a pensar; porque ellos solamente se centran en llegar al cole sentarse y lo que me cuenten o lo que me digan que tengo que hacer [...]. Entonces bueno creo que poco a poco vamos haciendo pequeños cambios, pero creo que a grandes rasgos estamos todavía lejos de conseguirlo.

4MEP: yo la verdad es que estoy bastante de acuerdo con ellas (5FEP y 7FEP) yo creo que pensamiento crítico, enseñar a pensar a los alumnos, me pasa un poco como con el trabajo de las competencias, qué debería tener más peso en el... en el día a día, pero a veces por el trajín de contenidos de cosas que tenemos que dar lo dejamos a un lado. Es una de las cosas que dejamos a un lado en el cole. Entonces creo que claro que los niños... la propia metodología de rutinas de pensamiento habla de eso, de rutinas, si no lo establecemos con una rutina y los chicos tienen directrices claras que son guiados por nosotros para enseñar a pensar, pues luego es difícil que les exijamos que lo hagan. Entonces creo que una de las claves sería cambiar la metodología un poco también a nivel de centro. Que los centros den importancia a este tipo de metodologías que promueven el aprendizaje... el aprendizaje más crítico o el aprendizaje más activo.

3FEP: yo creo que tiene total y absoluta cabida o sea a mí me da igual que mis compañeros lo hagan o no lo hagan. No sé quién ha dicho que... como que habría que imponerlo implementarlo a nivel de centro (6MEP, 5FEP). Yo prefiero pequeñas revoluciones a nivel de aula, aunque sea una me da igual y es que se puede lograr

totalmente. Yo hablo desde mi experiencia al principio te da como un vértigo de hacer esto, pero luego cuando ves que los niños tiran y que además esto lo demandan es que está totalmente normalizado o sea yo sí.

En estas declaraciones también hemos podido observar que se estima que el trabajo del PC debe ser rutinario. Un trabajo diario, algo que trabajar progresivamente y que si no se realiza de este modo aparecen dificultades asociadas al proceso de enseñanza-aprendizaje, como figura en las siguientes afirmaciones:

2FEP: es una manera de trabajar muy buena, pero hay que hacerlo desde pequeños. Es como cuando se empieza con ABN. Si de repente si tú quieres empezar con ABN en cuarto de Educación Primaria, como hice yo hace un par de años, pues es un fracaso. Tienen que estar los niños acostumbrados desde pequeñitos, es un proceso.

Por otra parte, se destaca que la clave para el abordaje del PC se encuentra en la metodología empleada en el aula, resaltando que una forma de desarrollar el PC es implementar metodologías activas que fomenten el pensamiento sobre contenidos curriculares.

7FEP: yo creo que es viable y de hecho debemos hacerlo. Es una parte fundamental del desarrollo personal desarrollar ese pensamiento crítico en todos los ámbitos de la vida y más en la escuela. El problema son las metodologías que utilizamos, si dan cabida o no al desarrollo del pensamiento crítico. Entonces yo abogaría por las metodologías más activas abiertas en las que tú puedas añadir este tipo de dinámicas como rutinas de pensamiento o el elemento que tú quieras utilizar para desarrollar el pensamiento crítico y pues eso mezclarlo con los contenidos. Infusionarlo con los contenidos que tienes que dar o que el currículo te demanda.

Por último, uno de los maestros destaca como motivo para que no se trabaje de esta forma el PC la necesidad de ceder tiempo para que el alumnado piense y la poca predisposición del profesorado a ceder dicho tiempo.

6MEP: Que para hacerlo bien necesitas mucho tiempo porque para pensar de manera profunda pues requiere tiempo y muchas veces los profesores nos cuesta. Nos cuesta ceder ese tiempo por la presión de los contenidos que hemos hablado antes.

Sobre esta temática los docentes universitarios no tienen duda. El PC debe ser abordado en las aulas de Educación Primaria, pero resaltan matices como:

1-. La posibilidad de que existan intereses fuera del mundo educativo que no estén de acuerdo con su enseñanza.

10FU: *yo creo que es imprescindible desde las primeras etapas, pero visto desde el punto de vista educativo. Yo no sé si realmente interesa desde fuera del mundo educativo que se fomente el pensamiento crítico (asentimiento por parte de todas las integrantes).*

2-. La complejidad de la enseñanza del pensamiento.

11FU: *Eso de enseñar a pensar parece muy básico, pero es que no lo hacemos. Parecía que infantil era el ejemplo de, oye que ahí dejamos que los niños participen. Parecía la clase más democrática del mundo y luego cuando estás en un aula de infantil ves que no es así. Primero porque casi todas las cosas se ponen en común en la asamblea y entonces lo que dice el primero ya lo dicen todos con lo cual, ya ahí pensamiento crítico hay muy poquito.*

3-. El trabajo del PC en anteriores programas educativos.

8FU: *es que lo de enseñar a pensar yo creo que eso es filosofía básica. La filosofía es pensamiento. Hemos visto cómo ha ido desapareciendo la filosofía de los planes de estudio que estaba en los niveles de bachillerato y ahora pues ha quedado como una anécdota total y que en algunos casos es historia de la filosofía y hay poco de lo que es la filosofía en sí, del pensamiento, pero antes era una asignatura también fundamental del magisterio. Entonces, yo como hija de maestros, yo puedo decir que ellos sí que trabajaban en la parte del razonamiento. Yo sí que recuerdo pensamiento y razonamiento en las aulas en EGB. Parece que la enseñanza tradicional... pero habría que ver qué es enseñanza tradicional más allá de todo el trabajo de los movimientos de renovación pedagógica que hubo antes de la LOGSE en los años 80 incluso en los 70 había una forma de educar, dentro de lo que era el franquismo y que estaba todo como muy dirigido también se trabajaba el pensamiento. Yo tengo la sensación de que trabajaba la lógica.*

VII.2.11.6. Legislación y PC

Sobre la inclusión del PC en el currículo vigente (Real Decreto 126/ 2014 de 28 de febrero) hay discrepancias entre los maestros participantes en el grupo. Por una parte, algunos docentes creen que la legislación según está da pie al trabajo del PC desde el punto

de vista metodológico y mediante el trabajo por competencias. De forma que como docentes ya tienen sustento legal para trabajar el desarrollo del PC.

6MEP: *ahora que nos van a cambiar el currículo, igual oye ahora lo incluyen. No sabemos qué puede pasar entonces. Hasta ahora yo creo que estamos en el saco de la metodología. De la capacidad de elegir qué metodología utilizar. No está introducido como contenido curricular. Tienen el pensamiento como algo que nos puede ayudar a llegar a un... a un contenido. No, de hecho, es el vehículo, como decía alguien (1MEP) nos puede facilitar la comprensión del determinado contenido [...]. Entonces yo creo que está incluido, pero está incluido ahí. Entonces somos nosotros los que decidimos qué metodología utilizar si queremos meter el pensamiento con una metodología vehicular para alcanzar los contenidos.*

4MEP: *creo que al final la ley sí que nos da posibilidades de interpretar e interpretar la misma y creo que sí que tiene cabida. La ley nos habla que tenemos que trabajar las competencias clave. Una de ellas es la competencia para aprender a aprender, y qué es más que aprender a aprender el pensamiento crítico, tomar tus propias decisiones, reflexionar...*

Por otra parte, se valora si integrar el PC como parte del currículo sería más favorable para fomentar su implementación en esta etapa educativa. A este respecto, algunos docentes señalan que al estar incluido en el currículo habría una obligación de abordarlo en el aula y no dejarlo a voluntad del docente. Sin embargo, otros maestros no son tan optimistas y piensan que una inclusión obligatoria no garantiza que se aplique una enseñanza del PC exitosa, en este sentido mencionan el trabajo por competencias, a pesar de estar desde hace varios años recogido en la legislación educativa, aún no se aborda de forma eficiente.

1MEP: *yo creo que si se integrarse como parte del currículum ahí ya no tendríamos escapatoria. Digamos que por lo menos tendríamos que intentarlo. Entonces con eso ya tendríamos, aunque sea obligados, pero ya tendríamos un camino recorrido. Yo creo que el pensamiento crítico es como hemos dicho en todos los ámbitos de la vida.*

5FEP: *yo voy a ser un poco más negativa, por así decirlo, porque, aunque esté en la ley de manera bueno más obligatoria, por así decirlo, no quiere decir que garantice éxito. Porque mirar las competencias, o sea cuánto tiempo nos llevan metiendo las competencias,*

que tenemos que trabajar por competencias y bueno ahí siguen estando. Se miran de vez en cuando. Se intentan trabajar de aquella manera, pero va dependiendo en función de cada metodología y cada profesor cómo va trabajando esas competencias o como las va incluyendo en su día a día. Entonces yo creo que con el pensamiento crítico va a pasar exactamente lo mismo. Si un profesor lo considera una herramienta importante, la va a implementar.

En cuanto a la opinión de las docentes universitarias, estiman que al mostrarse explícitamente el PC en el currículo los maestros lo reflejarían más que si no aparece, como muestran las siguientes afirmaciones:

8FU: *pues yo no sé si ese proceso se puede pautar en el currículo, pero si tú tienes la obligación de trabajar la lógica, pues tendrás que trabajar la lógica, mejor o peor. Pero si nadie te dice que tienes que trabajar la lógica, al final se queda en tu voluntad o no [...].*

12FU: *es que lo que no está en el currículo, bueno, no se da. Al final yo creo que la preocupación o parte de la preocupación de un maestro es acabar o terminar el temario y si no está, pues siempre va a haber otras cosas más importantes.*

11F: *evidentemente en el caso de primaria se tendría que recoger de una manera acorde con cómo está hecho el currículo. En el de infantil ni nos lo imaginamos porque ahí son ideas como sueltas [...].*

Asimismo, destacan la necesidad de ser cautos porque una integración en el currículo como contenido curricular es complejo, ya que por su carácter competencial se puede trabajar desde muchas áreas, pero puede ser una integración vacía al no ser estos trabajados en profundidad.

8FU: *yo creo que es que es eso, es algo transversal. Dices en qué asignatura, pues es que tendría que ser un trabajo de todos, parte del trabajo educativo del centro o del currículo en general, porque también es algo de lengua, es la expresión oral y escrita y tiene que estar ahí. Saber argumentar y explicar y exponer y entender lo que dice el otro.*

11FU: *pero los contenidos transversales si no están bien definidos. Lo que es de todos... no es de nadie*

VII.2.11.7. La SEA y su relación con la NdCyT y el PC

Los maestros mantienen acuerdo en que la SEA, por el nivel de los contenidos curriculares, es apropiada para quinto o sexto curso, aunque algunos de ellos matizan que puede necesitar alguna simplificación para su puesta en práctica en quinto curso. Por otra parte, hay acuerdo generalizado en que los esquemas y rutinas empleadas para el desarrollo del pensamiento pueden llevarse a cabo con escasas modificaciones en cursos inferiores, siempre y cuando en dichos cursos se trate con metodologías afines con las de la propuesta.

2FEP: yo creo que los contenidos para quinto/sexta, pero insisto en que lo tenemos que entrenar para que todo fluya mucho más.

7FEP: sí yo creo que están ubicados en los cursos superiores por la complejidad del contenido, pero la secuencia con las rutinas tal cual está planteada, pues como hemos dicho antes se puede aplicar a cualquier contenido a cualquier unidad didáctica y en cursos más bajos con contenidos más sencillos.

4MEP: pues está claro que, por el contenido, si nos centramos solo en el contenido, tiene que estar orientado a cursos más altos, porque es cuando profundizamos en este tema. Pero vuelvo un poco a repetir... un poco lo mismo, depende. Es que ningún sexto es igual, ningún quinto es igual. Si son niños que vienen trabajando en este tipo de metodologías cambiando cuatro cosillas en cuarto o en tercero ya se puede llevar a cabo. Igual otro sexto que está acostumbrado a hacer, como comentábamos antes, ejercicios del libro de texto y no han tomado una decisión en toda su etapa de primaria, pues no van a poder llevarlo a cabo.

Con respecto a los materiales de la SEA, tanto los maestros, como las docentes universitarias, destacan aspectos positivos que resaltan el trabajo de contenidos científicos (contenidos de NdCyT y alfabetización científica) en el contexto próximo de los estudiantes como reflejan sus comentarios:

3FEP: yo los materiales que has pasado me han encantado y sobre todo lo de hacerlo cercano a la clase. Yo es que cuando me lo estaba leyendo ayer y pensaba que me gustaría trabajar y que a ellos les iba a gustar porque era más cercano. Como ha dicho 5FEP el tema de la materia y todo eso, pues les cuesta una barbaridad. Si es que me cuesta a mí, con que a ellos...

2FEP: *el enfoque es estupendo y los materiales son buenísimos y yo creo que es como debemos acercar las ciencias a los niños. Esa es la manera, lo que pasa es que necesitan un poquito de entrenamiento para pensar. [...] lo de positivo y negativo, eso me encantó porque lo que tú dices. El carbón era “una caca pinchada en un palo”, allí no había nada positivo. Entonces obligarles, pero eso obligué a que cogieran una energía renovable y una energía no renovable y de las dos tendrían que decir cosas buenas y cosas malas. Entonces que de algo siempre puedan sacar cosas negativas y positivas creo que a ellos les abrió un poco el coco y les hizo pensar en que no todo es blanco y negro, sino que pueden sacar una serie de conclusiones. Me gustó mucho.*

7FEP: *yo opino un poco como los compañeros. Yo creo que es muy importante para conectar el contenido con la realidad del alumno. Darles voz a los alumnos y seguir este tipo de metodologías y actividades en los que ellos tienen un peso importante a la hora de llevarlas a cabo. Ellos tienen... pues eso decir que opinan, contrastarlo con los demás compañeros y formar ese debate que enriquezca un poco su opinión y sus puntos de vista. Yo creo que eso es lo más importante, junto con el ligar un poco todo el contenido a la realidad del alumno.*

12FU: *este material audiovisual para mí integra perfectamente sobre todo el tema de CTSA, alfabetización científica y la propia NdC. [...] Para emitir un juicio de valor tienes que saber qué es aquello sobre lo que te estás pronunciando, tienes que entenderlo. Esa parte y por ejemplo en ese material sí que lo veo perfectamente reflejado.*

En cuanto a los materiales de la SEA y el desarrollo del PC, de nuevo hay acuerdo entre maestros y docentes universitarios en que dichos materiales integran ayudas para el desarrollo del PC. Los elementos más resaltados son los esquemas-guía para el desarrollo de una argumentación, los debates y el tiempo destinado a la reformulación del conocimiento incluyendo otras perspectivas. Se consideran todos estos aspectos positivos, aunque la docente que llevó a cabo la SEA estima que, al no estar acostumbrados a estos contenidos y forma de trabajo, la resultó un gran esfuerzo que los niños escribiesen en los cuadernos. Algunas evidencias de estos aspectos quedan así reflejadas en palabras de los maestros:

2FEP: *a mí eso que comentaba ahora 7FEP me ha resultado muy difícil. Eso de hacerles pensar siguiendo los pasos que Vanessa nos decía me ha resultado prácticamente*

imposible que lo hagan solos. [...] Yo he encontrado mucha dificultad a la hora de aterrizar en el papel y hacer eso que nos pedías ese guion donde escribir. Y eso donde ponías “no hay que borrar, hay que escribir en otro color”. Entonces si tú has visto los papeles están todos llenos de otro color.

4MEP: los materiales y la verdad es que me parecen que están muy bien, sobre todo para eso, para sistematizarlo, para ayudar un poco a los niños a centrarse. Porque a veces decimos las cosas y si no se plasma en un papel, si no se ayuda a sistematizarlo te cuesta más [...], sobre todo el contraste y argumentar las cosas y un poco también debatirlas. Es decir, intentar ponernos en el punto de vista de los otros y gracias a eso formar o bueno más que formar completar mi visión. Un poco eso contrastar, sintetizar resumir todas esas.

1MEP: lo que creo que les puede servir más en su vida es el debate, aunque para la mayoría debatir es decir lo que yo pienso y que tú dices lo que piensas, y yo creo que el debate está muy lejos de eso. Es, al final de todo el proceso, reflexionar sobre lo que yo creía al principio y cómo ha cambiado mi opinión al final y ver cómo, aunque yo tenga una opinión, esta puede cambiar y no ocurre nada. No me salen orejas de burro. Es lo más normal del mundo tener una opinión y luego poder... poder cambiarla es eso, la reflexión final a mí es lo que más me gusta.

6MEP: antes hablábamos de la metacognición que nos había faltado incluirla dentro del pensamiento, pues sobre esto hay unos esquemas que con esa estructura me parece que les está guiando muy bien en el hecho de tener que tomar diferentes puntos de vista, de buscar argumentos, de razonar con evidencias, de llegar a conclusiones. Todo eso que hablábamos al principio creo que está bien recogido en esos esquemas.

7FEP: luego sobre todo en las puestas en común. Y me ha gustado mucho el tema, que nos habéis comentado muchos, de destacar las opiniones de otros compañeros en otro color para ver cómo ha ido cambiando tu pensamiento desde el inicio y cómo se ha ido enriqueciendo. [...] Y las actividades de consolidación me parecen muy buenas porque al tener que pensar en una contra argumentación y extraer su propia conclusión esta es más sólida porque deben justificarla y buscar argumentos para justificarla frente a la de otros compañeros.

12FU: *que para mí está muy relacionado ahí están diferentes agentes, diferentes puntos de vista, están pruebas, las evidencias científicas, entender que qué es el fracking para poder decidir y qué consecuencias tiene, para poder emitir un juicio.*

9FU: *me parece también muy importante dentro del pensamiento crítico la parte que haces en las sesiones de dejarles tiempo para readaptarlo que ellos en un primer momento ponen.*

Por último, se preguntó sobre el sistema de evaluación diseñado. A este respecto, docentes universitarios y maestros muestran acuerdo en que el sistema de evaluación del aprendizaje queda bien abordado con las rúbricas diseñadas para el maestro. Sin embargo, también señalan conjuntamente que convendría reforzar este sistema con elementos de autoevaluación y coevaluación, de forma que se valorase la autopercepción del estudiante y se fomentase la metacognición, como consta en las siguientes transcripciones:

6MEP: *para mí esas rúbricas están muy bien a nivel del proceso de enseñanza-aprendizaje, pero si al final le das una rúbrica para el alumno dónde ellos puedan rodear y hacer una autoevaluación o una coevaluación y pueda decidir con sus compañeros los niveles de logro, eso junto con los feedback que decía 2FEP tiene mucho más valor y sirve para que los niños aprendan y facilitamos ese aprendizaje. Además, con estos materiales estás trabajando a nivel competencial total, porque estás trabajando competencia lingüística y se puede sacar mucho más rendimiento a esta evaluación que muchas veces quizá es lo que nos queda cojo.*

5FEP: *sí que es cierto que sería bueno cómo se sigue la misma dinámica todo el rato por ejemplo de dentro de los debates del argumento contra el argumento, pues que ellos también valoren un poco cómo es ese proceso. Si nunca se habían enfrentado a este tipo de actividad, cómo se han enfrentado al principio, en la primera vez, en la primera sesión y cómo se han enfrentado a la última, porque claro obviamente va a haber una evolución en ese proceso. La primera vez que se hayan enfrentado a esta actividad con esa estructura muchos pues colapsarían [...], pero a medida que se va haciendo pues un poco por repetición sería mucho más favorables a esa tarea.*

8FU: *yo creo que le faltaría, a lo mejor, darle ese... ese empujón final a decir que hemos aprendido y cómo lo hemos aprendido. Que sean conscientes ellos de esa parte metacognitiva del proceso.*

Asimismo, uno de los maestros destaca la posibilidad de incluir un proceso de evaluación del propio docente entre las orientaciones para mejorar futuras implementaciones:

4MEP: haría una evaluación del profesorado también de cómo hemos llevado esto a cabo. Qué han visto, qué les ha funcionado, qué les ha gustado, qué mejorarían. Entonces por darle otra vuelta. Principalmente para que me ayuden a mí en la siguiente vez que vuelva a llevar a cabo esto

VII.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A lo largo del siguiente epígrafe se va a desarrollar la discusión de los resultados, la cual se estructura según los constructos de estudio y las variables de investigación dentro de los mismos. Es decir, en primer lugar, se presentará la discusión sobre NdCyT, que, a su vez, se dividirá en apartados, uno por variable de estudio. En segundo lugar, se desarrolla la discusión sobre PC, dividida según las capacidades estudiadas en sendos periodos de investigación, comprobación de hipótesis y análisis argumental. En tercer lugar, se recoge la discusión sobre el contenido curricular vehicular, la energía y, finalmente, la discusión sobre los grupos focales realizados.

Con el fin de desarrollar dicha discusión se ha realizado una comparativa entre los resultados obtenidos en los distintos periodos de investigación. Asimismo, se ha procurado discutir dichos resultados con estudios similares, sin embargo, al poner el foco en aspectos tan concretos en una etapa en la que dichas variables no suelen estudiarse, la literatura disponible para este contraste ha resultado escasa. Especialmente se ha detectado falta de estudios legítimamente comparables en relación con la dependencia del uso de una nueva tecnología, el control tecnológico de los ciudadanos y la comprobación de hipótesis.

VII.3.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE NdCYT

VII.3.1.1. Toma de decisiones con respecto a los asuntos científicos

En relación con la evolución de los estudiantes con respecto a la toma de decisiones sobre los asuntos científicos, es preciso destacar que en el primer periodo de investigación la docente/investigadora, a pesar de la limitación temporal, abordó de forma explícita todos los contenidos tal y como se establece en la programación de la SEA. Sin embargo, los

docentes de los distintos centros y grupos participantes en el segundo periodo de implementación no han realizado esa enseñanza explícita sobre esa categoría tal y como estaba programada. Dichos docentes también han hecho variaciones en el tiempo estimado para el trabajo de esta temática y han ampliado el tiempo total dedicado al desarrollo de estas sesiones (tal y como se expone en el epígrafe V.3, la temporalización de la SEA cambia entre periodos de implementación). Sin embargo, conforme a lo expuesto en las observaciones, este tiempo no se ha rentabilizado de la misma forma en todos los grupos-clase y en algunos casos el dedicar más tiempo a la realización de un ejercicio, no quiere decir que se esté incidiendo durante más tiempo en los contenidos destinados a trabajarse en dicho ejercicio. Todas estas cuestiones han derivado en diferencias entre periodos de investigación en los resultados de la escala de actitud y de los cuadernos de trabajo de los participantes.

Los puntajes obtenidos en la escala de actitud en el primer periodo de investigación son mayores, así como el incremento entre la fase pre y post-test. En concreto, el conjunto de grupos experimentales presenta un incremento en la media de las puntuaciones de .35 en contraste con el incremento de este mismo conjunto de grupos en el segundo periodo que solo alcanza .22. Si se realiza esta comparativa para el desglose en grupos clase, se observa que la mejora en las puntuaciones medias de los grupos del primer periodo que consiguen una mejora estadísticamente significativa se encuentra entre el intervalo .32 y .57, mientras que en el segundo periodo se limita a .19 y .35.

Los resultados relativos a la evaluación de las producciones infantiles en el primer periodo de investigación sitúan al 21% de los cuadernos en el nivel de logro alto, el 58% en el nivel medio y el 21% en el nivel bajo, en contraste con el 24% en el nivel de logro alto en el segundo periodo, el 48% en el nivel medio y el 28% en el nivel bajo. Es decir, los estudiantes que adquieren el nivel de logro alto son mayores en el segundo periodo, a pesar de la realización de una enseñanza poco explícita. No obstante, también son mayores los cuadernos en nivel de logro bajo en el segundo periodo.

Esto permite señalar que, a pesar del escaso tiempo de trabajo, con una enseñanza explícita se consiguen incrementos superiores en la escala de actitud y menores el número de cuadernos que contienen concepciones ingenuas sobre la temática. Aunque, en contraposición, una enseñanza no explícita que aporta más tiempo a la reflexión permite

que se elaboren más cuadernos con nivel de logro alto. Esto matiza los resultados aportados por Acevedo (2009b) cuando afirma que “una enseñanza explícita y reflexiva de la NdC en contextos de aprendizaje diversos resulta más efectiva que una enseñanza implícita para mejorar la comprensión sobre la NdC de profesores y estudiantes” (p.366), ya que en lo que se refiere a este aspecto estudiado de la NdCyT se obtienen resultados positivos con una enseñanza menos explícita y más extendida en el tiempo que pueden equipararse con los obtenidos con una enseñanza explícita más acotada.

Finalmente se contrastan los resultados obtenidos en sendos periodos con aquellos descritos en el estudio presentado por Porras et al. (2020) quienes en una investigación similar con alumnado de entre 15 y 17 años implementan una SEA con el fin de mejorar el conocimiento de los estudiantes sobre esta misma categoría, entre otras. Esta mejora se mide con el ítem original del COCTS y se presenta un resultado global de sus estudiantes de .023 en la fase pre-test y de -.003 en la fase post-test indicando un descenso en las puntuaciones de .026. Dichos resultados contrastan con los incrementos obtenidos por nuestros participantes, tanto en el primer periodo de investigación (.35), como en el segundo (.22).

VII.3.1.2. Los equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología

Sobre la mejora obtenida por los estudiantes sobre su conocimiento de la necesidad de equilibrios entre efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología cabe destacar, nuevamente, la variación en la explicitación de la enseñanza del contenido que realizan los docentes que implementan la SEA en el segundo periodo de investigación. En el primer periodo la enseñanza se llevó a cabo según la programación, es decir, durante la actividad “escuchan-preguntan” de la segunda sesión, siendo reforzada en el resto de las actividades. En contraste, dos de los docentes en el segundo periodo de implementación realizaron la enseñanza fuera de la actividad programada con este fin y relegaron su tratamiento a un trabajo menos explícito realizado durante la actividad de consolidación. Los dos docentes restantes que participaron en este segundo periodo de investigación realizaron una enseñanza implícita. Asimismo, es conveniente destacar como en el primer periodo de investigación la limitación temporal no permitió dedicar tiempo suficiente a la reflexión

sobre los motivos por los cuales existen efectos negativos derivados de estudios en ciencia y tecnología. Hándicap que no se dio en el segundo periodo de investigación donde la flexibilidad temporal no estaba tan limitada. Estas diferencias en el proceso de enseñanza han repercutido en los resultados de los distintos periodos de investigación de la siguiente forma.

Las medias iniciales obtenidas de la escala de actitud son mayores en el pre-test en el primer periodo, en comparación con el segundo. Sin embargo, los resultados alcanzados en la segunda fase de medición son similares. Esto repercute en los incrementos, siendo por tanto mayores en el segundo periodo de investigación. Concretamente, el conjunto de grupos experimentales en el segundo periodo logra un incremento en la media .18, frente a un incremento de .14 en el primer periodo. Al realizar esta comparativa en el desglose por grupos-clase, se observa que, en el primer periodo, solo uno de los grupos logra la mejora significativa alcanzando un incremento de .48, en contraste con tres grupos que obtienen una mejora significativa en el segundo periodo logrando incrementos entre .24 y .39.

El análisis de los resultados de la evaluación de los cuadernos de trabajo mediante las rúbricas estima que en el primer periodo el 92% de los cuadernos está en un nivel de logro medio y el 8% en un nivel bajo. En el segundo periodo, la evaluación se torna más positiva con un 15% de los cuadernos clasificados en el nivel de logro alto, un 72% en el nivel medio y un 8% de los cuadernos en el nivel de logro bajo (se mantiene el porcentaje entre periodos).

Estos resultados permiten destacar que la enseñanza explícita ha logrado que la mayor parte de los estudiantes abandonasen una perspectiva ingenua, pero la limitación temporal no ha permitido dedicar más tiempo a la enseñanza, lo que ha condicionado el no continuar trabajando para que los estudiantes alcanzasen niveles de logro altos. Por otra parte, la enseñanza menos explícita pero más extendida en el tiempo sí ayuda a alcanzar niveles de logro altos en la rúbrica, manteniendo el mismo porcentaje en el nivel de logro bajo; además de obtener mayores incrementos en las puntuaciones de la escala de actitud. Resultados que, de nuevo, matizan las conclusiones sobre la enseñanza implícita propuestas por Acevedo (2009).

Por último, se discuten los resultados con el estudio realizado por Porras et al. (2020) que se ha presentado anteriormente. En este caso los resultados obtenidos por los

participantes en el ítem 40311 del COCTS original es de $-.062$ en el pre-test y $.013$ en el post-test, mostrando un incremento de $.075$. Dicho incremento, aun siendo inferior a los obtenidos en los dos periodos de implementación por nuestros estudiantes, ($.14$ y $.18$), presenta una mejora en esta misma línea.

VII.3.1.3. La dependencia del uso de una nueva tecnología

En relación con la evolución de los estudiantes en su conocimiento sobre quién decide sobre la implementación de una nueva tecnología se observan grandes diferencias en el proceso de enseñanza. Dichas diferencias llevan a los estudiantes del segundo periodo de investigación a trabajar la temática de forma desvirtuada. Al igual que en casos anteriores, la enseñanza explícita en este caso no se realiza según lo previsto por parte de los docentes participantes en el segundo periodo de investigación. En concreto, se repite el patrón al realizar una enseñanza implícita del contenido durante las actividades de consolidación. No obstante, a esta diferencia hay que añadirle que los estudiantes durante los debates derivados de la actividad de consolidación, en lugar de entablar un diálogo alrededor de qué depende que se implante o no una tecnología dirigen el diálogo hacia otros temas. Dichas situaciones no fueron reconducidas por los docentes de modo que los discursos se desvirtúan y se centran más en quién promueve las inversiones en tecnología que en la dependencia de las causas para su implantación. Esto hace que los resultados obtenidos por los estudiantes en el segundo periodo sean inferiores a los obtenidos en el primer periodo, a pesar de que en este último el tiempo destinado a las sesiones de trabajo ha sido mayor (dos horas en el primer periodo, frente a cuatro horas aproximadas en el segundo). Las principales diferencias encontradas son:

Las puntuaciones obtenidas en la escala de actitud en el post-test del primer periodo de investigación son muy superiores a las del segundo periodo, así como el incremento entre la fase pre y post-test. En concreto, el conjunto de grupos experimentales en el primer periodo logra una puntuación de $.26$ con un incremento entre fases de $.34$; mientras que en el segundo periodo la puntuación queda negativa con $-.003$ y un incremento de $.157$. En el estudio por grupos-clase se mantiene esta tendencia, siendo $.44$ la media más alta obtenida por un grupo-clase en el primer periodo; en contraste con $.03$ en el segundo periodo. Asimismo, se observa que el incremento en las puntuaciones medias de los grupos del

primer periodo que consiguen una mejora estadísticamente significativa se encuentra entre el intervalo .29 y .53, mientras que en el segundo periodo se limita a .17 y .28.

Los resultados de la evaluación de los cuadernillos de trabajo en el primer periodo de investigación sitúan al 31% de los cuadernos en el nivel de logro alto; mientras que ninguno de los cuadernos de los participantes del segundo periodo de investigación fue clasificado en este nivel. En el nivel de logro medio, durante el primer periodo de investigación se clasificó el 58% de los cuadernos frente al 71% en el segundo periodo. Finalmente, en el primer periodo de investigación se situó al 11% de los cuadernos en el nivel bajo, en contraste con el 29% del segundo periodo.

Esto nos permite señalar que la desvirtuación del discurso realizada durante el segundo periodo influye notablemente en los resultados de aprendizaje, resaltando la pertinencia de las reconducciones (evaluación formativa) y de la enseñanza explícita durante la actividad “escuchan-preguntan”, siendo fieles a lo reflejado en la programación de la SEA. A este respecto, cabe resaltar las palabras de Dochy et al. (2002) cuando afirman que la evaluación debe ser coherente con el proceso de enseñanza-aprendizaje, puesto que si no estas innovaciones carecen de sentido. En este caso se aprecia de forma clara que las variaciones en la programación y las escasas reconducciones sobre el tema alejan a los estudiantes del potencial aprendizaje que hubieran podido obtener sobre el contenido.

VII.3.1.4. El control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos

La enseñanza realizada por los docentes sobre el control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos presenta grandes diferencias entre periodos de investigación, quedando de nuevo el trabajo de esta temática desvirtuado durante el segundo periodo de investigación. Una vez más, la enseñanza en el segundo periodo de investigación no se explicitó durante las actividades “escuchan-preguntan” lo que derivó en un tratamiento paralelo del contenido que pone el foco de nuevo en quién eran las personas u organismos que tenían el control del desarrollo tecnológico, en lugar de reflexionar sobre el control que tienen los ciudadanos. Por consiguiente, los resultados obtenidos por los participantes en los distintos periodos manifiestan grandes diferencias:

Inicialmente las medias obtenidas durante el primer periodo son superiores a las del segundo con puntajes por debajo del -.1 en el segundo periodo, mientras que en el primero todos los casos obtienen medias en torno a cero, con solo dos grupos de los seis en puntuaciones negativas. Este patrón se mantiene para los resultados del post-test, donde de nuevo las medias obtenidas por los grupos del segundo periodo de investigación son menores en comparación con las del primero. En consecuencia, los incrementos de las puntuaciones medias entre periodos de investigación son menores en el segundo periodo que en el primero. Concretamente, el conjunto de grupos experimentales en el primer periodo logra un incremento de su media entre fases de medición de .41 en comparación con los .35 que incrementa la media del conjunto de casos experimentales en el segundo periodo. Al realizar esta comparativa por grupos-clase, se observa que los grupos con una mejora estadísticamente significativa en el primer periodo presentan incrementos en sus medias entre .21 y .59, mientras que en el segundo el intervalo queda entre .24 y .46.

El análisis de los resultados de la evaluación de las producciones de los estudiantes en el primer periodo de investigación sitúa al 34% de los cuadernos en nivel de logro alto, frente al 24% en la evaluación del segundo periodo; el 56% en nivel de logro medio (primer periodo), frente al 62% (segundo periodo), y el 10% en el nivel de logro bajo (primer periodo), frente al 14% (segundo periodo). Es decir, los resultados de nivel alto son mayores en el primer periodo, mientras que los de nivel medio y bajo son mayores en el segundo.

Estas diferencias nos permiten destacar de nuevo como los tratamientos desvirtuados de las temáticas trabajadas influyen negativamente en la mejora de las concepciones de los estudiantes. Fenómeno relacionado con la importancia de la evaluación formativa como pilar del modelo didáctico (ver el desarrollo de dicho modelo en el epígrafe V.2.4.), tal y como se ha referenciado anteriormente.

VII.3.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE PC

VII.3.2.1. Comprobación de hipótesis. Formulación de hipótesis en base a las evidencias y comprobación y reformulación de hipótesis

Sobre la mejora obtenida por los estudiantes en su capacidad de comprobación de hipótesis es preciso destacar que en el primer periodo de investigación la enseñanza de los

contenidos relativos a esta temática se realizó según lo programado (introducción del concepto y trabajo sobre la formulación y el contraste en base a evidencias desde la primera sesión). Sin embargo, en el segundo periodo esta enseñanza no es tan explícita. Los docentes no realizan una explicación del concepto ni del resto de aspectos señalados, pero sí trabajaron estos contenidos de forma implícita. En algunos casos este trabajo rozó el tratamiento explícito por el uso de vocabulario específico y la reiteración en determinados puntos clave, pero no fue la tendencia general, ya que mayoritariamente estas incidencias se fueron reduciendo con el paso de las sesiones teniendo que abandonar en algunos casos la evaluación en los cuadernos de trabajo al no haberse trabajado el contenido. Estas discrepancias en el proceso de enseñanza derivan en las siguientes diferencias en los resultados entre periodos.

En los resultados cuantitativos al emplear distinto instrumento de recogida de datos la comparación directa entre los datos no es relevante. Sin embargo, al medir la misma capacidad (comprobación de hipótesis) sí se pueden comparar los incrementos que han sufrido las medias en cada uno de los periodos de forma ponderada. Así pues, en el primer periodo se obtiene un incremento de .29 que ponderado pasa a .097 en la parte abierta de la situación y un incremento de .4 en la parte cerrada que ponderado pasa a .1; mientras que en el segundo periodo en la primera situación se obtiene un incremento de .29 en la parte abierta que ponderado queda en .073 y .73 en la cerrada que ponderado se corresponde con .146 y en la segunda situación se obtiene un incremento de .27 en la parte abierta que ponderado se corresponde con .09 y un incremento de .24 en la cerrada que ponderado continúa siendo de .24. Es decir que en el segundo periodo se obtienen mejoras entre .073 y .24 en las situaciones que miden la capacidad de seleccionar información que apoya una hipótesis y evaluar información para formular o reconsiderar una hipótesis; mientras que en el primer periodo se obtienen mejoras entre .097 y .1 en su capacidad de reconocer las ideas por las cuales una hipótesis puede ser aceptada, refutada o generalizada al resto de la población. Es decir, en el primer periodo el intervalo en el que se sitúa el incremento en la mejora en las distintas pruebas es menor que en el segundo periodo. También cabe resaltar que el menor incremento registrado en situaciones relacionadas con la comprobación de hipótesis se da en el primer periodo, aunque es en este periodo en el que también se registra el mayor incremento.

Los resultados de la evaluación de los cuadernillos de trabajo en el primer periodo engloban los resultados de los criterios de la rúbrica relativos a esta capacidad, sin embargo, en el segundo periodo se han desglosado con el fin de contrastarlos con las situaciones cuantitativas con las que están relacionados. En consecuencia, para realizar la comparativa se lleva a cabo una media entre los resultados obtenidos en el segundo periodo en los distintos criterios, de forma que estos queden agrupados y se puedan contrastar con los primeros. Así pues, en el primer periodo de investigación en la primera sesión se sitúa el 44% de los cuadernos en el nivel de logro bajo, el 27% en el nivel medio y el 4% en el nivel alto; mientras que en la primera sesión del segundo periodo se sitúa un 35% de los cuadernos en el nivel bajo, 63% en el nivel medio y 2% en el alto. En la tercera se clasifican en el primer periodo un 23% de los cuadernos de trabajo en el nivel de logro bajo, un 67% en el nivel medio y un 10% en el alto; en contraste con un 17% de los cuadernos en el nivel de logro bajo, un 76% en el nivel medio y un 7% en el nivel alto (es importante resaltar que de esta evaluación se excluye un 58% de los grupos participantes, puesto que no se pudieron evaluar sus cuadernos, de modo que estos resultados se corresponden con los de los docentes que siguieron las actividades por escrito).

Estos resultados permiten resaltar que en el primer periodo el 21% de los estudiantes abandona el nivel de logro bajo para reubicarse en otros niveles de logro superiores, en contraste con el 18% de los estudiantes del segundo periodo. Es decir que hay más estudiantes del primer periodo que abandonan el nivel de logro bajo de esta capacidad, aunque también es el periodo en el que inicialmente mayor número de estudiantes se encontraban en un nivel de logro bajo. En cuanto al porcentaje de estudiantes que llega a un nivel de logro alto, es superior en el primer periodo en la tercera sesión, así como el porcentaje de estudiantes que se sitúan en este nivel tras finalizar la tercera sesión en contraste con la primera. Esto permite destacar que la enseñanza explícita y concentrada en el tiempo del primer periodo permite que un porcentaje importante de estudiantes abandone el nivel de logro bajo, pero una enseñanza poco explícita y avanzada en el tiempo consigue esto mismo. Dichos resultados una vez más ponen en manifiesto que los contrastes entre enseñanza implícita y explícita son muy complejos.

VII.3.2.2. Análisis argumental. Uso de razones, contraargumentos y formulación de conclusiones, y diferenciación ente argumento razonado, opinión y hecho

La enseñanza sobre la capacidad de análisis argumental también experimentó cambios entre periodos de investigación. En el primer periodo la enseñanza de los componentes de un argumento, así como la diferencia entre hecho, opinión y argumento razonado se ejecutó según lo programado (actividad inicial de la primera sesión) y durante el resto de las actividades y sesiones se promovió el uso de vocabulario específico por parte de los estudiantes (se desarrolla en las tres sesiones del primer periodo, tres horas en total). Sin embargo, en el segundo periodo de investigación, la enseñanza de los elementos asociados a esta capacidad se retrasó a la actividad de consolidación de la primera sesión, donde en todos los centros se trabajó de forma explícita los contenidos de un argumento. Otros contenidos relacionados con esta capacidad como la diferencia entre hecho, opinión y argumento razonado solo se trabajaron en el Centro 2 5ºA, pero de forma implícita. Asimismo, cabe resaltar como a partir de la primera sesión, y durante el resto de las sesiones (entre 4 y 6 horas), los docentes fomentaron que los estudiantes empleasen vocabulario específico sobre los componentes de un argumento, aunque no en todos los centros se remarcaron estas cuestiones de igual modo, provocando diferencias en los resultados.

A la hora de comparar los resultados de la adaptación del TEPC es preciso tener en cuenta que para la evaluación de esta capacidad se mantiene una de las situaciones que conforman la adaptación del TEPC entre periodos, quedando solo alterada la parte cerrada de dicha situación. Además, en el segundo periodo se añade una nueva situación que permite evaluar otros contenidos relativos a esta capacidad. En el contraste entre las cuestiones abiertas de esta primera situación destaca que en el primer periodo hay un descenso de .10 en la parte abierta que resalta en comparación con el incremento de .31 en el segundo periodo. A este respecto se quiere destacar que en el primer periodo se parte de una media de .43 que desciende a .3, mientras que la media inicial en el segundo periodo es más baja con un .25 de partida que después asciende a una media final de .56. En la parte cerrada los máximos que se pueden obtener cambian con la modificación sufrida (recordemos que cambia la métrica y en el segundo periodo la puntuación máxima es de 4 en lugar de 5), por lo que se comparan los incrementos (.72 en el primer periodo y de .65 en

el segundo) atendiendo a su ponderación (.144 en el primer periodo y .162 en el segundo). De estos datos extraemos que en el primer periodo se sufren retrocesos en la evaluación abierta, mientras que estos ítems en el segundo periodo sufren incrementos. En las cuestiones cerradas, el incremento más notable en proporción es el del segundo periodo, sin embargo, las medias obtenidas en sendas fases de investigación son inferiores a las del primer periodo. En otras palabras, existe una mejora más notable en el segundo periodo de investigación a pesar de que se parte y se llega a resultados más bajos que en el primer periodo.

El análisis de los resultados de la evaluación de los cuadernos de trabajo de los participantes mediante las rúbricas estima que en la primera sesión del primer periodo el 21% de los cuadernos presentaba un nivel bajo, el 64% un nivel medio y el 15% un nivel alto; mientras que en la primera sesión del segundo periodo se sitúa un 35% en el nivel bajo, un 61% en el nivel medio y un 4% en el alto. En la tercera sesión se percibe una progresión en sendos periodos, aunque con retroceso en el nivel alto en el caso del segundo periodo. En concreto, se clasifican en el primer periodo un 10% de los cuadernos de trabajo en el nivel de logro bajo, un 61% en el nivel medio y un 29% en el alto; en contraste con un 33% de los cuadernos en el nivel de logro bajo y un 67% en el nivel medio en el segundo periodo de investigación.

Estos datos nos permiten esclarecer que, en el segundo periodo, partiendo de resultados más bajos en sendas partes de la primera situación del cuestionario y empleando más tiempo y una enseñanza menos explícita, se consigue una mejora más notable en los resultados cuantitativos, pero menos visible en los resultados cualitativos. Mientras que, en el primer periodo de investigación, partiendo de medias más altas en ambas partes del cuestionario y realizando una enseñanza explícita y limitada en el tiempo, se consiguen mejoras en la parte cerrada del cuestionario, así como en las evaluaciones de las producciones infantiles. En otras palabras, los resultados obtenidos por los estudiantes en el primer periodo de investigación para la identificación de componentes de un argumento y la formulación de argumentos son superiores a los obtenidos en el segundo periodo de investigación, no obstante, el incremento en los puntajes cuantitativos obtenidos por los estudiantes del segundo periodo es superior a los del primero.

Por último, se discuten los resultados con el estudio realizado por Porras et al. (2020). Dicha investigación utiliza situaciones de la vida cotidiana en la línea de la adaptación del TEPC con el fin de evaluar las capacidades de pensamiento de estudiantes entre 15 y 17 años. De las situaciones empleadas dos se corresponden directamente con la medición de los elementos que se contemplan en el instrumento de evaluación empleado en esta investigación. La primera situación evalúa de forma cerrada la identificación de los componentes de un argumento y la segunda la diferenciación entre, argumento razonado, opinión y hecho. En consecuencia, se comparan los resultados obtenidos entre ambos estudios. En el caso de la identificación de los componentes del argumento se presenta más acierto en esta identificación en el estudio de Porras et al. (2020). No obstante, el análisis realizado en esta tesis doctoral muestra una evolución tras la intervención mayor que en el estudio de Porras et al. (2020), tanto en el primer periodo de investigación, como en el segundo. En relación con la situación que evalúa la diferenciación entre opinión, hecho y argumento razonado, se estima que los resultados obtenidos en la evaluación son superiores en el estudio presentado por Porras et al. (2020) y la evolución presentada entre pre y post-test es similar en ambos estudios.

VII.3.3. DISCUSIÓN DE CONTENIDOS RELATIVOS A LA ENERGÍA. USO DE TERMINOLOGÍA ADECUADA, IDENTIFICACIÓN DE CONTENIDOS EN CONTEXTO Y TRANSFERENCIA DE CONTENIDOS

VII.3.3.1. Propiedades de la energía

El primer y más notable cambio que afecta al tratamiento de estos contenidos es el tiempo destinado a su trabajo, pues en el primer periodo solo se pudo destinar una hora, mientras que en el segundo periodo en algunos centros se destinaron dos horas e incluso dos y media en el caso del Centro 5. Además, junto con el tiempo para el desarrollo, se destaca como diferencia notable el trabajo del diálogo en la actividad “escuchan-preguntan”. Esto se debe a que en el segundo periodo de investigación solo se trabaja esta dinámica de forma similar a la propuesta en la SEA en el Centro 5, puesto que en el resto no se dedica tiempo para inducir a la reflexión y para transferir de forma guiada los contenidos al entorno cercano. Otra cuestión destacable es la escasa profundización en Centros como el 6 y el grupo 6ºA del Centro 2 en la explicación sobre las propiedades de la

energía. Estas diferencias en la enseñanza son acordes con los resultados obtenidos por los estudiantes en las evaluaciones realizadas mediante las rúbricas de sus cuadernos de trabajo.

La primera diferencia que resalta es la necesidad de separar los criterios de evaluación de la rúbrica para llevar a cabo la evaluación de los cuadernos en el segundo periodo de investigación. Las diferencias en el nivel de logro obtenido entre los distintos criterios han ocasionado que sea necesario la separación de estos, lo cual no ocurría en el primer periodo, en el que esta diferencia no era tan notable. La segunda cuestión reseñable es que al comparar los resultados de los cuadernos de trabajo con la enseñanza realizada se advierte que los resultados más bajos se corresponden con los grupos-clase que más alteraciones del proceso de enseñanza han realizado.

Por ejemplo, el Centro 6 es uno de los grupos-clase que ha realizado más alteraciones en la programación, puesto que ha modificado la actividad “escuchan-preguntan” de las propiedades de la energía, al no construir un diálogo con el alumnado en el proceso de enseñanza y al realizar escasas reconducciones sobre ideas ingenuas como “la energía se gasta”. En consecuencia, ninguno de los cuadernos de trabajo de este centro se ha clasificado en el nivel de logro alto para ninguno de los criterios de evaluación. Se ha situado el 100% de los cuadernos de trabajo en el nivel medio para el criterio de transferencia y, en el criterio de degradación y transporte, el 78% de los cuadernos se evalúa en el nivel de logro bajo y los restantes en el medio. A modo de contraste, el Centro 5, que ha trabajado la programación según lo establecido, ha obtenido un 100% de los cuadernos en el nivel de logro alto en el criterio de transferencia y un 80% en el nivel alto para el criterio de degradación y transporte, quedando el 20% restante en el nivel de logro medio.

En cuanto a la comparativa de la evaluación de los cuadernos de trabajo entre periodos de investigación es preciso destacar la necesidad de realizar una media para unificar los resultados totales (todos los cuadernos de todos los grupos-clase) de los dos criterios de evaluación que se realizaron por separado en el segundo periodo. En este sentido encontramos que en el primer periodo el 15,5% de los cuadernos se sitúa en el nivel de logro bajo, el 69% en el medio y el 15,5% en el alto; frente a la clasificación del segundo periodo en el que el 21% de los cuadernos quedan en el nivel de logro bajo, el

48% en el medio y el 31% en el nivel alto. De esta comparativa se extrae que en el primer periodo se obtienen menos resultados en nivel bajo que en el segundo, sin embargo, también se han obtenido menos cuadernos clasificados en el nivel de logro alto. Así pues, los resultados bajos del segundo periodo se justifican por las modificaciones en el proceso de enseñanza, así como el alto porcentaje de cuadernos en nivel de logro alto puede deberse al tiempo de dedicación (mayor en este periodo) y a los buenos resultados obtenidos por el grupo-clase del Centro 5.

La tercera cuestión destacable es la relación entre el diálogo construido con los estudiantes y la mejora de su aprendizaje y de la transferencia del contenido aprendido. Esto queda demostrado mediante el contraste entre los resultados del Centro 5 en el segundo periodo (centro que dedica tiempo al diálogo y la reflexión tal como recoge la programación del a SEA), frente a los resultados de los centros que trabajan la teoría, dedicándola un tiempo similar al del Centro 5, pero inciden poco en el diálogo (Centro 2 5ºA en el segundo periodo). Estos últimos grupos-clase obtienen resultados satisfactorios, pero mantienen mayor porcentaje de estudiantes en nivel de logro medio. Dichos resultados quedan en la línea propuesta por Torres (2014) quien realza los beneficios de que el docente entable un diálogo para mediar en la transferencia de los contenidos científicos al conocimiento cotidiano.

Por último, se contrastan los resultados sobre la enseñanza de las propiedades de la energía con la teoría en la que se basa la elaboración de la SEA. A este respecto cabe destacar que el trabajo de la degradación de la energía ha contribuido a que los estudiantes comprendieran la conservación de la energía y entiendan que las pérdidas de energía útil dificultan su reaprovechamiento, tal y como presentan (García-Carmona y Criado, 2013). Del mismo modo se destaca que los grupos en los que no se ha incidido en este aspecto, los estudiantes mantienen dudas sobre la conservación de la energía y se perciben más expresiones como “*la energía se gasta*”.

VII.3.3.2. Tipos de energía

Sobre este contenido se destaca que en el primer periodo se desarrolló la SEA según lo programado en todos los grupos-clase menos en los grupos del Centro 4, en el que se realizan modificaciones por las dificultades encontradas en los grupos. Sin embargo, en el

segundo periodo hay que resaltar que los docentes de los distintos grupos-clase apenas profundizaron en la explicación y reflexión sobre este contenido. Solo se destacan las reflexiones sobre los tipos de energía en nuestra vida diaria que se han realizado en el Centro 5 y el Centro 6, y han dado lugar a reflexiones sobre el uso biológico de la energía y sobre la energía para hacernos la vida más fácil.

En cuanto a los resultados de los cuadernos de trabajo de los estudiantes, cabe resaltar como los mejores resultados se corresponden con los grupos en los que se ha trabajado el contenido de un modo más fiel a la programación (los grupos-clase del primer periodo con la excepción del Centro 4 y los grupos-clase del Centro 5 y Centro 6 del segundo periodo de investigación). Por ejemplo, la evaluación de los cuadernos del Centro 3 en el primer periodo sitúa el 57% de los cuadernos en nivel medio y el 43% en nivel alto. Esto queda en consonancia con los resultados del Centro 5 del segundo periodo donde se clasifica un 60% de los cuadernos en nivel medio y un 40% en nivel alto. Asimismo, sendos centros quedan en contraste con los resultados de los dos grupos-clase del Centro 2 del segundo periodo que presenta un 50% de los cuadernos en un nivel bajo y un 50% en nivel medio.

Finalmente, se discuten los resultados obtenidos con los presentados por Torres y Solbes (2016), quienes destacan una mejora en la comprensión de controversias socio-científicas tras el trabajo de las mismas y señalan que sus estudiantes son capaces de discernir “el potencial que tiene la ciencia para mejorar la vida, pero también ven sus impactos” (p. 56). En esta misma línea se ha reflexionado en este estudio en el que se han obtenido mejoras (entendiendo una mejora adaptada a cada uno de los niveles psicoevolutivos) en la comprensión de los usos de la energía para hacernos la vida más fácil, en contraste con el derroche energético.

VII.3.3.3. Fuentes de energía renovables

En relación con la enseñanza de las fuentes de energía renovables se repiten las diferencias entre periodos encontradas en la fase de trabajo de las propiedades de la energía. El primer cambio es el tiempo destinado a trabajar este contenido, el cual es más cuantioso en el segundo periodo de investigación, con unas dos horas en comparación con la hora destinada en el primer periodo. Seguidamente se destaca la diferencia en la

profundización en la teoría y en su modo de trabajo. En el segundo periodo de investigación no en todos los grupos se abordan los contenidos según lo programado, el Centro 5 y el grupo 6ºA del Centro 2 son los que se ajustan de un modo más fiel a la programación, ya que los docentes explican cada una de las fuentes de energía utilizando todos los recursos disponibles (tratamiento en profundidad y explícito de la teoría), e invitan al alumnado a reflexionar sobre la disponibilidad de esas fuentes en el territorio español y sobre el aprovechamiento de las mismas (diálogo propuesto en la actividad “escuchan-preguntan”). Además, en ambos grupos-clase se realizan las reconducciones necesarias en la actividad de consolidación.

Estas diferencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje hacen que, de nuevo, en la comparación de los resultados obtenidos en la evaluación de los cuadernos de trabajo, se destaque que los centros en los que se ha realizado una buena sustentación teórica se han obtenido mejores resultados. Estos grupos-clase son los pertenecientes al primer periodo de investigación, el grupo-clase del Centro 5 y el grupo 6ºA del Centro 2. En contraposición, los estudiantes que no han adquirido de forma correcta los contenidos trabajados en sesiones anteriores comienzan a mostrar confusión en los debates. Estos momentos de confusión deberían ser reconducidos mediante procesos de evaluación formativa, no obstante, en grupos-clase como el Centro 2 5ºA esto no ha sucedido y, en consecuencia, el nivel de logro que aparece en sus cuadernos de trabajo en relación con esta temática es bajo.

A modo de ejemplificación de esta afirmación se comparan a continuación los resultados de algunos grupos-clase que logran obtener buenos resultados en contraste con otros en los que estas alteraciones que han aplicado al diseño didáctico han derivado en resultados bajos. El grupo-clase del Centro 2 en el primer periodo sitúa el 18% de los cuadernos de trabajo en nivel medio y el 82% en nivel alto. Esto queda en la misma línea que los resultados del grupo-clase del Centro 5 del segundo periodo con el 40 % de los cuadernos en nivel medio y el 60% en nivel alto, y se contrasta con los resultados del grupo-clase 5ºA del Centro 2 en el segundo periodo con un 100% de los cuadernos en un nivel de logro bajo.

VII.3.3.4. Fuentes de energía no renovables

La enseñanza sobre este contenido continúa con el patrón marcado en contenidos anteriores, es decir, las principales diferencias entre periodos y grupos-clase son: el tiempo destinado al proceso de enseñanza-aprendizaje (superior en el segundo periodo de investigación, pero no siempre destinado a incidir sobre estos contenidos), las alteraciones en el proceso de enseñanza (exposiciones superficiales de los contenidos por parte de algunos docentes y escasa dedicación a la parte dialógica de la actividad “escucha-preguntan”) y las escasas reconducciones en las actividades de consolidación. Asimismo, cabe destacar que además en el segundo periodo de investigación solo uno de los centros (Centro 6) realizó de forma escrita la actividad de consolidación de la última sesión.

Estas diferencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje de nuevo afectan a los resultados obtenidos por los estudiantes de los distintos grupos en los dos periodos de investigación. Comenzaremos comparando los resultados de los cuadernos de trabajo de la actividad de consolidación sobre fuentes de energía no renovables. A este respecto cabe señalar que los resultados más altos en el segundo periodo se corresponden con los centros que han realizado las implementaciones de forma similar a lo programado (Centro 5 y grupo 6ºA Centro 2). Dichos resultados son más elevados que los obtenidos en algunos grupos-clase del primer periodo, situación que se explica por el incremento en el tiempo destinado a esta actividad (dos sesiones frente a una). Por ejemplo, el Centro 5 sitúa el 60% de los cuadernos evaluados en el nivel de logro alto y el 40% en el medio; frente al 12.5% en el nivel bajo, el 62.5% en el medio y el 25% en el alto del Centro 1 grupo B del primer periodo, o frente a los resultados del Centro 6 del segundo periodo que sitúa un 89% de los cuadernos en el nivel bajo y un 11% en nivel medio.

Por otra parte, cabe resaltar que en el primer periodo de investigación se produce una mejora entre sesiones que permite que el alumnado total evaluado en el nivel de logro bajo se reduzca del 19% de los cuadernos evaluados al 6%, así como que aumente el porcentaje de los cuadernos evaluados en nivel de logro alto del 12% al 23%. No obstante, esta comparativa en la mejora entre sesiones solo se puede realizar con el grupo-clase del Centro 6, ya que en el resto de los grupos del segundo periodo se realizaron parte de las actividades únicamente de forma oral. En concreto, se advierte una mejora entre sesiones pasando del 89% de cuadernos evaluados en nivel bajo en la primera actividad al 11% en la

segunda, y lo mismo sucede en el nivel medio que aumenta de 11% a 43% de los cuadernos evaluados. En consecuencia, se afirma que esta mejora se logra a pesar de las modificaciones del proceso de enseñanza que se realizan en el Centro 6 en el segundo periodo.

VII.3.3.5. Seguimiento realizado sobre la SEA

En el seguimiento realizado mediante entrevistas con algunos de los participantes de los distintos grupos-clase no se encuentran diferencias reseñables sobre las actividades que se han considerado más interesantes o menos interesantes, ni sobre los contenidos trabajados que eran nuevos para ellos o los contenidos que les han resultado más difíciles de comprender. Sí se han encontrado diferencias en la opinión de los estudiantes sobre la utilidad de la SEA, cuestión que se pasa a desarrollar.

En relación con la opinión de los estudiantes sobre la utilidad de la SEA y su impacto en su aprendizaje se destaca que, en el primer periodo de investigación, los estudiantes dirigen sus acciones a las explicaciones alejadas del trabajo del libro, que, según sus declaraciones, les han hecho pensar para resolver problemas y para afrontar aspectos que antes no se habían planteado. En este periodo los estudiantes también mencionan cuestiones relacionadas con la NdCyT y el hecho de haberles incitado a reflexionar. En el segundo periodo el foco se ha situado en los contenidos trabajados y no tanto en la metodología empleada. En este caso la opinión estaba dividida en contenidos relativos a la energía, respuestas relacionadas con la NdCyT aplicadas a la energía e incluso respuestas relacionadas con capacidades de pensamiento crítico. Es decir, en ambos periodos los estudiantes destacan cuestiones relativas a los tres constructos de estudio (NdCyT, PC y energía), sin embargo, en el primer periodo se incide especialmente en el tratamiento metodológico y en el segundo en los contenidos.

VII.3.4. DISCUSIÓN DE LOS GRUPOS FOCALES

VII.3.4.1. Cuestiones relativas a la NdCyT

Inicialmente cabe destacar que los maestros no saben definir NdCyT en un primer momento, lo cual concuerda con lo expuesto por Serrallé et al. (2021) cuando analizan los distintos estudios que diagnostican deficiencias en la formación del profesorado sobre NdC.

En segundo lugar, se pasa a discutir cómo entienden la NdCyT las docentes universitarias participantes en contraste con la literatura. En concreto, las participantes limitan su definición de NdCyT a lo que según los consensos extraídos en el marco teórico de esta tesis (Dagher y Erduran, 2016; Erduran y Dagher, 2014; Irzik y Nola, 2011, 2014; Lederman et al., 2002; Manassero y Vázquez, 2019; Mathews, 2012; McComas, 2002; Osborne et al., 2003) cabría recoger dentro de epistemología de la NdCyT o, más concretamente, de la NdC, ya que ninguna de las participantes se refiere en este momento a la tecnología. Sin embargo, cuando hablan de la enseñanza de este constructo en las escuelas mencionan aspectos relacionados con la sociología interna y externa de la ciencia y lo realzan como cuestiones importantes. Esto conduce a señalar que las propias docentes a la hora de definir el constructo apelan a elementos teóricos de carácter más tradicional (Lederman et al., 2002), pero al reflexionar sobre su enseñanza contemplan un constructo más completo y holístico (Manassero y Vázquez, 2019).

En tercer lugar, se resalta que en el discurso presentado por los participantes en los grupos focales se reconocen algunas de las dificultades asociadas a la enseñanza de la NdCyT (Benasar, et al., 2010; Acevedo et al., 2017) como son: (1) la percepción de que abarcar todos los contenidos declarativos sobre ciencias recogidos en el currículo hace que tomar en consideración estos enfoques o el trabajo de estos contenidos se descarte; (2) la falta de confianza que tiene el profesorado con los contenidos de NdCyT; (3) la limitación de los contenidos de NdCyT a los escasos recogidos en el currículo de Educación Primaria (indagación científica); (4) la escasa capacidad para realizar conexiones entre los contenidos de ciencias experimentales y los distintos aspectos de NdCyT.

Finalmente, cabe discutir como la mayor parte de los maestros destacan que un enfoque planteado desde el trabajo de la NdCyT es favorecedor para acercar contenidos de ciencia a los estudiantes de esta etapa. Esto concuerda con uno de los principios básicos en los que se basa el modelo didáctico construido, el favorecer que los estudiantes perciban que esos contenidos están latentes en sus actividades diarias (COSCE, 2011), mediante el planteamiento de actividades o tareas auténticas (Jiménez-Aleixandre, 2010).

VII.3.4.2. Cuestiones relativas al PC

En primer lugar, se discute hasta qué punto los maestros y las docentes universitarias han identificado los distintos elementos que conforman el PC. A este respecto se destaca que en ninguno de los dos grupos se mencionan capacidades relacionadas con la metacognición, la probabilidad, establecer preguntas, observar, definir términos o sintetizar. Esto pone en manifiesto que los docentes tienen una perspectiva del PC, en cuanto a su componente cognitivo, que contrasta con las taxonomías propuestas por autores como Ennis (2011); Lipman (en Tenreiro-Vieira y Vieira, 2000); Paul (1993); Vázquez y Manassero, (2019); Beyer (1998); Gubbins (en Tenreiro-Vieira y Vieira, 2000); Saiz (2017, 2018); y Halpern (2014), las cuales incluyen una o varias de estas capacidades.

En esta misma línea, es preciso destacar que casi el total de las referencias que los maestros hacen del pensamiento giran en torno a las capacidades, aunque también incluyen algunos aspectos disposicionales. Sobre este caso las docentes universitarias, en este momento, solo resaltan capacidades sin menciones a otros aspectos que se incluyen dentro del PC. Esto nos permite señalar que cuando estos participantes han tratado de definir qué es el PC no han contemplado aspectos relevantes como su carácter competencial (Saiz, 2018) u otros destacados componentes como, las actitudes y valores; los criterios y normas, y los conocimientos (Vieira y Tenreiro-Vieira, 2016; Tenreiro-Vieira y Vieira, 2021).

En segundo lugar, se discuten las declaraciones de los participantes en los grupos focales sobre la importancia y la viabilidad del desarrollo del PC en las primeras edades. A este respecto se destaca que los maestros señalan la necesidad de que la enseñanza del pensamiento debe trabajarse desde las primeras edades, lo cual coincide con el acrónimo PIGES sustentado por Tenreiro-Vieira y Vieira (2021) y presentado anteriormente en este estudio (epígrafe IV.2.) en el cual se señala el desarrollo del PC durante toda la escolaridad como uno de los elementos clave para una enseñanza favorable de este constructo.

Por último, se discuten las dificultades destacadas por los participantes en los grupos focales. A este respecto es preciso resaltar que los maestros ponen el foco de estas dificultades en el tiempo; el planteamiento curricular que, aunque favorece que se aplique el PC con libertad en el uso de metodologías aplicadas, abarca demasiados contenidos para trabajar todos de forma profunda, motivadora y que desarrolle este tipo de capacidades; y el hecho de que sea un trabajo progresivo e integrado en la rutina escolar, ya que si no es un

trabajo regulado por la legislación no es posible que se realice de ese modo. Esto se corresponde con lo recogido por López-Aymes (2012) quien señala algunos motivos por los que los estudiantes no están desarrollando su PC.

VII.3.4.3. Cuestiones relativas a los instrumentos didácticos (SEA)

En primer lugar, cabe resaltar como la SEA elaborada se basa en un proceso de evaluación formativa orientado a la mejora del aprendizaje del estudiante. Esta evaluación engloba el proceso de enseñanza-aprendizaje, pero, tal y como han señalado los maestros y docentes universitarias participantes en los grupos focales, no se integra al alumnado en el proceso de evaluación, así como tampoco se contempla la evaluación del docente. A este respecto es preciso resaltar que desde este estudio se defiende la perspectiva de evaluación formativa y compartida que contempla estos tres procesos (López-Pastor y Pérez-Puello, 2017), sin embargo, se consideró que incluir estos procesos en un estudio ya de por sí complejo e inicialmente muy limitado de forma temporal era un factor que podría dificultar la productividad en la implementación, por lo que se descartó su inclusión.

En segundo lugar, se destaca la importancia de dar tiempo al alumnado para reconstruir y completar su conocimiento a partir de la reformulación de las respuestas dadas a las preguntas de las distintas actividades de consolidación, lo cual no se analiza al detalle en esta tesis doctoral, pero sí se ha estudiado y publicado de forma paralela en Ortega-Quevedo y Gil (2020). Estudio anterior que destaca la importancia que ocupan las interacciones en los debates para la reconstrucción del aprendizaje y la reformulación de las hipótesis en los cuadernos de trabajo, que concuerdan tanto con lo manifestado por los docentes, como lo propuesto por León-Warthon (2021) cuando resalta la importancia que tiene la retroalimentación en el desarrollo de capacidades de PC.

CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE ESTUDIO

A continuación, se desarrolla el último capítulo de esta tesis doctoral en el que se recogen las conclusiones, las limitaciones del estudio y las futuras líneas de investigación.

VIII.1. CONCLUSIONES

Las conclusiones del presente estudio se presentan en relación con los distintos objetivos específicos establecidos y, en su conjunto, dan respuesta al objetivo general de esta tesis doctoral: diseñar una SEA que aborde un contenido tradicionalmente curricular, promueva el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y contribuya a mejorar las concepciones sobre temas de NdCyT.

En primera instancia, se desarrollan las conclusiones del primer bloque de objetivos específicos, el cual recoge las acciones relacionadas con el diseño didáctico y los instrumentos de evaluación aplicados en la presente tesis doctoral. A este respecto, se concluye que se han adaptado y diseñado instrumentos de medida tanto cuantitativos, como cualitativos que han resultado válidos y muy útiles para determinar las concepciones del alumnado sobre los temas tratados de NdCyT y el desarrollo de las capacidades de PC. Asimismo, para determinar si un instrumento didáctico es válido es necesario esclarecer si existe evolución en el desarrollo del alumnado (Dorland, 1994), con este fin se procede a plasmar las conclusiones pertinentes sobre la evolución de los participantes con respecto a los tres constructos de estudio (NdCyT, PC y energía). Dichas conclusiones dan respuesta a los objetivos específicos del segundo y tercer bloque (valorar los impactos en el aprendizaje de los participantes en los aspectos concretos seleccionados de los tres elementos de estudio tras su implementación en distintos centros educativos).

Los resultados obtenidos permiten concluir que la SEA diseñada e implementada contribuye a la mejora de las capacidades de PC (análisis argumental, comprobación de hipótesis y razonamiento verbal) y las concepciones de NdCyT que se pretendían desarrollar (quién toma las decisiones con respecto a los asuntos científico-tecnológicos; porqué de la existencia de equilibrio entre efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología; de qué depende que se implante o no una nueva tecnología y si los ciudadanos

tienen el control del desarrollo tecnológico) con estudiantes de 6º curso de Educación Primaria. Estas mejoras obtenidas a partir de las intervenciones realizadas dan respuesta a las problemáticas presentadas en el capítulo de introducción, como son el desarrollo de la alfabetización científica y del pensamiento crítico como elementos cada vez más indispensables para que las personas puedan desenvolverse activamente en la sociedad actual.

Asimismo, se puede afirmar que los aspectos recogidos en el modelo didáctico para el abordaje de contenidos relativos a la energía han permitido que los estudiantes adquieran los contenidos de forma significativa, dotándolos de sentido al relacionarlos con su entorno cercano. Los resultados de la presente investigación permiten concluir que el modelo didáctico contempla una educación con calidad, lo cual queda alineado con el ODS 4 al que nos referíamos al inicio de esta tesis doctoral, ya que además de trabajar contenidos curriculares mediante sus planteamientos se contribuye al desarrollo de competencias elementales para la ciudadanía. Conviene destacar también como elementos determinantes relacionados con el modelo didáctico diseñado, la visibilización del pensamiento y la evaluación formativa.

A continuación, se destacan aspectos concretos de cada una de las cuestiones mencionadas:

Con respecto a la NdCyT se determina que, a pesar de que inicialmente los participantes no tenían nociones adecuadas sobre quién debe tomar las decisiones relativas a asuntos científicos, una vez realizada la intervención, las concepciones del alumnado perteneciente al conjunto de grupos experimentales han mejorado significativamente, tanto en relación con la fase previa a la intervención como en comparación con los grupos control. Del mismo modo, se perciben diferencias en los resultados entre los distintos grupos-clase que se relacionan con las características propias del alumnado de cada grupo, así como de las variaciones en el proceso de enseñanza. Entre otras, se destacan las diferencias en el primer periodo de investigación relacionadas con la obtención de mejores resultados en función de la afinidad inicial con la metodología, en especial con las dinámicas que requieren diálogo y visibilización del pensamiento, lo que permite destacar la afinidad inicial a la metodología como una variable relevante para el estudio. Sin embargo, y a pesar de estas diferencias, los estudiantes que han participado en la

intervención han mejorado sus concepciones sobre quién debe tomar las decisiones relativas a los asuntos científicos.

En cuanto a la reflexión sobre los efectos positivos y negativos de los estudios científicos y la tecnología, el análisis de resultados permite concluir que la SEA fomenta la mejora sobre las concepciones de los participantes en relación con la necesidad de establecer equilibrios entre los efectos positivos y negativos de la ciencia, el alumnado mejora sus concepciones sobre esta temática, tanto entre distintos momentos de la investigación, como entre los grupos experimentales y controles. En concreto, la mejora percibida en los estudiantes es mayor en el segundo periodo de investigación, en el cual se realiza una enseñanza menos explícita y más extendida en el tiempo. En consecuencia, se aprecia una importante variabilidad en los resultados entre algunos de los grupos-clase, lo cual se explica nuevamente aludiendo a las características propias del alumnado de cada grupo (afinidad con la metodología dialógico-crítica y dominio del contenido vehicular, energía), así como de las variaciones en el proceso de enseñanza (adaptaciones surgidas de las dificultades propias de cada grupo y modificaciones de la SEA y el modelo didáctico realizadas por algunos docentes).

En relación con la dependencia del uso de una nueva tecnología, se concluye que existe una mejora sobre los aprendizajes de los estudiantes después de la implementación de la SEA sobre este aspecto. Se advierten avances significativos en los conocimientos de los participantes del conjunto de grupos experimentales entre fases de medición y en comparación con los grupos control, así como en sus intervenciones en el aula y las reflexiones en el cuaderno de trabajo. En este sentido, cabe resaltar que las modificaciones en el proceso de enseñanza durante el segundo periodo de investigación (enseñanza menos explícita de los contenidos de NdCyT, menos incidencia en esta temática durante el transcurso de las sesiones y escasa o ausencia de reconducciones sobre manifestaciones de concepciones erróneas) han afectado negativamente al desarrollo del alumnado en estas ideas en algunos casos, lo cual ha hecho que se resienta también la significatividad en la comparativa con el grupo control en este periodo. Esto permite concluir la necesidad de mantenerse fiel a las directrices marcadas en la SEA para que la implementación de los materiales contribuya del mejor modo posible a la mejora de los aprendizajes sobre la NdCyT, puesto que recoge aspectos del modelo didáctico que se destacan por su influencia

positiva en el desarrollo de concepciones de NdCyT (incidencia lo más explícitamente posible y a lo largo del tiempo de los contenidos de NdCyT, retroalimentaciones concretas y constantes, aproximación al entorno cercano del alumnado, etc).

En esta misma línea, se resuelve que los resultados obtenidos en relación con el control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos presentan mejoras entre fases de medición y al contrastar entre grupos experimentales y control, lo que permite determinar que la SEA contribuya a una mejor aproximación al desarrollo de esta concepción sobre NdCyT. Sin embargo, es preciso destacar que en el segundo periodo de investigación se aprecian modificaciones que afectan al proceso de enseñanza-aprendizaje (enseñanza menos explícita de los contenidos de NdCyT, menos incidencia en esta temática durante el transcurso de las sesiones y escasas o ausencia de reconducciones sobre manifestaciones de concepciones erróneas) de la misma forma que en los resultados relacionados con la dependencia del uso de una nueva tecnología.

No podemos presentar las conclusiones sobre otro constructo sin antes destacar que la aplicación de la SEA diseñada contribuye al desarrollo de concepciones de NdCyT, tanto con una enseñanza de la misma muy explícita y concentrada en el tiempo (primer periodo de investigación), como con una enseñanza más implícita que incluye mayor dedicación a los espacios reflexivos, siempre y cuando los docentes que la impartan cuenten con un mínimo de formación sobre los temas trabajados (segundo periodo de investigación).

Con respecto a las conclusiones derivadas de la línea de estudio sobre PC, se concluye que las distintas actividades diseñadas que conforman la SEA fomentan el desarrollo de la capacidad de comprobación de hipótesis, puesto que se demuestra una mejora en el conjunto de grupos que reciben la intervención, así como en contraste con los grupos control. Asimismo, cabe destacar cuestiones relativas al proceso de enseñanza que influyen en los resultados obtenidos de forma negativa; como el retroceso en la incidencia sobre el uso de vocabulario específico y la distribución del tiempo para que el alumnado pueda reformular sus hipótesis y reconstruir sus conocimientos. En consecuencia, se estima que ambos elementos son clave para que los instrumentos didácticos diseñados contribuyan en mayor grado al desarrollo de esta capacidad.

En relación con la capacidad de análisis argumental se concluye que la SEA diseñada contribuye de forma significativa a su desarrollo, ya que se aprecia una mejora en

el conjunto de grupos experimentales tras la implementación, así como en contraste con los grupos control. A este respecto es necesario destacar que la modificación del proceso de enseñanza (enseñanza menos explícita de los contenidos, menos incidencia en el uso de vocabulario específico y escasas o ausencia de reconducciones cuando los estudiantes no se han expresado correctamente) sobre esta capacidad hace que los resultados obtenidos entre periodos sean diferentes. En concreto, se destaca como en el segundo periodo se ha detectado mayor significatividad en los incrementos obtenidos en los resultados cuantitativos, ya que los estudiantes partían de un nivel más bajo que en el primer periodo, no obstante, el nivel de logro alcanzado por estos participantes ha sido menor que el obtenido por el alumnado del primer periodo, puesto que en el análisis global de los resultados de estos estudiantes se percibe mayor nivel de logro en la adquisición y puesta en práctica de contenidos relativos a esta capacidad.

En cuanto a la capacidad de razonamiento verbal se obtiene una mejora significativa entre fases de medición para el conjunto de grupos experimentales, además de identificarse mejoras a la hora de que los estudiantes analizasen el discurso de sus compañeros para poder discutir sus ideas e incluso añadirlas a las suyas propias. Por consiguiente, se concluye que, a pesar de haber abandonado la variable por los motivos ya justificados en el estudio, existen evidencias de mejora entorno a las cuestiones presentadas.

Antes de finalizar con las conclusiones relativas al PC es preciso señalar que, tanto una enseñanza explícita y concentrada en el tiempo, como una más implícita y con una mayor dedicación temporal en los espacios de reflexión, han conseguido mejoras en estas capacidades, siempre y cuando se haya seguido mínimamente el modelo didáctico presentado en la SEA.

En tercer lugar, se presentan las conclusiones relativas al estudio correlacional entre los resultados cuantitativos en ambos periodos de investigación. A este respecto, se concluye que existen correlaciones significativas entre los ítems 40211 (la toma de decisiones sobre los asuntos científicos) y 40311 (efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología) y las capacidades de PC de análisis argumental y comprobación de hipótesis en el primer periodo de investigación, además de entre ítems de los mismos cuestionarios. En el segundo periodo de investigación la correlación entre ítems de la adaptación del COCTS y la segunda adaptación del TEPC se da con la capacidad de

comprobación de hipótesis y los ítems 40311 (efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología) y 80131 (la dependencia del uso de una nueva tecnología). Finalmente, es preciso destacar que los únicos ítems que no correlacionan de forma significativa con ningún otro en los dos periodos se corresponden con ítems de NdCyT y ambos tienen en común resultados más bajos en comparación con otros ítems en sus respectivos periodos de investigación.

Sobre los contenidos relativos a la energía se concluye que: (1) el trabajo ligado al contexto de las propiedades de la energía, así como el abordaje de la degradación de la energía contribuye a que los estudiantes abandonen perspectivas ingenuas en relación con estos contenidos. (2) Emplear una división en distintos tipos de energía ayuda al alumnado a aproximar un concepto tan abstracto a su entorno próximo, así como a reflexionar sobre la energía necesaria para vivir (necesidades biológicas) y la energía para facilitarnos la vida y los impactos asociados a su uso excesivo. (3) La profundización en aspectos positivos y negativos de las distintas fuentes de energía permite a los estudiantes comprender los puntos fuertes de las fuentes de energía no renovables y los puntos débiles de las fuentes de energía renovables, además de reflexionar sobre la disposición de dichos recursos en su entorno próximo. Sendos aspectos hasta ahora habían quedado al margen de los conceptos aprendidos por los estudiantes, sin embargo, la reflexión sobre los mismos ha resultado ser clave para la comprensión a un nivel más profundo de la problemática energética actual. (4) Durante el análisis de estos resultados se resaltan como elementos importantes para el aprendizaje el diálogo en la reconstrucción del conocimiento, la evaluación formativa como medio orientador de ese diálogo y las explicaciones con ejemplos reales cercanos al contexto del alumnado.

En relación con el modelo didáctico en el cual se basa la SEA diseñada, se destaca que se ha demostrado su eficacia siendo la visibilización del pensamiento y la evaluación formativa dos elementos clave en su éxito, tal y como muestran los resultados y destacan los docentes en los grupos focales. En esta línea, también se quiere destacar que la infusión de todos los contenidos en ambos periodos de investigación ha sido muy significativa, lo que ha propiciado que: (1) haya sido posible trabajar todos los contenidos en una sola SEA; y (2) que durante el análisis de resultados en algunas ocasiones se hayan citado o descrito elementos que podrían pertenecer a más de una categoría de análisis. Asimismo, se resalta

como el abordaje de los contenidos relativos al PC y la NdCyT se han visto determinados por la explicitación de estos en el proceso de enseñanza y el tiempo de dedicación a su trabajo, por lo que se concluye que ambos factores también han resultado determinantes para el desarrollo de las capacidades y concepciones incluidas en el modelo didáctico.

Sobre la formación de los maestros que han impartido la SEA en el segundo periodo de investigación se concluye que a pesar de que todos los maestros participantes en el estudio han recibido la misma formación, guía y materiales para la implementación de la SEA, las diferencias en el proceso de enseñanza entre los distintos grupos-clase han resultado significativas. Esto lleva a concluir que no solo la formación y el acceso a materiales determina el éxito de una implementación de estas características, sino que el compromiso y estilo de enseñanza del maestro que aplique esos materiales son variables que parecen influir de forma determinante en los resultados de la implementación.

Finalmente, en cuanto a la opinión de los docentes sobre los constructos de estudio (PC y NdCyT) se concluye que (1) los maestros presentan dificultades para definir la NdCyT, sin embargo, sí reconocen sus contenidos en el currículo y que puede ser un enfoque positivo para el aprendizaje, siempre y cuando sea contextualizado en el entorno próximo del alumnado. Por su parte las docentes de los grados en educación estiman que la NdCyT es un constructo que han abordado desde la enseñanza de las ciencias y muestran tener una visión fundamentalmente epistemológica del concepto. En este sentido, destacan la importancia de la inclusión de temas relacionados con la NdCyT en las escuelas, al mismo tiempo que resaltan las dificultades asociadas a este proceso. (2) Existe acuerdo entre los integrantes de los distintos grupos focales en que hay temas de NdCyT presentes en el currículo, aunque también se determina que no se indica cómo debe trabajarse.

(3) El conjunto de participantes en los grupos focales entienden que el PC se conforma principalmente por capacidades sin mencionar de forma significativa otros componentes del mismo. Así pues, exponen que el PC implica el desarrollo de capacidades de credibilidad de las fuentes; realizar juicios de valor, deducciones e inferencias; resolver problemas y tomar decisiones. También estiman que el PC debe desarrollarse en todos los niveles educativos y que puede ser abordado desde distintas materias. (4) En esta línea, los maestros defienden que el actual currículo da cabida al desarrollo del PC, mediante la libertad de escoger la metodología empleada para realizar el proceso de enseñanza-

aprendizaje. De esta forma se infiere que los participantes defienden el desarrollo del PC de forma infusionada con distintos contenidos curriculares. Sin embargo, al plantear la posibilidad de una inclusión más concreta del trabajo del PC en el currículo se encuentran diversidad de opiniones. Por una parte, algunos participantes estiman que al tratarse de un aspecto obligatorio debería de abordarse, frente a otros que comparan su inserción con el trabajo por competencias, es decir, algo que se integra en el currículo, pero que no acaba de ser una realidad en las aulas.

(5) En cuanto a los materiales didácticos elaborados (presentaciones, audiovisuales, rúbricas de evaluación y cuaderno de trabajo de los estudiantes), los participantes en los grupos focales opinan que son materiales aplicables en quinto y sexto curso por los contenidos curriculares que abordan, aunque destacan que las estructuras y rutinas para el trabajo del PC serían fácilmente adaptables a niveles educativos inferiores, siempre que se introduzcan de forma progresiva. Además, se señala como la SEA aborda cuestiones de NdCyT y PC que se visualizan en elementos como: el planteamiento de esquemas para el desarrollo argumental, el balance entre efectos positivos y negativos de las cuestiones científicas y tecnológicas, los debates o los espacios para la reconstrucción del conocimiento. Por último, se resalta la valoración positiva de las rúbricas como instrumento de aula para la evaluación del aprendizaje.

VIII.2. LIMITACIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Una vez reflejadas las conclusiones del estudio, se pasa a plasmar las limitaciones encontradas durante el proceso investigador, así como continuaciones del trabajo y otras posibles líneas de investigación que pudieran derivar de este estudio.

La primera limitación de esta tesis doctoral es la dificultad de acceso a los centros educativos. Acceder a los centros fue un proceso complejo y con un alto coste en tiempo y esfuerzo en el que la investigadora tuvo que realizar diversos trámites para que la Dirección Provincial y la Consejería de Educación autorizasen el acceso a los colegios, además de conseguir que las directivas de los centros, los docentes y las familias accediesen a participar en el estudio.

A pesar de estas dificultades, en el primer periodo de investigación se consiguió la participación de cinco centros educativos con la condición de no exceder su participación

en más de cinco sesiones, dos de evaluación y tres de trabajo de contenidos. Esta acotación temporal se identifica como la segunda limitación del estudio, ya que en este periodo se concentró el trabajo de los contenidos abordados lo que supuso un tratamiento abreviado con respecto al diseño inicial, a pesar de que un abordaje más extendido en el tiempo podría haber resultado más favorable.

En cuanto al segundo periodo de investigación se consiguió la participación de cuatro centros educativos de los cuales dos de ellos vieron afectadas sus implementaciones por la declaración de la pandemia mundial y el confinamiento. En este periodo la limitación más significativa no fue el tiempo, ya que se permitió a cada maestro flexibilizarlo conforme a su criterio profesional y la adaptación a su aula concreta. Sin embargo, cabe resaltar otras limitaciones como la implicación de los distintos docentes relativa a la realización de las actividades propuestas y la forma de implementación de dichas actividades (tercera limitación). Sobre la primera cuestión se destaca como se tuvieron que descartar los resultados relativos a tres grupos-clase de un centro educativo, ya que no realizaron todas las actividades de la evaluación final. En relación con la forma de implementación de los docentes, se identifican diferencias en la implicación en cuanto a la forma de explicitar y reconducir distintos aspectos relacionados con los contenidos trabajados que ha afectado a los resultados. Este hecho se considera una limitación, ya que, a pesar de que la formación recibida ha sido la misma para todos los maestros, el control de la ejecución del proceso de enseñanza es ajeno a la investigadora que se ha limitado a observar el quehacer de los maestros.

La cuarta limitación ha sido la situación de pandemia, la cual retrasó las implementaciones en dos de los centros educativos y supuso un reto extra para los docentes, puesto que tuvieron que coordinar las actividades cooperativas, como la realización del cuaderno de trabajo, manteniendo la distancia social.

La quinta limitación tiene que ver con los centros participantes en el estudio, ya que todos pertenecen a Segovia capital o su núcleo próximo, debido a que es el entorno cercano a la facultad donde se ha realizado esta tesis doctoral. No obstante, se reconoce que es un contexto concreto y acotado por lo que se destaca como limitación y se establece como primera futura línea de estudio la aplicación de esta SEA en un mayor número de centros que se extiendan a otras regiones de España e incluso con ciertas adaptaciones a otros

países. De esta limitación surge la que podemos considerar la primera línea de investigación futura, la cual consistiría en ampliar este mismo modelo de estudio y analizar los resultados obtenidos, de este modo se podrá contrastar si hay alguna diferencia relativa al contexto de implementación en los resultados.

La sexta limitación consiste en los escasos datos extraídos del discurso originado en las aulas. A pesar de mejorar la extracción de este tipo de datos durante el segundo periodo al realizar una observación no participante la capacidad de observación se limita a lo registrado por un sujeto durante un periodo de tiempo, lo cual no permite extraer una transcripción completa de todo el discurso. Como forma de paliar esta limitación surge la segunda línea de investigación futura, centrada en realizar una recogida de datos más exhaustiva en el aula, realizando grabaciones de las distintas sesiones con el fin de analizar con más detalle todo el discurso generado en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Este análisis permitiría reforzar los resultados en la línea de los objetivos del proyecto y recuperar para el estudio la capacidad de análisis verbal, incluso tal vez arrojar luz sobre su relación con la capacidad de análisis argumental. También esta mejora permitiría plantear nuevos objetivos de investigación en torno al estudio del aprendizaje dialógico y la construcción de aprendizajes de forma colaborativa.

Tras dejar constancia de las distintas limitaciones del estudio se pasa a recoger otras futuras e interesantes líneas de investigación con el fin de seguir avanzando en el conocimiento de los procesos de Enseñanza Aprendizaje de la ciencia y el desarrollo del pensamiento:

La tercera línea de investigación consistiría en realizar el análisis de las actividades de la SEA que por estar más centradas en iniciar el trabajo sobre los contenidos de estudio y recoger los conocimientos previos del alumnado, así como en estimar la percepción de los estudiantes sobre los conceptos de Ciencia, Tecnología y Sociedad, se han excluido del análisis de los resultados.

La cuarta línea de investigación futura podría complementar al estudio y consistiría en profundizar en las necesidades formativas de los docentes en activo, así como en reforzar esas cuestiones en la formación inicial del profesorado. En consecuencia, se podría ampliar la formación docente con el fin de abordar necesidades ya detectadas como las formas de moderar las puestas en común y los distintos debates y procesos de evaluación

formativa. Esto podría arrojar luz sobre si con esta formación se reducen las desvirtuaciones en los discursos que nos encontramos en el segundo periodo de investigación.

Por último, se cree interesante y necesaria como futura línea de investigación analizar la presencia de contenidos sobre NdCyT y PC en distintos manuales escolares y generar nuevas SEAs con otros contenidos curriculares para estos y otros cursos que se infundieren con diferentes contenidos y capacidades de NdCyT y PC.

LISTA DE REFERENCIAS

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Nature of Science in Science Education: Toward a Coherent Framework for Synergistic Research and Development. En B. J. Fraser, K. Tobin y C. J. McRobbie (eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 1041-1060). Springer.
- Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. L. (2004). Enhancing preservice teachers' conceptions of nature of science: The impact of training in metacognitive strategies [Conferencia]. Annual Meeting of the American Educational Research Association (AERA). San Diego, CA.
- Abd-El-Khalick, F., & Akerson, V. (2009). The influence of metacognitive training on preservice elementary teachers' conceptions of nature of science. *International Journal of Science Education*, 31(16) 2161–2184. DOI: 10.1080/09500690802563324
- ABD-El-Khalick, F., & Khishfe, R. (2000). *Inquiry instruction and learning about nature of science: the need for an explicit reflective component* [Conferencia]. Annual Meeting of the American Educational Research Association. New Orleans, LA.
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, L. G. (2000a). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701. DOI: 10.1080/09500690050044044
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000b). The influence of history of science course on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- Abd-El-Khalick, F., Waters, M., & Le, A-P. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), 835-855.
- Acevedo, J. A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(2), 134-169. http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen5/Numero_5_2/Acevedo_2008.pdf

- 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.
- Acevedo, J. A. (2009b). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 355-386.
http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen6/Numero_6_3/Acevedo_2009.pdf
- Acevedo, 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.
- Acevedo, 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. Doi: 10498/18010.
- Acevedo-Díaz, J.A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M.M. (2016) Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (2), 408-422. <http://hdl.handle.net/10498/18297>
- Acevedo, J. A.; García-Carmona, A.; y Aragón, M. M. (2017). *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A. Y Manassero, M. A. (2002). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad y la enseñanza de las ciencias [Conferencia]. CTS+I de la OEI. <http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm>.
- Acevedo, J.A., Vázquez, A., y Manassero, M.A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 80-111.
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M.A., y Acevedo, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka*

- de enseñanza y divulgación de las ciencias, 4(1), 42-66.
http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen4/Numero_4_1/Acevedo_2007.pdf
- Acevedo, J. A., Vázquez, A., Manassero, M.A., y Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka de enseñanza y divulgación de las ciencias*, 4(2), 202-225.
http://venus.uca.es/eureka/revista/Volumen4/Numero_4_2/Acevedo_et_al_2007.pdf
- Adúriz, A., & Izquierdo, M. (2004). The discovery of radium as a “historical setting” to teach some ideas on the nature of science. En Metz, D. (Ed.), *7th International History, Philosophy, and Science Teaching Conference Proceedings* (pp. 12-19). University of Winnipeg.
- Aikenhead, G. S. (2003). Review of research on humanistic perspectives in science curricula [Conferencia]. 4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), Research and the quality of science education. Noordwijkerhout, The Netherlands (August 19-23).
http://www.usask.ca/education/documents/profiles/aikenhead/ESERA_2.pdf
- Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1989). *The development of a multiple choice instrument for monitoring views on Science-Technology-Society topics*. Final Report of SSHRCC Grant. Department of Curriculum Studies, University of Saskatchewan.
- Aikenhead, G. S., & Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument: ‘Views on Science-Technology-Society’ (VOSTS). *Science Education*, 76(5), 477-492.
- Akerson, V. L., & Abd-El-Khalick, F. (2003). Teaching elements of nature of science: a yearlong case study of a fourth-grade teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1025-1049.
- Akerson, V. L., Hanson, D. L., & Cullen, T. A. (2007). The influence of guided inquiry and explicit instruction on K–6 teachers’ views of nature of science. *Journal of Science Teacher Education*, 18(5), 751-772.
- Akerson, V. L., & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5), 653-680.
- Akerson, V. L., & Volrich, M. L. (2006). Teaching nature of science explicitly in a first-grade internship setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 377-394.

- Alaminos, A., y Castejón J.L. (2006). *Elaboración, análisis e interpretación de encuestas, cuestionarios y escalas de opinión*. Marfil.
- Albert, M.J. (2009). *La investigación educativa. Claves teóricas*. Mc Graw Hill.
- Allchin, D. (2004). Should the sociology of science be rated X? *Science Education*, 88(6), 934-946.
- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Almerich, G.; Suárez-Rodríguez, J.; Díaz-García, I. y Orellana, N. (2020). Estructura de las competencias del siglo XXI en alumnado del ámbito educativo. *Factores personales influyentes. Educación XX1*, 23(1), 45-74.
<https://dx.doi.org/10.5944/educXX1.23853>
- Álvarez-Gayou, J. L. (2006). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. Paidós.
- Amado, J., Costa, A. P., y Crusoé, N. (2014). A técnica da análise de conteúdo. En J. Amado (Coord.), *Manual de Investigação Qualitativa em Educação* (pp. 301-352). Universidade de Coimbra.
- American Psychological Association. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction. Executive Summary "The Delphi Report"*. American Psychological Association.
- American Psychological Association. (2010). *Manual de Publicaciones de la American Psychological Association* (3a ed.). Editorial El Manual Moderno.
- Andrés de, J. (2000). El análisis de estudios cualitativo. *Atención Primaria*, 25(1) 42- 46
- Atabaki, A., Keshtiaray N., y Yarmohammadian, M. H. (2015). Scrutiny of Critical Thinking Concept. *International Education Studies*; 8(3), 93-102.
- Báez, J. (2007). *Investigación cualitativa*. ESIC EDITORIAL.
- Báez, J. y Onrubia, J. (2016). Una revisión de tres modelos para enseñar las habilidades de pensamiento en el marco escolar. *Perspectiva Educacional. Formación de Profesores*, 55(1), 94-113.
- Banet, E. (2010). Finalidades de la educación científica en educación secundaria: Aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(2), 199-214.

- Barbour, R. (2013). *Grupos de discusión en investigación cualitativa*. Ed. Morata.
- Bardin, L. (1977). *L'Analyse de contenu*. (Luis Antero e Augusto Pinheiro, trad.). Presses universitaires de France.
- Barragan, R. (Coord.) (2003). *Guía para la formulación y ejecución de proyectos de investigación*. PIEB.
- Bennássa, A.; Vázquez-Alonso, A.; Manassero-Mas, M. A.; y García-Carmona, A. (2010). *Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica: una evaluación de la Naturaleza de la Ciencia y Tecnología*. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Beyer, B. K. (1988) developing a scope and sequence for thinking skills instruction. *Educational leadership*, 45(7), 26-30.
- Biggs, J. (1987). *Student approaches to learning and studying*, Hawthorn, Victoria, Australian Council for Educational Research.
- Biggs, J. (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.
- Borda, E. J., Burgess, D., Bearden, J., & Walker, S. (2006). Teaching and assessing the nature of science: the use of concept mapping and the VNOS questionnaire [Conferencia]. International Conference of the Association for Science Teacher Education. Portland, OR (January 12-14).
- Borda, E. J., Burgess, D. J., Plog, C. J., Dekalb, N., & Luce, M. (2007a). Concept mapping and the nature of science: how is it all connected? [Conferencia]. International Conference of the Association for Science Teacher Education. Clearwater Beach, FL (January 4-6).
- Borda, E. J., Burgess, D. J., Plog, C. J., Dekalb, N., & Luce, M. (2007b). Concept mapping as a learning and assessment tool for the nature of science [Conferencia]. National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-17).
- Bonsón, M., y Benito, Á. (2005). Evaluación y aprendizaje. En Á. Benito y A. Cruz (Coords.), *Nuevas claves para la docencia universitaria en el Espacio Europeo de Educación Superior* (pp. 87-100). Narcea.
- Buty, C., Tiberghien, A., & Le Maréchal J. F. (2004). Learning hypotheses and an associated tool to design and to analyse teaching-learning sequences. *Journal of Science Education*, 26(5), 579-604.

- Cañal, P., García-Carmona, A., y Cruz-Guzman, M. (2016). *Didáctica de las Ciencias Experimentales en Educación Primaria*. Ediciones Paraninfo.
- Cea, M. A. (2001). *Metodología cuantitativa. Estrategias y técnicas de investigación social*. Síntesis.
- Corbetta, P. (2003). *Metodología y técnicas de investigación social*. McGRAW-HILL.
- Crumb, G. H. (1965). Understanding of science in high school physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 3(3), 246-250.
- COSCE. (2011). *Informe Enciende. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España*, 1–118.
- Dagher, Z. R., Brickhouse, N. W., Shipman, H., & Letts, W. J. (2004). How some college students represent their understandings of the nature of scientific theories. *International Journal of Science Education*, 26(6), 735-755.
- Dagher, Z. R. & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the nature of science for science education. Why does it matter? *Science & Education*, 25(1), 147-164. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9800-8>
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. y Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Open University Press.
- Dochy, F., Segers, M., y Dierick, S. (2002). Nuevas vías de aprendizaje y enseñanza y sus consecuencias: una nueva era de evaluación. *Docencia universitaria*, 2(2), 1-29.
- Dorland, W. A. (1994). *Borland's illustrated medical dictionary (28th ed.)*. W. B. Saunder.
- Ennis, R. H. (1987). A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. En J. B. Baron, y R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching Thinking Skills*, 9-26. Freeman and Company.
- Ennis, R. H. (1996). *Critical Thinking*. Prentice-Hall.
- Ennis, R. H. (2011): *The nature of critical thinking: An outline of critical thinking dispositions and abilities* [Conferencia]. Conferencia Internacional de Pensamiento Crítico, Cambridge, <https://education.illinois.edu/faculty-pages/robert-ennis>
- Ennis, R. H., & Millman, J. (1985). *Cornell critical thinking test, level X*. Midwest Publications.

- Erduran, S., Ardac, D., & Yakmaci-Guzel (2006). Learning to teach argumentation: case studies of pre-service secondary science teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(2). DOI: 10.12973/ejmste/75442
- Erduran, S., & Dagher, R. F. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education*. Springer.
- Facione, P.A. (2013). Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. *Insight assessment*, 1-28. <https://www.insightassessment.com/Resources/Critical-Thinking-What-It-Is-and-Why-It-Counts>
- Facione, P. A. (2016). *Using the holistic critical thinking scoring rubric to train the discovery of evidence of critical thinking*. California Academic Press. <https://www.insightassessment.com/wp-content/uploads/ia/pdf/Using-the-Holistic-Critical-Thinking-Scoring-Rubric-to-Train-Discovery-ofEvidence-of-Critical-Thinking.pdf>
- Facione, P. A., Facione, N.C., & Giancarlo, C. A. (2000). The disposition toward critical thinking: Its character, measurement, and relationship to critical thinking. *Informal Logic*, 20(1), 61-84.
- Fraker, D. M. (1995): *Improving high school students' critical thinking skills*. St. Charles, Il, St. Xavier University.
- Fernández, I., Gil, D., Vilches, A., Valdés, P., Cachapuz, A., Praia, J., y Salinas J. (2003). El olvido de la tecnología como refuerzo de las visiones deformadas de la ciencia. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3). http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_3_8.pdf
- García-Carmona, A. (2014). Naturaleza de la Ciencia en noticias científicas de la prensa: Análisis del contenido y potencialidades didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 493-509.
- García-Carmona, A., y Criado, A. M. (2013). Enseñanza de la energía en la etapa 6-12 años: un planteamiento desde el ámbito curricular de las máquinas, *Enseñanza de las Ciencias* 31(3), 87-102. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ec/v31n3.772>
- Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical content knowledge: an introduction and orientation. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content*

- knowledge: the construct and its implications for science education* (pp. 3-17). Kluwer Academic Publishers.
- Giancarlo, C. A., & Facione, P. A. (2001). A Four Year Look at the Disposition toward Critical Thinking Among Undergraduate Students. *The Journal of General Education*, 50(1), 29-55.
- Gibbs, A. (1997). Focus groups. *Social research update*, 19(8), 1-8.
- Giné, N., y Parcerisa, A. (2000). *Evaluación en la educación secundaria. Elementos para la reflexión y recursos para la práctica*. Graó.
- Gordón, L. (1994). El efecto de enseñar las destrezas del pensamiento crítico en un curso introductorio de enfermería. *Rev. Latino-am. Enfermagem*, 2(2), 115-127
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: teacher knowledge and teacher education*. Teachers College Press.
- Guba, E. (1983). Criterios de credibilidad en la investigación naturalista. En J. Gimeno y A. Pérez (Eds.), *La enseñanza: su teoría y su práctica* (pp.148-165). Akal.
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains. *American Psychologist*, 53(4), 449-455.
- Halpern, D. F. (2014). *Thought and knowledge. An Introduction to Critical Thinking*. Psychology Press.
- Halpern, D. F. (2016). *Manual Halpern Critical Thinking Assessment. Test label HCTA*. Schuhfried.
- Hanuscin, D. L., Akerson, V. L., & Phillipson-Mower, T. (2006). «Integrating nature of science instruction into a physical science content course for preservice elementary teachers: NOS views of teaching assistants». *Science Education*, 90(5), 912-935.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. P. (2014). *Metodología de la investigación. Sexta edición*. Mc Graw Hill Educación.
- Hodson, D. (1988). Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72(1), 19-40.
- Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607.

- Irzik, G. y Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 999-1021). Springer.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2010). *10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Graó.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2012). Argumentation, evidence evaluation and critical thin-king. In *Second international handbook of science education* (pp. 1001-1015). Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_66
- Kahneman, D. (2011). *Thinking Fast and Slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux.
- Kemp, A.C. (2002). Implications of diverse meanings for "scientific literacy" [Conferencia]. International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. Charlotte, NC.
- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(4), 470-496.
- Khishfe, R., y Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 551-581. <https://doi.org/10.1002/tea.10036>
- Kim, B. S., Ko, E. K., Lederman, N. G. y Lederman, J. S. (2005). A developmental continuum of pedagogical content knowledge for nature of science instruction [Conferencia]. Conference of the National Association for Research in Science Teaching. Dallas, TX (April 4-7).
- Kvale, S. (2011). *Las entrevistas en Investigación Cualitativa*. Morata, S. L.
- Kuhn, T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. The University of Chicago Press.
- Kuhn, D. (2002). What is scientific thinking and how does it develop? En U. Goswami (Ed.), *Blackwell handbook of childhood cognitive development* (pp. 371-393). Blackwell Publishing.
- Kuhn, D. (2012). *Enseñar a pensar*. Amorrortu Editores.
- Lederman, N. G. (1992). *Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research*. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.

- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.
- Lederman, N. G., Lederman, J. S., & 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.
- Lederman, N. G., Schwartz, R., Abd-El-Khalick, F., & Bell, R. F. (2001). Preservice teachers' understanding and teaching of the nature of science: an intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education*, 1(2), 135-160.
- Lee, E. A., & Urn, S. (2002). Development of test-items to assess students' progress in understanding the nature of science [Conferencia]. National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA.
- León-Warthon, M. (2021). *Evaluación formativa: el papel de retroalimentación en el desarrollo del pensamiento crítico*. *Maestro y Sociedad*, 18(2), 563-571.
- Lipman, M. (1991). *Thinking in education*. Cambridge University Press.
- Lipman, M., Sharp, A. M., y Oscanyan, F. S. (1992). *La filosofía en el aula*. Ediciones de la Torre.
- Liu, X., & McKeough, A. (2005). Developmental growth in students' concept of energy: Analysis of selected items from the TIMSS database. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 493-517.
- Lloret, S., Ferreres, A., y Hernández, A. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de psicología*, 30(3), 1151-1169. <http://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>
- López-Aymes, G. (2012). Pensamiento crítico en el aula. *Docencia e Investigación*, 22, 41-60.
- López-Cerezo, J. A. (1998). Ciencia, Tecnología y sociedad ante la educación ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista iberoamericana de educación*, 18, 41-68.

- López-Cerezo, J. A. (2009) Ciencia, Tecnología y sociedad ante la educación ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos, En M. Martín (Coord.), *Educación, Ciencia, Tecnología y Sociedad* (pp.21-32).
- López-Pastor, V. M., Monjas, R., Manrique, J. C., Barba, J. J., y González, M. (2008). Implicaciones de la evaluación en los enfoques de educación cooperativa. El papel de la evaluación formativa y compartida en la necesaria búsqueda de coherencia. *Cultura y Educación*, 20(4), 457-477.
- López-Pastor, V. M., y Pérez-Pueyo, A. (2017). *Buenas prácticas docentes. Evaluación formativa y compartida en educación: Experiencias de éxito en todas las etapas educativas*. Universidad de León.
- Maclure, S. (1994). Introducción: panorama general. En S. Maclure, & P. Davies (Eds.), *Aprender a pensar, pensar en aprender* (pp. 11-32). Gedisa.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & 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: the construct and its implications for science teaching* (pp. 95-132). Kluwer Academic Publishers.
- Manassero, M. A., y Vázquez, A. (2019). Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 16(3), 3104-3117. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3104
- 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.
- Manassero, M. A., Vázquez, A., y Acevedo, J. A. (2003a). *Cuestionario de opiniones sobre ciencia, tecnología i societat (COCTS)*. Educational Testing Service. <http://www.ets.org/testcoll/>
- Manassero, M. A., Vázquez, A., & Acevedo, J. A. (2003b,). Views on science-technology-society questionnaire: Categories and applications [Conferencia]. *European Science Education Research Association (ESERA) Research and the Quality of Science Education*, Noordwijkerhout. <http://www1.phys.uu.nl/esera2003/program.shtml>

- Martín, E. (2005). Enseñar a pensar a través del currículo. En Á. Marchesi, C. Coll, J. Palacios, (Comps.), *Desarrollo psicológico y educación. Trastornos del desarrollo y necesidades educativas especiales* (pp. 439-468). Alianza Editorial.
- Martín, C., Prieto, T., y Jiménez, M.A. (2013). Algunas creencias del profesorado de ciencias en formación sobre la enseñanza de la problemática de la energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(extraordinario), 649-663. [Doi: 10498/15619](https://doi.org/10.10498/15619)
- Martín, Q., Cabero, M. T., y de Paz, Y. (2008). *Tratamiento estadístico de datos con SPSS. Prácticas resueltas y comentadas*. Thompson Editores Spain y Ed. Paraninfo.
- Martínez, F. (2002). El cuestionario. *Un instrumento para la investigación de las ciencias sociales*. Laertes S. A.
- Massot, M. I., Dorio I., y Sabariego, M. (2004). Métodos de investigación cualitativa. En R. Bisquerra (Coord.), *Metodología de la investigación educativa* (3a. ed.) (pp. 293-328). La Muralla.
- Matkins, J. J., & Bell, R. L. (2007). Awakening the scientist inside: global climate change and the nature of science in an elementary science methods course. *Journal of Science Teacher Education*, 18(2), 137-163.
- Matthews, M. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Routledge.
- Matthews, M. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Springer.
- Maxwell, N. (1984). *From Knowledge to Wisdom: A Revolution in the Aims & Methods of Science*. Oxford.
- McComas, W.F. (2002). *The Nature of Science in Science Education, Rationales and Strategies*. Academic Publishers.
- McComas, W. F. (2008) Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2-3), 249-263.
- McKernan, J. (2001). *Investigación-acción y curriculum*. Morata.
- McPeck, J.E. (1981). *Critical thinking and education*. Martin Robinson.

- Meichtry, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389-407. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290407>
- Mena, A. M., y Méndez, J. M. (2009). La técnica de grupo de discusión en la investigación cualitativa. Aportaciones para el análisis de los procesos de interacción. *Revista Iberoamericana De Educación*, 49(3), 1-7.
- Méndez, C., y Rodón, M. A. (2012). Introducción al análisis factorial exploratorio. Metodología de investigación y lectora crítica de estudios. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 41(1), 197-207. [https://doi.org/10.1016/S0034-7450\(14\)60077-9](https://doi.org/10.1016/S0034-7450(14)60077-9)
- Mesía, R. (2007). Contexto ético de la investigación social. *Investigación Educativa*, 11(19), 137 – 151. <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/educa/article/view/3624/2933>
- Millar, R., & Osborne, J. (Eds.) (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. King's College London School of Education.
- Ministerio de Educación y Cultura de Paraguay. MEC (2007). *Informe de Resultados Test de Pensamiento Crítico. Segundo Curso. Sistema Nacional de Evaluación del Proceso Educativo. Programa Reforma Joven*.
- Morine-Dersheimer, G., & Kent, T. (1999). The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science teaching* (pp. 21-50). Kluwer Academic Publishers.
- Morrison, J. A., Raab, F., & Ingram, D. (2009). Factors influencing elementary and secondary teachers' views on the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4), 384-403.
- Nam, J., Mayer, V. J., & Choi, J. (2007). Developing experienced Korean science teachers' ability to transfer their understanding of the nature of science into their classroom teaching. In "Pedagogical content knowledge of experienced science teachers and its development in the context of curriculum reform" [Conferencia]. Science Education Research Association (ESERA). Malmö University (August 21-25 August).

- National Council for Excellence in Critical Thinking Instruction. (1987). *Defining Critical Thinking*. <http://www.criticalthinking.org/pages/defining-critical-thinking/766>"
- Nieto, S. (ed.) (2010). *Principios, métodos y técnicas esenciales para la investigación educativa*. Dykinson.
- Nieto, A. M., y Saiz, C. (2008). "Relación entre las habilidades y las disposiciones del pensamiento crítico". <http://www.pensamiento-critico.com/archivos/disposicionesyct.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>
- Nieto, A. M., & Saiz, C. (2011). Skills and dispositions of critical thinking: are they sufficient?. *Anales de Psicología*, 27(1), 202-209.
- Nordine, J., Krajcik, J., & Fortus, D. (2011). Transforming Energy Instruction in Middle School to Support Integrated Understanding and Future Learning. *Science Education*, 95(4), 670-699.
- Ortega-Quevedo, V. (2016). *El proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Experimentales en una Comunidad de Aprendizaje*. (Trabajo de Fin de Grado). Universidad de Valladolid.
- Ortega-Quevedo, V. (2017). *El desarrollo del pensamiento crítico en Educación Primaria a través de a través de una secuencia de enseñanza aprendizaje que incluye temas de naturaleza de la ciencia y la tecnología*. (Trabajo de Fin de Máster). Universidad de Valladolid.
- Ortega-Quevedo, V., Santamaría-Cárdaba, N., y Gil, C. (2017). La evaluación formativa en una secuencia de enseñanza aprendizaje de ciencias experimentales. *Infancia, Educación y Aprendizaje (IEYA)*, 3(2), 203-209. <https://doi.org/10.22370/ieya.2017.3.2.724>
- Ortega-Quevedo, V., y Gil, C. (2019a). La naturaleza de la ciencia y la tecnología. Una experiencia para desarrollar el pensamiento crítico. *Revista Científica*, 35(2), 167-182. <https://doi.org/10.14483/23448350.14095>

- Ortega-Quevedo, V., y Gil, C. (2019b). La evaluación formativa como forma de visibilizar el desarrollo las competencias en ciencia y tecnología y pensamiento crítico. *Infancia, Educación y Aprendizaje (IEYA)*, 5(2), 79-85. <https://doi.org/10.22370/ieya.2019.5.2.1562>
- Ortega-Quevedo, V., y Gil, C. (2020). La evaluación formativa como elemento para visibilizar el desarrollo de competencias en ciencia y tecnología y pensamiento crítico. *Publicaciones*, 50(1), 275–291. doi:10.30827/publicaciones.v50i1.15977
- Ortega-Quevedo, V., Gil, C., y Vallés, C. (2022). Decisiones científico-tecnológicas y equilibrios en la ciencia y la tecnología. una propuesta basada en el desarrollo del pensamiento. *Investigações em Ensino de Ciências – V27* (1), pp. 223-244
- Ortega-Quevedo, V., Gil, C., Vallés, C., y López-Luengo (2020). Diseño y validación de instrumentos de evaluación de Pensamiento Crítico en Educación. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 48, 91-110. <https://doi.org/10.17227/ted.num48-12383>
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What “ideas-aboutscience” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- Park, S., & 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(3), 261-284.
- Paul, R. W. (1993). *Critical thinking – What every person need to survive in a rapidly changing world* (3ª ed.). Foundation for Critical thinking.
- Paul, R. (2005). *The state of critical thinking today*. New Directions for Community Colleges.
- Paul, R., & Elder, L. (2002). *Critical thinking: Tools for taking charge of your professional and personal life*. Pearson Education.
- Pedrinaci, E. (Coord.), Caaño, A., Cañal, P., y de Pro, A. (2012). 11 ideas clave. *El desarrollo de la competencia científica*. Graó.
- Pérez, M. C. y Valera, M. P. (2006). Una propuesta para desarrollar en el alumno de secundaria una visión unificada de la física a partir de la energía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 237-250. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92030206.pdf>

- Perkins, D. N., & Swartz, R. (1992). "The Nine Basics of Teaching Thinking". In A. L. Costa, J. Bellanca, & R. Fogarty (Eds.). *If Minds Matter: A Foreword to the Future* (Vol. 2, pp. 53-69). Stkylight Publishing.
- Peters, E. E., Kitsantas, A., Baek, J. Y., & Bannan-Ritland, B. (2007). *The effect of nature of science metacognitive prompts on science students' content knowledge and nature of science knowledge, metacognition, and self-regulatory efficacy* [Conferencia]. National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, LA (April 15-17).
- Phillely, J. (2005). Critical thinking concepts. *Professional Safety*, 50, 26-32.
- Pintó, R. (2004). ¿Qué modelo de energía deseamos que construyan nuestros estudiantes de secundaria?, *Alambique*, 42, pp. 41-54.
- Pita, S, y Pértegas, S. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. *CAD Atención Primaria*, 9, 76-78.
https://www.fisterra.com/mbe/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali2.pdf
- Pleasants, J. Clough, M.P., Olson, J.K., & Miller, G. (2019). Fundamental Issues Regarding the Nature of Technology. Implications for STEM Education. *Science & Education*, 28, 561–597. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00056-y>
- Porras, Y., Tuay, N. y Ladino, Y. (2020). Desarrollo de la habilidad argumentativa en estudiantes de educación media desde el enfoque de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología. *Tecné, Episteme y Didaxis: ted*, 48, 143-161.
- de Pro, A. (2003). La construcción del conocimiento científico y los contenidos de ciencias. En M.P. Jiménez (Coord.). *Enseñar ciencias*. 33-55. Barcelona: Graó.
- Pujalte, A.J., Bonan, L., y Porro, S. (2014). Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. *Ciencia y educación*, 20(3), 535-548. Doi: 10.1590/1516-73132014000300002.
- Quijano, S.A., Soto, A.M., y Gil, M.J. (2014). Estrategia didáctica basada en preguntas para favorecer el pensamiento crítico en la clase de gestión ambiental en el Instituto Tecnológico Metropolitano. *Producción + Limpia*, 9(1), 63-72.

- Quintero, C. A. (2010). Enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS): perspectivas educativas para Colombia. *Zona Próxima*, 12, 222-239. Centro de Altos Estudios de la OEI.
- Quinquer, D. (2000). Modelos y enfoques sobre evaluación: el modelo comunicativo. En A. Parcerisa (Dir.), *Evaluación como ayuda al aprendizaje* (pp.13-20). Graó.
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, *por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria*, pp. 19349-19420.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-2222>
- Ritchhart, R., Church, M., y Morrison, K. (2014). *Hacer visible el pensamiento: cómo promover el compromiso, la comprensión y la independencia de todos los alumnos*. Editorial Paidós.
- Robert, A. D., y Bouillaguet, A. (1997). *L'analyse de contenu*. Paris: PUF.
- Rodríguez-Rodríguez, J., y Reguant-Álvarez, M. (2020). Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 13(2), 1–13.
<https://doi.org/10.1344/reire2020.13.230048>
- Roehrig, G. H., & Luft, J. A. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3-24.
- Rodríguez, G., Gil, J., y García, E. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa*. Aljibe.
- Rosales, C. (1988). *Criterios para una Evaluación Formativa. Objetivo. Contenido. Profesor. Aprendizaje. Recursos*. Narcea.
- Rotger, B. (1990). *Evaluación formativa*. Cíncel.
- Rubba, P.A., & Harkness, W. L. (1993). Examination of preservice and in-service secondary science teachers' beliefs about Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, 77, 407-431.

- Rubba, P. A., Schoneweg-Bradford, C., & Harkness, W. L. (1996). A new scoring procedure for the Views on Science-Technology-Society interactions. *Science Education*, 77, 407-431.
- Ruiz, J. I. (2003). *Metodología de la investigación cualitativa*. Universidad de Deusto.
- Ryan, A. G., & Aikenhead, G. S. (1992). Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76(6), 559-580.
- Saiz, C. (2002a). *Pensamiento Crítico. Conceptos básicos y actividades prácticas*. Pirámide.
- Saiz, C. (2002b). Enseñar o aprender a pensar. *Escritos de Psicología*, 6, 53-72.
- Saiz, C. (2017). *Pensamiento Crítico y Cambio*. Pirámide.
- Saiz, C. (2018). *Pensamiento Crítico y eficacia*. Pirámide.
- Saiz, C., y Fernández, S. (2012). Pensamiento crítico y aprendizaje basado en problemas. *Revista de Docencia Universitaria*, 10(3), 325-346. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4132278.pdf>
- Saiz, C., y Rivas, S. (2008). Evaluación del pensamiento crítico: una propuesta para diferenciar formas de pensar. *Ergo, Nueva Época*, 22-23, 25-66.
- Salazar, S. F. (2005). El conocimiento pedagógico del contenido como categoría de estudio de la formación docente. *Actualidades investigativas en educación*, 5(2), <http://revista.inie.ucr.ac.cr/>.
- Sanmartí, N. (2007). *10 ideas clave. Evaluar para aprender*. Graó.
- Scharmann, L. C., Smith, M. U., James, M. C., & Jensen, M. (2005). Explicit reflective nature of science instruction: evolution, intelligent design, and umbrellaology. *Journal of Science Teaching Education*, 16(1), 27-41.
- Sadler, T. D. (2004). Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research. *Journal of research in science teaching* 41(5), 513-536. DOI 10.1002/tea.20009
- Scheid, N. M., & Chin, P. (2009). Metacognitive Underpinnings of "Nature of Science" and Implications for Science Education [Conferencia]. National Association for Research in Science Teaching. Garden Grove, CA (April 17-21).

- Schwartz, R. & 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.
- Scott, P.H., Mortimer, E.F., & Aguiar, O.G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, 90(7), 605–631.
- Serrallé, J. F., Pérez-Rodríguez, U., Lorenzo, M. A., y Álvarez-Lires, M. M. (2021). Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia en el profesorado en formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(3), 113-133. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3063>
- Shapiro, B. L. (1996). A case study of change in elementary student teacher thinking during an independent investigation in science: Learning about the "face of science that does not yet know." *Science Education*, 80(5), 535–560.
- Shirley, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom, *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260.
- Shulman, L. S. (1999). Foreword. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science teaching*. Kluwer Academic Publishers.
- Shulman, L. S. (2005): Conocimiento y enseñanza: fundamento de la nueva reforma. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 9(2). <http://www.ugr.es/~recfpro/rev92ART1.pdf>.
- Silvestrini, V. (2000). *Che cos'è l'entropia*. GRUPO EDITORIAL NORMA.
- Smith, C., Kelly, F., & Mackenzie, S. (2010). *A teaching tool for supporting scientific thinking through investigations and other teaching methods*. University of Strathclyde Education.
- Solbes, J., Montserrat, R., y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21, 91-117. <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-DesinteresDelAlumnadoHaciaElAprendizajeDeLaCiencia-2475999.pdf>

- Swartz, R. (2012). Infusing Instruction In Thinking Into Content Instruction: What Do We Know About Its Success? *Journal of Educational Research*, 1-39.
- Swartz, R., y Perkins, D. (1989). *Teaching thinking uses and approaches*. Midwest Publishers.
- Swartz, R., Costa, A. L., Beyer, B. K., Reagan, R., y Kallick, B. (2008). *Aprendizaje basado en el pensamiento. Cómo desarrollar en los alumnos las competencias del siglo XXI*. Ediciones SM.
- Taylor, S., y Bogdan, R. (2010). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Paidós.
- Tenreiro-Vieira, C., y Vieira, R. M. (2000). *Promover o pensamento crítico dos alunos. Propostas concretas para a sala de aula*. Porto Editora.
- Tenreiro-Vieira, C., y Vieira, R. M. (2014). *Construindo Práticas Didático-Pedagógicas Promotoras da Literacia Científica e do Pensamento Crítico (nº 2 de IBERCENCIA)*. OEI – Organização dos Estados Ibero-americanos. <http://www.iberenciasei.org/doc2.pdf>
- Tenreiro-Vieira, C., y Vieira, R. M. (2020). Promover o Pensamento Crítico em Contextos CTS: Desenvolvimento de Propostas Didáticas para o Ensino Básico. *Indagatio Didactica*, 12(4), 471-484. <https://doi.org/10.34624/id.v12i4.21823>
- Tenreiro-Vieira, C., y Vieira, R. M. (2021). Promover o pensamento crítico e criativo no ensino das ciências: propostas didáticas e seus contributos em alunos portugueses. *IENCI*, 26(1), 70-84. DOI:10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p70
- Torres, N. Y. (2014). *Pensamiento crítico y cuestiones socio-científicas: un estudio en escenarios de formación docente*. Universidad de Valencia.
- Torres, N. Y., y Solbes, J. (2016). Contribuciones de una intervención didáctica usando cuestiones sociocientíficas para desarrollar el pensamiento crítico. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(2), 43-65. Doi: 10.5565/rev/ensciencias.1638.
- Torres, N.Y., & Solbes, J. (2018). Use of socio-scientific issues in order to improve critical thinking competences. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, Volume 19(1).
- Trent, J. (1965). The attainment of the concept “understanding science” using contrasting physics courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 3(3), 224-229.

- Tsai, C., & Liu, S-Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1621-1638.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., y Manassero, M. A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*. <https://rieoei.org/historico/deloslectores/702Vazquez.PDF>
- Vázquez, A., García-Carmona, A., Manassero, M. A., & Bennàssar, A. (2013). Science teachers' thinking about the nature of science: A new methodological approach to its assessment. *Research in Science Education*, 43(2), 781-808.
- Vázquez, A., y Manassero, M.A. (1998). *Opinions sobre ciència, tecnologia i societat*. Conselleria d'Educació, Cultura i Esports.
- Vázquez, A., & Manassero, M.A. (1999). Response and scoring models for the 'Views on Science-Technology-Society' Instrument. *International Journal of Science Education*, 21(3), 231-247.
- Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2007a). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), 247-271.
- Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2007b). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (II): evidencias empíricas derivadas de la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 417-441.
- Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2012a). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 1): Una revisión de las aportaciones de la investigación didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 2-31. [Doi: 10498/14621](#)
- Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2012b). La selección de contenidos para enseñar naturaleza de la ciencia y tecnología (parte 2): Una revisión desde los currículos de ciencias y la competencia PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 32-53. [Doi: 10498/14623](#)
- Vázquez, A., y Manassero, M. A. (2013). La comprensión de un aspecto de la naturaleza de ciencia y tecnología: Una experiencia innovadora para profesores en formación

- inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(Núm. Extraordinario), 630-648. [Doi: 10498/15618](https://doi.org/10.10498/15618)
- Vázquez, A., y Manassero, 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.
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2019). La educación de ciencias en contexto: Aportaciones a la formación del profesorado. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 46, 15-37.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J. A. y Acevedo, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18(1), 38-55.
- Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J.A., y Acevedo, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la Ciencia: la comunidad tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 331-363. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART7_Vol6_N2.pdf
- Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, Talavera, M. (2010). Actitudes y creencias sobre naturaleza de la ciencia y la tecnología en una muestra representativa de jóvenes estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9(2), 333-352.
- Vega, Y. y Callejas, M. (2020). Compuestos inorgánicos en el ambiente. Secuencia de enseñanza y aprendizaje (sea) para desarrollar pensamiento crítico en su aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis: ted*, 48, 181-201.
- Verd, J. M., y Lozares, C. (2016). *Introducción a la investigación cualitativa. Fases, métodos y técnicas*. Síntesis.
- Vieira, R. M., & Tenreiro-Vieira, C. (2016). Fostering Scientific Literacy and Critical Thinking in Elementary Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(4), 659-680. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9605-2>
- Vieira, R., Tenreiro-Vieira, C., y Martins, I. (2010). Pensamiento crítico y literacia científica. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 65, 96-103.
- Wells, G. (2001): *Indagación dialógica. Hacia una teoría y una práctica socioculturales de la educación*. Paidós.

- Wulandari, R., Jatmiko, B., Budiyanto, M., Hariyono E., Lestari, N. A., & Prahani, B. K. (2021). A Critical Thinking Skill Profile of Science Education Undergraduate Student in Basic Physics. *Journal of Physics: Conference Series, Seminar Nasional Fisika (SNF) Unesa 2021*, 1-8. doi:10.1088/1742-6596/2110/1/012030
- Zabala, M.A. (2004). *Diarios de clase. Un instrumento de investigación y desarrollo profesional*. Narcea.
- Zeidler, D. L. (2003) *The Role of Moral Reasoning and Discourse in Science Education*. KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS

ANEXO I. CUADERNO DE TRABAJO DEL ALUMNO

Escanea el código qr para acceder o pincha sobre el mismo si tienes una versión web de la tesis doctoral. La contraseña que te solicitará para el acceso es VanessaOrtega



ANEXO II. MATERIALES DEL DOCENTE DE LA SEA

PRESENTACIÓN DE LA PRIMERA SESIÓN

Slide 1: ¿QUÉ ES LA ENERGÍA? This slide features various icons representing different forms of energy: a nuclear symbol, a flame, a wind turbine, a plant, a corn cob, a water drop, a lightbulb, and an oil barrel.

1

Slide 2: El concepto de energía. This slide contains three text boxes with arrows indicating a flow of ideas: 'Los científicos no establecen una definición de energía' leads to 'No existe acuerdo sobre el concepto de energía', which leads to 'No es preocupante porque se puede estudiar el fenómeno sin definirlo, mediante sus propiedades y manifestaciones'.

2

Slide 3: El concepto de energía. This slide contains three text boxes with arrows: 'Entendemos que la energía es algo abstracto que no podemos ver, pero sí podemos percibir a través de sus manifestaciones' leads to 'Entendemos que la energía produce cambios a nuestro alrededor', which leads to 'Entendemos que la energía no está contenida en un cuerpo, sino que se asocia a él y cambia cuando ese cuerpo sufre algún tipo de modificación'.

3

Slide 4: Tipos de energía. This slide shows a grid of icons for different energy types: Lumínica (light), Eléctrica (electric), Química (chemical), Térmica (thermal), Sonora (sound), Nuclear, and Cinética (kinetic).

4

Slide 5: Propiedades de la energía. This slide features a central diagram with arrows indicating energy properties: 'Se transporta' (top), 'Se transforma' (right), 'Se degrada' (left), 'Se conserva' (bottom), and 'Se transfiere' (right).

5

PRESENTACIÓN DE LA SEGUNDA SESIÓN

Slide 1: Fuentes de Energía Renovable y NO Renovable. This slide shows a cartoon illustration of a man in a suit holding a document, standing next to a wind turbine and solar panels.

1

Slide 2: Fuentes de Energía Renovables. This slide features a lightbulb with a tree inside it, symbolizing renewable energy. Text includes 'Introduce el término de búsqueda' and 'Fuentes de Energía Renovables'.

2

Slide 3: Energía Solar. This slide shows solar panels and a sun icon. It categorizes solar energy into 'Energía Solar', 'Fototérmica', 'Fotovoltaica', 'Térmica', and 'Eléctrica'.

3

Slide 4: Mapa de España. This slide shows a map of Spain with a color-coded scale from 1000 to 1900, likely representing temperature or solar radiation levels.

4

Slide 5: Energía eólica. This slide shows a landscape with wind turbines and a cartoon cloud character. The text 'Energía eólica' is prominently displayed.

5

Slide 6: Estadísticas de la energía eólica en España. This slide provides statistics on wind energy in Spain, including 'La Eólica cubre el 19% de la energía consumida', 'Actualmente hay instalados 1.123 parques eólicos en 887 municipios', and 'La Eólica evita la emisión de 28 millones de toneladas de CO2 cada año'.

6



7



8



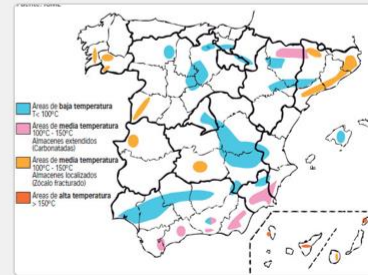
9



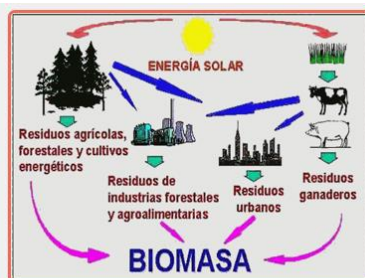
10



11



12



13



14



15



16



17



18



19



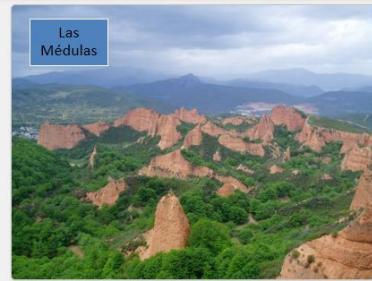
20



1



2



3



4



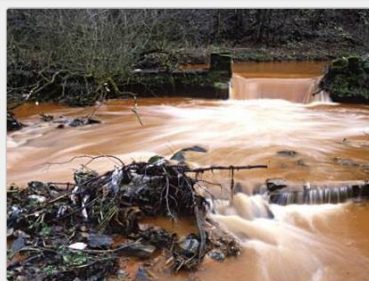
5



6



7



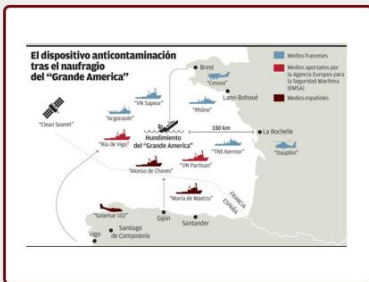
8



9



10



11

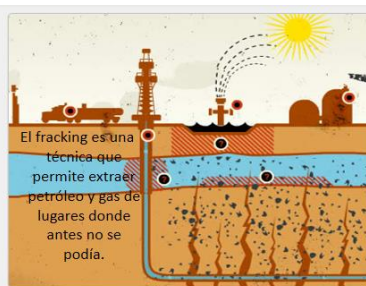


12

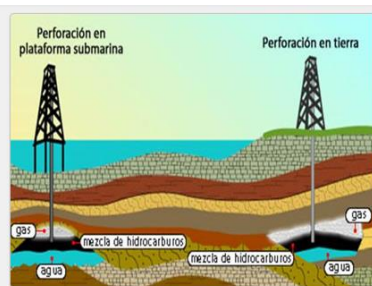
PRESENTACIÓN DE LA TERCERA SESIÓN



1



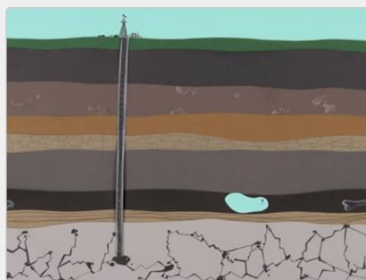
2



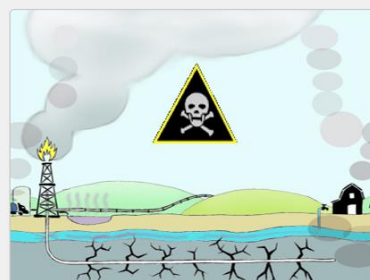
3



4



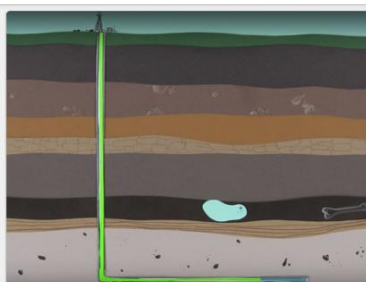
5



6



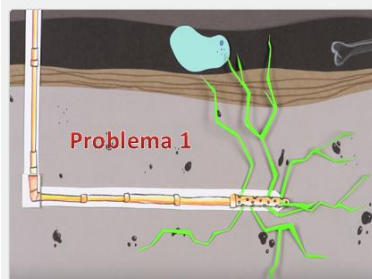
7



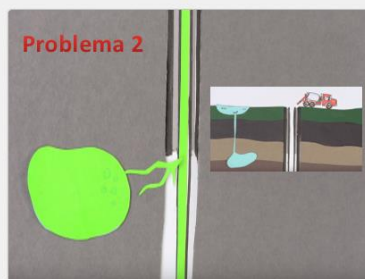
8



9



10



11



12

AUDIOVISUAL DE LA TERCERA SESIÓN

Escanea el código qr para acceder o pincha sobre el mismo si tienes una versión web de la tesis doctoral. La contraseña que te solicitará para el acceso es VanessaOrtega



ANEXO III. PRESENTACIÓN DE LA FORMACIÓN PARA DOCENTES

Proyecto de Pensamiento Crítico

Vanessa Ortega Guevedo

1

¿Qué es el Pensamiento Crítico?

Robert Ennis

- El Pensamiento Crítico es un pensamiento reflexivo y razonable que se centra en decidir qué creer o hacer. Es un pensamiento que ocurre en un contexto de resolución de problemas que en ocasiones requiere de la interacción con otros y que siempre precisa evaluar la información.

Diane Halpern

- El Pensamiento Crítico es el uso de las capacidades cognitivas que aumenta la probabilidad de obtener resultados deseables. Es un pensamiento intencional, racional y autoevaluable, dirigido hacia una meta.

2

Componentes del Pensamiento Crítico

```
graph TD; PC[Pensamiento Crítico] --- C[Componente disposicional]; PC --- CC[Componente cognitiva]; PC --- CN[Conocimientos]; PC --- CR[Cráteros y normas]; PC --- AV[Actitudes y valores]
```

3

Taxonomía de Halpern

Capacidades

1. **Razonamiento Verbal:** interpretación del lenguaje cotidiano y de sus usos en el discurso argumental (técnicas persuasivas, analogías, ambigüedades...)
2. **Análisis argumental:** identificar razones, conclusiones, supuestos implícitos; evaluar irrelevancias, etc.
3. **Comprobación de hipótesis:** establecer formas de comprobar y generalizar el conocimiento.
4. **Resolución de problemas:** elaborar un modelo organizado que permita contemplar las alternativas para la solución de un problema de forma eficaz.
5. **Probabilidad e incertidumbre:** analizar la probabilidad de que un suceso ocurra y tomar decisiones en consecuencia.

4

¿Qué es la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología?

La naturaleza de la ciencia es un meta-conocimiento sobre la ciencia, que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia por expertos en estas disciplinas, y por algunos científicos.

5

¿Qué es la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología?

Def. de ciencia y tecnología	Epistemología	Sociología interna de la ciencia
Sociología externa de la ciencia	Historia de la ciencia	Filosofía de la ciencia

6

La enseñanza del Pensamiento Crítico y la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología

```

graph LR
    A[Enseñar el pensamiento crítico a los estudiantes más susceptibles] --> B[Los estudiantes más susceptibles se enseñan como los estudiantes más susceptibles]
    B --> C[Discusión de la ciencia]
    C --> D[Práctica]
    D --> E[Para desarrollar habilidades de PC y NCT se debe trabajar en prácticas]
  
```

7

Integración el Pensamiento Crítico en una actividad

```

graph LR
    A[Seleccionar la actividad] --> B[Identificar las capacidades de PC que pone en práctica]
    B --> C[Identificar otras capacidades de PC que pueden evigir]
    C --> D[Explorar las capacidades de PC que se trabajan]
    D --> E[Evaluación mejora de las capacidades]
  
```

8

Integración la Naturaleza de la Ciencia en una Actividad

```

graph LR
    A[Seleccionar el contenido] --> B[Identificar las concepciones de NCT con las que se relaciona]
    B --> C[Explicar la enseñanza de esas concepciones junto al contenido]
    C --> D[Evaluación evolución en las concepciones]
  
```

9

¿Qué infundir concretamente con el contenido curricular?

10

Ítem de Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología a trabajar de forma explícita

1. Quién toma las decisiones sobre los asuntos científicos.

- Aceptado**
La decisión debería ser tomada de manera compartida. Las opiniones de los científicos e ingenieros y de los ciudadanos informados deberían ser tenidas en cuenta en las decisiones que afectan a nuestra sociedad. Los ciudadanos deberían decidir, porque la decisión afecta a todos; PERO científicos e ingenieros deberían aconsejar.
- Plausible**
El gobierno debería decidir porque el tema es básicamente político; PERO científicos e ingenieros deberían aconsejar.
- Ingenuo**
Los científicos e ingenieros deberían decidir porque tienen la formación y los datos que les permiten comprender mejor el tema

11

Ítem de Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología a trabajar de forma explícita

2. Equilibrio entre efectos positivo y negativos de la aplicación científica y tecnológica.

- Aceptado**
Existen equilibrios porque los científicos no pueden predecir los efectos a largo plazo de los nuevos avances, a pesar de realizar cuidadosos estudios iniciales.
- Plausible**
Existen equilibrios porque las cosas que son buenas para algunos serán malas para otros. Existen equilibrios porque no se pueden obtener resultados positivos sin probar un nueva idea y entonces trabajar los efectos negativos.
- Ingenuo**
No existe equilibrio porque algunos nuevos desarrollos nos benefician sin producir efectos negativos.

12

Ítem de Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología a trabajar de forma explícita

3. De qué depende que se ponga o no en práctica una nueva tecnología.

- **Aceptado**
La decisión depende de algo más que sólo las ventajas o desventajas de la tecnología. Depende de lo bien que funcione, de cuánto cueste y de su eficacia. Muchas tecnologías nuevas se han puesto en marcha para ganar dinero, aunque sus desventajas fueran más grandes que sus ventajas. Depende del tipo de nueva tecnología que se trate. En unos casos, la decisión dependerá de las ventajas o desventajas, y en otros, dependerá de otras cosas.
- **Ingenuo**
La decisión de usar una nueva tecnología depende principalmente de los beneficios para la sociedad, porque si hay demasiadas desventajas, la sociedad no la aceptará y esto puede frenar su desarrollo posterior.

13

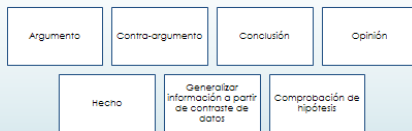
Ítem de Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología a trabajar de forma explícita

4. El control del desarrollo tecnológico por los ciudadanos.

- **Aceptado**
El desarrollo tecnológico NO puede ser controlado por los ciudadanos porque quienes tienen el poder de desarrollar la tecnología evitan que los ciudadanos la controlen.
- **Plausible**
El desarrollo tecnológico puede ser controlado por los ciudadanos solo cuando los ciudadanos están unidos y se hacen oír, bien a favor o bien en contra de un nuevo desarrollo. La gente organizada puede cambiar prácticamente todo. El desarrollo tecnológico NO puede ser controlado por los ciudadanos porque la tecnología avanza tan rápido que el ciudadano ignora su desarrollo.
- **Ingenuo**
El desarrollo tecnológico puede ser controlado por los ciudadanos porque cada generación de científicos y tecnólogos que desarrollan la tecnología sale de la población de ciudadanos. Por tanto, los ciudadanos controlan un poco los avances en tecnología.

14

Conceptos a trabajar de forma explícita para visibilizar el proceso de pensamiento



15

Análisis de sesiones por actividades



16

Sesión 1 Actividad 1, rutina de pensamiento: generar, clasificar, conectar y elaborar (por parejas)

- Capacidades de PC: análisis argumental. Explicar conceptos y empezar a usarlos.
- Introducción a la NaCyT: hacer énfasis en las relaciones CTS con los conceptos a trabajar.

17

Sesión 1 Actividad 2, escuchan preguntan: presentación de conceptos teóricos

- Concepto: la energía como capacidad de realizar trabajo, la energía como capacidad para producir cambios, y la energía como propiedad asociada a cada estado del sistema.
- Propiedades de la energía: implicaciones científicas y sociales con ejemplos contextualizados y uso de términos específicos.
- Tipos de energía.

18

Sesión 1 Actividad 3, consolidación: preguntas de controversias científicas (parejas)

- Capacidades de PC: 2. Análisis argumental e introducción de la formulación de hipótesis
- Introducción a la NaCyT: hacer énfasis en las relaciones CTS con los conceptos a trabajar.
- Exposición de resultados → debate con énfasis en contenidos clave y uso de vocabulario específico.

19

Sesión 2 Actividad 1, rutina de pensamiento: compara contrasta (parejas)

- Capacidades de PC: contraste y comprobación de hipótesis
- Ítems NaCyT: 2. Equilibrio entre efectos positivo y negativos de la aplicación científica y tecnológica.
- Exposición de resultados → debate con énfasis en contenidos clave

20

Sesión 2

Actividad 2, escuchan preguntan: presentación de conceptos teóricos

- Energías renovables explotación de los recursos españoles.
- Energías No renovables explotación de los recursos españoles.
- Impactos ambientales.
- Ítems NaCyT: 1. Quién toma las decisiones sobre los asuntos científicos. 2. Equilibrio entre efectos positivo y negativos de la aplicación científica y tecnológica. 3. De qué depende que se ponga o no en práctica una nueva tecnología. 4. El desarrollo tecnológico controlado por los ciudadanos.

21

Sesión 2

Actividad 3, consolidación: preguntas de controversias científicas (parejas)

- Capacidades de PC: 2. Analizar argumentos y comprobación de hipótesis.
- Ítems NaCyT: 1. Quién toma las decisiones sobre los asuntos científicos. 2. Equilibrio entre efectos positivo y negativos de la aplicación científica y tecnológica. 3. De qué depende que se ponga o no en práctica una nueva tecnología. 4. El desarrollo tecnológico controlado por los ciudadanos.
- Exposición de resultados → debate con énfasis en contenidos clave

22

Sesión 3

Actividad 1, rutina de pensamiento: veo, pienso, me pregunto (parejas)

- Capacidades de PC: 1. análisis argumental
- Ítems NaCyT: 1. Quién toma las decisiones sobre los asuntos científicos. 2. Equilibrio entre efectos positivo y negativos de la aplicación científica y tecnológica. 3. De qué depende que se ponga o no en práctica una nueva tecnología. 4. El desarrollo tecnológico controlado por los ciudadanos.
- Exposición de resultados → debate con énfasis en contenidos clave

23

Sesión 3

Actividad 2, escuchan preguntan: presentación de conceptos teóricos

- La tecnología Fracking.
- Capacidades de PC: análisis argumental
- Ítems NaCyT: 1. Quién toma las decisiones sobre los asuntos científicos. 2. Equilibrio entre efectos positivo y negativos de la aplicación científica y tecnológica. 3. De qué depende que se ponga o no en práctica una nueva tecnología. 4. Quién controla el desarrollo tecnológico.

24

Sesión 3

Actividad 3, consolidación: preguntas de controversias científicas (parejas)

- Capacidades de PC: análisis argumental y comprobación de hipótesis
- Ítems NaCyT: 1. Quién toma las decisiones sobre los asuntos científicos. 2. Equilibrio entre efectos positivo y negativos de la aplicación científica y tecnológica. 3. De qué depende que se ponga o no en práctica una nueva tecnología. 4. Quién controla el desarrollo tecnológico.
- Exposición de resultados → debate con énfasis en contenidos clave

25

ANEXO IV. GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA SEA PARA DOCENTES

Introducción

El desarrollo de esta Secuencia de Enseñanza Aprendizaje (SEA) integra el tratamiento explícito de 4 temas de Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología (NdCyT) y la práctica de dos capacidades de Pensamiento Crítico (PC), a través de la enseñanza de contenidos curriculares relativos a la energía. Para poder abarcar todas estas cuestiones es necesario, en primer lugar, determinar cuáles son estas.

En relación con la NdCyT se van a trabajar todos los contenidos de la SEA (ver guion adjunto) de una forma contextualizada en la que se destacan de forma continuada las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y se transmiten las concepciones adecuadas sobre la realidad de 4 temáticas:

- ¿Quién decide las cuestiones sobre los asuntos científicos? Los científicos e ingenieros no deberían ser los únicos en decidir los asuntos científicos de nuestro país. La decisión debería de ser compartida y los ciudadanos informados deberían poder participar en ella.
- ¿Es necesaria la existencia de un equilibrio entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología? Siempre se necesita que haya un equilibrio entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología, porque los científicos no pueden predecir los efectos a largo plazo de los nuevos avances, a pesar de realizar cuidadosos estudios iniciales.
- ¿De qué depende que se ponga o no en práctica una nueva tecnología? Cuando se desarrolla una nueva tecnología puede ser puesta en práctica o no. Esta decisión no depende principalmente de los beneficios que pueda causar en la sociedad, sino que depende de lo bien que funcione, de cuánto cueste y de su eficacia. En ocasiones, se implantan tecnologías solamente por motivos económicos, aunque sus desventajas sean más que sus ventajas, es decir, que dependiendo del tipo de la tecnología que sea puede depender de las ventajas y las desventajas o de otras cosas.

- ¿Los ciudadanos controlan el desarrollo tecnológico? Los ciudadanos no están implicados en controlar el desarrollo tecnológico porque quienes tienen el poder de desarrollar la tecnología evitan que los ciudadanos la controlen, además muchos ciudadanos ignoran parte del desarrollo tecnológico al avanzar este tan rápidamente. La única opción que tienen los ciudadanos para controlar el avance tecnológico es estar unidos y hacer oír su opinión a favor o en contra, aunque no siempre esta solución es válida.

La clave para trabajar estas 4 concepciones sobre NdCyT es integrarlas en los debates correspondientes con las actividades “escuchan/preguntan” (fase de transmisión teórica) y durante la puesta en común de las actividades de consolidación. En este último espacio de debate, se pretende comprobar si las concepciones que los estudiantes han construido son adecuadas; en caso contrario el debate debe dirigirse a ofrecer a esos estudiantes la oportunidad de modificar sus respuestas y reconstruir sus concepciones.

Por otra parte, en relación con el PC se quiere fomentar el desarrollo de las capacidades de argumentación y comprobación de hipótesis o información. Con el fin de realizar esta tarea la estructura de la SEA integra diversas actividades en las que los estudiantes tendrán que: argumentar sus ideas (siempre deberán expresar el porqué de sus respuestas); identificar argumentos y contra-argumentos; generar conclusiones en base a los procesos de argumentación; y comprobar la veracidad de sus propias hipótesis, de las de sus compañeros y de las presentadas en los ejercicios propuestos. Para ayudar al alumnado en esta tarea los maestros podemos detenernos en algunos momentos de las actividades y destacar determinados argumentos o enunciados clave para la comprobación de hipótesis.

En segundo lugar, se presenta una guía de los elementos a destacar para el buen funcionamiento de la SEA. Asimismo, se recuerda que si existe alguna duda sobre cómo introducir los temas de NdCyT o la práctica de las capacidades de PC durante las sesiones se puede poner en contacto con la coordinación del proyecto.

Sesión 1

Durante esta primera sesión, se comienzan a trabajar las relaciones entre los contenidos y la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad, así como los procesos dialógicos que incluyen la argumentación y la comprobación de hipótesis.

1. Introducción a la SEA: se explica al alumnado el contenido y la duración de la SEA haciendo énfasis en la necesidad de reflexionar durante todo el proceso.
2. Actividad inicial: rutina de pensamiento “generar, clasificar, conectar y elaborar” **(actividad 1 del cuaderno de trabajo)**.
 - a. Explicación para el grupo clase: elaboración de un mapa conceptual a partir de la relación entre los conceptos (energía; tipos de energía; propiedades de la energía; ciencia y tecnología, y sociedad).
 - b. División del grupo-clase en parejas.
 - c. Inicio de la actividad. El alumnado trabaja por parejas y el maestro supervisa, guía y resuelve dudas individuales.
 - d. Puesta en común de la actividad en grupo-clase: **cada pareja expone y argumenta cada una de las relaciones que recoge su mapa conceptual** (es preciso que el alumnado argumente las razones por las que ha relacionado cada concepto siendo consciente del proceso de argumentación que está realizando. Si el alumnado desconoce los elementos de un argumento se debe dedicar un espacio a trabajarlo. Se puede utilizar la actividad para ejemplificar procesos argumentales). Durante el desarrollo de esta actividad las exposiciones de las distintas parejas se deben combinar, de modo que se genere un debate donde participen todos los estudiantes aportando sus ideas o rebatiendo las de sus compañeros.
 - e. **Durante la actividad anterior TODOS los conceptos que se incluyen en las tarjetas deben quedar relacionados de algún modo.** En caso de que los estudiantes no fueran capaces de apreciar algunas de las relaciones, el maestro debe introducirlas en el debate de forma que germine la idea dentro del diálogo conjunto y el alumnado sea capaz de asumirla y comentarla.
 - f. Al final de la actividad es preciso **dar a los discentes la oportunidad de mejorar su mapa conceptual e incluir las nuevas relaciones que han aprendido.** Para este paso es necesario que empleen un segundo color, ya que así ellos mismos podrán apreciar la evolución de su conocimiento, pues queda reflejado lo que antes pensaban y lo que ahora piensan.

3. Se inicia la fase “escuchan/preguntan” en la cual se expone la teoría (concepto de energía, propiedades de la energía y tipos de energía) a través de un diálogo establecido con los estudiantes. En este espacio se puede emplear el material denominado **recurso digital 1**:
 - a. Diapositiva 1: se presenta el **concepto de energía** y se procura, mediante el debate, que los alumnos pasen por las distintas fases de comprensión del concepto: la energía como capacidad de realizar trabajo, la energía como capacidad para producir cambios, y la energía como propiedad asociada a cada estado del sistema. Durante el proceso es conveniente resaltar la complejidad del concepto y **la implicación de la ciencia** en el estudio del mismo.
 - b. Diapositiva 2: presentación de las **propiedades de la energía a partir de ejemplos contextualizados**. Exposición de las implicaciones científico-tecnológicas y sociales de cada una de ellas. Se puede pedir al alumnado que exponga ejemplos donde se observen las propiedades de la energía. Detenerse especialmente en las propiedades de conservación y degradación.
 - c. Diapositiva 3: se **presentan los tipos de energía a través de un diálogo que verse sobre su forma en la naturaleza y su manipulación de forma artificial** (destacar la implicación de la ciencia y la tecnología en este proceso). Se puede pedir que cada uno de los estudiantes den un ejemplo de alguna de los tipos de energía identificando si se produce de forma natural o artificial.
4. Inicio de la actividad de consolidación (**actividad 2 del cuaderno de trabajo**).
 - a. Se divide el grupo-clase en parejas y se les entrega la ficha de consolidación correspondiente con la primera sesión.
 - b. Los estudiantes deben **reflexionar por parejas y llegar a una conclusión sobre la respuesta a cada una de las preguntas**. El maestro supervisa, guía y resuelve dudas individuales.
 - c. Puesta en común de la actividad en grupo-clase: **cada pareja expone y argumenta cada una de las respuestas a las preguntas** (está y el resto de puestas en común preciso que el alumnado argumente las razones por las que ha llegado a una determinada conclusión, siendo consciente del proceso de argumentación que está realizando con el fin de exponer sus hipótesis y

cotejarlas con las del resto de sus compañeros). Durante el desarrollo de esta actividad las exposiciones de las distintas parejas se deben combinar, de modo que se genere un debate donde participen todos los alumnos.

- d. Durante la puesta en común el maestro debe moderar el debate y velar por que se generen **respuestas contextualizadas que muestren la relación entre los contenidos con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad.**
- e. Al final de la actividad, es preciso dar a los discentes la **oportunidad de mejorar o completar sus respuestas conforme a lo que han aprendido durante la puesta en común.** Para este paso es necesario que empleen un segundo color.

Sesión 2

En esta sesión ya se comienza a introducir, siempre de manera explícita, las 4 concepciones a aprender sobre NdCyT y de PC, tal y como se indica en la introducción de esta guía.

1. Actividad inicial: rutina de pensamiento “compara y contrasta” (**actividad 3 del cuaderno de trabajo**):
 - a. Explicación para el grupo clase: concretar las semejanzas y diferencias entre las fuentes de energía renovable y no renovable.
 - b. División del grupo-clase en parejas.
 - c. Inicio de la actividad. El alumnado trabaja por parejas y el maestro supervisa, guía y resuelve dudas individuales.
 - d. Puesta en común de la actividad en grupo-clase: **cada pareja expone y argumenta cada una de las semejanzas y diferencias que ha determinado.** Durante el desarrollo de esta actividad las exposiciones de las distintas parejas se deben combinar, de modo que se genere un debate donde participen todos los estudiantes aportando sus ideas o rebatiendo las de sus compañeros.
 - e. Al final de la actividad, es preciso **dar a los discentes la oportunidad de mejorar o completar sus respuestas conforme a lo que han aprendido durante la puesta en común.**

2. Se inicia la fase “escuchan preguntan” en la cual se expone la teoría (fuentes de energía renovable y no renovables), a través de un diálogo establecido con los estudiantes. En este espacio se puede emplear el material denominado **recurso digital 2**:
- a. Diapositiva 2: se presenta el concepto de fuentes de energía renovables y se destaca el **uso del correcto vocabulario científico refiriéndose a estas como fuentes de energía**.
 - b. Diapositiva 3: exposición de las dos formas de aprovechamiento actual de la energía solar y el proceso tecnológico que se utiliza para poder emplear esa energía con distintos fines (relación con las propiedades de la energía y la CTS).
 - c. Diapositiva 4: explicación del mapa de radiación solar de modo que el alumnado pueda apreciar el potencial de aplicación de esta fuente energética en el territorio español, así como las consecuencias de su implementación en relación con la sostenibilidad energética y ambiental. A partir de esta diapositiva ya se puede comenzar a hacer referencia a las concepciones sobre NdCyT, por ejemplo, a través de preguntas como: **¿Quién decide si se debe implantar más tecnologías como las placas solares en el territorio español? ¿nosotros como ciudadanos podemos controlar que se ponga esta tecnología? ¿esta tecnología tiene efectos positivos y negativos? ¿de qué factores depende que se pueda implantar esta tecnología?**
 - d. Diapositiva 5: presentación del viento como fuente de energía y de los aerogeneradores, situados en parques eólicos.
 - e. Diapositiva 6: ampliar el concepto de parque eólico y su nueva proyección marítima. Nuevamente, hacer referencia al potencial de esta fuente de energía en el territorio español de igual forma que en la diapositiva 3 con la energía solar, tanto en las extensiones de tierra como en el territorio costero.
 - f. Diapositivas 7 y 8: presentación del agua de los ríos como fuente de energía y explicación del funcionamiento de una presa. Del mismo modo que en las diapositivas anteriores procurará hacer referencia al potencial y las consecuencias de la implementación de este proceso de obtención de energía, además de incluir comentarios y preguntas que permitan reflexionar y dialogar de forma explícita sobre los contenidos de NdCyT destacados al inicio de esta guía.

- g. Diapositiva 9: presentación del mar como fuente de energía, sus distintas formas de aprovechamiento y su potencial en el territorio español (de igual forma que con las fuentes de energía anteriores). **Mencionar la central de Guipuzcoa** como una de las escasas centrales de este tipo en Europa.
 - h. Diapositivas 10 y 11: explicación del concepto de energía geotérmica y su potencial en el territorio español (continuar aplicando la estructura de las fuentes de energía anteriores e incluyendo cuestiones que induzcan reflexiones relacionadas con las 4 concepciones de la NdCyT a trabajar).
 - i. Diapositiva 12: presentación de la biomasa como fuente de energía y su potencial en España, especialmente en las zonas ganaderas, donde las granjas están comenzando a ser auto-sostenibles. Es preciso aprovechar este momento para hacer ver al alumnado el matiz entre fuente de energía renovable y fuentes de energía no contaminantes.
 - j. Diapositiva 13: explicación del concepto de fuentes de energía no renovables.
 - k. Diapositivas 14, 15, 16 y 17: presentación de la energía nuclear su potencial energético, los inconvenientes de su uso y las centrales españolas (continuar haciendo ver las relaciones CTS e introduciendo los contenidos sobre NdCyT siempre que sea posible).
 - l. Diapositiva 18: presentación de los combustibles fósiles y su potencial energético.
3. Inicio de la actividad de consolidación (**actividad 4 del cuaderno de trabajo**):
- a. Se divide el grupo-clase en parejas y se les entrega la ficha de consolidación correspondiente con la segunda sesión.
 - b. Los estudiantes deben reflexionar por parejas y llegar a un acuerdo sobre la respuesta a cada una de las preguntas. El maestro supervisa, guía y resuelve dudas individuales.
 - c. Puesta en común de la actividad en grupo-clase: **cada pareja expone y argumenta cada una de las respuestas a las preguntas** tal y como se ha llevado a cabo anteriormente.
 - d. Durante la puesta en común el maestro debe moderar el debate y velar por que se generen respuestas contextualizadas que muestren la relación entre los

contenidos con la CTS e introducir, si no emerge de forma natural, las **reflexiones sobre las 4 concepciones de NdCyT**.

- e. Al final de la actividad, es preciso **dar a los discentes la oportunidad de mejorar o completar sus respuestas conforme a lo que han aprendido durante la puesta en común**. Para este paso es necesario emplear un segundo color.

Sesión 3

El patrón establecido para esta sesión en relación con el trabajo de las concepciones de NdCyT y del PC es el mismo que en la segunda sesión.

1. Actividad inicial: rutina de pensamiento “veo, pienso, me pregunto” (**realizar esta actividad en segundo lugar si el alumnado no tiene conocimientos previos sobre la tecnología *fracking***) (actividad 5 del cuaderno de trabajo):
 - a. Explicación para el grupo clase: observar el contenido del video, reflexionar y apuntar dudas y preguntas.
 - b. División del grupo-clase en parejas.
 - c. Inicio de la actividad. Se proyecta el video, **el maestro debe parar en momentos clave para señalar argumentos y contra-argumentos, así como para ir comprobando la veracidad de algunas de las afirmaciones que los entrevistados** realizan al principio del audiovisual y que se van desmintiendo a lo largo del visionado. Se deja tiempo al alumnado para que complete la parte relativa al “pienso” y al “me pregunto”
 - d. Puesta en común de la actividad en grupo-clase: cada pareja realiza sus preguntas y expone sus reflexiones del mismo modo que en anteriores ocasiones (visibilizando el proceso argumental y destacando las hipótesis finales de los distintos grupos).
2. Se inicia la fase “escuchan preguntan”, en la cual se expone la teoría (qué es el *fracking*, riesgos y beneficios) a través de un diálogo establecido con los estudiantes. En este espacio se puede emplear el material denominado **recurso digital 3**. Además, como en sesiones anteriores es preciso relacionar los contenidos con la CTS en todo momento e introducir las **concepciones sobre NdCyT siempre que sea posible con preguntas como las presentadas en la anterior sesión**:

- a. Diapositiva 2: presentación del concepto de *fracking*.
 - b. Diapositiva 3: explicación de las semejanzas y diferencias entre los pozos de extracción de petróleo y gas convencionales y los de fracturación hidráulica.
Diapositivas 4, 5, 6, 7 y 8: presentación del sistema de tecnología de fracturación hidráulica, cómo se realizan los pozos con esta tecnología y el peligro de los productos químicos que se mezclan con el agua para la fracturación de las rocas.
 - c. Diapositiva 9: explicación de la solución presentada para solventar los peligros causados por los productos químicos.
 - d. Diapositivas 10, 11 y 12: presentación de los problemas que es probable que puedan darse, aunque se aplique la solución de forma correcta.
3. Inicio de la actividad de consolidación (**actividad 6 del cuaderno de trabajo**).
- a. Se divide el grupo-clase en parejas y se les entrega la ficha de consolidación correspondiente con la tercera sesión.
 - b. Los estudiantes deben reflexionar por parejas y llegar a un acuerdo sobre la respuesta a cada una de las preguntas. El maestro supervisa, guía y resuelve dudas individuales.
 - c. Puesta en común de la actividad en grupo-clase: **cada pareja expone y argumenta cada una de las respuestas a las preguntas, presenta sus hipótesis y en qué evidencias se sustenta.**
 - d. Durante la puesta en común el maestro debe moderar el debate siguiendo los mismos principios presentados en sesiones anteriores.
 - e. Al final de la actividad, es preciso **dar a los discentes la oportunidad de mejorar o completar sus respuestas conforme a lo que han aprendido durante la puesta en común.**

ANEXO V. ADAPTACIÓN DEL COCTS

A continuación, se incluye la Figura 35 como muestra de la visualización del cuestionario en la aplicación web, seguido del texto que se incluye en dicha aplicación como contenido del cuestionario.

Figura 35

Visualización de la adaptación del COCTS



Nota. Fuente: Elaboración propia

TEXTO INCLUIDO EN LA VERSIÓN WEB DE LA ADAPTACIÓN DEL COCTS

Cuestionario de Opinión sobre Ciencia Tecnología y Sociedad

Presentación

Este cuestionario pretende conocer tus opiniones acerca de algunas cuestiones importantes sobre la ciencia y la tecnología en el mundo actual.

Todas las preguntas tienen la misma estructura: un texto inicial que plantea un problema, seguido de una lista de frases que representan diferentes alternativas de posibles respuestas al problema planteado. Estas están ordenadas con una letra (A, B, C, D, etc.).

Se pide que valores su grado de acuerdo personal con cada una de estas frases señalando con una X la casilla correspondiente en la tabla.

Agradecemos tu generosidad al ayudarnos en esta investigación respondiendo este cuestionario. Gracias por tu esfuerzo en responder lo mejor posible.

Datos personales

Inicial del nombre
Iniciales de los apellidos
Edad
Sexo
Curso y grupo
Profesor
Colegio
Fecha

AHORA COMIENZA LA PRUEBA

1-. Los científicos e ingenieros deberían ser los únicos en decidir los asuntos científicos de nuestro país porque son las personas que mejor conocen estos asuntos, como por ejemplo, los tipos de energía (nuclear, hidráulica, solar, carbón, etc.), los índices permitidos de contaminación del aire en nuestro país (emisiones industriales, de vehículos, etc.), o el desarme nuclear.

Los científicos e ingenieros son los que deberían decidir:

Tabla 54

Formato de respuesta con escala 1-9

	Desacuerdo				Indeciso		Acuerdo			No sé
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*
A. Porque tienen la formación y los datos que les permiten comprender mejor el tema.										
B. La decisión debería ser tomada de manera compartida. Las opiniones de los científicos e ingenieros y de los ciudadanos informados deberían ser tenidas en cuenta en las decisiones que afectan a nuestra sociedad.										
C. El gobierno debería decidir porque el tema es básicamente político; PERO científicos e ingenieros deberían aconsejar.										
D. Los ciudadanos deberían decidir, porque la decisión afecta a todos; PERO científicos e ingenieros deberían aconsejar.										

Nota: se presenta el formato con la escala a modo de ejemplo para este ítem. El resto de ítem mantienen la escala de respuesta, aunque solo se presenta el texto.

2-. Siempre se necesita que haya un equilibrio (compromiso) entre los efectos positivos y negativos de la ciencia y la tecnología.

SIEMPRE existen equilibrios entre los efectos positivos y negativos:

A. Porque los científicos no pueden predecir los efectos a largo plazo de los nuevos avances, a pesar de realizar cuidadosos estudios iniciales.

B. Porque las cosas que son buenas para algunos serán malas para otros.

C. Porque no se pueden obtener resultados positivos sin probar una nueva idea y entonces trabajar los efectos negativos.

NO existen equilibrios entre los efectos beneficiosos y negativos:

D. Porque algunos nuevos desarrollos nos benefician sin producir efectos negativos.

3-. Cuando se desarrolla una nueva tecnología (por ejemplo, un ordenador nuevo o una medicina nueva para curar el cáncer), puede ser puesta en práctica o no. La decisión de usar una nueva tecnología depende de que las ventajas para la sociedad compensen las desventajas

A. La decisión de usar una nueva tecnología depende principalmente de los beneficios para la sociedad, porque si hay demasiadas desventajas, la sociedad no la aceptará y esto puede frenar su desarrollo posterior.

B. La decisión depende de algo más que sólo las ventajas o desventajas de la tecnología. Depende de lo bien que funcione, de cuánto cueste y de su eficacia.

C. Muchas tecnologías nuevas se han puesto en marcha para ganar dinero, aunque sus desventajas fueran más grandes que sus ventajas.

D. Depende del tipo de nueva tecnología que se trate. En unos casos, la decisión dependerá de las ventajas o desventajas, y en otros, dependerá de otras cosas.

4-. El desarrollo tecnológico puede ser controlado por los ciudadanos.

A. Sí, porque cada generación de científicos y tecnólogos que desarrollarán la tecnología sale de la población de ciudadanos. Por tanto, los ciudadanos controlan un poco los avances en tecnología.

B. Sí, pero sólo cuando los ciudadanos están unidos y se hacen oír, bien a favor o bien en contra de un nuevo desarrollo. La gente organizada puede cambiar prácticamente todo.

Los ciudadanos NO están implicados en controlar el desarrollo tecnológico:

C. Porque la tecnología avanza tan rápido que el ciudadano ignora su desarrollo.

D. Porque quienes tienen el poder de desarrollar la tecnología evitan que los ciudadanos la controlen.

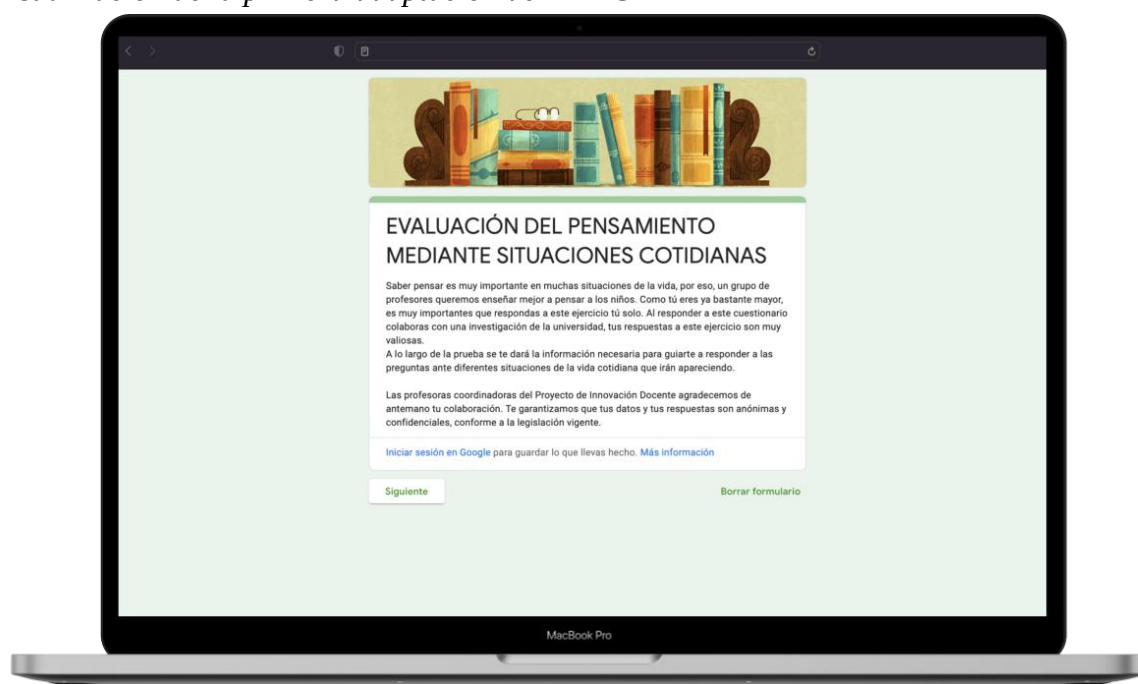
ANEXO VI. ADAPTACIONES DEL TEPC

A lo largo del anexo se recogen las Figuras 36 y 37 con el fin de visualizar los cuestionarios en la aplicación web, seguidamente a las Figuras se presenta el texto incluido en los cuestionarios.

ADAPTACIÓN DEL PRIMER PERIODO

Figura 36

Visualización de la primera adaptación del TEPC



Nota. Fuente: Elaboración propia

TEXTO INCLUIDO EN LA VERSIÓN WEB DE LA PRIMERA ADAPTACIÓN DEL TEPC

Cuestionario sobre situaciones cotidianas y pensamiento crítico

Presentación

Esta prueba pretende evaluar algunas habilidades de pensamiento a través de tus respuestas ante diversas situaciones cotidianas planteadas en cada cuestión.

Instrucciones

Cada cuestión presenta una situación diferente que tiene dos partes. En la primera, debes escribir una **respuesta breve** sobre la pregunta. Cuando hayas acabado, debes pasar a la siguiente página donde se encuentra la segunda parte.

La segunda parte, contiene la misma información planteada en la primera, pero en la tarea se pide que hagas **un juicio o una valoración** sobre las posibles respuestas. Por ejemplo, el juicio puede consistir en valorar el grado en que cada una de las diferentes respuestas planteadas responde bien a una determinada pregunta, o bien, en seleccionar la mejor alternativa entre un conjunto de respuestas posibles.

Por favor, no respondas NUNCA la segunda parte antes de haber respondido la primera. Tampoco regreses a la primera parte después de haber respondido la segunda.

Nuestro interés es conocer cómo piensas sobre situaciones complejas de la vida diaria. Por ello, te pedimos que intentes explicar tus razonamientos de respuesta para cada situación de la forma más clara posible.

Es muy importante que te esfuerces por responder lo mejor que puedas 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.

Agradecemos tu generosidad al ayudarnos en esta investigación respondiendo este cuestionario. Gracias por tu esfuerzo en responder lo mejor posible.

A continuación, se presenta un ejemplo ya resuelto, para que sirva de modelo y guía de respuesta para las preguntas siguientes. Por favor, dedica unos minutos a analizarlo.

Datos personales

Inicial del nombre	
Iniciales de los apellidos	
Edad	
Sexo	
Curso y grupo	
Profesor	
Colegio	
Fecha	

Ejemplo. Parte 1

Cuatro pacientes están esperando para ver a un médico especializado en dolores de cabeza. Tres de ellos son mujeres, lo que lleva al paciente varón a concluir que la mayoría de las personas que buscan ayuda médica para los dolores de cabeza son mujeres.

1- A. ¿Es una conclusión razonable a partir de las personas que están esperando ver al médico?

(☐) Sí(☒) NO

1-B. Por favor, explica tu respuesta:

Con la información que dispone el paciente varón no se puede llegar a esa conclusión.

Ejemplo. Parte 2

Cuatro pacientes están esperando para ver a un médico especializado en dolores de cabeza. Tres de ellos son mujeres, lo que lleva al paciente varón a concluir que las mujeres que buscan ayuda médica para los dolores de cabeza son más que los hombres.

Cuál sería la mejor respuesta a la pregunta: “¿Es una conclusión razonable basarse en los pacientes de la sala de espera del médico?” **Elige SOLO una:**

1. (☐) Sí, el 75% es mayor que el 50%, que sería lo esperado por azar.
2. (☐) Sí, los pacientes que esperan ver a este médico representan al total de la población que va al médico para pedir ayuda para sus dolores de cabeza.
3. (☒) No, cuatro personas no representa al total de los pacientes con dolor de cabeza, por lo tanto la deducción no es correcta.
4. (☐) No, los hombres tienen tanto dolor de cabeza como las mujeres.

AQUÍ FINALIZA EL EJEMPLO

AHORA COMIENZA LA PRUEBA

Situación 1. Parte 1

Se pidió a un candidato a presidente que explicara su posición acerca de una ley que se iba a debatir para poner en marcha nuevas formas de obtener petróleo y así encontrar una solución al problema energético. Contestó que se oponía a la propuesta, porque era un error.

En una frase, describe la manera de pensar que muestra el candidato con esta respuesta.

Situación 1. Parte 2

Se pidió a un candidato a presidente que explicara su posición acerca de una propuesta de ley para poner en marcha nuevas formas de obtener petróleo y así encontrar una solución al problema energético. Contestó que se oponía a la propuesta, porque era un error.

¿Cuál o cuáles de las siguientes críticas al candidato son razonables? **Elige tantas como te parezcan razonables**

1. () El candidato no deja claro si estaba a favor o en contra de la propuesta
2. () El candidato no aporta una buena razón para su decisión.
3. () El candidato no da ninguna razón sobre su decisión.
4. () El candidato va a incrementar el problema energético.
5. () El candidato no se preocupa por la falta de energía.

Situación 2. Parte 1

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.

1-A. ¿Cuál es la conclusión de este breve párrafo?_

1-B. ¿Cuáles son las razones por las que se llega a esta conclusión?_

Situación 2. Parte 2

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 delante, 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.

Situación 3. Parte 1

Después de un debate televisivo sobre el uso de los videojuegos, se animó a los telespectadores a entrar en la página web de la cadena de televisión para votar a favor o en contra de que los niños jueguen con esta aplicación. Durante la primera hora, unas 1000 personas votaron. En el recuento de votos aproximado se obtuvieron los mismos votos para cada una de las opiniones. Al día siguiente, el presentador que anunció ese resultado concluyó que la gente de ese país estaba dividida en dos grupos similares en el asunto del uso de videojuego por parte de los niños y niñas.

1-A. Según los datos anteriores ¿estás de acuerdo con la conclusión del presentador?

() SÍ () NO

1-B Escribe una sugerencia para mejorar este estudio sobre el uso de videojuegos por parte de niños y niñas.

Situación 3. Parte 2

Después de un debate televisivo sobre el uso de los videojuegos, se animó a los telespectadores a entrar en la página web de la cadena de televisión para votar a favor o en contra de que los niños jueguen con esta aplicación. Durante la primera hora, unas 1000 personas votaron. En el recuento de votos aproximado se obtuvieron los mismos votos para cada una de las opiniones. Al día siguiente, el presentador que anunció ese resultado concluyó que la gente de ese país estaba dividida en dos grupos similares en el asunto del uso de videojuego por parte de los niños y niñas.

A partir de esta información, lee cada una de las frases siguientes y escribe una (V) al lado de las frases que consideres verdaderas y deja en blanco las que no merezcan esa valoración.

1. () Mucha gente fue al ordenador para votar enseguida, antes de que el programa terminara.

2. () Aproximadamente la mitad de las mujeres y la mitad de los hombres están a favor de que los niños y niñas utilicen videojuegos.

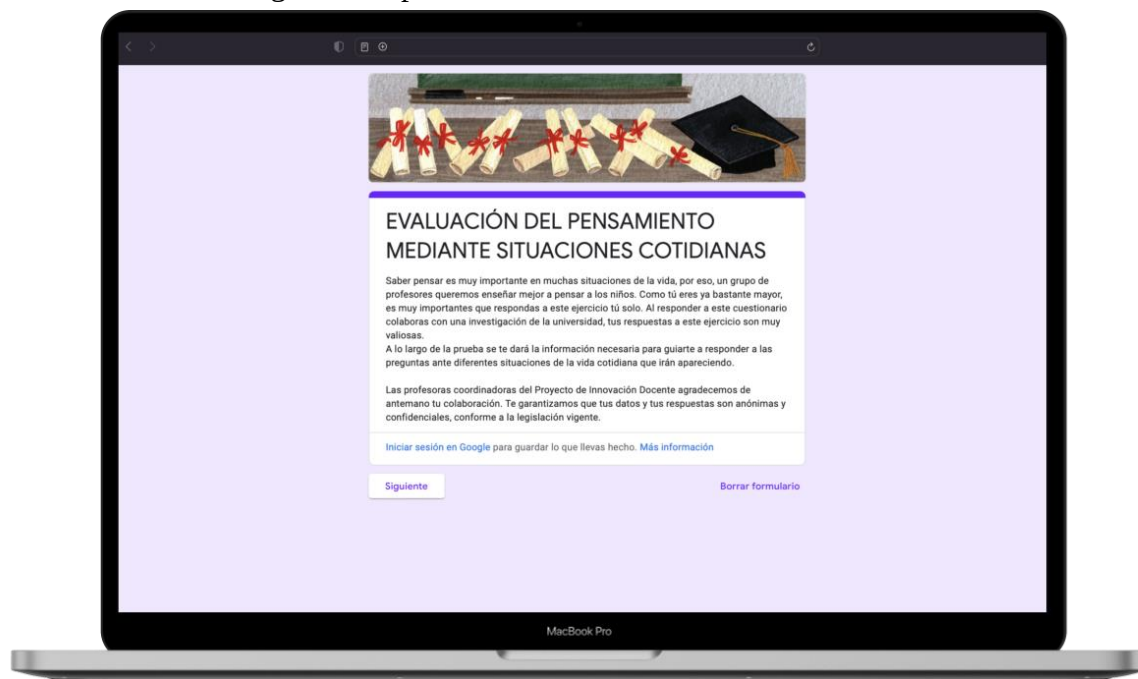
3. () En el debate, los que defendían las posturas a favor y en contra fueron igual de convincentes.

4. () La gente que estaba viendo el programa y votó en su ordenador puede no ser representativa de toda la gente de ese país.

ADAPTACIÓN DEL SEGUNDO PERIODO

Figura 37

Visualización de la segunda adaptación del TEPC



Nota. Fuente: Elaboración propia

TEXTO INCLUIDO EN LA VERSIÓN WEB DE LA SEGUNDA ADAPTACIÓN DEL TEPC

Cuestionario sobre situaciones cotidianas y pensamiento crítico

Presentación

Esta prueba pretende evaluar algunas habilidades de pensamiento a través de tus respuestas ante diversas situaciones cotidianas planteadas en cada cuestión.

Instrucciones

Cada cuestión presenta una situación diferente que tiene dos partes. En la primera, debes escribir una **respuesta breve** sobre la pregunta. Cuando hayas acabado, debes pasar a la siguiente página donde se encuentra la segunda parte.

La segunda parte, contiene la misma información planteada en la primera, pero en la tarea se pide que hagas **un juicio o una valoración** sobre las posibles respuestas. Por ejemplo, el juicio puede consistir en valorar el grado en que cada una de las diferentes

respuestas planteadas responde bien a una determinada pregunta, o bien, en seleccionar la mejor alternativa entre un conjunto de respuestas posibles.

Por favor, no respondas NUNCA la segunda parte antes de haber respondido la primera. Tampoco regreses a la primera parte después de haber respondido la segunda.

Nuestro interés es conocer cómo piensas sobre situaciones complejas de la vida diaria. Por ello, te pedimos que intentes explicar tus razonamientos de respuesta para cada situación de la forma más clara posible.

Es muy importante que te esfuerces por responder lo mejor que puedas 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.

Agradecemos tu generosidad al ayudarnos en esta investigación respondiendo este cuestionario. Gracias por tu esfuerzo en responder lo mejor posible.

A continuación, se presenta un ejemplo ya resuelto, para que sirva de modelo y guía de respuesta para las preguntas siguientes. Por favor, dedica unos minutos a analizarlo.

Datos personales

Inicial del nombre	
Iniciales de los apellidos	
Edad	
Sexo	
Curso y grupo	
Profesor	
Colegio	
Fecha	

Ejemplo. Parte 1

Cuatro pacientes están esperando para ver a un médico especializado en dolores de cabeza. Tres de ellos son mujeres, lo que lleva al paciente varón a concluir que la mayoría de las personas que buscan ayuda médica para los dolores de cabeza son mujeres.

1- A. ¿Es una conclusión razonable a partir de las personas que están esperando ver al médico?

() SÍ(X) NO

1-B. Por favor, explica tu respuesta:

Con la información que dispone el paciente varón no se puede llegar a esa conclusión.

Ejemplo. Parte 2

Cuatro pacientes están esperando para ver a un médico especializado en dolores de cabeza. Tres de ellos son mujeres, lo que lleva al paciente varón a concluir que las mujeres que buscan ayuda médica para los dolores de cabeza son más que los hombres.

Cuál sería la mejor respuesta a la pregunta: “¿Es una conclusión razonable basarse en los pacientes de la sala de espera del médico?” **Elige SOLO una:**

1. () Sí, el 75% es mayor que el 50%, que sería lo esperado por azar.
2. () Sí, los pacientes que esperan ver a este médico representan al total de la población que va al médico para pedir ayuda para sus dolores de cabeza.
3. (X) No, cuatro personas no representa al total de los pacientes con dolor de cabeza, por lo tanto la deducción no es correcta.
4. () No, los hombres tienen tanto dolor de cabeza como las mujeres.

AQUÍ FINALIZA EL EJEMPLO

AHORA COMIENZA LA PRUEBA

Situación 1. Parte 1

La dirección de un colegio, con muchos alumnos, ha observado que un elevado número de estudiantes comen grandes cantidades de bollería industrial durante el almuerzo. Para hacer que se reduzca el consumo de bollería industrial y conseguir aumentar el consumo de alimentos saludables, la dirección diseña un programa llamado “Almuerzo Saludable”. La secretaria del centro puso un gran cartel con el nombre del programa y se envió al alumnado un folleto informativo con diferentes almuerzos saludables. Al cabo de un año se comprobó, de la misma forma, que el consumo medio de bollería industrial por los estudiantes que solían comer este tipo de dulces en el centro se redujo un 2%, en comparación con los datos del año anterior. El director del programa “Almuerzo Saludable” anunció que: “Este programa ha tenido un gran éxito como puede verse por la reducción del consumo de bollería industrial por parte de los estudiantes”.

- a) ¿Cuáles crees que son los datos que apoyan mejor la afirmación del director del colegio?
- b) Escribe un dato que creas que debilita la afirmación del director

Situación 1. Parte 2

La dirección de un colegio, con muchos alumnos, ha observado que un elevado número de estudiantes comen grandes cantidades de bollería industrial durante el almuerzo. Para hacer que se reduzca el consumo de bollería industrial y conseguir aumentar el consumo de alimentos saludables, la dirección diseña un programa llamado “Almuerzo Saludable”. La secretaria del centro puso un gran cartel con el nombre del programa y se envió al alumnado un folleto informativo con diferentes almuerzos saludables. Al cabo de un año se comprobó, de la misma forma, que el consumo medio de bollería industrial por los estudiantes que solían comer este tipo de dulces en el centro se redujo un 2%, en comparación con los datos del año anterior. El director del programa “Almuerzo Saludable” anunció que: “Este programa ha tenido un gran éxito como puede verse por la reducción del consumo de bollería industrial por parte de los estudiantes”.

Indica para cada una de las siguientes frases si consideras que apoya la afirmación del director o la debilita:

- En una entrevista posterior, los estudiantes que solían consumir bollería industrial afirmaban haber sido motivados por el programa “Almuerzo Saludable”.
- La dirección del colegio preguntaba a los estudiantes, con mucha frecuencia, qué van a comer en el almuerzo.
- Ha descendido el consumo de bollería en TODOS los estudiantes.
- El consumo de bollería industrial por parte de los estudiantes el curso anterior era el más alto de los últimos 5 años.
- El director no tenía en cuenta cuántos estudiantes que solían consumir bollería industrial continuaban estudiando en el centro el curso siguiente.

Situación 2. Parte 1

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.

1-A. ¿Cuál es la conclusión de este breve párrafo?_

1-B. ¿Cuáles son las razones por las que se llega a esta conclusión?_

Situación 2. Parte 2

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 delante, si es una conclusión (C), una razón (R) o un contra-argumento (CA).

	1. La verdad es que deberías especializarte en esta ciencia.
	2. El trabajo es interesante.
	3. Los sueldos son buenos.
	4. No es una buena especialidad si le temes a las matemáticas.

Situación 3. Parte 1

Un informe reciente aparecido en una revista para padres y profesores muestra que los niños que comen chicle compulsivamente suelen obtener peores calificaciones en clase. A medida que aumenta el número de chicles por día, disminuyen sus notas. Una sugerencia que hace el informe es que podríamos mejorar el rendimiento escolar evitando que los niños coman chicles.

a) Basándonos en esta información, ¿apoyarías la idea de evitar el consumo de chicles por los niños como un medio para mejorar el rendimiento escolar?

☐

Sí

☐

No

b) Por favor, explica brevemente por qué sí o por qué no:

Situación 3. Parte 2

Un informe reciente aparecido en una revista para padres y profesores muestra que los niños que comen chicle compulsivamente suelen obtener peores calificaciones en clase. A medida que aumenta el número de chicles por día, disminuyen sus notas. Una sugerencia que hace el informe es que podríamos mejorar el rendimiento escolar evitando que los niños coman chicles.

Basándonos en esta información, ¿cuál de las siguientes frases consideras la mejor respuesta? Escoge SOLO una opción de las que se presentan a continuación:

- Las calificaciones probablemente mejoren si evitamos que los niños coman chicles, porque la investigación informa que cuando se incrementa los chicles que toman, las calificaciones bajan.
- Es posible que las notas conseguidas por los niños y niñas mejoren si evitamos que estos coman chicle, pero no podemos estar seguros, puesto que solo conocemos que éstas son más bajas cuando aumenta los chicles que toman los niños y niñas, pero no sabemos qué pasa cuando el consumo es menor.
- No hay forma de saber si las notas de los niños mejorarán si evitamos que tomen chicle, puesto que solo conocemos que comer chicle y las notas están relacionados, pero no sabemos si comer chicle es la causa de que las notas sean altas o bajas.

Situación 4. Parte 1

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

- En una frase, expresa tu opinión sobre este proyecto.
- En una o dos frases, presenta una razón y una conclusión relacionadas con esta propuesta que tengan relación con tu respuesta anterior.

Situación 4. Parte 2

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

Para cada una de las siguientes afirmaciones, escribe en la casilla en blanco delante, si es una opinión, un argumento razonado o un hecho.

	1. La propuesta costará demasiado dinero.
	2. En otras ciudades donde se empleó esta pintura, los grafiti se redujeron en un 50%
	3. Este sistema no funcionará porque la gente que hace grafiti encontrará el modo de hacer que se mantengan

Ya has terminado de contestar a la prueba. ¡¡No se te olvide darle al botón de enviar!!
Muchas gracias por el esfuerzo que has realizado.

ANEXO VII. GUION DE LA ENTREVISTAS A EQUIPO DIRECTIVO Y MAESTROS

Tabla 55

Preguntas de las entrevistas al equipo directivo

- 1-. ¿Cuáles son las principales características socioculturales del alumnado y sus familias?
- 2-. ¿Desde la dirección del centro se promueve el uso de metodologías para trabajar con los distintos niveles de aprendizaje que puedan tener los estudiantes?
- 3-. ¿El centro promueve algunos principios metodológicos concretos que caractericen el proceso de enseñanza-aprendizaje que tiene lugar durante las clases del área de Ciencias de la Naturaleza?
- 4-. ¿Cuáles son sus conocimientos sobre PC?
- 5-. ¿Qué entiende por NdCyT?
- 6-. ¿Cómo parte del equipo directivo consideras el desarrollo del PC como un objetivo educativo? ¿Y las mejoras de las concepciones sobre NdCyT?
- 7-. ¿Cómo parte del equipo directivo tienes inquietudes por que se promueva en el centro el desarrollo de habilidades de PC, así como la mejora de las creencias de profesores y alumnos sobre NdCyT?
- 8-. ¿Crees que el trabajo de estas habilidades y concepciones son abarcables en la etapa de primaria y por tanto deben ser potenciadas? ¿podrías justificar tu respuesta?
- 9-. ¿El centro promueve la aplicación de estrategias en el aula que fomenten el desarrollo de algunas habilidades de PC? En caso afirmativo, ¿Cuáles serían esas estrategias, qué habilidades pretenden desarrollar, y cómo promueve su implementación?
- 10-. ¿El centro promueve la aplicación de estrategias en el aula que procuren el aprendizaje de cuestiones de NdCyT? En caso afirmativo ¿Cuáles serían esas estrategias, qué cuestiones sobre NdCyT trabajan y cómo promueve su implementación?

Nota. Fuente: elaboración propia.

Tabla 56

Preguntas de las entrevistas a los docentes-tutores

- 1-. ¿Cuáles son las principales características socioculturales del alumnado y sus familias?
- 2-. ¿Qué niveles de aprendizaje existen en el aula en el área de Ciencias de la Naturaleza y por qué alumnos están formados?
- 3-. ¿Se trabaja de alguna forma concreta para atender a los distintos niveles de aprendizaje?
- 4-. ¿Se aplican algunos principios metodológicos concretos que caractericen el proceso de enseñanza-aprendizaje que tiene lugar durante las clases del área de Ciencias de la Naturaleza?
- 5-. ¿Cuáles son sus conocimientos sobre PC?
- 6-. ¿Qué entiendes por NdCyT?
- 7-. ¿Consideras importante el desarrollo del PC como un objetivo educativo? ¿Y las mejoras de las concepciones sobre NdCyT?
- 8-. ¿Crees que el trabajo de estas habilidades y concepciones son abarcables en la etapa de primaria y por tanto deben ser potenciadas? ¿podrías justificar tu respuesta?
- 9-. ¿Intenta aplicar estrategias en el aula que fomenten el desarrollo de algunas habilidades de PC? En caso afirmativo ¿Cuáles sería esas estrategias y qué habilidades pretenden desarrollar?
- 10-. ¿Intenta aplicar estrategias en el aula que procuren el aprendizaje de cuestiones de NdCyT? En caso afirmativo ¿Cuáles serían esas estrategias y qué cuestiones sobre NdCyT trabajan?

Nota. Fuente: elaboración propia.

ANEXO VIII. BASES DE DATOS SPSS, TABLAS DE OBSERVACIÓN DEL SEGUNDO PERIODO Y TRANSCRIPCIONES DE ENTREVISTAS Y GRUPOS DE DISCUSIÓN

Escanea el código qr para acceder o pincha sobre el mismo si tienes una versión web de la tesis doctoral. La contraseña que te solicitará para el acceso es VanessaOrtega

