

Jorge Pozuelo Muñoz

La estación meteorológica como  
herramienta para el desarrollo de  
prácticas científicas. Una  
investigación basada en el diseño  
de una secuencia en educación  
secundaria

Director/es

Cascarosa Salillas, María Esther

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>

© Universidad de Zaragoza  
Servicio de Publicaciones

ISSN 2254-7606

Tesis Doctoral

LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA COMO  
HERRAMIENTA PARA EL DESARROLLO DE  
PRÁCTICAS CIENTÍFICAS. UNA INVESTIGACIÓN  
BASADA EN EL DISEÑO DE UNA SECUENCIA EN  
EDUCACIÓN SECUNDARIA

Autor

Jorge Pozuelo Muñoz

Director/es

Cascarosa Salillas, María Esther

**UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA**  
Escuela de Doctorado

2021





# Universidad Zaragoza

**La estación meteorológica como herramienta para el desarrollo de prácticas científicas. Una investigación basada en el diseño de una secuencia en educación secundaria**

Memoria de la tesis doctoral realizada por

**JORGE POZUELO MUÑOZ**

bajo la dirección de

**Dra. ESTHER CASCAROSA SALILLAS**

para optar al grado de

Doctor en Educación por la Universidad de Zaragoza

DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICAS ESPECÍFICAS

ÁREA DE DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES



**Universidad** Zaragoza



***A mi familia***

**“Homo sum, humani nihil a me alienum puto”**

*“Soy humano, nada de lo humano me es ajeno”*

Publio Terencio Afro, *El enemigo de sí mismo*, 165 a.C.





## Agradecimientos

Poder llevar a cabo esta tesis ha necesitado de la ayuda y colaboración de muchas personas a las que con estas palabras quiero mostrar mi más sincero agradecimiento.

En primer lugar y sobre todo, agradecer a la Dra. Esther Cascarosa Salillas por haber sido desde el momento en el que la conocí un referente profesional al que admirar. Por su rigor científico, por su motivación, por su optimismo natural, por su flexibilidad y versatilidad, por hacer que lo difícil parezca (y se convierta) en fácil y por su increíble eficacia en la resolución de cualquier problema. Ella fue quien me abrió la puerta a un mundo que desconocía y me maravilló, el de la investigación en Didáctica de las Ciencias. Siempre le estaré agradecido por ello. Pero mi mayor agradecimiento se lo debo a la confianza que depositó en mi persona cuando surgió la posibilidad de llevar a cabo este trabajo. Su capacidad para contagiar el ímpetu y el entusiasmo por alcanzar los objetivos es, lo que definitivamente me han llevado a escribir este trabajo. Gracias también por todo el esfuerzo y tiempo dedicado a orientar y revisar este trabajo.

Al Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales del Departamento de Didácticas específicas de la Facultad de Educación de la Universidad de Zaragoza, por favorecer la realización de esta tesis y por mostrar su apoyo para finalizarla. En especial quiero mostrar mi agradecimiento a Ángel Cortés Gracia, por su acogida en el área y por su tiempo y ayuda siempre le fueron solicitadas y que además siempre fueron, y son, de utilidad.

A mi compañero Jonatan Val Pulido, profesor de ciencias en el Colegio Internacional Ánfora con el que tantas horas he compartido hablando de ciencia, de cómo enseñar ciencia y qué hacer como profesores para que los alumnos y alumnas disfruten de la ciencia como nosotros hacemos. Gracias por todo el tiempo invertido dentro de este proyecto, todas las reuniones (sentados y a paso ligero) y todo el apoyo e interés que has mostrado por esta investigación que siento tanto tuya como mía.

A Ester Sánchez Sánchez, directora del Colegio Internacional Ánfora, por facilitar esta investigación e impulsar cada una de las ideas que permitieran mejorar los procesos de enseñanza dentro de las aulas del centro escolar.

A los alumnos y alumnas que han participado en el desarrollo de la investigación y con los que tantas horas he pasado en los últimos años.

A mi familia, sin duda lo más importante. Será con ellos con los que celebraré finalizar este trabajo y a los que uno a uno agradeceré eternamente todo lo que han hecho por mí hasta el día de hoy, con palabras, con miradas, con abrazos.

Al “allá vamos”, porque entre las millones de palabras que habré dejado por escrito en toda mi vida, sin duda, éstas son las más importantes.



## Índice

	Pág.
Lista de Figuras.....	xii
Lista de Tablas.....	xv
<b>Capítulo I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	19
1. Introducción .....	21
2. Preguntas de investigación y objetivos de la tesis. ....	22
3. Estructura de la memoria .....	23
<b>Capítulo II: MARCO TEÓRICO</b>	27
1. Investigación Basada en el Diseño .....	29
1.1. Introducción .....	29
1.2. Revisión de trabajos previos en Investigación basada en el diseño .....	29
1.3. Bases de la Investigación Basada en el Diseño y las Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje .....	32
1.4. Etapas de la Investigación Basada en el Diseño.....	34
1.5. Finalidad de los resultados de la investigación .....	38
1.6. Consideraciones finales sobre la IBD .....	39
2. Métodos propios del Estudio de Caso .....	40
2.1. Introducción .....	40
2.2. El estudio de caso como método cualitativo .....	40
2.3. Definición del estudio de caso .....	41
2.3.1. Introducción al Estudio de Caso .....	41
2.3.2. ¿Debate terminológico o epistémico? .....	41
2.3.3. Definición de Estudio de Caso para esta investigación.....	42
2.4. Características del estudio de caso .....	43
2.5. Cuándo y por qué elegir un estudio de caso .....	44
2.6. Críticas al Estudio de Caso y contra-argumentaciones .....	45
2.7. Criterios de legitimidad .....	47
2.8. Tipos de estudio de caso .....	48
2.9. Etapas en el estudio de caso .....	50
2.9.1. Planificación preliminar.....	51
2.9.2. Elección y delimitación del caso.....	51
2.9.3. Diseño del caso.....	52
2.9.4. Preparación de la recolección de datos .....	53
2.9.5. La recolección de datos.....	53
2.9.6. Análisis e interpretación de datos.....	56
2.9.7. Consideraciones y comunicación del caso .....	57
2.10. Resumen.....	58
3. Prácticas científicas (indagación y argumentación) y competencia científica .	60
3.1. Introducción .....	60
3.2. Competencia científica en PISA.....	60
3.2.1. La importancia de la contextualización en los problemas de ciencias .....	62
3.2.2. Conocimientos científicos .....	64
3.2.3. Competencias científicas.....	66

3.2.4.	Demanda cognitiva y evaluación de la competencia científica .....	68
3.2.5.	La competencia científica en el diseño de esta IBD .....	69
3.3.	La indagación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias .....	70
3.3.1.	Revisión histórica .....	71
3.3.2.	Definición de indagación .....	72
3.3.3.	Características de la indagación.....	74
3.3.4.	Tipos de la indagación.....	76
3.3.5.	Etapas de la indagación.....	77
3.3.6.	Evaluación de la indagación .....	78
3.3.7.	Implicaciones educativas .....	81
3.3.8.	Evidencias sobre la indagación .....	83
3.3.9.	Indagación, ¿positiva o negativa?.....	86
3.4.	Argumentación en la enseñanza de las ciencias .....	88
3.4.1.	Justificación.....	88
3.4.2.	¿Qué es una prueba? .....	89
3.4.3.	Calidad de la argumentación .....	91
3.5.	Resumen y consideraciones finales.....	92
	<b>Capítulo III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	95
1.	<b>Introducción</b> .....	97
2.	<b>Metodología de la investigación</b> .....	99
2.1.	Introducción a la metodología de la investigación .....	99
2.2.	Objetivos de la investigación.....	100
2.3.	Definición del caso .....	101
2.3.1.	Justificación del uso del EC como metodología .....	101
2.3.2.	Límites entre caso y contexto .....	101
2.3.3.	Papel del investigación dentro del caso.....	102
2.3.4.	Criterios de legitimidad del caso.....	102
2.3.5.	Características del caso para esta investigación .....	103
2.4.	Instrumentos de recogida de datos y triangulación .....	105
2.4.1.	Instrumentos y método de la recogida de datos.....	105
2.4.2.	Triangulación de los datos .....	107
2.4.3.	Análisis e interpretación de los datos desde la óptica del EC.....	108
2.5.	Papel del profesor en la investigación .....	109
2.6.	Instrumentos de análisis de análisis de los resultados .....	109
2.6.1.	Evaluación grupal de los aprendizajes .....	109
2.6.2.	Evaluación de los aprendizajes de indagación y argumentación .....	110
2.6.3.	Herramientas de análisis para la investigación.....	122
2.7.	Instrumentos de análisis para evaluar la calidad de la SEA .....	134
2.7.1.	Enfoque general de la evaluación de la calidad de la SEA .....	134
2.7.2.	Evaluación de las prácticas de indagación y argumentación.....	135
2.7.3.	Evaluación del desarrollo de la competencia científica.....	139
2.7.4.	Evaluación posterior mediante cuestionario.....	143
2.7.5.	Implementación posterior con grupo de validación.....	146
	<b>Capítulo IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	149
1.	<b>Introducción</b> .....	151
2.	<b>Diseño y desarrollo de la SEA</b> .....	152
2.1.	Contexto de centro y de aula .....	152

2.1.1.	Características topográficas y climáticas .....	152
2.1.2.	Características sociodemográficas y socioeconómicas .....	153
2.1.3.	Características del centro .....	153
2.1.4.	Contexto de aula .....	154
2.1.5.	Justificación del contexto.....	155
2.2.	Planteamiento inicial de la actividad .....	155
2.3.	Objetivos de aprendizaje, contenidos curriculares y objetivos competenciales .....	157
2.3.1.	Objetivos de aprendizaje curriculares y contenidos oficiales.....	157
2.3.2.	Objetivos competenciales de aprendizaje .....	161
2.4.	Análisis de las ideas previas .....	164
2.5.	Enfoques educativos .....	167
2.5.1.	Aprendizaje basado en contextos.....	167
2.5.2.	Aprendizaje de las ciencias basado en la indagación .....	169
2.5.3.	Prácticas de argumentación en el aula de ciencias .....	171
2.6.	Papel del profesorado dentro de la actividad.....	172
2.7.	Implementación de la SEA.....	173
2.7.1.	Etapa 1: Planteamiento de la actividad .....	176
2.7.2.	Etapa 2: Investigación y trabajo del alumnado. Actividades implementadas .....	178
2.7.3.	Etapa 3: Evaluación y reflexión sobre la secuencia .....	184
2.8.	Herramientas de evaluación de los aprendizajes .....	185
<b>3.</b>	<b>Resultados de las ideas previas del alumnado .....</b>	<b>186</b>
<b>4.</b>	<b>Resultados obtenidos en la práctica de la indagación .....</b>	<b>189</b>
4.1.	Actividad 1.....	189
4.1.1.	Presentación de resultados Act. 1.....	189
4.1.2.	Análisis e resultados Act.1.....	191
4.1.3.	Niveles de desempeño Act.1.....	197
4.1.4.	Intervenciones por parte del investigador Act. 1.....	200
4.2.	Actividad 2.....	200
4.2.1.	Presentación de resultados Act.2.....	200
4.2.2.	Análisis de resultados Act.2 .....	202
4.2.3.	Niveles de desempeño Act.2.....	210
4.2.4.	Intervenciones por parte del investigador Act.2 .....	213
4.3.	Análisis comparativo entre actividad 1 y 2 .....	213
<b>5.</b>	<b>Resultados obtenidos en la práctica de la argumentación .....</b>	<b>218</b>
5.1.	Herramienta 1. Calidad de la argumentación .....	218
5.1.1.	Calidad de la argumentación en la Act.1.....	218
5.1.2.	Calidad de la argumentación en la Act.2.....	220
5.1.3.	Análisis comparado de la calidad de la argumentación enre Act 1 y 2.....	221
5.2.	Herramienta 2. Análisis de las magnitudes.....	222
5.2.1.	Comparación de los argumentos referentes a magnitudes entre los grupos.....	224
5.2.2.	Análisis de la presencia de las magnitudes en la argumentación dentro de la secuencia .....	225
5.3.	Comparación entre los resultados de argumentación y validación.....	226

<b>6. Resultados obtenidos en el desarrollo de la competencia científica .....</b>	<b>227</b>
6.1. Competencias científicas.....	227
6.1.1. Resultados obtenidos por cada uno de los grupos .....	228
6.1.2. Análisis de los resultados por grupos.....	229
6.1.3. Análisis de resultados por competencias.....	230
6.2. Contenidos científicos .....	232
6.2.1. Resultados obtenidos por cada uno de los grupos .....	233
6.2.2. Análisis de resultados por grupos .....	234
6.2.3. Análisis de resultados por competencias.....	235
6.3. Comparativa en el desarrollo de las competencias y los contenidos científicos y de validación .....	237
<b>7. Resultados obtenidos en el desarrollo de la competencia científica .....</b>	<b>238</b>
7.1. Resultados y análisis de cada situación planteada en el cuestionario.....	238
7.1.1. Sobre temperatura.....	238
7.1.2. Sobre viento .....	242
7.1.3. Sobre presión .....	247
7.1.4. Sobre lluvia .....	250
7.1.5. Sobre radiación .....	253
7.2. Análisis global del cuestionario .....	256
<b>8. Análisis de resultados con el grupo de validación .....</b>	<b>257</b>
8.1. Análisis de resultados de la actividad 2.....	257
8.2. Análisis de la argumentación .....	265
8.3. Análisis del desarrollo de la competencia científica .....	266
8.3.1. Competencias científicas.....	266
8.3.2. Conocimiento científico .....	266
<b>9. De análisis de resultados a discusión de resultados .....</b>	<b>268</b>
<b>Capítulo V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>	<b>273</b>
1. Introducción .....	275
2. Discusión de los resultados en la práctica de indagación.....	277
3. Discusión de los resultados en argumentación .....	283
4. Discusión de los resultados en la competencia científica .....	288
5. Conclusiones.....	291
<b>Capítulo VI: BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>295</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>323</b>
<b>Anexo I:</b> Análisis bibliográfico complementario .....	<b>325</b>
<b>Anexo II:</b> Cuestionario de evaluación individual para el alumnado .....	<b>330</b>
<b>Anexo III:</b> Muestra de las producciones escritas del alumnado y fotografías .....	<b>334</b>



## Lista de figuras

Figura 1.1. Fases de la estrategia didáctica propuesta por: Kortland & Klaassen (2010); Lijnse & Klaassen (2004) .....	
Figura 1.2: Características de la IBD (elaboración propia) .....	
Figura 1.3: Fases de la IBD (elaboración propia) .....	
Figura 1.4: Clasificaciones de EC y caracterización de nuestro EC (elaboración propia) .....	
Figura 1.5: Etapas del EC (elaboración propia).....	
Figura 1.6: Fase de Diseño del EC (extraído de Yin, 2006) .....	
Figura 1.7: Tipos de triangulación (Elaboración propia a partir de Aguilar & Barroso (2015); Mathison (1988); Oppermann (2000); Paul (1996); Simons (2011)) .....	
Figura 1.8: Componentes de la competencia científica (Elaborado a partir de (OCDE, 2016a).....	
Figura 1.9. Enfoques en la utilización de los contextos. Realizado a partir de Caamaño (2018) .....	
Figura 1.10. Extraída del informe PISA 2015 (OCDE, 2016a) para evaluar la profundidad del conocimiento para las competencias y los conocimientos científicos.....	
Figura 1.11: Aspectos de la competencia científica a trabajar en el diseño de la investigación y aspectos a evaluar .....	
Figura 1.12. Fases y subfases de indagación. Adaptado de Pedaste <i>et al.</i> (2015)..	
Figura 1.13. Implicaciones educativas, número de publicación y referencia a cada publicación. Adaptado de Aguilera <i>et al.</i> (2018) .....	
Figura 1.14: Competencia en el uso de pruebas. Adaptada de Bravo <i>et al</i> (2009)...	
Figura 2.1. Diseño de la investigación (Elaboración propia) .....	
Figura 2.2: Secuencia de las partes más importantes de la investigación .....	
Figura 2.3: Clasificación de EC y caracterización de nuestro EC .....	
Figura 2.4: Escala de colores utilizada para la demanda cognitiva .....	
Figura 2.5. Representación de los niveles de indagación frente a los puntos con regresión lineal para la actividad 1.....	
Figura 2.6. Representación de los niveles de indagación frente a los puntos con regresión lineal para la actividad 2.....	
Figura 2.7. Representación de los niveles de indagación frente a los puntos con regresión lineal para ambas actividades en conjunto.....	
Figura 2.8: Representación poligonal del valor de las etapas de cada actividad sobre el valor total de la secuencia .....	
Figura 2.9: Resumen global del método utilizado para evaluar la SEA.....	
Figura 2.10. Diseño de la evaluación de la argumentación en la SEA.....	
Figura 2.11. Dos ejemplos de los casos para evaluar los aprendizajes de forma individual .....	
Figura 3.1. Justificación y origen de los objetivos de aprendizaje de la SEA (elaboración propia) .....	
Figura 3.2. Etapas seguidas en las dos actividades implementadas en la	



secuencia .....	
Figura 3.3. Etapas, actividades y sesiones de la implementación de la SEA .....	
Figura 3.4. Puntuaciones obtenidas por grupos y etapas en la actividad 1 .....	
Figura 3.5. Representación proporcional del desempeño alcanzado por cada grupo en la actividad 1 .....	
Figura 3.6. Desventaja encontrada por el grupo 1 en su estación .....	
Figura 3.7. Explicación de algunos elementos de la estación por parte del grupo 1 .....	
Figura 3.8. Niveles de desempeño en indagación de cada grupo en la actividad 1..	
Figura 3.9. Puntuaciones obtenidas por grupos y etapas en la actividad 1 .....	
Figura 3.10. Representación proporcional del desempeño alcanzado por cada grupo en la actividad 2 .....	
Figura 3.11. Hipótesis propuestas por el grupo .....	
Figura 3.12. Algunos datos recogidos por el grupo 3 .....	
Figura 3.13 Croquis realizado por el grupo 2 en la propuesta de ubicación .....	
Figura 3.14. Niveles de desempeño en indagación de cada grupo en la actividad 1. ....	
Figura 3.15. Puntuaciones del grupo 1 en las actividades 1 y 2 .....	
Figura 3.16. Puntuaciones del grupo 2 en las actividades 1 y 2 .....	
Figura 3.17. Puntuaciones del grupo 3 en las actividades 1 y 2 .....	
Figura 3.18. Puntuaciones del grupo 2 en las actividades 1 y 2 .....	
Figura 3.19. Resultados obtenidos en las competencias científicas por cada uno de los grupos .....	
Figura 3.20. Desempeño de cada competencia en los grupos .....	
Figura 3.21. Porcentaje de puntuación obtenido por los grupos en cada competencia .....	
Figura 3.22 Proporción de los grupos en cada competencia .....	
Figura 3.23 Uso que cada grupo ha hecho de los conocimientos científicos establecidos .....	
Figura 3.24. Uso de cada conocimiento en los grupos .....	
Figura 3.25. Uso de cada conocimiento en los grupos .....	
Figura 3.26. Uso proporcional de cada conocimiento por grupos .....	
Figura 3.27. Respuesta de un alumno a la pregunta sobre presión en el cuestionario .....	
Figura 3.28. Diapositiva utilizada por el grupo 2 en la sesión número 8 de la secuencia .....	
Figura 3.29. Resultados de las puntuaciones de los grupos en la actividad 2 incluyendo el grupo de validación .....	
Figura 3.30. Representación proporcional de la puntuación en la actividad 2 para todos los grupos incluyendo el Grupo de Validación .....	
Figura 3.31. La primera imagen muestra dos estaciones meteorológicas: una corresponde a la estación del centro y otra estación cercana al centro que los alumnos utilizaban para comparar datos. En la segunda imagen se muestra los datos a tiempo real que muestra la estación instalada .....	

Figura 3.32. Las dos fotografías superiores muestran los experimentos con el flash y con el foco, mientras que las imágenes inferiores muestran el análisis de la anomalía y la presentación de su estudio .....

Figura 3.33. Niveles de desempeño en indagación alcanzados por los grupos originales de implementación de la SEA y el grupo de validación .....

Figura 5.34. Resultados del grupo de validación para las competencias científicas.....

Figura 3.35. Desempeño en cada competencia de los grupos.....

Figura 3.36. Desarrollo de las competencias científicas en cada uno de los grupos, incluyendo el grupo de validación.....

Figura 3.37. Resultados obtenidos por el grupo de validación para los tres contenidos científicos.....

Figura 3.38. Uso de cada conocimiento en los grupos.....

Figura 3.39. Uso de cada conocimiento en los grupos incluyendo el grupo de validación.....

## Lista de tablas

Tabla 1.1: Trabajos previos a la IBD. Elaborado a partir de Guisasola <i>et al.</i> (2021) .	
Tabla 1.2: Características comparadas de una SEA y una IBD. Tomada de Guisasola (2021) .....	
Tabla 1.3: Fase de Diseño propuesta por Guisasola <i>et al.</i> (2021) .....	
Tabla 1.4: Términos racionalistas y científicos para los cuatro aspectos de la credibilidad (Guba, 1989) .....	
Tabla 1.5. Elaboración propia a partir de Maxwell (1996) y Yin (2014) .....	
Tabla 1.6. Conocimientos procedimentales. Extraída del informe PISA 2015 (OCDE, 2016a).....	
Tabla 1.7. Conocimiento Epistémico. Extraída del informe PISA 2015 (OCDE, 2016a).....	
Tabla 1.8. Habilidades de la competencia científica de explicar fenómenos. Extraída del informe PISA 2015 (OCDE, 2016a).....	
Tabla 1.9. Habilidades de la competencia científica de evaluar y diseñar la investigación científica. Extraída del informe PISA 2015 (OCDE, 2016a).....	
Tabla 1.10. Habilidades de la competencia científica de interpretar datos y pruebas científicamente. Extraída del informe PISA 2015 (OCDE, 2016a) .....	
Tabla 1.11. Tabla de taxonomía revisada de dos dimensiones (En Rosales Ortega <i>et al.</i> (2020) y extraído de Krathwohl (2002) .....	
Tabla 1.12. Modelos de indagación. Adaptado de Bevins & Price (2016); citado en (Aguilera <i>et al.</i> , 2018) .....	
Tabla 1.13. Instrumento de evaluación NPTA propuesto por Ferrés-Gurt <i>et al.</i> (2014).....	
Tabla 1.14. Niveles de competencia en indagación. Extraído de Ferrés-Gurt <i>et al.</i> (2014).....	
Tabla 1.15. Implicaciones educativas, número de publicación y referencia a cada publicación. Adaptado de Aguilera <i>et al.</i> (2018).....	
Tabla 1.16.. Criterios de evaluación de la argumentación. Extraída de Uskola <i>et al.</i> (2021).....	
Tabla 2.1: Límites entre el contexto y el caso .....	
Tabla 2.2. Criterios de fiabilidad propuestos en la bibliografía y como se han utilizado para esta investigación .....	
Tabla 2.3: Instrumentos de recogida de datos en la investigación.....	
Tabla 2.4: Tipos de triangulación y enfoque utilizado en la investigación.....	
Tabla 2.5: Etapas, destrezas y destrezas adaptadas a la actividad 1 junto con la sesión donde se evalúa.....	
Tabla 2.6: Etapas, destrezas y destrezas adaptadas a la actividad 2 junto con la sesión donde se evalúa.....	
Tabla 2.7: Etapas, destrezas, destrezas adaptas e ítem establecidos para la actividad 1.....	
Tabla 2.8: Etapas, destrezas, destrezas adaptas e ítem establecidos para la actividad 2.....	

Tabla 2.9: Reparto de punto dentro de cada una de las actividades y comparativa entre ellas y con la totalidad .....	
Tabla 2.10: Reparto de puntuaciones por etapas y destreza para la actividad 1 y demanda cognitiva máxima que se debe alcanzar en cada una de las actividades.....	
Tabla 2.11: Reparto de puntuaciones por etapas y destreza para la actividad 1 y demanda cognitiva máxima que se debe alcanzar en cada una de las actividades .	
Tabla 2.12. Destrezas asociadas a cada nivel de desempeño en cada una de las etapas .....	
Tabla 2.13: Puntuación para cada nivel de indagación para la actividad 1 .....	
Tabla 2.14: Puntuación para cada nivel de indagación para la actividad 2 .....	
Tabla 2.15: Puntuación para cada nivel de indagación para ambas actividades .....	
Tabla 2.16: Datos máximos posibles por etapas y actividades, sin ponderar y ponderados.....	
Tabla 2.17: Criterios de evaluación de la calidad de la argumentación (Adaptado de Uskola <i>et al.</i> (2021).....	
Tabla 2.18: Tabla de resultados para la argumentación en actividades conjuntas de los grupos.....	
Tabla 2.19: Tabla de recogida de pruebas o argumentos utilizados por cada grupo a lo largo de la secuencia según el tipo de magnitud a la que hace referencia.....	
Tabla 2.20: Herramienta para evaluar las competencias científicas según demanda de aprendizaje .....	
Tabla 2.21: Herramienta para evaluar los conocimientos científicos según demanda de aprendizaje .....	
Tabla 2.22: Preguntas del cuestionario de evaluación y qué se va a evaluar .....	
Tabla 3.1. Enfoque del contexto, característica fundamental y justificación. ....	
Tabla 3.2. Objetivos de aprendizaje materia Cultura Científica de 1º de bachillerato.....	
Tabla 3.3 Objetivos de aprendizaje de la materia de Física y Química de 1º de Bachillerato.....	
Tabla 3.4. Bloque 1 de contenidos de la materia de Física y Química de 1º de Bachillerato (Adaptado de la Orden ECD/494/2016 que dicta el currículo oficial para bachillerato.....	
Tabla 3.5. Contenidos curriculares, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del Bloque I correspondiente a la actividad científica para la materia de Física y Química en los cursos 2º, 3º y 4º ESO. Extraído de (Orden ECD/489/2016) .....	
Tabla 3.6. Comparativa entre características de la indagación y la SEA .....	
Tabla 3.7. Modelos de indagación guiada y abierta. Adaptado de (Bevins & Price, 2016); citado en (Aguilera <i>et al.</i> , 2018) .....	
Tabla 3.8: Secuenciación de las sesiones y grupos participantes .....	
Tabla 3.9. Resumen de contenido de la etapa 1 .....	
Tabla 3.10. Desarrollo de la actividad 1 .....	

Tabla 3.11: Desarrollo de la sesión 5 de la secuencia .....	
Tabla 3.12. Objetivos y desarrollo de las sesiones correspondientes a la Actividad 2 de la SEA .....	
Tabla 3.13. Desarrollo de la sesión 11 de la SEA .....	
Tabla 3.14. Ideas previas del alumnado participante en la SEA.....	
Tabla 3.15. Puntuaciones obtenidas por cada grupo en los ítems propuestos para cada una de las etapas de la actividad 1. Se incluye la suma de puntos de cada destreza, cada etapa y la puntuación total obtenida por cada grupo. ....	
Tabla 3.16. Puntuaciones totales y ponderadas de los grupos en la actividad 1.....	
Tabla 3.17. Puntuaciones obtenidas por cada grupo en los ítems propuestos para cada una de las etapas de la actividad 2. Se incluye la suma de puntos de cada destreza, cada etapa y la puntuación total obtenida por cada grupo. ....	
Tabla 3.18. Puntuaciones totales y ponderadas de los grupos para la actividad 2 ..	
Tabla 3.19. Resultados de la calidad de argumentación en la actividad 1.....	
Tabla 3.20. Resultados de la calidad de argumentación en la actividad 2.....	
Tabla 3.21. Resultados de la calidad de indagación en la actividad 2 por magnitudes .....	
Tabla 3.22. Resultados de la calidad de indagación en la actividad 2 por grupos ....	
Tabla 3.23. Herramienta para analizar el desarrollo de las competencias científicas.....	
Tabla 3.24. Herramienta para analizar el uso de los contenidos científicos .....	
Tabla 3.25. Resultados del cuestionario sobre la temperatura. ....	
Tabla 3.26. Resultados del cuestionario sobre el viento .....	
Tabla 3.27. Resultados del cuestionario sobre la presión .....	
Tabla 3.28. Resultados del cuestionario sobre la lluvia .....	
Tabla 3.29. Resultados del cuestionario sobre la radiación .....	
Tabla 3.30. Puntuaciones obtenidas por el grupo de validación en cada uno de los ítems propuestos para cada una de las etapas de la actividad 2 .....	
Tabla 3.31. Resultados de la herramienta 2 incluyendo el grupo de prueba .....	



## **CAPÍTULO I**

# **PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**





## **1. Planteamiento de la investigación**

### **1.1. Introducción**

El trabajo que se presenta a continuación tiene su origen en el curso 2017-2018 en el que cursé el Máster en Formación de Profesorado en la especialidad de Física y Química. Tras terminar mis estudios de Grado en Física, cursar este máster tenía como objetivo obtener la titulación habilitante para desempeñar el puesto de profesor de secundaria y bachillerato. Sin embargo, cursando el máster tuve la oportunidad de introducirme en las prácticas de investigación educativa, siendo este el germen de mi interés por la investigación en la didáctica de las ciencias experimentales.

En el curso 2018-2019 comenzó mi andadura como profesor de Física y Química en Educación Secundaria y Bachillerato. Desde un primer momento afronté este puesto de trabajo desde la perspectiva del profesor-investigador, llevando a cabo algunos proyectos o secuencias educativas sobre los que extraía información para poder llevar a cabo pequeñas investigaciones. Es en este curso cuando surge la oportunidad de diseñar un proyecto educativo e investigador de mayor envergadura para ser implementado en el curso siguiente. Esta oportunidad fue compartida y puesta en común con miembros del Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales del Departamento de Didácticas Específicas de la Universidad de Zaragoza, concluyendo en la posibilidad de llevar a cabo una investigación en profundidad sobre dicho proyecto. Así, durante el curso 2018-2019 se comenzó con el diseño de la investigación que hoy se recoge en la memoria de esta tesis doctoral.

El estudio se afronta desde la perspectiva de la Investigación Basada en el Diseño (IBD). Esta metodología está centrada en analizar en detalle todo aquello que implica al diseño, implementación y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA) dentro de un aula. El enfoque metodológico utilizado para llevar a cabo el análisis del desarrollo de la secuencia ha sido el estudio de caso. De esta forma se han utilizado herramientas propias de esta metodología para extraer la información necesaria para llevar a cabo la investigación. La secuencia diseñada fue implementada durante el curso 2019-2020 con un grupo de 16 alumnos y alumnas que cursaban 1º de bachillerato. Este curso estuvo marcado por la finalización de las clases presenciales en marzo de 2020, por lo que la última parte de la secuencia tuvo que ser readaptada para poder finalizar el proyecto de forma no abrupta. De esta forma, a pesar de las dificultades, la secuencia pudo ser implementada y los datos para su estudio y análisis recogidos en su totalidad.

El proceso de la investigación continuó durante el curso 2020-2021 desde dos perspectivas. En primer lugar, se evaluaron aprendizajes relacionados con la secuencia en el alumnado con el que se implementó. Por otro lado, surgió la oportunidad, inicialmente no prevista, de implementar parcialmente la secuencia con otro grupo de alumnos de menor tamaño. Este grupo ha servido para validar los resultados de la secuencia implementada en las partes de la secuencia que se ha podido implementar con dicho grupo.

Desde otro punto de vista, mi formación como investigador ha sido completada con una formación complementaria como investigador a través de la asistencia y participación en varios congresos dedicados a la enseñanza y didáctica de las ciencias experimentales. La participación a algunos de estos congresos se ha realizado mediante contribuciones con los resultados preliminares que se han ido extrayendo de la investigación realizada. De entre todas las participaciones, tiene especial interés para investigación, la asistencia a los 29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales y la participación en la V Escuela de Doctorado en febrero de 2021, organizados por la red APICE (Asociación Española de Profesores e investigadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales). En el desarrollo de esta escuela pude poner en común el estado de mi investigación tanto con otros compañeros doctorandos en didáctica, como con profesores y profesoras expertos en la enseñanza de las ciencias. Este grupo de expertos revisó el desarrollo y los resultados obtenidos en la investigación hasta ese momento y también ofreció orientaciones para afrontar la última etapa de la investigación. Todos los comentarios y recomendaciones aportadas en este encuentro se han recogido en el desarrollo de la investigación.

La investigación basada en el diseño que se recoge en esta memoria aborda el análisis del diseño, implementación y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje en la que se trabaja por indagación semi-guiada. El tópico generador a partir del cual se ha desarrollado la secuencia ha sido una estación meteorológica. De esta forma, en la secuencia el alumnado debe tomar todas las decisiones relacionadas con la compra, montaje y ubicación de una estación meteorológica para el centro escolar. La estación debe satisfacer los requisitos impuestos por el centro para su compra, cumplir con las características y necesidades relacionadas con las condiciones climáticas de la zona y por último ser instalada en una ubicación cuyas medidas sean representativas del lugar.

El proyecto de investigación que se presenta, analiza de los beneficios que se pueden derivar de la elección de compra, puesta en marcha y búsqueda de una ubicación para una estación meteorológica por parte del alumnado como dispositivo experimental para desarrollar las prácticas científicas de argumentación e indagación.

## **1.2. Preguntas de investigación y objetivos de este trabajo**

Al llevar a cabo una investigación basada en el diseño, los objetivos se establecen en dos campos. En primer lugar, los objetivos de aprendizaje del propio alumnado y en segundo lugar aquellos objetivos que pretenden dar respuestas a las preguntas de investigación planteadas.

Los objetivos de aprendizaje planteados para el alumnado se centran fundamentalmente en el desarrollo de las prácticas científicas de la indagación y la argumentación. Para ello, se ponen en juego conocimientos relacionados con las magnitudes que mide una estación meteorológica y los factores y variables que influyen en dichas magnitudes.

El eje vertebrador de la secuencia ha sido el uso de la estación meteorológica y por ello, para establecer los objetivos de la investigación se ha planteado la siguiente cuestión como pregunta general de la investigación:

***¿Puede una estación meteorológica servir como herramienta para la enseñanza de las prácticas científicas de indagación y argumentación en educación secundaria? ¿Cómo y en qué medida?***

Para dar respuesta a esta pregunta se han planteado los objetivos concretos para la investigación. Estos objetivos se agrupan en tres bloques relacionados con la validez de la secuencia diseñada e implementada. Estos se exponen a continuación:

1. Validez de la secuencia para desarrollar la práctica científica de indagación:
  - 1.1. Estudiar de qué forma la secuencia diseñada favorece la práctica científica de indagación.
  - 1.2. Analizar los desempeños del alumnado en cada una de las etapas en las que se divide una actividad de indagación.
  - 1.3. Detectar las principales dificultades del alumnado en la toma de decisiones dentro del desarrollo de la secuencia.
  
2. Validez de la secuencia para desarrollar la práctica científica de argumentación:
  - 2.1. Analizar en qué medida la secuencia diseñada favorece la práctica científica de argumentación.
  - 2.2. Clasificar los argumentos del alumnado según el uso que se hace de ellos (justificar decisiones, refutar desventajas y aludir a posiciones contrarias) y si hacen referencia a los factores físicos o factores tecnológicos relacionados con la estación meteorológica.
  - 2.3. Analizar dentro de los argumentos del alumnado, la utilización de las magnitudes físicas implicadas y las circunstancias asociadas a su medida.
  
3. Validez de la secuencia para desarrollar la competencia científica:
  - 3.1. Evaluar cómo favorece la secuencia de enseñanza-aprendizaje el desarrollo de las sub-competencias científicas previstas en el diseño de la secuencia.
  - 3.2. Valorar de qué forma la secuencia favorece el uso del tipo de conocimiento científico establecido previamente en el diseño de la secuencia.
  - 3.3. Analizar si la secuencia favorece la conservación de algunos aprendizajes relacionados con las magnitudes físicas y sus medidas y si la generalización a otros contextos que hace el alumnado con estos aprendizajes.

### 1.3. Estructura de la memoria

La memoria se ha estructurado en cuatro capítulos además del capítulo en el que nos encontramos.

Capítulo 1 - Planteamiento de la investigación. El capítulo inicial además de servir para hacer un repaso al desarrollo de la investigación durante los cursos académicos en los que se ha llevado a cabo y sirve, a su vez, de introspección a la temática de la tesis. En este capítulo también se ha definido la pregunta general de investigación que aborda la investigación. Para dar respuesta a esta pregunta de investigación se han establecido tres bloques de objetivos. Dentro de cada uno de los bloques se plantean los objetivos específicos que pretende alcanzar esta investigación.

Capítulo 2 – Marco teórico. En este capítulo se recogen los fundamentos teóricos sobre los que se sustenta toda la investigación. Este capítulo consta de tres partes bien diferenciadas. En la primera parte (sección 2.1) se fundamenta el tipo de investigación que aborda este trabajo: la investigación basada en el diseño (IBD). Esta metodología, propia ha marcado el desarrollo de todo el trabajo que se presenta en esta memoria. La segunda parte del marco teórico (sección 2.2) se ha centrado en la metodología a partir de la cual se va a llevar a cabo la investigación de aula, el estudio de caso. Esta sección es el pilar teórico sobre el que se diseña los métodos propios del caso a estudiar para la investigación. Finalmente, la tercera parte del capítulo (sección 2.3) abarca todo el fundamento teórico relacionado con la didáctica de las ciencias experimentales. A su vez este capítulo se ha vertebrado según los tres bloques de objetivos que plantea la investigación. El desarrollo de la competencia científica, el aprendizaje por indagación y el desarrollo de la argumentación científica. Dentro del apartado dedicado a la competencia científica se ha tratado la contextualización del aprendizaje, las tres sub-competencias científicas en las que se separa la competencia científica y los conocimientos científicos implicados en el desarrollo de esta. En el apartado dedicado a la enseñanza por indagación se ha abordado el estudio de la indagación como metodología y también la indagación como práctica científica a alcanzar por parte del alumnado. Finalmente, se han establecido los fundamentos teóricos sobre argumentación, uso de pruebas y calidad de la argumentación.

Capítulo 3 – Metodología de la Investigación. En este capítulo se ha expuesto la metodología por la que se ha llevado a cabo la investigación. De esta forma se han definido las técnicas propias del estudio de caso para esta investigación, se han establecido los instrumentos de recogida y análisis de datos, y la metodología que se va a seguir para evaluar si la secuencia diseñada e implementada cumple con los objetivos de la investigación establecidos en un principio.

Capítulo 4 – Resultados y Análisis de Resultados. En este capítulo se aportan los resultados obtenidos en el diseño de la secuencia, su desarrollo y el análisis de tipo

cualitativo que se ha hecho de ellos a partir de las herramientas expuestas en el capítulo 3.

Capítulo 5 – Discusión de resultados y conclusiones. En el último capítulo de la memoria se realiza una discusión de los resultados obtenidos según los tres bloques de objetivos planteados al comienzo de la investigación. A partir de esta discusión se extraen las conclusiones de la investigación y se aporta una reflexión personal para finalizar el trabajo.

Posterior a estos capítulos se incluye la bibliografía citada en la memoria y los anexos. El Anexo I corresponde a las fuentes bibliográficas correspondientes a un análisis bibliográfico utilizado dentro de la fundamentación teórica en indagación. El Anexo II corresponde al cuestionario de evaluación que se pasó al grupo de alumnos durante el curso 2020-2021. El Anexo III muestra algunas producciones escritas del alumnado.



## **CAPÍTULO II**

# **MARCO TEÓRICO**

- 1. INVESTIGACIÓN BASADA EN EL DISEÑO**
- 2. MÉTODOS PROPIOS DEL ESTUDIO DE CASO**
- 3. PRÁCTICAS CIENTÍFICAS (INDAGACIÓN Y ARGUMENTACIÓN) Y  
COMPETENCIA CIENTÍFICA**





## 1. INVESTIGACIÓN BASADA EN EL DISEÑO

### 1.1. Introducción

Una de las líneas de investigación en enseñanza de las ciencias que en las últimas décadas está en auge es la investigación basada en el diseño de secuencias de enseñanza aprendizaje (Guisasola *et al.*, 2021). La Investigación Basada en el Diseño (de ahora en adelante IBD), tiene como objetivo generar conocimiento didáctico sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias a partir de la intervención directa en el aula (Kortland & Klaassen, 2010). Estas intervenciones se realizan por medio del diseño de Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje (a partir de ahora SEA). Una SEA se considera un conjunto de actividades bien estructuradas adaptadas al desarrollo del currículo escolar y al desarrollo del estudiante, a la vez que suponen una actividad de investigación educativa (Méheut & Psillos, 2004).

Los formatos existentes para el diseño de una SEA, con la que establecer una investigación basada en el diseño son de naturaleza diversa, existiendo una amplia diversidad de propuestas. Los trabajos realizados por autores como Guisasola *et al.* (2017) o Furió-Más *et al.* (2012), referentes en el uso de la IBD en la didáctica de las ciencias experimentales en España, han servido como apoyo teórico y fuente de inspiración para el diseño de esta investigación. Por otro lado, Guisasola *et al.* (2021) expone una síntesis teórica sobre las principales cuestiones a tener en cuenta en la elaboración de una investigación con esta metodología. Este trabajo ha resultado muy valioso para la elaboración de esta memoria, dado que para el diseño inicial de la investigación fueron los trabajos de los referentes en IBD mencionados los que fueron de utilidad, la síntesis elaborado en Guisasola *et al.* (2021), ha resultado clave para elaborar esta memoria. Este aspecto es importante aclararlo, pues se citará este trabajo para hacer referencia al diseño de la secuencia, aunque este diseño se llevó a cabo con anterioridad a dicho trabajo. Esto se debe a que a pesar de realizar un diseño de la secuencia con anterioridad en base a otros trabajos, en el momento de recoger en una memoria todo el trabajo realizado para esta investigación, la publicación del trabajo de Guisasola *et al.* (2021), recogía con similitud los métodos utilizados para esta investigación.

Teniendo esto presente, en este capítulo se pretende hacer un análisis de qué es y cuáles son las características más importantes de una investigación basada en el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje y con ello trazar las líneas sobre las que este trabajo se desarrolla.

### 1.2 Revisión de trabajos previos en IBD

Desde la década de los 80 ha existido el interés en crear propuestas didácticas que conectaran la teoría y los resultados de la investigación educativa con el diseño de SEAs. A finales de esta década se publicó desde Reino Unido el proyecto Children's in Science-CLIS (1987) basado en la epistemología genética de Piaget (Guisasola *et al.*, 2021). Esta teoría de diseño de actividades se centra en tres fases: los estudiantes deben presentar sus ideas y escuchar las del resto; se realizan actividades para guiar

sus ideas hacia las ideas escolares; por último, cuando finaliza la implementación de la secuencia, se les pide reflexionar sobre la forma en la que han cambiado sus ideas respecto a las previas. Esta forma de intervención en el aula, donde el contexto social es de gran relevancia, se basa en la teoría social-constructivista del aprendizaje (Tobin & Tippins, 1993) y estuvo presente en la mayoría de proyectos europeos de investigación intervencionista (Lijnse, 1994). En la década siguiente, la preocupación de aplicar los resultados de investigación a la práctica docente, se extiende a una aplicación a la enseñanza de las ciencias a nivel didáctico (Lijnse, 1995). De esta forma surge la investigación en el diseño de SEAs que permitan acercar las teorías generales a nivel epistemológico y cognitivo de la investigación con el diseño de las actividades de la SEA (Ruthven *et al.*, 2009).

En Países Bajos, en la Universidad de Utrech, se desarrolla una estrategia didáctica basada en el planteamiento de problemas para desarrollar SEAs en torno a un tema concreto del currículo escolar (Lijnse, 1995). Esta estrategia consta de cinco fases (Figura 1.1) y ha sido ampliamente seguida en Primaria y Secundaria en los Países Bajos.

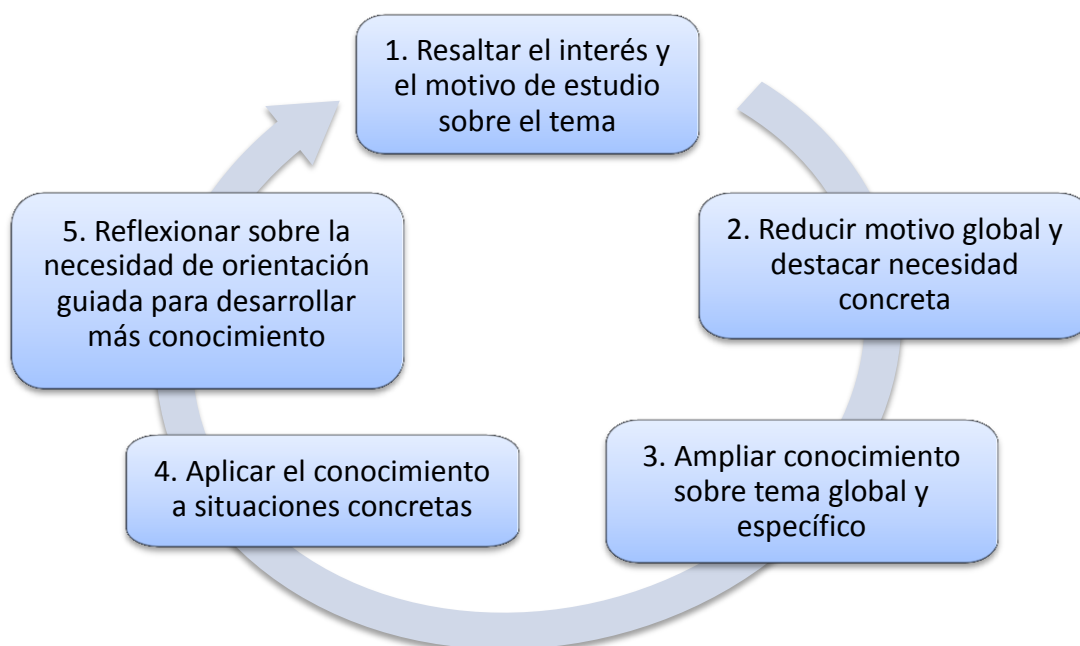


Figura 1.1. Fases de la estrategia didáctica propuesta por: Kortland & Klaassen (2010); Lijnse & Klaassen (2004)

En 1991, en la Universidad de Washington, se desarrolla unas secuencias de enseñanza denominadas “Tutoriales” (McDermott, 1991). Estas secuencias se centran en la enseñanza de la física a partir de una SEA en la que cada actividad se escoge metódicamente con objetivos concretos, adaptados al alumnado y acompañados con ideas para que puedan ser implementados en el aula (McDermott *et al.*, 1996). Esto relaciona la enseñanza de la física, el desarrollo curricular y la instrucción en un ciclo iterativo de mejora (Heron & McDermott, 1998). Así, desde la publicación de este trabajo en 1998, han sido miles los estudiantes de universidades de EEUU y el

extranjero los que han participado en los cursos con tutoriales de la Universidad de Washington (Guisasola *et al.*, 2021).

En Francia, en la Universidad de Lyon, se desarrolla una estructura didáctica basada en dos grandes bloques: el primero de ellos centrado en la modelización para construir conocimiento científico y la segunda basada en la visión del aula de ciencias donde se invita a los estudiantes a participar y el profesor a veces replica prácticas y conocimientos científicos (Tiberghien, 1996).

En Reino Unido, en la Universidad de Leeds, se construye una teoría centrada en la teoría social constructivista para elaborar SEAs (Ametller *et al.*, 2007). Para esta teoría surgen dos importantes herramientas (Leach *et al.*, 2006). La primera de ellas es la Demanda de Aprendizaje que pretende estudiar las diferencias entre los objetivos de aprendizaje y las ideas de los estudiantes y como estas diferencias influyen en el diseño de las estrategias de aprendizaje (Leach & Scott, 2002). La otra herramienta se trata del enfoque comunicativo y está centrada en el estudio del discurso del aula y en la forma en la que el docente interactúa con el alumnado para desarrollar las ideas (Mortimer & Scott, 2003).

En Alemania, en el IPN-Leibniz Institute for Science and Mathematics Education de Kiel, proponen el enfoque de “Reconstrucción Educativa” basado en la teoría constructivista del aprendizaje y en el análisis del contenido del currículum de ciencias (Duit *et al.*, 2005, 2012). Para entender este modelo hay que partir de la idea de que no se pueden cambiar los métodos de enseñanza sin cambiar el currículum (Fensham, 2001), así, no se pueden presentar los conceptos y las ideas de la ciencia de forma simplificada, sino que, a pesar de ser más elementales, deben mostrarse en contexto para que puedan ser entendidos por los estudiantes. Este modelo y sus recomendaciones han dado buenos resultados y es muy utilizado en Alemania.

Por otro lado en Japón, también destaca el sistema “*Lesson study*” (Fernández & Yoshida, 2004). Este enfoque surge de la reflexión del profesorado sobre la práctica de la enseñanza, tanto dentro como fuera del aula, y con ella elabora estrategias más sistemáticas de mejora. En las recomendaciones de este enfoque se incluyen actividades de resolución de problemas (Hino, 2007) que a veces están centradas en un problema de enfoque abierto que puede tener varias soluciones correctas (Becker & Shimada, 1997; Nohda, 2000), por lo que la dificultad del problema no está en dar con la solución sino en dar argumentos sobre ella que convencen al resto. Este enfoque está amparado por instituciones y profesorado por lo que tiene gran acogida en el país nipón.

Finalmente, en España también existen trabajos previos a la IBD liderados por D. Gil y C. Furió de la Universidad de Valencia, estando entre los países pioneros en esta estrategia de investigación y enseñanza. Estos autores proponen un enfoque didáctico en el que los estudiantes indagan de forma orientada para resolver situaciones problemáticas que plantea el profesorado y con ello, construyen conocimiento (Gil *et al.*, 1991; Gil & Martínez Torregosa, 1987). Entre las recomendaciones para elaborar

las SEAs se recoge realizar un diseño de “grano grande” a un diseño en detalle o “grano fino” (Furió-Más *et al.*, 2012; Guisasola *et al.*, 2008; Solbes *et al.*, 2009). Estas investigaciones han sido desarrolladas hasta la actualidad, ofreciendo buenos resultados (Guisasola *et al.*, 2017; Savall *et al.*, 2019; Verdú & Martínez-Torregrosa, 2004).

En la tabla 1.1 se muestra las ideas de estos enfoques con el país en el que se han desarrollado y las recomendaciones más importantes de cada uno:

Tabla 1.1: Trabajos previos a la IBD. Elaborado a partir de Guisasola *et al.* (2021)

AUTORES	IDEAS CLAVE/ RECOMENDACIONES
Lijnse (1994, 1995); Tobin and Tippins (1993)	Aprendizaje en Contexto Social Teoría social-constructivista Código de buenas prácticas docentes Acaparar resultados de investigación educativa y a nivel didáctico
Furió <i>et al.</i> (2012) Gil y Martínez Torregosa (1997); Gil (1991); Guisasola <i>et al.</i> (2008);	Indagación orientada por el docente para construir conocimiento Realizar un diseño de “grano grande” y otro de “grano pequeño”
Heron and Mc Dermott (1998); McDermott (1991)	Enseñanza con “Tutoriales” Interfaz intermedia entre investigación educativa, desarrollo curricular y instrucción educativa Cada actividad se elige detalladamente Los materiales van acompañados de ideas para implementar en el aula
Klaasen (2001); Lijnse (1995); Lijnse & Klaassen (2004)	Planteamiento de problemas sobre temas concretos División en fases del proceso: Figura 1.1
Tiberghien (1996, 2000); Tiberghien <i>et al.</i> (2009)	Dos orientaciones: a) Modelización y epistemología de la ciencia b) Aula de ciencias donde participa el alumnado y el profesor a veces ejerce el rol de investigador principal
Ametller, Leach and Scott (2007) Leach <i>et al.</i> (2006) Leach & Scott (2002); Mortimer & Scott (2003)	Teoría de diseño social constructivista Herramienta de Demanda de Aprendizaje Herramienta de Enfoque Comunicativo
Becker & Shimada (1997); Fernández & Yoshida (2004); Hino (2007) Nohda (2000);	Actividades de resolución de problemas con varias soluciones posibles La dificultad no está en dar una solución sino en argumentar la propia como la mejor
Duit <i>et al.</i> (2005, 2012); Fensham (2001)	Análisis del currículo para poder cambiarlo y con ello cambiar los métodos de enseñanza Enseñanza de los conceptos a partir de un contexto científico para comprender la ciencia en plenitud

En resumen se puede observar que no existe una coherencia clara entre todos los enfoques. Esto se debe fundamentalmente que existe una amplia gama de intervenciones de aula con objetivos y finalidades muy distintas. Según Guisasola *et al.* (2021), al mismo tiempo existe una complejidad adicional centrada en la aplicación incorrecta del término “investigación en el aula” o “investigación de diseño” a

intervenciones de aula que no están lo suficientemente fundamentadas en la teórica y en los trabajos previos existentes, pudiendo considerarse innovaciones educativas más que investigaciones. A su vez los detalles de estas propuestas suelen ser poco accesibles para personas ajenas a la propia actividad, lo que les limita el carácter de investigación educativa.

### 1.3 Bases de la Investigación Basada en el Diseño y las Secuencias de Enseñanza y Aprendizaje

A pesar de las diferencias existentes entre los trabajos que posteriormente han dado origen a la IBD, existen características comunes entre todos ellos que son el punto de partida para caracterizar lo que es la IBD. Estos elementos comunes, analizados por Guisasola *et al.* (2021) son: las ideas previas del alumnado como comienzo, análisis del contenido curricular que da lugar a objetivos de aprendizaje concretos, perspectiva social-constructivista del aprendizaje, diseño de actividades en función de los resultados de investigación y pruebas del resultado alcanzado por los estudiantes.

Ahora bien, existen dos características fundamentales que diferencian la IBD del resto de investigaciones en el campo de la enseñanza de las Ciencias. La primera se centra en el contexto de la actividad, como pilar fundamental de la actividad para comprender la práctica de la enseñanza en el aula (Guisasola *et al.*, 2021). Esto coloca como objetivo de la IBD la caracterización de situaciones concretas y el desarrollo de intervenciones en el aula que caractericen el diseño de la práctica (en lugar de probar una hipótesis) (Barab & Squire, 2004; P. Bell, 2004; van de Akker, 1999). La segunda característica y principal responsable de diferenciar a la IBD de otras metodologías es que su implementación implica cambios a nivel local, es decir, la IBD supone una filosofía de investigación pragmática apoyada en el rigor metodológico que esta filosofía requiere (CherryHolmes, 1992; Dewey, 1938; Hookway, 2000; Philips, 2006).

Por otro lado, hablar de IBD supone indiscutiblemente hablar de SEAs. Una secuencia de enseñanza y aprendizaje es una serie de actividades de aula desarrolladas bajo estudio previo, que cumplen con el objetivo de desarrollar la parte del currículo que corresponda y a la vez son una actividad de investigación dentro de la enseñanza de las ciencias (Méheut & Psillos, 2004). Algunas de las características de las SEAs coinciden con las características de la IBD. Guisasola *et al.* (2021) muestra en la tabla 1.2 la comparación entre las investigaciones en SEA y en IBD a partir de las características mostradas en Brown, 1992; Cobb *et al.* (2003); Design-Based Research Collective, 2003; Kelly (2003); Reeves (2006) y van de Akker (1999).

Tabla 1.2: Características comparadas de una SEA y una IBD. Tomada de Guisasola (2021)

Características de la investigación	Diseño de SEA	IBD
Intervencionista: la investigación interviene en el contexto real del aula	Sí	Sí
Orientada por la teoría: Se apoya en teorías generales y las evidencias extraídas contribuyen a extraer más teoría	Sí, aunque generalmente la conexión no se explicita	Sí
Iterativa: El proceso cicla en torno a las fases de diseño, evaluación y rediseño	Suelen seguir estos procesos	Sí
Orientada al proceso: No se basa en la “entrada-salida”	A veces. Normalmente solo	Sí

sino que en el propio proceso existe una intervención	hay una evaluación post-test	
Orientada al pragmatismo: la eficacia del mérito se mide, en parte, por su utilidad para el profesorado del contexto	No de forma explícita. Algunas propuestas tienen elementos compatibles	Sí

En línea con lo que propone el autor, la IBD y la SEA no son ajenas y pueden ser consideradas una como la continuación de la otra. Con ello, la IBD es la estrategia que aporta las herramientas para conocer las variables dentro del contexto del aula (Guisasola *et al.*, 2021). Con ello, nos atrevemos a caracterizar la IBD con 5 características fundamentales: Intervencionista, fundamentada teóricamente, iterativa, orientada al proceso y pragmática (Figura 1.2: Características básicas de la IBD).



Figura 1.2: Características de la IBD (elaboración propia)

Finalmente, la IBD se puede definir como una metodología de investigación (Alghamdi & Li, 2013; Design-Based Research Collective, 2003; Guisasola *et al.*, 2021; Juuti & Lavonen, 2006; van de Akker, 1999). Para la mayoría de autores, esta metodología consiste en ciclos de diseño, implementación, análisis y rediseño (McKenney & Reeves, 2018). Las herramientas que los investigadores pueden usar en cada etapa son libres y no hay herramientas específicas para cada fase (Easterday *et al.*, 2014). Ahora bien, a pesar de esta considerable libertad es necesario dar un soporte teórico común para que esta metodología resulte verdaderamente útil y pase a ser un programa de investigación (Easterday *et al.*, 2014; Reeves, 2006). Para ello hay que concretar en qué consiste cada una de las etapas de la investigación basada en el diseño.

#### 1.4. Etapas de la Investigación basada en el diseño

Para este trabajo se ha seguido con el planteamiento ofrecido en trabajos como el de Furió-Más *et al.* (2012) y Guisasola *et al.* (2021), que por otro lado se sintetiza en las etapas propuestas en Guisasola *et al.* (2021). Estas fases son: a) Fundamentos teóricos; b) diseño; c) Implementación; d) Evaluación y rediseño.

### Fundamentos teóricos para la investigación

El punto de partida para el diseño de una SEA recae en dos ideas. En primer lugar, en marcar como uno de los objetivos fundamentales el conocimiento y la comprensión de la epistemología de la ciencia (Guisasola *et al.*, 2008, 2021) siendo clave que los estudiantes entiendan la producción de conocimiento de los científicos como un proceso racional (Duschl, 1990) En segundo lugar, considerando la IBD en sus dimensiones social y constructivista (Guisasola *et al.*, 2008), el aprendizaje parte de las ideas previas del alumnado y no solo se centra en él sino que se distribuye entre el alumnado, el lugar del aprendizaje y la actividad que se lleva a cabo (Gil-Pérez *et al.*, 2002; Leach & Scott, 2002).

Por otro lado, los trabajos realizados por (Guisasola *et al.*, 2008, 2021) también se fundamentan en la Historia y la Filosofía de la Ciencia para la elaboración de las SEA. La investigación que abordamos aquí no utiliza este enfoque, sino que se centra en el desarrollo de las prácticas científicas como parte fundamental del currículum. Con ello, siguiendo el planteamiento inicial de Gil *et al.* (1991), Lijnse & Klaassen (2004 y su continuación en Guisasola *et al.* (2017), se toma el aprendizaje del alumnado como una construcción de conocimiento que surge como resultado de las investigaciones que realiza para la resolución de problemas. La introducción de las prácticas científicas es una de las partes más delicadas, denominada por Guisasola *et al.* (2021) como, de “*grano fino*”. Para ello es necesario partir de investigaciones previas que hayan analizado este tipo de estrategias didácticas. La línea de investigación de este autor ha utilizado trabajos de investigación en pequeños grupos donde se formulan preguntas para que el alumnado pueda encontrar las evidencias que permitan resolver su problema (Ametller *et al.*, 2007; Zuza *et al.*, 2016), denominando a esta estrategia como “enseñanza como actividad de investigación orientada” (Guisasola *et al.*, 2010; Zuza *et al.*, 2014). Dada la naturaleza de la investigación que aborda nuestro trabajo, en la que las prácticas científicas de la indagación y la argumentación por parte del alumnado son una parte clave del trabajo, se han estudiado los resultados de investigaciones previas sobre esta temática, sirviendo como fundamento teórico para diseñar la investigación (Aguilera *et al.*, 2018; Caracuel González *et al.*, 2021; Jiménez-Aleixandre & Puig, 2010; Muñoz Campos *et al.*, 2020; Uskola *et al.*, 2021).

### Fase de diseño

Sobre la fundamentación teórica se diseña la experiencia que se va a implementar en el aula, y a esta parte corresponde la fase de diseño. En esta fase se pueden identificar 3 partes relacionadas con la definición de los objetivos de aprendizaje, la detección de las dificultades y las demandas de aprendizaje y la definición de las estrategias de enseñanza que se desean implementar. Para definir los objetivos de aprendizaje es

necesario establecer con claridad el contexto en el que se realiza la SEA, es decir, currículo, nivel educativo, alumnado, profesorado, etc. La detección de las dificultades y las demandas de aprendizaje se realizará a partir del análisis de las ideas previas del alumnado. Finalmente se establecen las estrategias de aprendizaje para que sean acordes a los objetivos, las dificultades de aprendizaje y a su vez cumplan con los requisitos establecidos en el currículo sobre las habilidades y las actitudes en la investigación científica. A partir de estos bloques se puede dar comienzo al diseño de actividades que conformaran la SEA. En este punto también se pueden generar los documentos que sean necesarios para la implementación de la secuencia, entre los que se debe incluir una guía detallada para el profesorado resaltando las líneas de estudio claves dentro de la investigación (Guisasola *et al.*, 2021). En la tabla 1.3 se puede encontrar algunas consideraciones a tener en cuenta dentro de la fase de diseño:

Tabla 1.3: Fase de Diseño propuesta por Guisasola *et al.* (2021)

Análisis del contexto educativo y la epistemología de la cuestión	Análisis de las ideas previas del alumnado y de razonamiento	Necesidad de enfoques educativos que incluyan habilidad y actitudes de la investigación científica
Objetivos de aprendizaje	Dificultades de aprendizaje y Demandas de aprendizaje	Estrategias y enfoques de enseñanza
Construcción de tareas específicas que conduce la propuesta Actividades de la Secuencia de Enseñanza-Aprendizaje Guía para el profesorado para la implementación		

Siguiendo con la idea de Guisasola *et al.* (2021), para el diseño se tienen en cuenta las herramientas de “Análisis Epistemológico” y “Demanda de aprendizaje”.

**Análisis Epistemológico:** Se pretende construir conocimiento científico en el ámbito educativo a partir de un estudio global del contenido científico que se quiere abarcar. Esto permitirá definir los problemas para trabajar en la SEA, los “problemas guía” (Guisasola *et al.*, 2021) y cuya resolución marca la secuencia de actividades en la propia SEA (Furió-Más *et al.*, 2003; Savall Alemany *et al.*, 2016, 2019).

**Demanda de Aprendizaje:** Esta propuesta de Leach & Scott (2002) pretende dar con las diferencias ontológicas y epistémicas y entre las ideas de los estudiantes y los objetivos definidos (es decir lo que es y lo que se piensa que es). Esto lleva al siguiente proceso: analizar la literatura en enseñanza de las ciencias sobre las dificultades del alumnado sobre el tema en concreto; en caso de que no exista literatura sobre ello será necesario elaborar una investigación previa para determinar las dificultades; rediseñar los objetivos de aprendizaje si se cree necesario. Esta parte es especialmente importante si se busca que la SEA ofrezca resultados útiles para el futuro (Ametller *et al.*, 2007; Guisasola *et al.*, 2010).

#### Implementación de la actividad



Guisasola *et al.* (2021) define esta etapa como un “experimento de enseñanza” cuyo objetivo es estudiar si el diseño verdaderamente mejora el aprendizaje del alumnado. Utilizando la SEA como guía, se podrá establecer una mejora sobre el diseño inicial de ésta (Cobb *et al.*, 2003). Por otro lado, en ocasiones el equipo docente cree necesario introducir cambios sobre esta. Esto se puede deber a diversos motivos (actividad demasiado difícil, enfoques del alumnado no previstos...). Frente a otras investigaciones en enseñanza de las ciencias, la IBD permite que se hagan dichas modificaciones en la SEA, si se creen necesarias, eso sí, estas deben estar respaldadas por la fundamentación teórica (Ametller *et al.*, 2007).

#### Análisis en retrospectiva: Evaluación y Rediseño

Las herramientas de investigación no están prefijadas por la IBD por lo que dependerán de las estrategias didácticas que se hayan utilizado y se quieran evaluar. Sin embargo, sí que es recomendable usar diseños de evaluación múltiples que muestre de forma explícita los resultados de la SEA (Nieveen, 2009). Guisasola *et al.* (2021) plantean los instrumentos de evaluación en dos dimensiones: la evaluación de la calidad de la secuencia y la evaluación de los resultados de aprendizaje. Dentro de cada una de ellas, se plantean las herramientas acordes a la actividad.

Las herramientas usadas por Guisasola *et al.* (2021) tanto para la evaluación de la calidad de la SEA como para los aprendizajes logrados deben servir de orientación para otros trabajos que aborden investigaciones similares. No obstante, compartimos la idea de que la SEA es una metodología de investigación de carácter exploratorio y por ello, en ella se utilizan instrumentos de investigación cualitativa, como por ejemplo el Estudio de Caso.

Por otro lado, el rediseño de la SEA debe centrarse en las dos evaluaciones anteriores y por ello, es necesario actuar en función de las estrategias didácticas que se hayan implementado en las distintas actividades. Finalmente, con este rediseño se podrá verificar la eficacia de la secuencia mediante una evaluación final (Guisasola *et al.*, 2017; Zuza *et al.*, 2020). Para dar por buenas las evidencias que arroja la IBD es necesario que estas cumplan con los criterios de validez y fiabilidad que se aplican a otras investigaciones cualitativas en educación como es el estudio de caso (Cohen *et al.*, 2007).

En la figura 1.3 se puede consultar un resumen de las fases de la IBD y las principales características de cada fase:

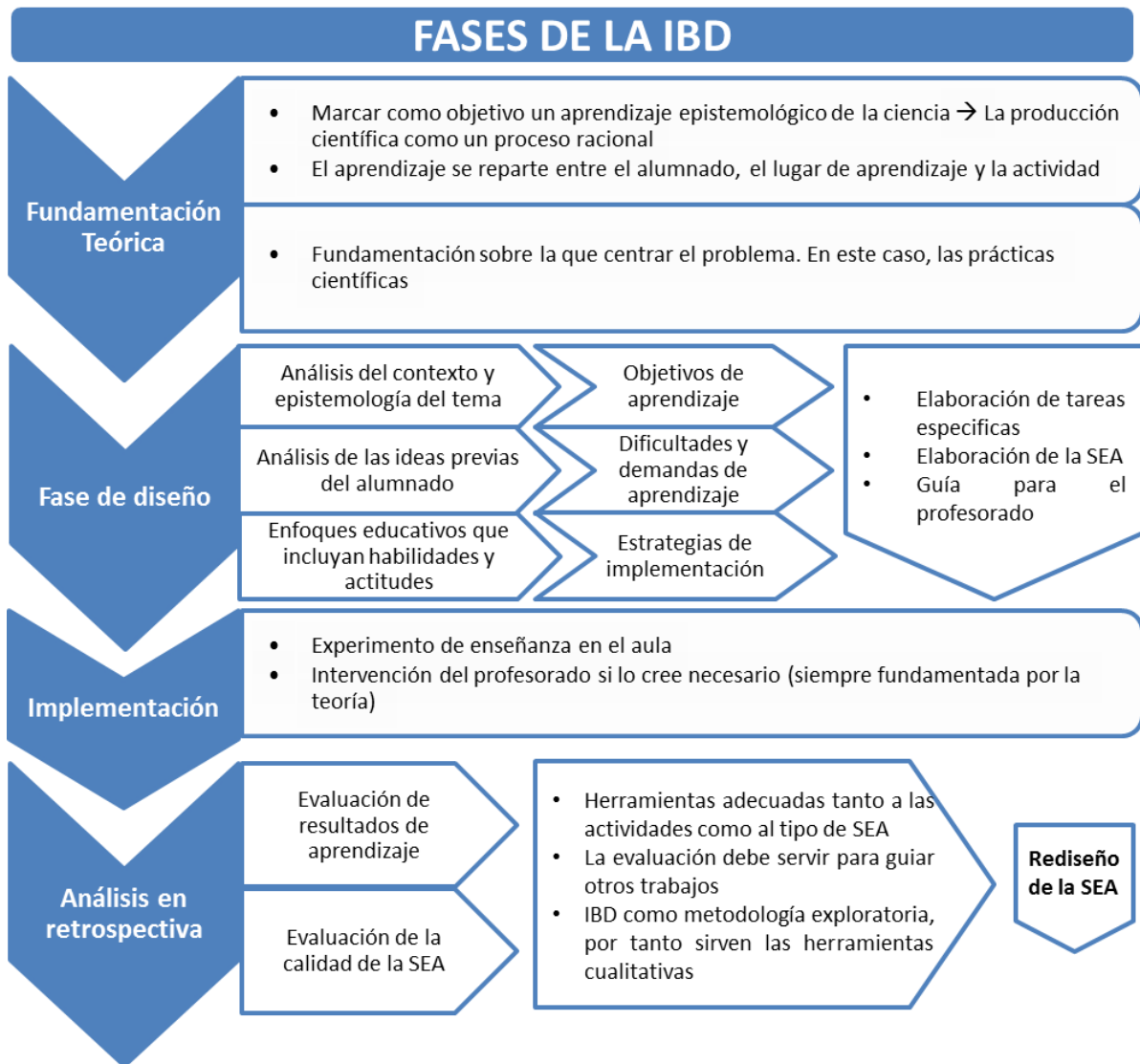


Figura 1.3: Fases de la IBD (elaboración propia)

### 1.5. Finalidad de los resultados de la investigación

Como hemos mencionado a lo largo del capítulo, la IBD es una metodología de investigación intervencionista, por lo que tiene un doble objetivo. Uno de los objetivos está en mejorar in situ el propio proceso de enseñanza-aprendizaje y por otro lado se pretenden conseguir unos resultados de la investigación.

Los resultados de la investigación se pueden establecer en dos bloques. En primer lugar en encontrar unos resultados que puedan ser comprobados dentro del propio contexto de la investigación, por ejemplo, las diferencias entre un grupo de control y uno experimental. Para extraer estos resultados, a priori, no debe existir una problemática mayor de la que se podía prever en el diseño de la investigación. En segundo lugar, la finalidad última de la IBD es poder extraer conclusiones sobre la SEA para saber si esta se puede aplicar en otros contextos. Esta parte conlleva mayor dificultad, pues como hemos comentado la IBD está centrada en contextos locales y será, entre otros, el nivel educativo o el tema a tratar, los que impidan que se los

resultados puedan ser replicados (Guisasola *et al.*, 2021). Los niveles educativos universitarios suelen ser similares a nivel internacional por lo que los resultados podrían replicarse en contextos educativos similares (McDermott *et al.*, 1996). Sin embargo en secundaria la replicabilidad es mucho más compleja dado que es difícil encontrar contextos similares. Por ello, el reto de la IBD consiste en alcanzar diseños didácticos flexibles que con ayuda de descripciones detalladas de contexto, características de diseño, participación y aprendizaje, puedan ampliar su espectro de uso (Guisasola *et al.*, 2021).

No obstante, en investigación educativa no siempre se considera la generalización estadística como objetivo (Guisasola *et al.*, 2021). Existen enfoques como el estudio de caso, cuyo objetivo es corroborar en un caso particular un modelo general (Frick, 1998). Esto permite estudiar los sucesos como causa de la intervención (Maxwell, 2004) que, por otro lado, favorece los modelos metodológicos de investigación intervencionistas (Dewey, 1938; Juuti & Lavonen, 2006; Wong & Pugh, 2001).

### **1.6. Consideraciones finales sobre la IBD**

Actualmente, y en palabras de Guisasola *et al.* (2021) “estamos en la infancia de tener un acuerdo sobre lo que constituye la investigación basada en el diseño”. Esto supone una fuente de motivación para iniciar investigaciones sobre el tema, que a su vez son fomentadas por revistas especializadas en didáctica de la ciencia, como la Revista Eureka de Enseñanza de las Ciencias (REurEDC) con la creación de una sección dedicada a esta metodología de investigación que ha sido presentada con el trabajo del propio Guisasola *et al.* (2021). Trabajos como el suyo aglutinan de forma espléndida la información existente en torno a esta metodología y sirven como pilar para poder desarrollar y/o justificar investigaciones como la que se pretende desarrollar en el presente trabajo.

Con este capítulo se ha dado comienzo a la primera de las fases de la IBD, la fundamentación teórica, estableciendo los raíles que guían la investigación. Así, el siguiente paso es establecer las metodologías de investigación y de enseñanza-aprendizaje, que se llevan a cabo dentro de la propia IBD. En nuestro caso es el trabajo de investigación mediante un estudio de caso para trabajar las prácticas científicas de argumentación e indagación en enseñanza secundaria.

## 2. Métodos propios del Estudio de Caso

### 2.1. Introducción

La Investigación Basada en el Diseño es una metodología relativamente novedosa, estando todavía por establecer los mecanismos óptimos para un desarrollo efectivo en el plano educativo (Guisasola *et al.*, 2021). En este trabajo se aborda una investigación de carácter cualitativo y para dar fiabilidad y credibilidad a los resultados extraídos es necesario establecer con el suficiente rigor unos pilares teóricos que refuercen estos resultados.

Para ello, se ha optado por la metodología de la IBD, aunque se han utilizado métodos y herramientas propios de una metodología con una larga trayectoria en investigación especialmente en el campo educativo, los métodos propios del estudio de caso. Utilizar los métodos propios del estudio de caso para nuestra IBD nos resulta útil tanto en forma como en contenido. En forma debido a que encaja a la perfección con las estrategias posibles planteadas para el uso de la IBD y en contenido porque permite extraer unos resultados sólidos que nos permitan realizar una evaluación acorde a los objetivos que nuestra investigación plantea. En este sentido es importante aclarar que este trabajo afronta una IBD apoyada en técnicas o métodos propios del estudio de caso.

Así, en el siguiente capítulo se hace un recorrido sobre la metodología del estudio de caso y los métodos propios de esta metodología que serán utilizados para esta investigación.

### 2.2. El estudio de caso como método cualitativo.

En el ámbito educativo tanto los actores participantes como las interacciones entre ellos presentan gran complejidad, superando los límites que los análisis cuantitativos puedan ofrecer. Ahora bien, la metodología cualitativa nos permite abordar realidades subjetivas e intersubjetivas, permitiendo buscar la dialéctica del pensamiento que guía a los investigados en el desarrollo de sus acciones (U. Flick, 2004; Galeano, 2004a; Massot *et al.*, 2012). Por otro lado, la implicación directa que ofrecen las técnicas cualitativas permite acercarse tanto a los actores investigados, que podemos llegar a conocerlos en lo personal y a experimentar sus vivencias cotidianas (Taylor & Bogdan, 1987).

Siguiendo con esta misma idea, este tipo de técnicas nos ofrecen la posibilidad de obtener datos complejos como son los procesos de pensamiento, los sentimientos o las emociones (Strauss & Corbin, 2002), algo de vital importancia en muchas investigaciones contextualizadas en las aulas de enseñanza. Este proceso rescata la voz de los participantes y pretende alcanzar una interpretación profunda de aquello que los participantes “afirman o niegan, de lo que hacen y creen hacer, de lo que perciben en realidad y de su papel en un contexto determinado” (Chaverra *et al.*, 2019, p.423).

En definitiva, los estudios en los que se utilizan técnicas cualitativas no pretenden elaborar teorías científicas (entiéndase aquellas que pueden ser replicadas

experimentalmente) (Pérez Serrano, 1999). Más bien, este tipo de enfoques tiene como finalidad la interpretación de la acción social y entender su significado (Goetz & LeCompte, 1988). Para ello, no existe un único camino a seguir (Stake, 2005) y las estrategias, metodologías y perspectivas de los estudios cualitativos han desarrollado métodos propios para obtener como resultados concepciones concretas de la realidad y la manera de llegar hasta ellas (Rodríguez *et al.*, 1996). Una de estas concepciones para las investigaciones cualitativas y de indagación naturalista (recopilación de información según ocurren los sucesos en su ambiente natural u original) son los estudios de caso (Pérez, 2008).

### **2.3. Definición del estudio de caso**

El capítulo se ha estructurado de forma que se pueda indagar en profundidad en la investigación por estudio de caso para conseguir diseñar una investigación propia que se ajuste a las características de esta metodología. Para ello se comienza por aclarar la terminología utilizada y la definición de estudio de caso. Una vez dada la definición del estudio de caso, se analizarán las características del estudio de caso y algunas razones por las que el estudio de caso es considerado un modelo de investigación consolidado. No obstante, no existe un único tipo de estudio de caso, siendo necesario esclarecer las distintas clasificaciones existentes. Por último, se realiza un análisis en detalle de las etapas de una investigación de este tipo, a fin de contar con una ruta a seguir en el diseño e implementación de esta investigación.

#### **2.3.1. Introducción al Estudio de Caso**

A día de hoy, el estudio de caso está ampliamente extendido en las investigaciones en ciencias sociales, sin embargo, no fue hasta la década de 1970 cuando este modelo de investigación se comienza a popularizar en el ámbito educativo. Estas nuevas metodologías surgen de la necesidad de aplicar técnicas cualitativas a fenómenos que las técnicas cuantitativas no alcanzaban a entender (Simons, 2011), de forma que podamos afirmar que el Estudio de Caso (a partir de ahora también se podrá llamar por EC) surge como una necesidad y no como una limitación. Ahora bien, no sin detractores debido a la “obsesiva preocupación por la medición cuantitativa” existente hasta entonces (Martínez Bonafé, 1988). El término EC, fue definido como un término “paraguas”, que permite abarcar al conjunto de técnicas de investigación cuyo objetivo es la comprensión en profundidad de un determinado caso (Adelman *et al.*, 1984). Aunque el objetivo es analizar un caso en profundidad, este no está exento de poder ser utilizado para intentar dar una explicación que va más allá del marco contextual del propio caso. Por ejemplo, podría seleccionarse una escuela por representativa de muchas otras para poder generalizar el caso de la escuela como general al resto de escuelas (Stake, 2005). En definitiva, se puede afirmar que los EC se encuentran entre “lo particular y lo general, lo específico y lo genérico” (Walton, 1992).

#### **2.3.2. ¿Debate terminológico o epistémico?**

La evolución del término EC no ha sido convergente, o al menos lineal. Por eso creo necesario realizar una aclaración sobre las distintas definiciones o ideas de EC

existentes entre los autores de referencia en el tema, con el fin de contextualizar lo referente al tema en esta investigación. Merriam (2009), define el EC como una metodología de investigación que aborda estrategias tanto cualitativas como cuantitativas. Si bien Yin (2014) diferencia entre método e investigación según el objetivo del EC. Por otro lado Simons (2011), considera el EC como una investigación que abarca un conjunto de métodos. Estas diferencias que al parecer pueden parecer un debate semántico más que epistemológico, solo generan más dudas en torno al concepto de EC tal como afirma el propio Simons (2011): “en la literatura de los estudios de caso, los diferentes autores hacen referencia a éste como un método, una estrategia, un enfoque, y no siempre de forma coherente” (p. 20). Por ello, es preciso aclarar el significado de los conceptos “metodología”, “método”, “estrategia” y “enfoque”.

El uso de estos términos acarrea distintos problemas. En primer lugar a veces son utilizados de forma indistinta haciendo referencia a un mismo concepto. Por otro lado, en función de cada autor tiene un significado u otro. Para el término “enfoque” es común encontrar una definición que hace referencia a la forma en la que los datos serán recogidos, analizados e interpretados (Hernandez *et al.*, 2010). Sin embargo, en nuestro caso tomamos el término “enfoque” como el propósito metodológico e intencional de la investigación, de acuerdo con lo propuesto por Simons (2011). Según esta descripción, los tipos de enfoque fundamentales serían descriptivo, explicativo y predictivo. Por ejemplo, si el objetivo es conocer las relaciones causa-efecto entre distintos actores dentro de una investigación hablaríamos de enfoque explicativo (Yin 2003, 2014). Por otro lado, usaremos el término “estrategia metodológica” indistintamente al de “metodología”. Al hablar de “estrategia metodológica” o “metodología” hacemos referencia al proceso a seguir para alcanzar los objetivos planteados en la investigación. Estas estrategias se establecen previamente siguiendo un proceso reflexivo y de planificación (Rodríguez *et al.*, 1996), ahora bien, debe existir cierta flexibilidad para permitir modificaciones dentro del mismo proceso de investigación si ello favorece la respuesta a las preguntas de investigación planteadas (Simons, 2011). Finalmente, al hacer referencia al “método”, hacemos referencia al conjunto de técnicas para la obtención y análisis de datos. Los principales “métodos” o “técnicas” utilizadas en el ámbito educativo son las de tipo cuantitativo (como podría ser la recopilación de datos a gran escala) o cualitativos (tales el uso de entrevistas o la observación directa de los actores implicados) (Pérez *et al.*, 2012).

### **2.3.3. Definición de Estudio de Caso para esta investigación**

Una vez aclarados los conceptos de los que haremos uso, es posible delimitar el concepto de EC. A día de hoy, se sigue considerando como un “término paraguas” haciéndose necesario acotar su significado pues no siempre se diferencia bien lo que es (Álvarez & San Fabián, 2012). Si bien, todos los referentes en el tema están de acuerdo en que la investigación por EC pretende comprender en profundidad un caso en su contexto (Coller, 2000; Galeano, 2004b; Merriam, 2009; Simons, 2011; Stake, 2005; Yin, 2014).

“Existen muchísimas formas de hacer estudios de casos” (Stake, 2005, p. 12), y es cada autor quien aporta las diferencias. Para esta investigación, el EC es considerado como una investigación empírica y exhaustiva que investiga un fenómeno contemporáneo, que puede ser enfocado desde distintas perspectivas de complejidad pero siempre dentro en un contexto de la vida real (Simons, 2011; Yin, 2014, 2017). Estos contextos son únicos y dinámicos de forma que el EC estudia las relaciones humanas, sus interacciones y la evolución de los acontecimientos, de manera que un estudio numérico difícilmente podrá alcanzar a comprender dichas situaciones (Cohen *et al.*, 2007).

El EC debe dar respuesta a una situación en la que existen más variables de interés que datos observacionales (Jiménez & Comet, 2016) y para ello se aglutinan distintos métodos y fuentes de evidencia con la finalidad de encontrar una comprensión integral entorno a dicho fenómeno (Simons, 2011). Para este trabajo, se utilizan los métodos o estrategias propias del Estudio de Caso para dar respuesta a lo que exige la metodología de la investigación de este trabajo, la IBD.

#### **2.4. Características del estudio de caso**

Merriam (1988) otorga tres características fundamentales a los EC: “particularista, heurístico”, “descriptivo” e “inductivo”. “Particularista” debido al enfoque tan concreto y específico sobre el que se trabaja; es “heurístico” dado que permite ampliar la experiencia y el conocimiento o por otro lado, confirmar lo que ya se sabía; es “descriptivo” dado que se busca ofrecer una visión global de los fenómenos a investigar; es “inductivo” al partir del análisis de los datos obtenidos para generar conceptos o refutar hipótesis.

A diferencia con las metodologías cuantitativas, los EC no separan el fenómeno de su contexto para poder obtener una visión holística de la cuestión, partiendo de un marco teórico menos elaborado que se va construyendo al avanzar la investigación (Álvarez & San Fabián, 2012; Bonache, 1999) . Esta necesidad de incluir el contexto en el análisis del caso es uno de las cuestiones que hay que tratar con mayor cautela, dado que los límites entre “caso” y “contexto” son muy estrechos (Yin, 2014). El caso representa la situación que se pretende analizar o estudiar, mientras que el contexto es la información externa al fenómeno pero necesaria para la investigación (Yin, 2006). Esta necesidad de establecer límites entre caso y contexto es otro punto común que recomienda la mayoría de los autores de referencia (Merriam, 2009; Simons, 2011; Stake, 1998; Yin, 2014).

El EC está centrado en las relaciones y las interacciones, por lo que se exige “la participación del investigador en el devenir del caso” y exigiendo una “permanencia en el campo prolongada” (Álvarez & San Fabián, 2012). Si bien, la mayoría de los autores parecen estar de acuerdo en que debe haber una ausencia de control sobre el comportamiento de los investigados (Simons, 2011; Stake, 1998; Yin, 2014), aunque se den procesos de negociación entre el investigador y los investigados (Álvarez & San Fabián, 2012). El papel del investigador debe estar acotado (como profesor, como

evaluador o como interprete) y también recalcar la importancia del valor reflexivo de este (Simons, 2011; Stake, 2005).

Las estrategias de recolección de datos y análisis de información en el EC permiten utilizar tanto tácticas cuantitativas como cualitativas. Observación, entrevistas, cuestionarios, encuestas, análisis documental serían algunas de las herramientas a utilizar (Álvarez & San Fabián, 2012; Pérez Serrano, 1994; Rodríguez *et al.*, 1996).

Respecto a los objetivos del EC y sus métodos, algunas características son, la importancia en la búsqueda de significado y el valor de la interpretación (Stake, 2005), su potencialidad para generar premisas y orientar decisiones (Álvarez & San Fabián, 2012), y su “flexibilidad y aplicabilidad a situaciones naturales” (Arnal *et al.*, 1994). Desde una visión interpretativa, el EC pretende buscar “el significado de una experiencia” (Pérez Serrano, 1994), el conocimiento de lo “idiosincrásico” sin dejar atrás su contexto (Álvarez & San Fabián, 2012). La justificación investigadora tiene como supuesto que lo global se refleja en lo local (Hamel *et al.*, 1993), de manera que el alcance de los resultados surgen del trabajo de campo y por ello es necesario dejar una constancia minuciosa de éstos (Álvarez & San Fabián, 2012).

### **2.5. Cuándo y por qué elegir un estudio de caso**

A partir de las características del EC, podemos afirmar que el planteamiento de cuestiones del tipo “cómo” o “por qué” son clave para optar por una investigación de EC (Yacuzzi, 2005; R. Yin, 2014, 2017). Se debe optar por un EC cuando el fenómeno que se desea estudiar “está difuso, es complejo, escurridizo o controvertido” al presentar “múltiples variables y estar estrechamente vinculado al contexto” (Cabreiro López & Fernández Morante, 2004, p. 667).

Rodríguez (1996) plantea la elección del EC en base a tres razones fundamentales: “carácter crítico” dado que el caso permite confirmar, modificar o ampliar conocimiento (Álvarez & San Fabián, 2012); “carácter extremo” al estudiar un caso que tiene un interés en sí mismo (Stake, 2005); y “carácter revelador” al poder analizarse un fenómeno relativamente desconocido que puede aportar conocimiento relevante para la educación (Álvarez & San Fabián, 2012).

Otras posibilidades del EC como investigación son las recogidas por Álvarez & San Fabián (2012):

- Facilidad de acceso al caso y el tiempo que se puede permanecer en él (Rodríguez *et al.*, 1996)
- Posibilidad de establecer buena relación entre investigadores e investigados, asegurando la calidad y credibilidad del estudio (Álvarez & San Fabián, 2012; Rodríguez *et al.*, 1996), aunque sin ser partícipe en la toma de decisiones ni en todos los aspectos que le sea posible, para que el EC no se transforme en un EC de tipo etnográfico (André, 1998; Moreira, 2000).



- Facilita descubrimientos sutiles que con otros métodos no podría lograrse (Arnal *et al.*, 1994; Stake, 1994; Walker, 1983).
- Permite desvelar conceptos profundos sobre los que tomar decisiones en problemas educativos (Bell, 2002; Heras Montoya, 1997; Pérez Serrano, 1994).
- Estudia lo más profundo de un fenómeno, aportando concreción, intensidad y detalle (Álvarez & San Fabián, 2012).
- Existe una amplia gama de técnicas en la recogida de datos y su posterior análisis, tanto cuantitativos como cualitativos (Pérez Serrano, 1994; Rodríguez *et al.*, 1996; Stake, 1994).
- Es muy adecuado para investigadores individuales y a pequeña escala (Álvarez & San Fabián, 2012).
- Mediante la triangulación de los datos, se puede evitar el sesgo del investigador (Arnal *et al.*, 1994; Cabreiro López & Fernández Morante, 2004; Pérez Serrano, 1994; Stake, 1994).
- Aporta una formación extraordinaria para el investigador: experiencia en el diagnóstico de problemas concretos, comprender la realidad de una visión completa y realista, desarrollar la capacidad en el análisis y síntesis de datos, aumento de la capacidad de pensar de forma rápida y lógica, integración de conocimientos y vivencias y motivación por la investigación (Álvarez & San Fabián, 2012; Pérez Serrano, 1994).

Sin embargo, a pesar de las ventajas y atributos que supone la investigación por EC, también ha sido objeto de críticas.

## **2.6. Cuestionamiento al Estudio de Caso y contra-argumentaciones**

Para conocer de forma detallada la investigación por EC también es necesario aclarar que su alcance tiene limitaciones (Yin, 2006). El salto entre lo específico y lo genérico es uno de los prejuicios que tradicionalmente utilizan los detractores del EC como modelo de investigación (Jiménez & Comet, 2016). Ahora bien, estos prejuicios han sido contra argumentados por autores de gran relevancia como Yin (2006, 2017).

En primer lugar, uno de los prejuicios analizados por Yin (2014, 2017), se centra en la confusión existente entre el método del caso en la enseñanza (aprendizaje a través de un problema o caso en un contexto real en el que el alumnado debe desenvolverse) y el estudio de casos en la investigación. Dentro de la enseñanza los casos pueden ser modificados para ser más eficaces a la hora de intentar lograr el objetivo, sin embargo, las intervenciones del investigador dentro del EC quedarían, a priori, prohibidas. Este aspecto está contrapuesto con el carácter intervencionista de la IBD. En nuestro caso, el EC queda sujeto a las necesidades de la IBD, y por ello, las intervenciones del investigador están permitidas y son necesarias, eso sí, siendo justificadas por el marco teórico establecido y dejando constancia de dichas intervenciones y de su influjo en el desarrollo de la investigación.

En segundo lugar, la investigación por EC es cuestionada por el tiempo que necesita para poder desarrollarse y por la complejidad de los resultados que produce (en ocasiones masivos e inabarcables) (Jiménez & Comet, 2016). Esto a su vez, puede provocar que el investigador altere el proceder de los sujetos estudiados (Álvarez & San Fabián, 2012). Esta crítica es debida al error de concebir el EC como un método específico de recolección de datos como puede ser en los estudios de descripción etnográfica, donde el propio investigador debe ser partícipe activo dentro del grupo (Moreira, 2000, 2002). Sin embargo, un EC puede ser válido y de alta calidad incluso en conexiones por ordenador (Jiménez & Comet, 2016; Yin, 2014).

Finalmente, una de las críticas más fuertes está centrada en la falta de rigor metodológico en términos científicos (Flyvbjerg, 2006), el marcado carácter subjetivo como método de investigación (Álvarez & San Fabián, 2012; Biddle & Anderson, 1989; Simons, 2011) y la falta de capacidad para generalizar resultados (Biddle & Anderson, 1989; P. Brown, 2008; Flyvbjerg, 2006; Martínez Carazo, 2006). Ahora bien, a esto Yin (2006, 2017) responde aclarando que el EC puede ser considerado como un experimento en ciencias exactas. Permite generalizar proposiciones teóricas pero no generalizar a poblaciones o universos (se haría necesario hacer un gran número de experimentos), es decir, permite hacer abstracciones a la teoría, haciendo que esta quede refrendada por un EC (Jiménez & Comet, 2016) o por otro lado, establecer proposiciones teóricas que puedan ser aplicables a otros contextos (Alves-Mazzotti, 2006). El hecho de generalizar no es problema del investigador, sino del lector, que es quién debe preguntarse si ese EC puede ser aplicado a su propia situación (Walker, 1983). Álvarez & San Fabián (2012) y Yacuzzi (2005) hablan de “transferencia” hacia la teoría en lugar de “generalización”, dado que el EC se encuentra en un paradigma cualitativo. En definitiva, este cuestionamiento es considerado reduccionista de la ciencia arraigada al positivismo (Chaverra *et al.*, 2019), olvidando que el EC es un modelo de investigación válido para las ciencias sociales siempre y cuando se refugie en la rigurosidad y la credibilidad que finalmente se focaliza en la legitimidad del conocimiento (Flyvbjerg, 2006).

## 2.7. Criterios de legitimidad

Las diferencias entre las investigaciones cualitativas y cuantitativas también se encuentran en los conceptos de fiabilidad, objetividad y validez del resultado (Goetz & LeCompte, 1988; Rodríguez *et al.*, 1996). El conocimiento construido a través de las investigaciones cualitativas se fundamenta en el diálogo y la intersubjetividad (Chaverra *et al.*, 2019).

Los criterios de legitimidad sobre los que se basan las investigaciones cuantitativas no siguen los criterios naturalistas, ahora bien, Guba (1989) propone cuatro aspectos que aporten el rigor científico a la investigación cualitativa: valor de verdad, aplicabilidad, consistencia y neutralidad. En la tabla 1.4 se relacionan los términos racionalistas con su equivalente en el naturalista para una mayor comprensión.

Tabla 1.4: Términos racionalistas y científicos para los cuatro aspectos de la credibilidad (Guba, 1989)

Aspecto	Término científico	Término naturalista
Valor de verdad	Validez interna	Credibilidad
Aplicabilidad	Validez externa Generalizabilidad	Transferibilidad
Consistencia	Fiabilidad	Dependencia
Neutralidad	Objetividad	Confirmabilidad

Simons (2011), uno de los autores de referencia en el modelo de investigación por EC toma los criterios la credibilidad, transferibilidad, confiabilidad y confirmabilidad, como aquellos sobre los que cualquier investigación debe apoyarse. Sin embargo, no podemos olvidar que la credibilidad de los datos depende en gran medida de la formación, sensibilidad, habilidades metodológicas y capacidad del investigador (Álvarez & San Fabián, 2012; Patton, 1990). Así, a fin de garantizar la legitimidad de la investigación, es fundamental dejar constancia nítida de la forma en la que se ha diseñado la investigación, la manera en la que se recogen los datos y posteriormente son analizados (Chaverra *et al.*, 2019).

Para ello, Yin (2014) se fundamenta en cuatro aspectos clave:

- Validez del constructo: indica que todos los conceptos deben ser analizados y para ello las medidas deben ser verdaderos indicadores del fenómeno para generar la “cadena de evidencias”, de forma que no se cuestione el resultado de lo medido. Esta “cadena de evidencias” pone de manifiesto el razonamiento del investigador y a su vez permite al lector extraer conclusiones al analizar las evidencias. Finalmente, se puede elaborar un borrador que sea revisado por expertos que puedan detectar errores en el diseño del caso (Pettigrew, 1990; Yin, 2014).
- Validez interna: es aquella que nos permite establecer las relaciones causa-efecto, haciendo creíble el fenómeno que se estudia. Se presentan similitudes y diferencias entre los entes investigados destacando aquellas de mayor importancia para la investigación en concreto (Easterby *et al.*, 1991; Patton, 1990; Yin, 2014)
- Validez externa: Hace referencia a la generalización de los datos fuera de la situación en concreto (generalización analítica), para contrastar los resultados mediante una teoría (Bonache, 1999; Kidder & Judd, 1986; Yin, 2014).
- Fiabilidad: Criterio para demostrar que los resultados y procedimientos pueden repetirse y dar respuesta a un hipotético auditor de la investigación (Bonache, 1999; Yacuzzi, 2005; Yin, 2014). En nuestro caso, también debe servir para que futuros docentes implementen la secuencia diseñada.

## 2.8. Tipos de estudio de caso

“El estudio de caso es todo lo contrario a una metodología uniforme, se adapta a cada realidad y adquiere modalidades específicas en función de su contexto y finalidad, de aquí la importancia de encontrar la adecuada” (Álvarez & San Fabián, 2012). Su propósito es variado: brindar una descripción, verificar una teoría existente o bien generar una teoría nueva (Eisenhardt, 1989). No obstante, no es la única forma de clasificar, y repasando la literatura respecto al tema, las casuísticas en la clasificación son las siguientes: tipo de interés del estudio, objetivo del caso, número de casos y términos de diseño.

Stake (1998) estableció una primera clasificación de EC según el interés del estudio que este acometía, diferenciando entre EC intrínsecos y extrínsecos. Los casos intrínsecos pretenden comprender un caso en concreto, sin la necesidad de relacionarlo con otros casos similares. Estos EC no tienen el objetivo de construir teoría, aunque puede ser una opción (Stake, 2005) y tienen interés por sí mismos, de forma que pueden ser utilizados con un carácter evaluativo (Pérez Serrano, 1994; Simons, 2011) previo a una descripción para posteriormente tener la posibilidad de emitir un juicio (Merriam, 2009). Por otro lado, los EC extrínsecos o instrumentales, son utilizados para comprender más allá de la situación particular, el interés en el caso es secundario y su objetivo es servir de apoyo en la comprensión de un conocimiento externo al caso (Stake, 2005).

Yin (2014, 2017) opta por establecer una clasificación atendiendo al objetivo del estudio de caso. Este autor los diferencia en tres tipologías: explicativo, explorativo y descriptivo.

- Explicativo: Pretende dar respuesta a cuestiones que intentan explicar relaciones causa-efecto en un contexto real que son demasiado complejas para abordarlas a partir de un análisis experimental. En el contexto que atañe a esta investigación, podría dar respuesta a la relación existente entre el vocabulario usado y las acciones que llevan a cabo los investigados.
- Descriptivo: Busca analizar una situación concretar en un contexto real por el mero hecho de conocerla o evaluarla.
- Explorativo: Es utilizado para indagar en una situación que, a pesar de estar siendo evaluada, no tiene claridad suficiente desde el punto de vista de la investigación (Yin, 2014). Este último tipo de EC podría considerarse un caso en el que los objetivos previos a la investigación no pueden ser delimitados al desconocer el contexto, siendo necesario avanzar en el EC para poder acotar la investigación.

El EC también puede ser clasificado en función del número de casos. Stake (1994) diferencia aquellos casos constituidos por un único caso dentro del EC y los EC en los que hay más de un caso, denominados EC Colectivo. Por otro lado Yin (2014, 2017)

hace esta misma separación, entre aquellos EC constituidos por un único caso y el EC múltiple en el que se realizan varios EC, en contextos distintos con dos posibles finalidades, predecir resultados similares (réplica literal) o contrastarlos (réplica teórica).

Finalmente, existe una última clasificación en términos de diseño propuesto por Yin, (2014, 2017): EC holísticos y EC integrados. Los EC holísticos son aquellos en los que se estudia un caso en su naturaleza global, mientras que los EC integrados están compuestos por unidades separadas dentro del propio caso. Esta diferenciación de EC debe ser aclarada, pues resulta importante para esta investigación. Dentro del contexto en el que se realiza esta investigación existe la posibilidad de realizar investigaciones en secciones separadas (como podría ser analizar el uso del lenguaje en una actividad de indagación o el uso de pruebas en una actividad del mismo tipo, entre otras muchas opciones). Esto constituiría optar por un EC integrado. O por otro lado, podemos investigar sobre la indagación en el aula de ciencias y para ello analizar el lenguaje o el uso de pruebas (entre otros cuestiones que puedan ser analizadas), todo ello con la finalidad de dar una respuesta global al estudio planteado sobre la investigación en el aula.

Tras exponer las distintas clasificaciones que los distintos autores han definido, es preciso intentar aclarar qué tipología de EC es necesaria para nuestra investigación. Está claro que esta investigación aborda un EC único, aunque con distintas unidades de investigación al trabajar en grupos. La ambigüedad surge al intentar acotarlo al resto de clasificaciones. El EC abordado en esta investigación es un caso instrumental pues su verdadero interés está más allá del propio caso y, para ello es analizado en profundidad a partir de actividades detalladas (Stake, 2005). Atendiendo a los objetivos marcados para esta investigación, nos enfrentamos a un EC que oscila entre el explicativo y exploratorio. Por un lado, es claro que el estudio que afrontamos pretende buscar relaciones de causa-efecto (establecidas en las preguntas de investigación) de una complejidad que excede a las técnicas experimentales tradicionales, de ahí que fundamentalmente sea considerado un EC explicativo (Yin, 2014). Ahora bien, según el modelo de esta investigación también es posible afirmar que este EC tiene algunas características propias del EC exploratorio, dado que conforme avanza la investigación surgen nuevas ramificaciones dignas de estudio que no habían sido establecidas en los objetivos iniciales, perdiendo así la claridad a la que Yin (2014) hace referencia, pero que no por ello deber ser descartados. Por último, articular el EC que se va a llevar a cabo entre holístico e integrado no resulta trivial. Primeramente, puede encajar en un EC de tipo holístico dado que el objetivo es la comprensión global del caso (Yin, 2014), que para nosotros son las prácticas científicas a partir de un instrumento científico. A su vez, en la investigación del desarrollo de prácticas científicas se realiza un estudio de la indagación y la argumentación por separado. Eso supondría compartimentar esta parte de la investigación y con ello la posibilidad de considerar el EC que se lleva a cabo como un ED integrado (Yin, 2014).

En la figura 1.4, se puede observar un resumen de las clasificaciones de EC y como en nuestro caso, el EC combina distintos tipos de los EC planteados en la teoría:

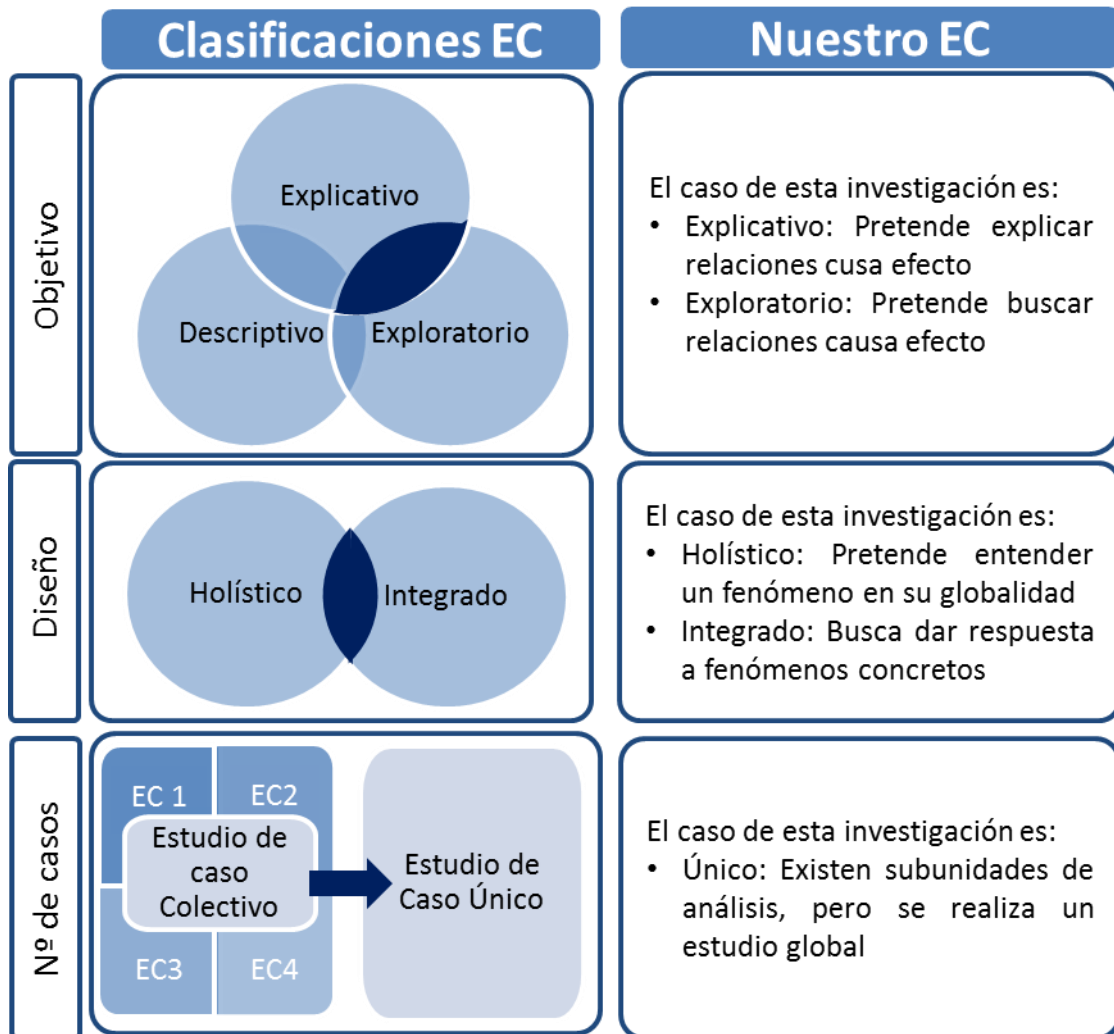


Figura 1.4: Clasificaciones de EC y caracterización de nuestro EC

### 2.9. Etapas en el estudio de caso

Sin perder de vista las fases propuestas Guisasola *et al.* (2021) para la Investigación Basada en el Diseño (fundamentación teórica, fase de diseño, implementación y análisis retrospectivo), ahora es necesario profundizar en las fases dentro de la propia metodología del Estudio de Caso.

Yin (2014) dice que el diseño de una investigación tiene cinco componentes fundamentales: las preguntas, el estudio, las proposiciones, su unidad de análisis, la lógica que vincula los datos con las proposiciones y los criterios de interpretación de los hallazgos. En el caso de una investigación de EC, estas componentes se agrupan en tres fases ampliamente aceptadas: Fase preactiva, fase interactiva y fase postactiva (Martínez Bonafé, 1988; Pérez Serrano, 1994). La fase preactiva agrupa los fundamentos epistemológicos, los objetivos planteados, la información disponible, las técnicas que serán utilizadas, el caso o casos a estudiar, la influencia del contexto en éste y una temporalización aproximada. La fase interactiva corresponde a aquella en la

que se lleva a cabo el trabajo de campo y el desarrollo de la investigación a partir de las metodologías y técnicas previamente escogidas. Por último, al hablar de fase postactiva, se hace referencia a la elaboración de un informe final en el que se detallan las conclusiones del estudio (Álvarez & San Fabián, 2012; Martínez Bonafé, 1988; Pérez Serrano, 1994). Estas fases se pueden consultar en la figura 1.5:

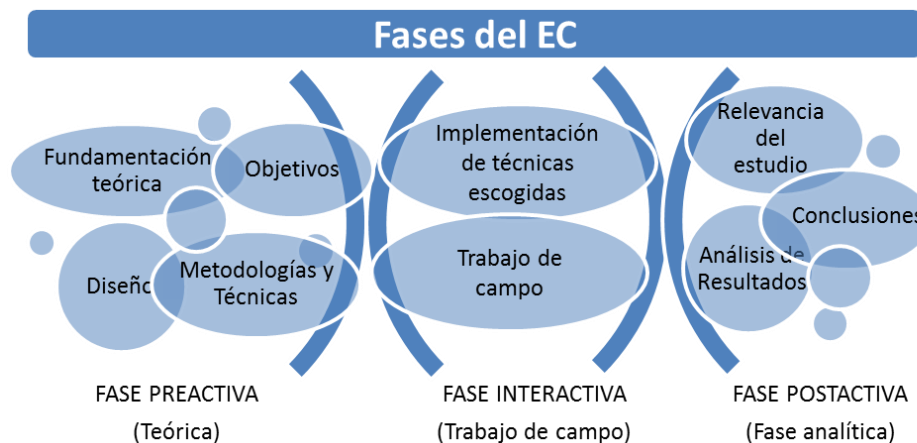


Figura 1.5: Etapas del EC

A su vez, dentro de estas fases los distintos autores disgregan los pasos a seguir en la investigación. Las etapas consideradas son: planificación similar (Simons, 2011; Yin, 2014), elección y delimitación del caso (Simons, 2011; Stake, 2005), diseño del caso (Yin, 2014), preparación de la recolección de datos y acceso al campo, recolección de datos, análisis de datos (Simons, 2011; Stake, 2005; R. Yin, 2014) y una última de conclusiones y difusión (R. Yin, 2014).

### 2.9.1. Planificación preliminar

Previo a la elección del caso, es necesario un alto grado de planificación que comienza por un análisis en detalle del caso y de la literatura existente (Simons, 2011). Del mismo modo, el planteamiento claro de las preguntas de investigación es un factor clave para el EC pues permitirá decidir si el EC es el método más apropiado para el fenómeno que será estudiado (Simons, 2011; Yin, 2017). De esta manera, se establece una relación entre constructos teóricos y unidades empíricas, categorías generales y específicas (Ragin & Becker, 1992) que desemboca en una cadena de evidencias (Yin, 2014). Cuando las preguntas de investigación orbitan el “cómo” y el “por qué”, el contexto es considerado real para los investigadores (Yin, 2014). Por último, también en este punto se establece el papel del investigador, de forma que este debe tener poco control sobre los acontecimientos para que el EC sea el modelo de investigación más adecuado (Yin, 2014).

### 2.9.2. Elección y delimitación del caso

La delimitación del caso propuesta por Stake (1998) es una de las partes que hay que tratar con mayor precaución. El EC constituye un “sistema delimitado” (Simons, 2011, p. 51). Merriam (1988) considera que la característica que define la investigación por EC está en la delimitación del EC, que establece el propio investigador en función de

los fenómenos que vaya a analizar (Brown, 2008). Estos fenómenos o situaciones que serán estudiados para alcanzar una comprensión global del caso, son además limitados (Neiman & Quaranta, 2006) de forma que el número de eventos permita atribuir a una muestra la representatividad del conjunto (Carbaug, 2007). Así la delimitación del caso debe estar tanto en el tiempo de observación como en el número de casos.

En cuanto a esta última cuestión, hay que decir que no existe un número de casos o unidades de estudio establecidos para el EC, dado que su fin no es el análisis de población, por lo que no hay normas precisas para el tamaño de la muestra dado que el fin del EC (Patton, 1990). Ahora bien, “un número entre 4 y 10 casos por lo general funciona bien” (Eisenhardt, 1989, p. 545). Se entiende así que si el volumen de casos es menor de 4 es difícil generar teoría y que por otro lado, si se analizan más de 10 casos el volumen de información es difícil de analizar (Chaverra *et al.*, 2019).

### 2.9.3. Diseño del caso

Para diseñar el caso, un primer paso sería la elección entre las distintas tipologías existentes (exploratoria, descriptiva, o explicativa) en función del objetivo del estudio (Yin, 2014). Este mismo autor, propone como segundo paso, elegir entre un caso de tipo único o integrado. Una vez se ha enmarcado el EC dentro de las distintas clasificaciones existentes, Yin (2014) propone diseñar el modo en que serán escogidos los datos y posteriormente analizados. Sin embargo, (Simons, 2011; Stake, 2005) proponen que esta fase quede más abierta dado que a lo largo de la investigación, puedan surgir nuevos problemas que provoquen que el diseño deba ser replanteado (Simons, 2011). En la figura 1.6, se observan los tipos de estudio de caso:

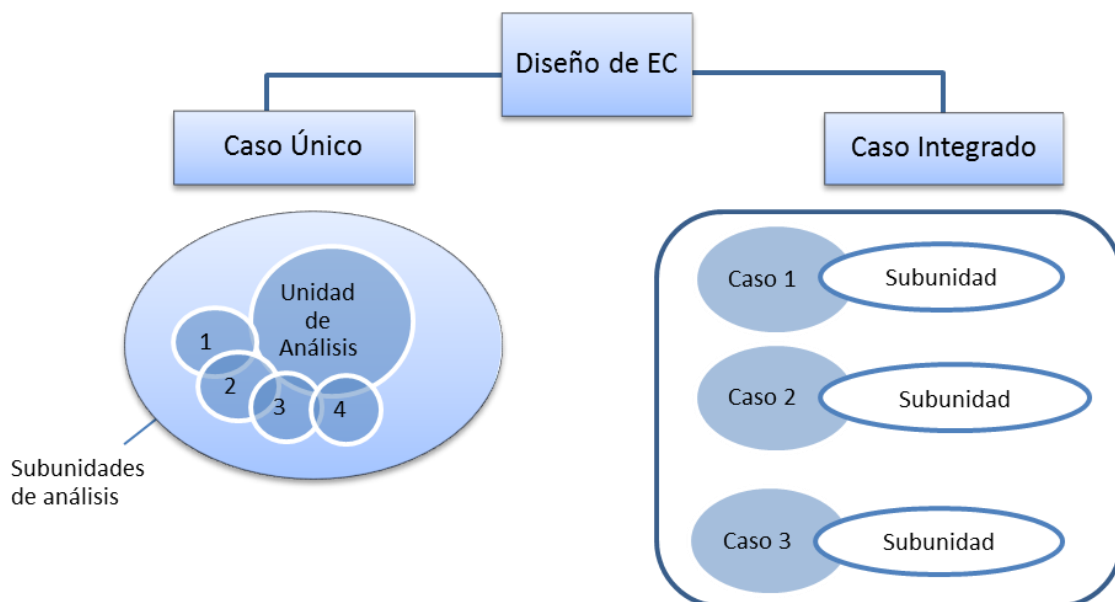


Figura 1.6: Fase de Diseño del EC (extraído de Yin, 2006).

### 2.9.4. Preparación de la recolección de datos

La siguiente etapa viene determinada por la preparación para recoger los datos (Yin, 2014) y el acceso al campo de estudio (Simons, 2011; Stake, 2005). Para que los



procesos de recolección de datos esté estandarizada y pueda dar validez a la investigación es necesario trazar un plan de acción o protocolo (Miles & Huberman, 1994; Yin, 2006).

Este protocolo debe contener los instrumentos que serán utilizados y los procedimientos generales que se seguirán, siendo imperativo para un estudio de casos múltiples y recomendable en un caso singular (Yin, 2014). En el protocolo se debe informar a las personas involucradas sobre el esfuerzo y tiempo aproximado que dedicarán al estudio y el uso que se hará de la información extraída (Miles & Huberman, 1994). Este protocolo debe contar con cuatro secciones según Yin (2014):

- Propósito general del estudio de caso: objetivos, relevancia de la investigación y marco teórico entre otras cuestiones de carácter general.
- Procedimiento de campo: estrategias metodológicas que serán seguidas, cronograma, consolidar fuentes de información, etc.
- Cuestiones del estudio: Cuestiones que deben ser tratadas, aspectos concretos o específicos a tener en cuenta en la obtención de datos y catalogar cada fuente de información en función de lo que se desea obtener de ella.
- Guía del informe de caso: estilo literario del informe, tipología del informe y especificación de la bibliografía.

#### **2.9.5. La recolección de datos**

La recolección de datos puede realizarse usando herramientas variadas: documentos, registros, entrevistas abiertas o estructuradas, observación directa, entrevistas focales, grabaciones de audio o vídeo o foros de debate (Álvarez & San Fabián, 2012; Tellis, 1997; Yin, 2017). Es importante en esta etapa, que las fuentes de información sean variadas para poder llevar a cabo el procedimiento de la triangulación y así contrastar las fuentes (Álvarez & San Fabián, 2012; Simons, 2011; Stake, 2005; Yin, 2014).

La calidad de los datos de la investigación debe regirse por los criterios de validez de constructos, interna, externa o fiabilidad propuesta por Yin (2014) o los que toma Simons (2011) de credibilidad, transferibilidad, confiabilidad y confirmabilidad.

El uso de un único método o enfoque de investigación puede dar lugar a distintos sesgos (Oppermann, 2000), a no ser que sean “triangulados” con otros métodos o enfoques (Paul, 1996). El término triangulación es propuesto por Webb *et al.* (1966), para describir como la utilización de distintas perspectivas facilita al observador centrarse en lo que realmente busca. Por otro lado, Denzin (1978) propuso cuatro tipos de triangulación fundamental: de datos, de investigadores, de teorías y de métodos. También incluye una quinta, como posible combinación de las anteriores. Esta clasificación es ampliamente aceptada (Aguilar & Barroso, 2015; Mathison, 1988; Oppermann, 2000; Paul, 1996; Simons, 2011) (véase figura 1.7).

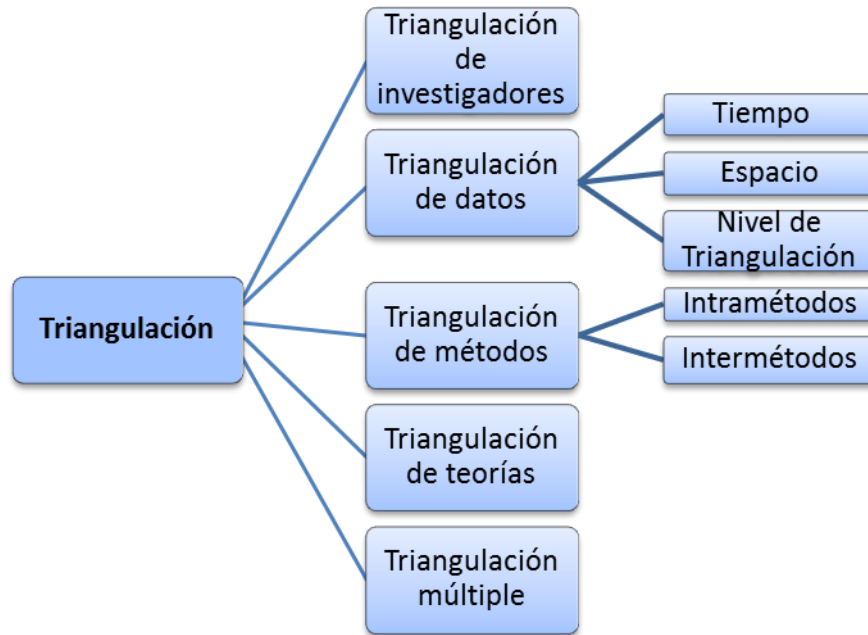


Figura 1.7: Tipos de triangulación (Elaboración propia a partir de Aguilar & Barroso (2015); Mathison (1988); Oppermann (2000); Paul (1996); Simons (2011))

Las características fundamentales de cada tipo de triangulación son:

- Triangulación de investigador: Si es posible deben intervenir varios observadores que triangulen los datos y así eliminar el sesgo que puede dar un único investigador. Esta triangulación también ha sido denominada “verificación intersubjetiva” (Aguilar & Barroso, 2015; Morse & Chung, 2003; Pérez, 2000).
- Triangulación de la teoría: Se debe partir de distintos marcos de referencia, que pueden ser incluso antagónicos, para así tener una visión más completa (Aguilar & Barroso, 2015).
- Triangulación de las fuentes de datos: Hace referencia a una recogida usando métodos y técnicas diferentes que permita contrastar la información recibida. La triangulación de datos puede ser a su vez (Aguilar & Barroso, 2015; Pérez, 2000):
  - Temporal: Recogida de datos en distintos momentos para comprobar la constancia de los resultados.
  - Espacial: Recogida de datos en distintos lugares para comprobar coincidencias.
  - Personal (o de nivel) : Los sujetos de la muestra deben ser diferentes , y al menos debe haber dos o tres niveles de persona (individuos, parejas, familias, grupos...) (Vallejo & Finol, 2009).

Denzin (1978), también incorpora distintos niveles de triangulación de datos:

- Agregado: Características del fenómeno sin tener en cuenta vínculos sociales.
- Interactivo: La unidad de análisis va más allá de la persona y el grupo, centrándose en la interacción.
- Colectivo: Se lleva a cabo un estudio estructural-funcional, siendo la unidad de estudio el grupo.
- Triangulación de metodologías: Este tipo de triangulación ofrece la oportunidad de mejorar el análisis sintetizando los resultados derivados de usar distintos métodos (Paul, 1996). Su fundamento se centra en tomar los métodos como herramientas y que ello facilite la comprensión del fenómeno (Aguilar & Barroso, 2015). A su vez existen tres categorías:
  - Triangulación intramétodo: Usar un mismo método de forma reiterada en el tiempo aun usando distintas técnicas de recogida y análisis de métodos. Con ello se pretende comprobar la fiabilidad y validez de la primera información obtenida (Aguilar & Barroso, 2015).
  - Triangulación intermétodos (entre métodos): Combina métodos cualitativos o cuantitativos en la medición de una misma unidad de estudio (Aguilar & Barroso, 2015). Estos métodos pueden ser complementarios y combinados, aunque deben permitir un programa de investigación sistemático en la que cada método permita generar un estudio completo y éste indique la dirección del siguiente (Morse & Chung, 2003).
  - Triangulación múltiple: Ésta puede ser considerada un tipo de triangulación en sí misma, dado que utiliza distintos tipos de triangulación (metodológica, teórica, de datos y de observadores) usando además, más de un nivel de análisis (Aguilar & Barroso, 2015).

Aunque menos conocidas, además del proceso de triangulación, existen otras estrategias para garantizar la credibilidad de los datos como son la contextualización, la saturación y la negociación con los implicados (Álvarez & San Fabián, 2012):

- Contextualización: En aquellos EC de orientación etnográfica, es necesario comprender el contexto social en el que ocurren. Para ello es necesario suministrar contexto al lector del caso para portar las realidades concretas del caso (Velasco & Díaz de Rada, 2006).
- Saturación: Consiste en agotar las estrategias de búsqueda de información sobre el caso (preguntar a los informantes, analizar documentos, analizar los que la propia investigación genera...), siendo necesario repetir alguna de las

estrategias para corroborar que los resultados se mantienen en el tiempo (Álvarez & San Fabián, 2012).

- Negociación con los implicados: La negociación entre los agentes, de forma que se cruzan los resultados de la investigación y la opinión de los implicados, aporta validez a dichos resultados (Álvarez & San Fabián, 2012). Si las personas que intervienen en el manejo de la información la aceptan como “justa, relevante y precisa” están asegurando la credibilidad de la misma (González Riaño, 1994).

### 2.9.6. Análisis e interpretación de datos

El análisis de datos es diferente dentro de un caso individual y entre los casos en su conjunto.

- Análisis individual de datos

En el análisis individual de datos del caso, el objetivo fundamental es dar con la vinculación existente entre los datos y las hipótesis planteadas, aunque hay que tener en cuenta que la triangulación en la recogida de datos supone en sí misma un proceso analítico (Eisenhardt, 1989; Maxwell, 1998). Para ello, Miles & Huberman (1994) plantean cinco reglas: 1) Tabulación de datos; 2) Elaborar matrices de categorías para realizar análisis cruzados de evidencias; 3) Creación de gráficos que aporten evidencias; 4) Tabulación de frecuencias de patrones que se repiten con ayuda de indicadores estadísticos; 5) Clasificación de la información en orden cronológico.

No obstante, estas reglas tan solo permiten realizar una clasificación y ordenación de los datos para facilitar el verdadero análisis (Yin, 2014).

- Análisis global de datos en el conjunto de los casos.

Autores como Simons (2011) y Stake (2005) establecen el análisis global del caso a partir de una categorización y su codificación desde la perspectiva constructivista fundamentada en los hechos (Chamarz, 2006). Así, estos autores plantean una investigación abierta y flexible donde la introspección del investigador sobre el caso es de gran importancia (Simons, 2011; Stake, 2005).

En el extremo contrario se encuentra Yin (2014), planteando un enfoque mucho más protocolario, concretando al máximo cada fracción del estudio de caso, y haciendo un símil con una sucesión de diseños experimentales o cuasi-experimentales, que busca la inducción lógica mediante la réplica y la generalización analítica (Bonache, 1999). Para ello, Yin (2014) establece cuatro estrategias específicas de análisis:

- Búsqueda de patrón de comportamiento común (“patterns matching”): Consiste en el proceso analítico de búsqueda de patrones de forma empírica a

partir de otro preestablecido (Yin, 2014), realizando un ajuste de patrones (Trochim, 1989).

- Creación de explicación (“explanation building”). En los casos únicos o el primero de uno múltiple, se trata de buscar una convergencia hacia una secuencia lógica que nos permita explicar el caso. En los estudio de caso múltiples, esta convergencia permite generar una hipótesis para los casos sucesivos y con el propio caso confirmar o no la explicación propuesta. Este paso se realizaría sucesivamente, apoyado siempre sobre los datos previamente obtenidos (Yin,1982, 2014).
- Análisis de serie temporal: Proceso similar al realizable con experimentos o cuasi-experimentos para poder extraer resultados estadísticos que permite aportar una prueba empírica a los patrones establecidos (Yin, 2014).
- Desarrollo de modelos lógicos: Al combinar la búsqueda de patrones con el análisis temporal es posible configurar un modelo que aporte un patrón temporal que establezca relaciones causales entre las variables investigadas (Yin, 2014).

### 2.9.7. Consideraciones y comunicación del caso

En esta etapa del estudio de caso se extraen las conclusiones del caso, sus implicaciones y las posibilidades de extrapolar los resultados a otros contextos. La relevancia de estas conclusiones en gran medida dependerá de la fiabilidad y validez de los resultados que puedan ser evaluadas con las cuatro pruebas de Yin (2014): validez constructiva, validez interna, validez externa y fiabilidad.

En la tabla 1.5, se pueden consultar las distintas estrategias/tácticas según el tipo de triangulación y la etapa en la que se llevan a cabo:

Tabla 1.5. Elaboración propia a partir de Maxwell (1996) y Yin (2014):

	Triangulación	Estrategia/táctica	Etapa de la invest.
Validez del constructo	Teórica	Análisis inicial del contexto y marco teórico	Revisión de la literatura
		Usar marcos teóricos diferentes e incluso antagónicos	
		Resumen de los factores explicativos fundamentales	
	Investigador	Revisión del borrador de la investigación por parte de los expertos	Diseño de la invest
	Metodológica	Uso de estrategias diferentes en la recogida de datos (intermétodos) o un método de forma reiterada (intermétodo)	Recogida de datos
		Revisión de documentos	
		Realización de entrevistas	
Observación directa			
De Datos	Utilización de múltiples fuentes de información:		

		Tipología Variada (documentación, archivos, entrevistas, cuestionarios, contexto físico real)	
		Diversidad de informadores	
		Evaluación crítica de los datos según las cuentas	
		Utilización de técnicas diferentes:	
		Recogida de datos en distintos momentos (triangulación temporal)	
		Recogida de datos en distintos lugares (triangulación espacial)	
		Recogida de datos a distintos niveles (triangulación de nivel)	
<b>Múltiple</b>	Proceso simultáneo de recogida y análisis de datos	Recogida de datos y análisis	
	Establecer cadena de evidencia	Análisis de datos	
	Retroalimentación y contacto interactivo con los informadores/investigados		
	Revisión del informe por informadores y otros investigadores	Conclusiones y comunicación del caso	
	Flexibilidad general en la construcción de la investigación y el modelo estructural inicial		
<b>Validez interna</b>	<b>De Datos</b>	Patrón de comportamiento común	Análisis de datos
		Creación de explicación	
		Análisis de series temporales	
		Modelos lógicos	
<b>Validez externa</b>	<b>Teórica</b>	Usar teorías rivales en cada caso	Diseño de la invest.
<b>Fiabilidad</b>	<b>Metodológica</b>	Realizar un protocolo de estudio	Recogida de datos
		Desarrollar base de datos	

Por último en el informe final del estudio de caso se debe recoger toda la información utilizada y extraída en cada una de las etapas anteriores (Yin, 2014). Se pretende crear un relato global a partir de informaciones parciales (Álvarez & San Fabián, 2012). La dificultad real se encuentra en la organización de los significados, para dar con los que sirven de guía y los que sirven de soporte para el resto (Moen, 2006).

### 2.10. Reflexión sobre el EC aplicado a una IBD

Tras la exposición de este capítulo, es posible hacerse una idea de la trayectoria del EC como metodología aplicada a la educación. Los métodos propios del EC nos aportan una justificación sólida sobre los procedimientos a llevar a cabo dentro de nuestra investigación basada en el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje. A pesar de que la IBD y el EC no son comparables entre ellas, con diferencias muy notables como el carácter intervencionista de la IBD frente al carácter observatorio del EC, no

implica que el rigor y la fiabilidad de los datos que aportan los métodos propios del EC, no sirvan de gran ayuda para elaborar una IBD. De esta forma, para este trabajo, el EC no es utilizado como metodología, sino que se utilizan las técnicas utilizadas para su estudio. Estas técnicas han sido utilizadas para el análisis detallado de la implementación de la secuencia de enseñanza y aprendizaje, como una parte de la IBD, que también abarca el diseño de dicha secuencia y la evaluación de la secuencia.

Para ello, se han utilizado los métodos propios de un estudio de caso que está caracterizado por ser de tipo explicativo. Además intentar explicar las relaciones existentes dentro del propio caso y establecer las relaciones existentes dentro del propio caso con las que inicialmente no se contaba. Por otro lado, según su diseño el EC utilizado no se centra únicamente en un tipo, de forma que se mueven entre el carácter holístico e integrado, ya que busca comprender el fenómeno en su globalidad pero también dar respuesta a fenómenos concretos dentro del propio caso. Finalmente se trabaja con un caso único, dado que solo se analizará utilizando los métodos del estudio caso, la implementación de la secuencia con el grupo inicial de alumnos y alumnas. Es necesario aclarar, que para esta investigación no resulta trascendental la clasificación del estudio de caso en sí mismo, dado que lo fundamental son los métodos utilizados este para nuestra investigación. Esta clasificación si que resulta de interés para concretar las técnicas utilizadas para las preguntas a las que pretende dar respuesta la investigación, siendo una parte fundamental lo sucedido en la implementación de la secuencia.

A partir de aquí ya se cuenta con las técnicas de análisis para la investigación basada en el diseño de la secuencia de enseñanza y aprendizaje. El siguiente paso es ofrecer el soporte teórico sobre el marco de contenidos de enseñanza de las ciencias en las que se va a centrar este estudio, en este caso, las prácticas científicas de indagación y argumentación.

### **3. PRÁCTICAS CIENTÍFICAS (INDAGACIÓN Y ARGUMENTACIÓN) Y COMPETENCIA CIENTÍFICA**

#### **3.1. Introducción**

Como se ha visto en el capítulo 1 de este trabajo, la IBD se basa en el diseño, implementación y evaluación de una SEA con dos tipos de objetivos: el aprendizaje de la ciencia por parte del alumnado y por otro ser fuente de conocimiento en la investigación de la enseñanza de las ciencias. En los capítulos anteriores se ha dado fundamento teórico a esta metodología de la IBD y por otro lado, a las técnicas propias del EC que utilizaremos para llevarla a cabo.

En este capítulo al fin, se aborda el aprendizaje concreto en ciencias sobre el que se diseñó la SEA que posteriormente fue implementada, analizada y evaluada. El marco en el que se trabaja son las prácticas científicas de indagación y argumentación en enseñanza secundaria en España. Ahora bien, para la elaboración de la SEA que va a ser objeto de estudio en la IBD, no solo han sido objeto de estudio por nuestra parte las prácticas científicas de indagación y argumentación, sino que son la parte más concreta, y podría decirse también profunda, de la investigación. Para alcanzar este objetivo es necesario partir de un rango mucho más amplio, la competencia científica, que además es de gran utilidad para poder evaluar la IBD en su globalidad y no solo a partir de los resultados de aprendizaje en indagación y argumentación del alumnado con los que se implementa el trabajo.

Sin perder de vista que se lleva a cabo una investigación sobre indagación y argumentación, se ha tomado como marco de referencia para el diseño secuencias de enseñanza y aprendizaje los objetivos que se marcan en los últimos informes PISA de 2015 y 2018. Con todo ello, en el presente capítulo se tratará lo que PISA concibe como competencia científica y los cuatro aspectos que conforman su evaluación: contextos, competencias científicas, conocimientos y actitudes. Dentro de estas son claves las competencias científicas, y a partir de las cuáles son utilizadas las prácticas científicas, entre las que se encuentran las de indagación y argumentación.

De esta forma el capítulo contará con tres puntos clave que son: competencia científica y evaluación de la competencia, indagación y argumentación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

#### **3.2. Competencia científica**

Para comenzar a hablar de la competencia científica es necesario dar una pequeña aclaración sobre esta terminología. Es común encontrar en la bibliografía el término de alfabetización científica, aunque desde hace unos años este término ha sido sustituido por el de “competencia científica” y es usado de forma equivalente, dado que (Pedrinaci, 2012), entendiéndose que, una persona alfabetizada científicamente también es científicamente competente (Pedrinaci, 2013). Por ello, sin entrar en el debate del cambio conceptual que conlleva el paso de uno a otro, y para mantener la originalidad de lo publicado en la bibliografía, en este trabajo se utilizará el término de



“alfabetización científica” entendido como “competencia científica”, siempre y cuando, claro está, la fuente de origen esté haciendo uso de este término en el sentido que finalmente ha adquirido.

El origen de las bases de la alfabetización científica viene estableciéndose desde la segunda mitad del siglo XX, cuando los expertos comenzaron a solicitar una educación en ciencias entre el alumnado que les permitiera desarrollarse plenamente en la sociedad (Romero-Ariza, 2017; Woods-McConney *et al.*, 2014). A día de hoy uno de los objetivos fundamentales a nivel internacional ante los retos que se plantean es la competencia científica (OCDE, 2016a). Algunos de estos retos también surgen a nivel local siendo los ciudadanos quienes deciden, y por ello es importante ofrecer una educación en ciencias que favorezca la competencia científica<sup>1</sup> y permita alcanzar una sociedad científicamente alfabetizada (Romero-Ariza, 2017) como planteaba la Unión Europea en su informe H2020 (OCDE, 2016a).

A pesar de que la idea de ciencia como un conocimiento eminentemente teórico aún perdura en las aulas, y la definición de competencia científica en el currículo español tiene carencia en cuanto a la limitación a una habilidad (Pedrinaci *et al.*, 2012), la investigación en didáctica de las ciencias sigue insistiendo en que la enseñanza de la ciencia no se reduce a la producción teórica sino que debe incluir la actividad de generarla dicha producción (Couso, 2020). Por ello, en las últimas décadas algunos enfoques didácticos han evolucionado para cumplir con objetivos concretos (Hodson, 2014), siendo una de las razones la importancia y desarrollo que ha tenido la evaluación de la competencia científica en las pruebas PISA de 2015 y 2019 (OCDE, 2016, 2019).

El programa *Programme for International Student Assessment*, conocido como PISA por sus siglas en inglés (OCDE, 2009) trata de un estudio a nivel mundial que cada tres años evalúa los conocimientos y habilidades en las materias de ciencia, lectura y matemáticas necesarias para participar en una sociedad moderna (OCDE, 2016b). El objetivo fundamental de este programa es fomentar el desarrollo de la competencia científica, en la que se distinguen cuatro componentes: contextos, conocimientos, actitudes y competencias científicas. El sistema se centra en el desarrollo de estas competencias científicas, que son tres: explicar fenómenos científicamente, evaluar y diseñar experimentos y preguntas científicas e interpretar datos y pruebas científicas. A su vez se consideran tres modalidades de conocimiento científico: del contenido, procedimental y epistémico. En la Figura 1.8 se muestran los elementos que forma la competencia científica:

---

<sup>1</sup> Como se analizará en este capítulo, PISA (2015) utiliza el término de competencia científica para englobar los aspectos de “contexto”, “competencias científicas”, “conocimientos” y “actitudes”. Por ello es importante aclarar que hablar de las “competencias científicas” no es lo mismo que hablar de la “competencia científica” (esta última incluye a las otras), y así se llevará a cabo en todo el trabajo.

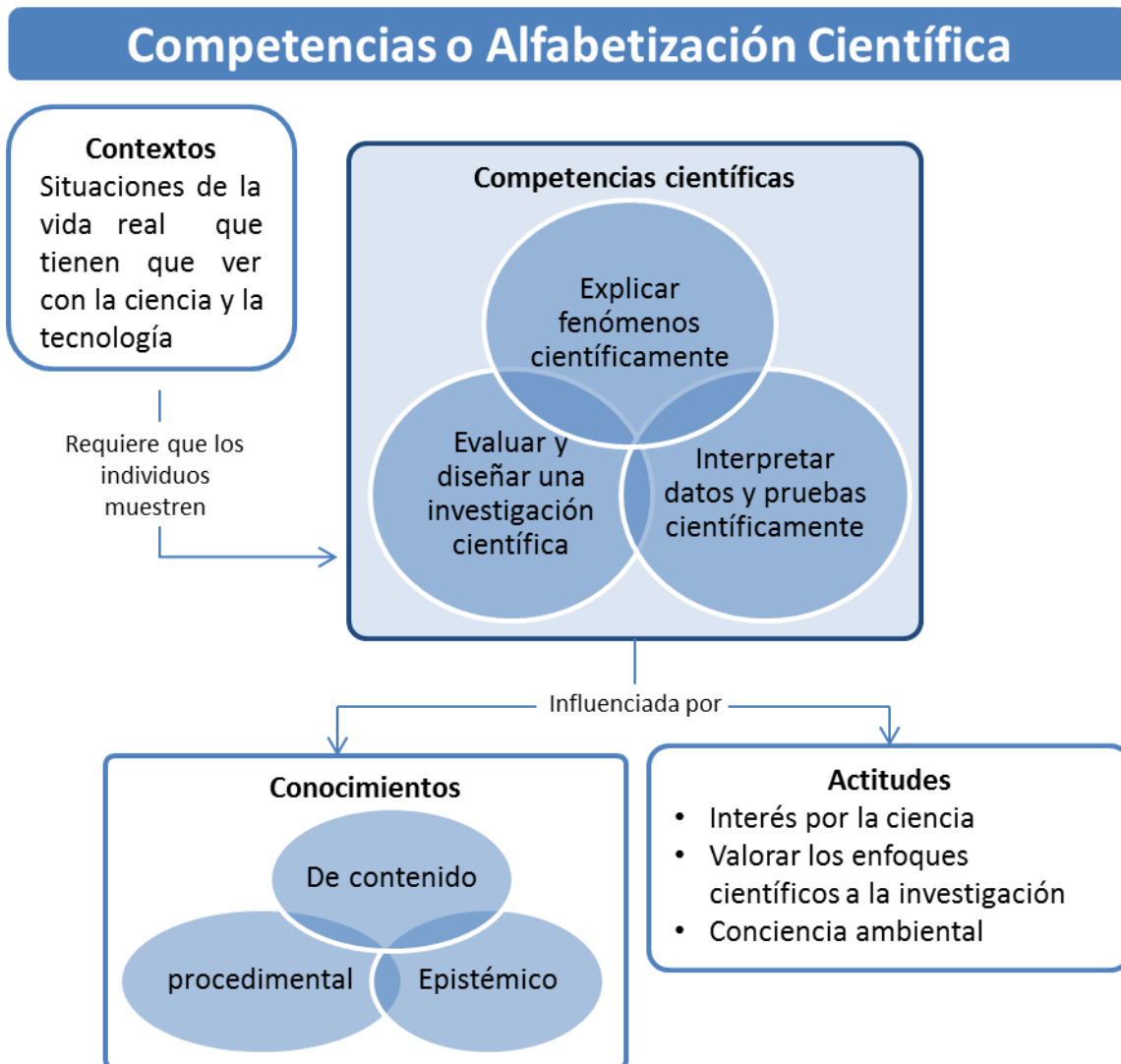


Figura 1.8: Componentes de la competencia científica (Elaborado a partir de (OCDE, 2016a).

De esta forma, PISA evalúa como competencia científica si un estudiante es capaz de usar los valores y la información que posee y comprende la naturaleza del conocimiento científico (Rosales Ortega *et al.*, 2020), así se premia la aplicación del conocimiento frente a la memorización (Gallardo-Gil *et al.*, 2010). Para ello, una de las herramientas que utiliza el proyecto PISA es el uso de contextos en sus preguntas, de esta manera, se analiza la forma que tienen los estudiantes de aplicar conceptos a la vida diaria (OCDE, 2009).

### 3.2.1. La importancia de la contextualización en los problemas de ciencias

El enfoque didáctico de la enseñanza de la ciencia basada en contextos, consiste en estructurar la enseñanza sobre una situación del mundo real (King & Ritchie, 2012) y su relación con la vida cotidiana del estudiantado (Caamaño, 2018). Los conceptos científicos son explicados o expuestos a medida que surgen en la comprensión de la situación que se ha planteado (Muñoz Campos *et al.*, 2020). Asimismo, trabajar en un contexto determinado permite más fácilmente trasladar lo aprendido a otro contexto que con un aprendizaje descontextualizado (Gilbert, 2006; King & Ritchie, 2012). Dado

que los conceptos surgen de una situación de la vida real, permite observar la presencia de la ciencia en contextos cotidianos (Chamizo & Izquierdo, 2005). Esta conexión entre lo que se aprende en la escuela y lo que ocurre fuera de ella entre la ciencia y la vida diaria del alumnado provoca un aumento del interés (Gilbert, 2006; Sanmartí, & Márquez, 2017). Así, los contextos son necesarios para estimular al alumnado y también sirven como herramienta para ayudarle a entender distintos fenómenos (Rosales Ortega *et al.*, 2020).

Las teorías de aprendizaje cognitivas consideran el conocimiento como una entidad abstracta que se construye mediante modelos mentales (Pozo, 1989). La enseñanza a través de la contextualización, por el contrario, se basa en la teoría del aprendizaje situado (Caamaño, 2018). Esta visión del aprendizaje subraya la importancia de la situación y el contexto y se encuentra dentro de las características básicas del aprendizaje constructivista que se citan en Mandl & Koop (2006).

En PISA 2015, las preguntas de evaluación se agrupan en tres grupos: contextos personales, locales y globales. Estos contextos hacen referencia a la tipología de problemas que se plantean en la evaluación, aunque la evaluación de PISA no es una evaluación de contextos, sino que se evalúan las competencias dentro de contextos específicos (OCDE, 2016a). Ahora bien, en nuestra investigación, se quiere analizar si la elección del contexto es oportuna para el desarrollo de la SEA. Por ello es necesario conocer la tipología de los contextos tanto según su utilidad y también según la tipología en relación con el alumnado.

Caamaño (2018) diferencia tres enfoques del uso de la enseñanza de la ciencia a través del contexto: (A) Partir de los conceptos para interpretar y explicar el contexto; (B) Partir del contexto para después desarrollar los conceptos; (C) Partir de un contexto para llegar a los conceptos y después aplicarlos en la explicación de nuevos contextos. Estos tres enfoques no están planteados por Caamaño (2018) de forma escalonada en dificultad, aunque podría considerarse que el último de ellos va un paso más allá al incluir los dos procesos anteriores (Figura 1.9)

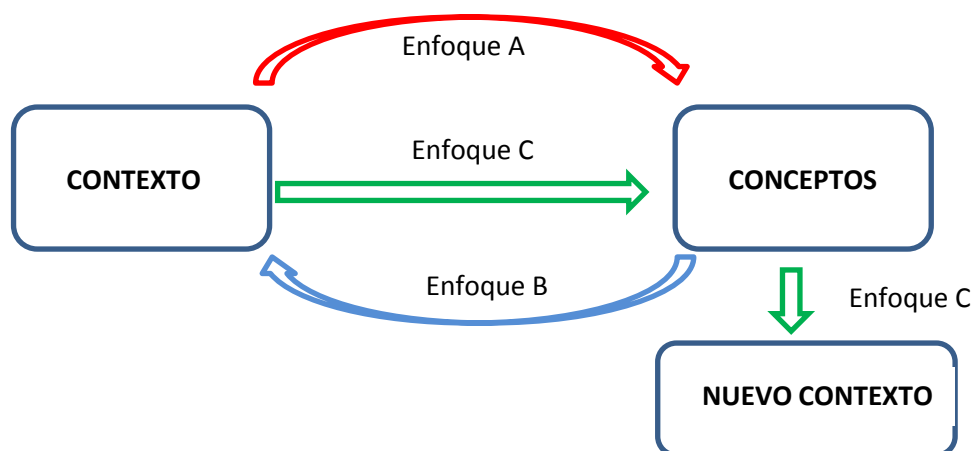


Figura 1.9. Enfoques en la utilización de los contextos. Realizado a partir de Caamaño (2018).

En la investigación que se afronta en este trabajo se pretende trabajar la contextualización de la ciencia desde esta óptica, es decir, partiendo de un contexto,

alcanzar algunos conceptos para posteriormente poder aplicar en contextos distintos. Esta idea de usar un contexto para llegar hasta otro es lo que Litwin (2008) expresa como “contextualizar, descontextualizar y recontextualizar”.

Los contextos también se pueden clasificar según la influencia que ejercen sobre el alumnado. Rosales Ortega *et al.* (2020) realiza una clasificación en base a la propuesta de Díaz & Poblete (2001), centrada en la utilidad del contexto para el aprendizaje y la atracción del alumnado:

- Cotidiano: Están presentes en la vida diaria del alumnado y están en contacto con ellos asiduamente.
- Utilitario: No están presentes a diario en la vida del estudiante pero son útiles, realistas y son susceptibles de producirse.
- Aficiones y ocio: Relacionados con actividades de ocio del alumnado para realizarlos a partir de la diversión y el disfrute.
- Fantasía: Producto de la imaginación y que no corresponde a una situación real
- Académico: No tienen por qué estar en el día a día del alumnado y no tienen un reflejo fuera del ámbito escolar.

Para esta investigación se ha optado por trabajar un contexto de tipo utilitario, que a su vez es el más repetido (hasta en el 48% de las ocasiones) en las pruebas PISA (Rosales Ortega *et al.* 2020).

El profesorado debe elegir cuidadosamente un contexto adecuado para conseguir atraer la atención del alumnado (Avargil *et al.*, 2012; Romero Ariza & Quesada, 2015). El contexto sobre el que trabaja además de ser cercano a la vida del estudiante debe servir como manantial de las ideas científicas que se busque trabajar (Dori *et al.*, 2018). Así, se genera la necesidad de saber y con ello se facilita un aprendizaje significativo (Ültay & Çalik, 2012). Por otro lado, es importante no limitar un conocimiento o aprendizaje a un único contexto, para no asociar dicho conocimiento únicamente a esa experiencia (Sanmartí, & Márquez, 2017).

En definitiva, el enfoque de la enseñanza en ciencia a través de la contextualización busca concienciar a los estudiantes sobre la importancia de la utilidad y la importancia de las ciencias en el mundo actual y al mismo tiempo, facilitar el aprendizaje (Caamaño, 2011). La investigación que se aborda en este trabajo se apoya en una actividad contextualizada del mundo real que el alumnado debe solventar y por ello se pretende analizar el contexto utilizado dentro de la IBD.

### **3.2.2. Conocimientos científicos**

En la adquisición de la competencia científica es importante aclarar la tipología de conocimientos que interfieren. PISA incluyó hasta el año 2015 dos modalidades de conocimiento: conocimiento de la ciencia y conocimiento sobre la ciencia. Sin embargo, a partir de 2015, el conocimiento sobre la ciencia se especificó más y se

dividió en conocimientos procedimental y epistémico (Vázquez-Alonso & Manassero, 2018). De esta forma, desde 2015 PISA evalúa tres modalidades de conocimiento (OCDE, 2016a, 2019):

**Conocimiento del contenido:** consiste en la comprensión de las teorías, ideas, conceptos y hechos que forman la base del conocimiento científico actual y que han servido para dar explicación al mundo natural. En PISA, estos conocimientos se agrupan en conocimiento de “sistemas físicos, vivos y terrestre y espaciales”. Con ello podría decirse que el conocimiento del contenido hace referencia al conocimiento más tradicional de las leyes y teorías científicas.

**Conocimiento procedimental:** se centra en el conocimiento de las prácticas en las que se basa la investigación experimental o empírica. El conocimiento procedimental también ha sido llamado “concepto de pruebas” (Gott *et al.*, 2008; Millar, 1995), pudiéndose entender como el conocimiento de los procedimientos estándar que usan los científicos para obtener resultados válidos y fiables (OCDE, 2016a). Alguno de los ejemplos más importantes de estos conocimientos se recogen en la tabla 1.6. extraída del informe PISA 2015:

Tabla 1.6. Conocimientos procedimentales. Extraída del informe PISA 2015 (OCDE, 2016a).

Conocimientos procedimentales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El concepto de variables, incluyendo las variables dependientes e independientes y las de control.</li> <li>• Los conceptos de medición, por ejemplo, cuantitativo (mediciones), cualitativo (observaciones), el uso de una escala, las variables categóricas y continuas.</li> <li>• Formas de evaluación y minimización de la incertidumbre, tales como la repetición y un promedio de las mediciones.</li> <li>• Los mecanismos para asegurar la replicabilidad (grado de concordancia entre mediciones repetidas de la misma cantidad) y exactitud de los datos (el grado de coincidencia entre una cantidad medida y un verdadero valor de la medida).</li> <li>• Las formas más comunes de la abstracción y la representación de los datos usando tablas y gráficos, y usarlas de manera apropiada.</li> <li>• La estrategia de control de variables y su papel en el diseño experimental o el uso de ensayos controlados aleatorios para evitar resultados enmascarados e identificar posibles mecanismos causales.</li> <li>• La naturaleza de un diseño apropiado para una cuestión científica dada, por ejemplo experimental, basado en el campo o el patrón de búsqueda.</li> </ul>

**Conocimiento epistémico:** agrupa el conocimiento sobre la función los constructos específicos y las características esenciales en la construcción del conocimiento científico (Duschl, 2007), es decir, la comprensión de las preguntas, teorías, hipótesis, modelos y argumentos dentro de la ciencia (Rosales Ortega *et al.*, 2020). Esta modalidad de conocimiento pretende que el alumnado sea capaz de pensar y razonar (Vázquez-Alonso & Manassero, 2018), acercándose así a la idea de alfabetización científica (Pedrinaci, 2013). Un individuo con conocimiento científico debe saber que los científicos se basan en datos para adquirir conocimiento. Por ello el conocimiento epistémico aporta la base para los procedimientos y prácticas utilizadas por los científicos. Las principales características del conocimiento epistémico se recogen en la tabla 1.7, extraída del informe:

Tabla 1.7. Conocimiento Epistémico. Extraída del informe PISA 2015 (OCDE, 2016a).

<b>Conocimiento epistémico</b>
<p>Los constructos y las características definitorias de la ciencia. Es decir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La naturaleza de las observaciones científicas, hechos, hipótesis, modelos y teorías;</li> <li>• La finalidad y objetivos de la ciencia (producir explicaciones del mundo natural) como diferenciados de la tecnología (producir una solución óptima a las necesidades humanas), y lo que constituye una cuestión científica o tecnológica y los datos apropiados;</li> <li>• Los valores de la ciencia, por ejemplo, un compromiso con la publicación, la objetividad y la eliminación del sesgo; y</li> <li>• La naturaleza del razonamiento utilizado en la ciencia, por ejemplo, deductivo, inductivo, la inferencia a la mejor explicación (abducción), analógico, y basado en modelos.</li> </ul> <p>El papel de estos constructos y características para justificar el conocimiento producido por la ciencia. Es decir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cómo las demandas científicas se apoyan en los datos y el razonamiento en la ciencia;</li> <li>• La función de las diferentes formas de investigación empírica en el conocimiento que se establece, su objetivo (poner a prueba hipótesis explicativas o identificar patrones) y su diseño (observación, experimentos controlados, estudios de correlación);</li> <li>• Cómo afecta el error de medición al grado de confianza en el conocimiento científico;</li> <li>• El uso y el papel de la física, el sistema y los modelos abstractos y sus límites;</li> <li>• El papel de la colaboración y la crítica, y cómo la revisión por pares ayuda a establecer la confianza en las afirmaciones científicas; y</li> <li>• El papel de los conocimientos científicos, junto con otras formas de conocimiento, para identificar y abordar los problemas sociales y tecnológicos.</li> </ul>

Estos conocimientos son los que PISA considera requeridos para adquirir las competencias científicas.

### 3.2.3. Competencias científicas

La formación científica según PISA 2015, y su continuación en PISA (2018), viene definida por tres competencias (OCDE, 2016a, 2019), que se detallan a continuación:

#### C1) Explicar fenómenos científicamente

Esta competencia hace referencia a la capacidad de reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones para una cierta gama de fenómenos naturales y tecnológicos. Esta competencia depende en gran medida del conocimiento de estas ideas o teorías, es decir, del conocimiento del contenido. Sin embargo, también requiere una comprensión del camino recorrido para llegar a dicho conocimiento y los métodos utilizados (conocimiento procedimental) y un entendimiento del papel que juega el propio conocimiento en la justificación de dicho conocimiento (conocimiento epistemológico). Según PISA, esta competencia requiere de una serie de habilidades, que se detallan en la tabla 1.8:

Tabla 1.8. Habilidades de la competencia científica de explicar fenómenos. Extraída del informe PISA 2015 (OCDE, 2016a).

<b>Explicar fenómenos científicamente</b>
<p>Reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones para una gama de fenómenos naturales y tecnológicos que demuestran la capacidad de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recordar y aplicar el conocimiento científico adecuado.</li> </ul>

- Identificar, utilizar y generar modelos explicativos y representaciones.
- Hacer y justificar predicciones adecuadas.
- Ofrecer hipótesis explicativas.
- Explicar las implicaciones potenciales de conocimiento científico para la sociedad.

### C2) Evaluar y diseñar la investigación científica

Para alcanzar esta competencia el ciudadano debe ser capaz de describir y evaluar investigaciones científicas y proponer formas de abordar ciertas cuestiones de forma científica. Según PISA, esta competencia requiere más que un conocimiento del contenido de la ciencia, una comprensión de la forma en la que se establece el conocimiento científico y el grado de confianza de este, es decir, un conocimiento procedimental y epistémico de la ciencia (OCDE, 2016a). Las habilidades que requiere esta competencia se recogen la tabla 1.9.:

Tabla 1.9. Habilidades de la competencia científica de explicar fenómenos. Extraída del informe PISA 2015 (OCDE, 2016a).

<b>Evaluar y diseñar la investigación científica</b>
Describir y evaluar las investigaciones científicas y proponer formas de abordar las cuestiones científicas que demuestran la capacidad de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar la cuestión explorada en un estudio científico dado.</li> <li>• Distinguir cuestiones que podrían investigarse científicamente.</li> <li>• Proponer una forma de explorar científicamente una pregunta determinada.</li> <li>• Evaluar formas de explorar científicamente una pregunta determinada.</li> <li>• Describir y evaluar cómo los científicos aseguran la fiabilidad de los datos, y la objetividad y la generalización de las explicaciones.</li> </ul>

### C3) Interpretar datos y pruebas científicas

Esta competencia requiere del análisis y la evaluación de datos, demandas y argumentos en cierta variedad de representación para poder ofrecer conclusiones de carácter científico adecuadas. Al igual que la competencia anterior, el conocimiento del contenido es necesario, pero son de gran importancia el conocimiento procedimental y epistémico. De esta forma se espera que un ciudadano alfabetizado científicamente, además de saber representar los datos que tienen, deben comprender las incertidumbres inherentes a la toma de datos y la propia medida (conocimiento procedimental). Ahora bien, el alumnado también debe saber juzgar si estos datos son apropiados, adquiriendo un papel importante la argumentación y la crítica en el proceso (conocimiento epistémico). Así, esta competencia incluye el acceso a la información y la evaluación de los argumentos y pruebas científicas (Kuhn, 2010; Osborne, 2010). Las habilidades que requiere esta competencia se recogen la tabla 1.10:

Tabla 1.10. Habilidades de la competencia científica de explicar fenómenos. Extraída del informe PISA 2015 (OCDE, 2016a).

<b>Interpretar datos y pruebas científicamente</b>
Analizar y evaluar los datos científicos, las demandas y los argumentos en una variedad de

representaciones y sacar las conclusiones pertinentes, lo que demuestra la capacidad de:

- Transformar los datos de una representación a otra.
- Analizar e interpretar los datos y sacar conclusiones pertinentes.
- Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos en los textos relacionados con la ciencia.
- Distinguir entre los argumentos que se basan en la teoría y las pruebas científicas, y las basadas en otras consideraciones.
- Evaluar los argumentos y pruebas científicas de diferentes fuentes (por ejemplo, periódicos, Internet, revistas).

### 3.2.4. Demanda cognitiva y evaluación de la competencia científica

La evaluación en PISA se lleva a cabo a partir de tres niveles de lo que se conoce como demanda cognitiva en la evaluación de la alfabetización científica y las tres competencias a adquirir. Es importante no confundir demanda cognitiva con la dificultad de una pregunta. La dificultad, en PISA, se valora según el conocimiento científico de una población en función de las respuestas acertadas, mientras que la demanda cognitiva considera el tipo de proceso mental requerido para responder correctamente las preguntas (Rosales Ortega *et al.*, 2020). Por ello, el informe PISA distingue en sus preguntas entre el tipo de conocimiento que necesitan frente a la demanda cognitiva que exigen. Para ello, se aporta una herramienta de evaluación que valora la demanda cognitiva (en tres grados de profundidad del conocimiento: baja, media y alta) en dos dimensiones simultáneamente, la de competencias y la de conocimientos. Esta herramienta se puede observar en la figura 1.10:

		Competencias			Profundidad del conocimiento		
		Explica fenómenos científicamente	Evalúa y diseña la investigación científica	Interpreta información y evidencias científicas	Bajo	Medio	Alto
Conocimiento	Conocimiento teórico						
	Conocimiento práctico						
	Conocimiento epistemológico						

Figura 1.10. Extraída del informe PISA 2015 (OCDE, 2016a) para evaluar la profundidad del conocimiento para las competencias y los conocimientos científicos. <https://www.oecd.org/pisa/pisa-for-development/PISA-D-Assessment-and-Analytical-Framework-Ebook.pdf>

Rosales Ortega *et al.* (2020) hace un análisis del método de evaluación utilizado en PISA y con ello establece la conexión existente entre la tabla de evaluación de PISA (Figura 1.10.) con la tabla de la Taxonomía de Bloom Revisada (TR). Esta tabla, diseñada por Krathwohl (2002), sintetiza de forma sencilla y concisa lo taxonomía de Bloom, siendo de gran ayuda para su aplicación por parte del profesorado en las aulas, por lo que es importante tenerla presente para la elaboración de la SEA que se pretende llevar a cabo en este trabajo. Corresponde con la tabla 1.11:



Tabla 1.11. Tabla de taxonomía revisada de dos dimensiones (En Rosales Ortega *et al.* (2020) y extraído de Krathwohl (2002).

		Dimensión del proceso cognitivo					
		1.Recordar	2.Comprender	3.Aplicar	4.Analizar	5.Evaluar	6.Crear
Dimensión del conocimiento	A.Objetivo						
	B.Conceptual						
	C.Procedimental						
	D.Metacognitivo						

### 3.2.5. La competencia científica en el diseño de esta IBD

Para acabar este apartado se cree necesario realizar una pequeña síntesis de aquellos aspectos sobre los que más se va a incidir en el diseño de la investigación y de la secuencia de enseñanza aprendizaje que se diseña, implementa y evalúa, principalmente en lo relacionado con el apartado de competencias científicas y conocimientos científicos.

La primera competencia requiere un conocimiento, fundamentalmente, de contenido. Sin embargo, las dos competencias siguientes requieren de una comprensión tanto del procedimiento como de la comprensión y grado de confianza de este, es decir un conocimiento de carácter procedimental y epistémico. Esto ha hecho que algunos autores se hayan mostrado a favor de trabajar la naturaleza de la ciencia (Lederman, 2006), ideas sobre ciencias (Millar & Osborne, 1998) o prácticas científicas (NRC, 2012). Las prácticas científicas suponen la búsqueda de pruebas, la discusión sobre su validez y la posible reconstrucción de estas (Sanmartí, 2020), es decir, las prácticas científicas se pueden agrupar en procesos de indagación, argumentación y modelización (Muñoz Campos *et al.*, 2020). La modelización ha sido estudiada en detalle por autores como Couso (2014) y Gilbert & Justi (2016), sin embargo, por la naturaleza de la investigación a realizar se ha optado por realizar un estudio en detalle de la indagación como proceso de enseñanza-aprendizaje que facilita la adquisición de conocimientos científicos (Bevins & Price, 2016) y la argumentación como práctica científica que permite evaluar enunciados en base a pruebas (Jiménez Aleixandre, 2011), sin abarcar la modelización.

Con ello, se puede establecer el andamiaje dentro del desarrollo de la competencia científica que se va a elaborar esta investigación a partir de la siguiente figura 1.11:

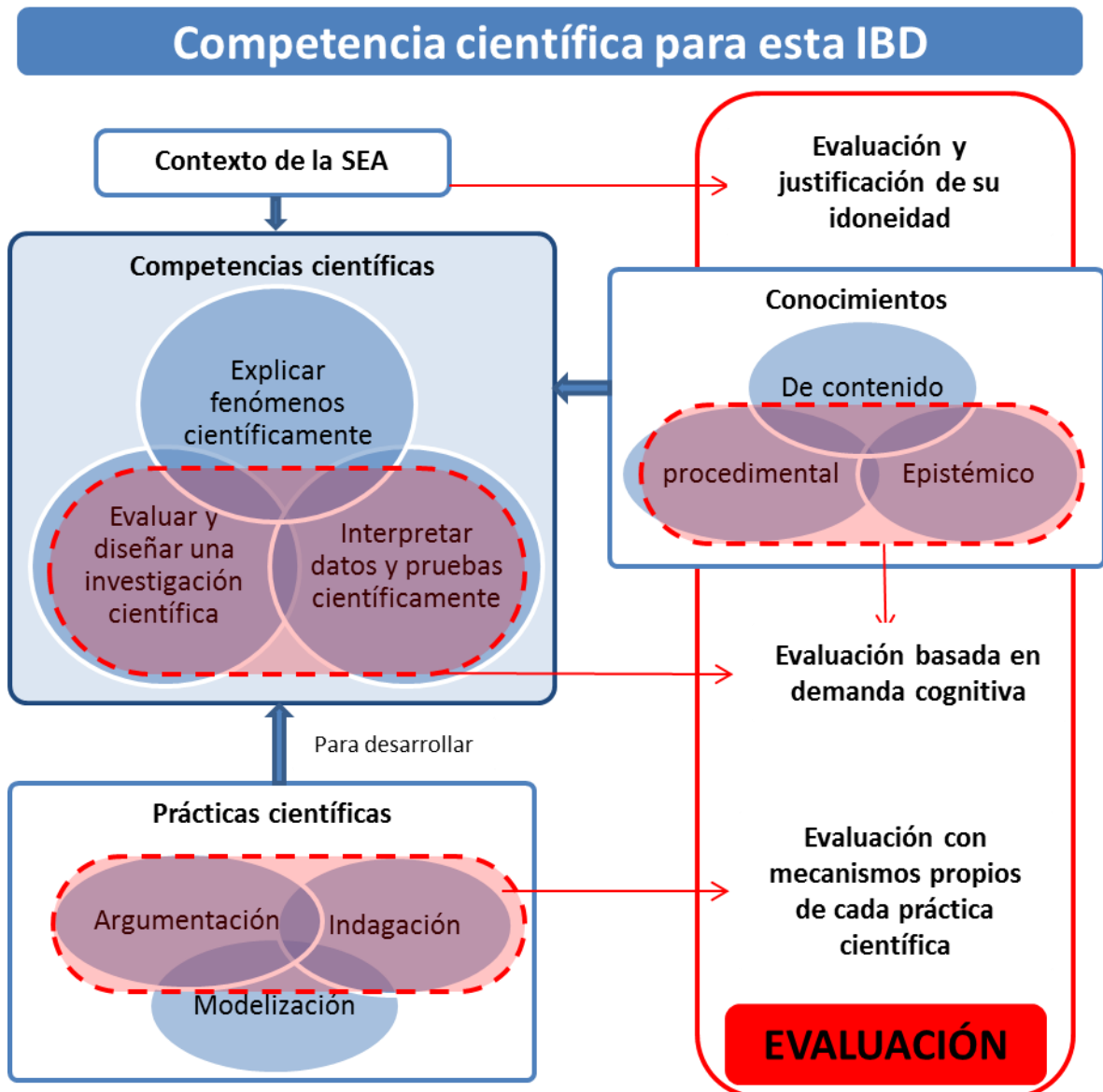


Figura 1.11: Aspectos de la competencia científica a trabajar en el diseño de la investigación y aspectos a evaluar.

Una vez analizada la competencia científica según PISA y esclarecer aquello que es de importancia para esta investigación, es necesario seguir profundizando en el fundamento teórico, y para ello es necesario sumergirse en las prácticas científicas de indagación y argumentación.

### 3.3. La indagación en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias

En la construcción de una fundamentación teórica en el diseño de la IBD, es necesario concretar las metodologías más importantes que se van a trabajar. La indagación supone una de las dos prácticas científicas que se van a desarrollar en esta IBD y dada la amplia trayectoria de esta práctica, se ha creído oportuno realizar un análisis en detalle de esta práctica científica además de una revisión bibliográfica de los trabajos más importantes publicados en España sobre ella.

### 3.3.1. Revisión histórica

La enseñanza basada en indagación tiene su origen en la década de 1930 con J. Dewey (1859-1952) como pionero (Jiménez Aleixandre, 1998). En la década de 1960 con Schwab a la cabeza este enfoque comienza a tener auge en las propuestas para la enseñanza de la ciencia en EEUU (Barrow, 2006) pero no es hasta los años 90 cuando cobra una especial importancia con la publicación de los National Science Education Standards (NRC, 1996, 2000). En Europa, el proceso es similar aunque unos años posterior, tomando el informe de expertos de 2007 “Science Education now: a renew pedagogy for the future of Europe” (Rocard, 2007), como el punto de partida cronológico a partir del cual las metodologías basadas en indagación son consideradas más efectivas que otras de carácter más tradicional. Esto conlleva el desarrollo de proyectos que favorecen este tipo de enseñanza aprendizaje como son: PRIMAS, INQUIRE, MASCI, SALIS, PROFILES, ENGAGE, IRRESISTIBLE o PARRISE (Romero-Ariza, 2017).

En España, la indagación comienza a tener cierta relevancia a partir de la década de 1980. Los primeros trabajos publicados en torno a esta metodología pertenecen a (Cañal & García, 1987) y (Gil Pérez *et al.*, 1988), aunque la terminología usada está lejos todavía de acercarse a lo que hoy consideramos “indagación”. En el caso de (Cañal & García, 1987), trata la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias como una “investigación escolar”, tomando la investigación como un principio didáctico que fomenta el espíritu científico y las habilidades científicas. A su vez pretende que esta práctica educativa recoja los aspectos más importantes del currículo escolar como son los objetivos y los contenidos. (Romero-Ariza, 2017). En el caso de los trabajos de Gil Pérez *et al.* (1988) y Gil Pérez (1990, 1993), se apuesta por una indagación desde la resolución de problemas, en las que se establecen analogías entre la investigación científica y la resolución de problemas, donde el estudiante adquiere el rol de investigador novel y el profesor el del investigador principal (Aguilera *et al.*, 2018).

En la actualidad, la evolución de las prácticas educativas basadas en la indagación, como los estudios realizados sobre indagación por parte de la comunidad científico-investigadora, ha sido acorde a la evolución en otros países, y en consecuencia, nuestro país ha desarrollado programas educativos que proponen la indagación como una metodología a resaltar en la enseñanza de las ciencias. Caben destacar el programa ENCIENDE y el programa ACIERTAS. En el caso del programa ENCIENDE, con origen en la Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE), se promueve la indagación y la experimentación como una parte importante de la enseñanza de las ciencias (Couso *et al.*, 2011). En el caso del programa ACIERTAS (Aprendizaje de las Ciencias por Indagación En Redes Transversales con colaborativas) (ACIERTAS, 2021), con apenas unos meses de vida, y también con raíz en la COSCE, se marcan como objetivos: potenciar las ciencias, compartir el conocimiento generado en las aulas a través de, promover la indagación y fomentar el aprendizaje colaborativo (ACIERTAS, 2021).

Estos proyectos dan muestra de la relevancia que ha adquirido la indagación en nuestro país, ahora bien, es necesario aclarar qué entendemos por indagación y para ello partimos de su definición.

### 3.3.2. Definición de indagación

Entendemos “indagación” como la traducción del término inglés “inquiry”. Según el Diccionario de la Real Academia Española (DRAE), “indagar” significa “inventar, averiguar algo discurriendo o con preguntas”, siendo un sinónimo la palabra “investigar”, aunque como cabe esperar las definiciones trabajadas en el ámbito de la enseñanza de la ciencias son diversas y han evolucionado a lo largo del tiempo.

En un primer momento, el término “indagación” es usado para englobar solamente procesos como el uso de laboratorio, la lectura y el uso de artículos de investigación, discusión e interpretación de datos y la elaboración de conclusiones (Schwab, 1966), ahora bien, centrada únicamente en los que se llevan a cabo por los expertos (los científicos). En 1996, la National Research Council introduce en su definición de indagación una referencia a “las actividades de los estudiantes en la que ellos desarrollan conocimiento y comprensión de las ideas científicas” (NRC, 1996, p. 23) imitando lo que hacen los científicos (Martin-Hansen, 2002).

A partir de los primeros años del siglo XXI la indagación en el ámbito educativo adquiere un especial interés. Este interés queda evidenciado por la mayor profundidad en los análisis llevados a cabo en torno a la “indagación”, existiendo una gran variedad de definiciones para la indagación en el ámbito educativo. Anderson (2002), Linn *et al.* (2004) Rodríguez *et al.* (2013) hablan de indagación como un “proceso intencional y análisis de problemas, la distinción de alternativas y la evaluación de experiencias para resolverlos, la planificación de investigaciones, la construcción de modelos, la investigación sobre hipótesis, la búsqueda de información, el debate entre compañeros y la construcción de argumentos coherentes” (Citado en Martínez-Aznar *et al.*, 2017, p. 263). Anderson (2007) proporciona tres posibles visiones de la indagación: lo que hacen los científicos; lo que hacen y aprenden los estudiantes; lo que saben y saben hacer los profesores en el aula.

Partiendo ya del uso de la palabra indagación en su contexto educativo, Barrow (2006), engloba el uso de la palabra indagación en la bibliografía en tres grandes bloques. A partir de estos bloques, Couso (2014), analiza brevemente qué autores usan el término indagación según los bloques propuestos por Barrow (2006). Los tres bloques son:

- 1) La indagación como una de las capacidades cognitivas que los estudiantes deben desarrollar en el aprendizaje de las ciencias. Estas capacidades son las denominadas “destrezas indagativas” o “inquiry skills”. El espectro de interpretaciones abarcan desde las destrezas indagativas como habilidades del tipo procedimental o técnico-manipulativo (como puede ser observar, medir...) hasta el conocimiento de prácticas y conceptos de técnicas de investigación empírica (como pueda ser la repetición de medidas para minimizar el error, el control de variables,

el uso de pruebas, la comunicación de resultados...). Autores como Gott *et al.* (1995) previos a la categorización de Barrow (2006), usan el término indagación para referirse a las destrezas indagativas.

- 2) La indagación como los conocimientos necesarios para que el alumnado entienda los métodos que utilizan los científicos para dar respuestas a las preguntas que se plantean. Crawford (2007) sería uno de los autores que entiende la indagación como un proceso en el que el alumnado debe *“comprender las distintas formas en que los científicos realizan su trabajo, valorar la potencialidad de las observaciones, habilidad para formular preguntas investigables y emitir hipótesis, utilizar distintos tipos de datos para buscar patrones y confirmar o rechazar las predicciones, construir y defender modelos y argumentos, juzgar explicaciones alternativas y lograr una mejor comprensión del carácter provisional y evolutivo de la ciencia, y su origen en la actividad humana, el contexto y la cultura en que se desarrolla y utiliza”* (Crawford (2007) citado por Aguilera *et al.*, (2018)). Otros autores que trabajan la indagación desde esta perspectiva son Jiménez Aleixandre (2011) y Kelly & Duschl (2002). Esta perspectiva aborda la indagación desde un punto de vista epistémico y del aprendizaje sobre ciencia. Couso (2014) habla de *“naturaleza de la indagación científica”*, entendiendo la *“indagación como actividad inherente del quehacer científico o práctica científica”*. Esto conduce según esta misma autora, a distintas propuestas en función de la visión de la naturaleza de la ciencia que los autores posean. En un primer lugar la ciencia desde su visión más tradicional (o empiricista), donde predomina la aplicación del conocido *“método científico”* (entendido como único) y del cual difícilmente nos alejamos (Windschitl *et al.*, 2008). Por otro lado, están aquellos que tienen una visión de la ciencia más holística, en la que la ciencia busca dar explicaciones al funcionamiento del mundo a partir de pruebas (Giere, 2001). Para ello, el razonamiento y la argumentación adquieren un papel de relevancia al tener que construir explicaciones para dar significado, y por ello *“se priorizan prácticas como la modelización y su relación con una indagación creativa”* (Couso, 2014).
- 3) La indagación como una variedad de estrategias de enseñanza y aprendizaje que el profesorado debe desarrollar para que el alumnado aprenda destrezas de indagación y sobre la indagación científica. Esta perspectiva es lo que conoce como Aprendizaje de las Ciencias Basado en la Indagación (IBSE por sus siglas en inglés). Este enfoque no propone la indagación como un contenido a enseñar y aprender, sino como una forma de enseñar y aprender, es decir como una metodología (Couso, 2014)

En 2015 el informe de expertos Science Education for Responsible Citizenship (Comisión Europea, 2015) define la indagación como *“un proceso complejo de*

construcción de significados y modelos conceptuales coherentes, en el que los estudiantes formulan cuestiones, investigan para encontrar respuestas, comprenden y construyen nuevo conocimiento y comunican su aprendizaje a otros, aplicando el conocimiento de forma productiva a situaciones no familiares” (Comisión Europea, 2015. p.68)

Para esta investigación, la indagación ha sido diseñada como metodología o IBSE. No obstante, existen a su vez una amplia gama de enfoques metodológicos de indagación en el aula (Rönnebeck *et al.*, 2016) y también de términos “learning through inquiry, inquiry teaching, learning as inquiry, teaching as inquiry, inquiry, inquiry-based learning...” (Couso, 2014) por ello es necesario aclarar cuáles son las características fundamentales el IBSE, especialmente aquellas dan forma a este trabajo.

### 3.3.3. Características del IBSE

El IBSE surge como alternativa a metodológicas de carácter más deductivo para parecerse más a otras metodologías más conocidas como el aprendizaje basado en proyectos o en problemas (Informe Rocard, 2007), centrándose en dos ideas clave: Usar entornos auténticos dentro del aula, de manera que la actividad que lleva a cabo el alumnado se parezca lo máximo posible al contexto real en el que trabajan los científicos y al mismo tiempo motivar e involucrar al alumnado (Couso, 2014). Por ello, es importante que existan motivos afectivos y motivadores para que el alumnado acceda a los procesos científicos que ocurren en su quehacer diario de una forma positiva (Muñoz Campos *et al.*, 2020). Bevins & Price (2016) afirman que a través de una indagación que tiene en cuenta los factores afectivos y motivacionales, se facilita el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia lo que permite la apropiación de ideas por parte del alumnado.

Para cumplir con estas dos condiciones hay que partir de tres premisas: la indagación es una parte fundamental en la ocupación científica; es posible hacer una transposición didáctica de esta práctica científica; el alumnado muestra un especial interés en las actividades de investigación (Couso, 2014).

Según la NRC (1996) estas actividades de investigación cumplen con una secuenciación, que se presentan como características de la enseñanza por indagación:

1. Planteamiento de preguntas científicas enfocada desde la óptica del alumnado de forma que permita su participación activa en el proceso
2. Recopilación de pruebas por parte del alumnado con la intención de usarse para dar explicación a las preguntas planteadas
3. Uso de las pruebas para desarrollar las explicaciones a las preguntas planteadas
4. Evaluación de las explicaciones generadas, con la posibilidad de usar explicaciones alternativas que den muestra de una comprensión científica
5. Comunicación y justificación de las explicaciones propuestas

Estas etapas propuestas por la NRC (1996), se pueden asimilar a los pasos o etapas de la noción tradicional del método científico y con ello relacionarlas con las características de la actividad o experimento concreto a partir del cual se desarrolla la indagación, pero no con el proceso de aprendizaje por indagación en sí mismo. Por ello es necesario profundizar más en las características del IBSE.

Bybee (2006) propone el “5E learning cycle, el ciclo de aprendizaje de las 5E, en el que se diferencian cinco etapas en la organización de la enseñanza por indagación:

1. Motivación-Involucramiento (Engagement)
2. Exploración-Investigación (Exploration)
3. Explicación (Explanation)
4. Extensión-Elaboración (Extension)
5. Evaluación (Evaluation)

Otros autores incluyen una sexta característica enfocada en la reflexión posterior sobre la actividad en la que a partir de procesos metacognitivos, el alumnado pueda tomar consciencia de su conocimiento y mejorar, entre otros aspectos, los resultados metodológicos y conceptuales (Rosa & Alves Filho, 2014; Sanmartí & Hinojosa Lobato, 2015; Schraw *et al.*, 2006).

Estas cinco etapas propuestas por Bybee (2006) permiten caracterizar el proceso global de IBSE. Ahora, teniendo en cuenta la división en etapas de la actividad en sí misma propuesta por NRC (1996), y los dos pilares que justifican la indagación (motivación y contextualización) de Couso (2014), esta misma autora sintetiza cuatro características fundamentales para el IBSE, y sobre las cuales se ha trabajado para la investigación que esta tesis aborda. Estas características son:

1. Trabajar en un entorno de enseñanza-aprendizaje a partir de una investigación, generalmente de tipo práctico (ya sea observacional o experimental), donde el alumnado plantea preguntas y recoge sus propios datos
2. Dar una especial importancia a la actitud y motivación del alumnado, concediéndoles un papel activo y protagonista. Este papel podría darse a partir del trabajo en grupo, la autonomía, la capacidad para tomar decisiones o la elección de los caminos a seguir en la investigación que llevan a cabo.
3. Acentuar un papel más pasivo para el profesor, otorgándole el papel de facilitador para la indagación que el estudiantado realiza.
4. Organizar una secuencia de enseñanza aprendizaje en fases que, en cierto modo, emulen la investigación científica real.

Partiendo de estas 4 características, el problema ahora se centra en saber los distintos grados en los que estas características pueden ser implementadas, por ello es necesario establecer una clasificación entre distintos tipos de indagación.

### 3.3.4. Tipos de indagación

En primera instancia y en base a las características del IBSE, una de las primeras clasificaciones que se pueden hacer es según el grado de apertura de la indagación. Caamaño (1992) las clasifica en tres posibles: cerradas, abiertas y estructuras. Por otro lado, Windschitl (2003) las clasifica según el grado de autonomía en cuatro posibles opciones:

1. Confirmación de experiencias que previamente se han trabajado en el aula.
2. Indagación abierta: el alumnado decide sobre qué investigar y cómo hacerlo.
3. Indagación estructurada: el profesor genera la pregunta y propone el procedimiento.
4. Indagación guiada: el docente propone las cuestiones y el alumnado decide cómo resolverlas.

Esta clasificación permite crear una idea general de los tipos de indagación, ahora bien, sería necesario profundizar en las destrezas que el alumnado pone en juego en cada uno de los tipos de indagación. Para ello, Bevins & Price (2016) propusieron esta misma clasificación pero incorporando las destrezas trabajadas y el nivel de indagación en cada uno de los modelos (Tabla 1.12):

Tabla 1.12. Modelos de indagación. Adaptado de Bevins & Price (2016); citado en (Aguilera *et al.*, 2018).

Modelo de indagación	Destrezas de indagación agrupadas en dimensiones				
	Nivel	1. Plantear preguntas científicamente	2. Basarse en pruebas	3. Explicar a partir de pruebas	4. Explicar a partir de conocimientos
<b>0. Confirmación / actividades de verificación</b>	Responden a las preguntas proporcionadas por otros	Reciben datos y se les explica cómo analizarlos	Reciben explicaciones sobre sus resultados	Se les indica la conexión precisa entre los conocimientos	Reciben los procedimientos específicos para la comunicación
<b>1. Estructurada</b>	Clarifican o concretan las preguntas que se les asignan	Reciben datos y se les pide su análisis	Se les proporcionan ejemplos de cómo usar las pruebas para formular explicaciones	Se proporcionan posibles conexiones con el conocimiento científico	Se les proporcionan directrices a usar para enfocar la comunicación
<b>2. Guiada</b>	Seleccionan preguntas y	Se les orienta	Se les guía en el proceso de	Se les dirige hacia áreas y	Se les orienta hacia



	plantean otras nuevas	para que recaben ciertos datos	formular explicaciones a partir de pruebas	fuentes de conocimiento científico	estrategias para desarrollar la comunicación
<b>3. Abierta</b>	Formulan sus preguntas	Determinan aquello que constituye una prueba y lo recaban	Formulan explicaciones después de agrupar sus pruebas	Examinan otros recursos para formular explicaciones sobre su trabajo	Buscan cómo formular argumentos lógicos para comunicar sus explicaciones

Esta clasificación permite focalizar el tipo de IBSE que se pretende llevar a cabo en el aula. La investigación que afronta este trabajo combina formas de proceder que están entre una indagación de tipo guiada y abierta según las destrezas implementadas por el alumnado en su realización.

### 3.3.5. Etapas de la indagación

Como se ha visto en el apartado dedicado a presentar las características de la indagación, la NRC (1996) presenta una serie de características que cumplen con la secuencia del proceder científico. Con ello, las etapas de la indagación quedarían como:

1. Planteamiento de preguntas científicas
2. Recopilación de pruebas
3. Uso de las pruebas para desarrollar las explicaciones a las preguntas planteadas
4. Evaluación de las explicaciones generadas, con la posibilidad de usar explicaciones alternativas que den muestra de una comprensión científica
5. Comunicación y justificación de las explicaciones propuestas

Estas etapas son sobradamente conocidas entre los profesionales de la indagación científica, por ello es importante matizar las diferencias con la indagación en el ámbito educativo. Pedaste *et al.* (2015) proponen un modelo no lineal de indagación, que incluye 5 fases y 9 subfases interrelacionadas entre sí (Véase Figura 1.12):

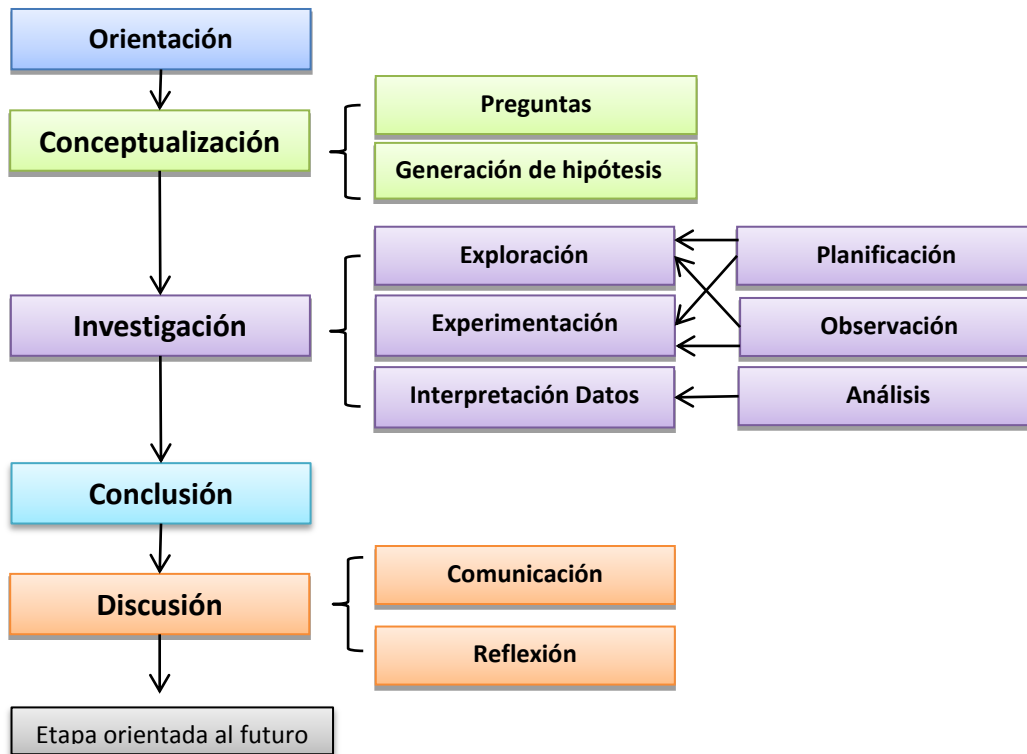


Figura 1.12. Fases y subfases de indagación. Adaptado de Pedaste *et al.* (2015)

### 3.3.6. Evaluación de la indagación

Al trabajar la indagación como IBSE, es decir, la indagación como una variedad de estrategias de enseñanza aprendizaje para que el alumnado desarrolle habilidades propias de la indagación a la vez que aprende sobre la indagación científica (Couso, 2014), es necesario diseñar herramientas de evaluación acordes a ello.

Ferrés-Gurt *et al.* (2014) proponen un sistema de evaluación inspirado en el Practical Test Assessment Inventory (PTAI) propuesto por Tamir *et al.* (1982). Este primer sistema de evaluación analizaba el desempeño del alumnado en actividades prácticas a través de veintiuna categorías. Entre estas categorías se incluyen la comprensión de los procesos, la identificación de los problemas, el diseño experimental o el análisis de datos (se pueden consultar los datos en la tabla). Ferrés-Gurt *et al.* (2014) proponen una adaptación del PTAI al que llaman NPTAI. Esta se puede consultar en la tabla 1.13:

Tabla 1.13. Instrumento de evaluación NPTA propuesto por Ferrés-Gurt *et al.* (2014).

	Destrezas	Categorías
0	No identifica problemas o no plantea problemas o plantea problemas investigables	Identificación de problemas investigables
1	Plantea problemas con formulación ambigua o genérica o mal formulados	
2	Identifica problemas de investigación adecuados y concretas interrogantes	
0	No plantea hipótesis o no identifica hipótesis o plantea hipótesis sin sentido	Formulación de hipótesis
1	Plantea hipótesis sin relación con el problema o los objetivos	
2	Formula hipótesis ambiguas o con errores de lógica o mal formuladas o solo emite predicciones	
3	Plantea hipótesis en forma de deducción y que encajan con los problemas de investigación	

4	Plantea hipótesis que encajan con el problema de investigación y las describe en forma de deducción y con referencia al modelo: "Si pensamos que...entonces si... observamos que..."	
0	El diseño debería contemplar variables y no las tiene en cuenta	<b>Identificación de variables</b>
1	No identifica ni Variables Independientes(VI) ni Variables Dependientes(VD) o no las sabe concretar a pesar de haberlas considerado en el diseño	
2	Confunde VI y VD o propone VD que no encajan con las hipótesis formuladas	
3	Identifica VI y VD pero de manera incorrecta o imprecisa	
4	Identifica y define VI y VD apropiadas que encajan con las hipótesis	
0	No hay o no propone diseño experimental o metodológico o lo hay pero no lo identifica	<b>Planificación de la investigación</b>
1	El diseño metodológico no permite comprobar las hipótesis	
2	El diseño metodológico solo permite una comprobación parcial de las hipótesis	
3	El diseño metodológico ofrece una adecuada comprobación de las hipótesis, pero no propone réplicas ni explicita controles o el control es incompleto o descripción incompleta del diseño	
4	El diseño metodológico ofrece una adecuada comprobación de las hipótesis, con réplicas y control	
0	No ha recogido datos de investigación: ni los ha generado en experimentos u observaciones ni los ha obtenido de fuentes de datos	<b>Recogida y procesamiento de datos</b>
1	Recogida de datos incompleta, con falta de precisión, o con déficits en la aplicación de técnicas y medidas, tratamiento inadecuado o incompleto de los datos, gráficos sin títulos o con títulos inadecuados y cálculos con incorrecciones	
2	Recogida de datos con errores o imprecisiones o que muestra falta de comprensión de los procedimientos y/o con evidencia de falta de relación entre los datos y las hipótesis testadas, pero con tratamiento adecuado de los datos y la representación gráfica	
3	Recogida de datos metódica, con buena comprensión y ejecución de las técnicas y medidas, que aportan datos relacionados con las hipótesis, con buen tratamiento matemático y gráfico, pero sin réplicas y con control insuficiente	
4	Recogida de datos metódica, adecuada y suficiente con buena comprensión y ejecución de las técnicas y medidas, buen tratamiento matemático y gráfico de los datos, y con réplicas y controles	
0	Sin análisis de datos	<b>Análisis de datos y Obtención de conclusiones</b>
1	Análisis deficiente y conclusiones no fundamentadas en datos	
2	Conclusiones muy similares a los resultados, sin interpretación ni análisis de datos. No coordina justificaciones teóricas con pruebas empíricas	
3	Análisis incompleto o poco fundamentado en los datos o basado en datos poco fiables, "simplista"...	
4	Análisis de datos bien fundamentado y conclusiones basadas en pruebas. Coordina justificaciones teóricas con pruebas empíricas	
0	No sabe describir las características de los proceso de indagación científica	<b>Metarreflexión</b>
1	Descripción incompleta de características de un proceso de indagación o con confusión de conceptos, ideas puramente inductivistas y poca o nula referencia a conceptos científicos	
2	Buena descripción de los procesos de indagación, con referencia a conceptos científicos tanto para formular hipótesis como en el análisis de datos y la argumentación de conclusiones, que no surgen simplemente de procesos de inducción	

Esta tabla a su vez permitió a los autores realizar una recodificación de resultados para generar Niveles de Competencia en la práctica de indagación. Esta herramienta permite clasificar el nivel de desempeño del alumnado en indagación en cinco grupos distintos. Esta recodificación corresponde a la tabla 1.14:

Tabla 1.14. Niveles de competencia en indagación. Extraído de Ferrés-Gurt *et al.* (2014).

<b>DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE COMPETENCIA DE INDAGACIÓN o NCI</b>	
<b>Valor NPTAI</b>	<b>Competencias de indagación mostradas por el alumnado de este nivel (en su aplicación se han evaluado 5 categorías de las 7 del NPTAI)</b>
<b>INDAGADOR (14-16)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifica problemas de investigación, plantea problemas adecuados y concreta interrogantes</li> <li>• Plantea hipótesis en forma de deducción y que encajan con el problema de investigación y lo hace con referencia a un modelo o concepto científico</li> <li>• Planifica un diseño experimental o una obtención de datos que ofrece una adecuada comprobación de las hipótesis, con réplicas y controles, y hace una buena descripción del proceso metodológico</li> <li>• Identifica VI y VD, algunas veces de manera incompleta o imprecisa</li> <li>• Recogida de datos metódica, adecuada y suficiente, buen tratamiento de datos y réplicas y controles</li> <li>• Análisis de datos bien fundamentado y conclusiones basadas en pruebas. Coordina justificaciones teóricas con pruebas empíricas</li> <li>• Reflexión: hace una buena descripción de los procesos de indagación científica</li> </ul>
<b>INDAGADOR INSEGURO (11-13)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifica problemas de investigación, plantea problemas adecuados y concreta interrogantes, algunas veces con formulación ambigua</li> <li>• Plantea hipótesis en forma de deducción y que encajan con los problemas de investigación</li> <li>• Planifica un diseño experimental o una obtención de datos que ofrece una adecuada comprobación de las hipótesis, casi siempre con réplicas y controles y/o con una descripción incompleta del diseño metodológico</li> <li>• No identifica las variables, no sabe concretar VI y VD o confunde VI y VD o propone VI y VD que no encajan con la hipótesis o identifica VI y VD de manera imprecisa</li> <li>• Recogida de datos metódica, buen tratamiento matemático y gráfico pero no siempre con réplicas y controles suficientes</li> <li>• Análisis de datos incompleto o poco fundamentado en algunos aspectos</li> <li>• Reflexión: hace una descripción incompleta de los pasos de los procesos de indagación científica y/o con confusión de conceptos o ideas puramente inductivistas</li> </ul>
<b>INDAGADOR INCIPIENTE (8-10)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déficits en dos o tres categorías de “Identificación de problemas investigables”, “Formulación de hipótesis”, “Identificación de variables”</li> <li>• Planifica un diseño metodológico que ofrece una adecuada comprobación de las hipótesis, pero con déficits en réplicas y controles y con una descripción incompleta del proceso metodológico</li> <li>• Recogida de datos con errores o imprecisiones y/o con evidencia de falta de relación entre los datos y las hipótesis, pero con tratamiento adecuado de los datos y su representación gráfica</li> <li>• Conclusiones muy similares a los resultados, sin interpretación ni análisis de datos. No coordina justificaciones teóricas con pruebas empíricas</li> <li>• Reflexión: hace una descripción incompleta de los procesos de indagación científica y/o con confusión de conceptos o con ideas puramente inductivistas</li> </ul>

<b>PRECIENTÍFICO (6-7)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantea problemas con formulación ambigua o genérica o mal formulados o no identifica problemas</li> <li>• Formula hipótesis ambiguas, con errores de lógica, mal formuladas, o confunde hipótesis y problema</li> <li>• Planifica un diseño metodológico que solo permite una comprobación parcial de las hipótesis, sin réplicas ni controles</li> <li>• No identifica variables</li> <li>• Recogida de datos incompleta, con falta de precisión o con déficits en la aplicación de técnicas, tratamiento inadecuado o incompleto de los datos, gráficos sin títulos o con títulos inadecuados y cálculos con incorrecciones</li> <li>• Análisis deficiente y conclusiones no fundamentadas en datos</li> <li>• Reflexión: no sabe describir las características de los procesos de indagación científica o hace una descripción incompleta y/o con confusión de conceptos o ideas puramente inductivistas</li> </ul>
<b>ACIENTÍFICO (0-5)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No identifica problemas o plantea problemas inabordables o los plantea con formulación ambigua</li> <li>• No plantea hipótesis o no identifica hipótesis o plantea hipótesis sin sentido o sin relación con el problema</li> <li>• No propone diseño metodológico o hay diseño pero no lo identifica o el diseño solo permite una comprobación parcial de las hipótesis</li> <li>• El procedimiento no contempla variables o no las identifica o no las sabe concretar</li> <li>• No ha recogido datos o la recogida de datos es muy incompleta y su tratamiento inadecuado</li> <li>• Sin análisis de datos o con un análisis de datos deficiente y conclusiones no fundamentadas</li> <li>• No sabe describir las características de los procesos de indagación: errores, tautologías</li> </ul>

Esta herramienta es de gran utilidad para trabajos de indagación. Por ejemplo, en Crujeiras-Pérez & Cambeiro (2018) y García *et al.* (2018) se realizó una adaptación de este recurso junto con las destrezas de indagación establecidas por la NRC (2012), para trabajar la indagación en el aula de secundaria. De la misma manera se realiza en este trabajo, pues no hay que olvidar que se está trabajando en una IBD, y es necesario contar con herramientas sólidas para evaluar, en este caso, la indagación. Es así que para esta IBD se realizará una evaluación de la práctica indagativa a partir de una herramienta de elaboración específica (ad hoc) para la actividad, pero basada en lo propuesto en la bibliografía trabajada.

### 3.3.7. Implicaciones educativas

Una vez se han especificado la definición, las características, las etapas y por último la forma de evaluar la indagación, es importante realizar un análisis específico sobre las implicaciones educativas de la indagación dentro del aula. Para ello es necesario realizar una revisión bibliográfica exhaustiva sobre indagación educativa y a tal fin, se han tomado como referencia los trabajos publicados por (Romero-Ariza, 2017), donde hace un estudio de las publicaciones a nivel internacional y el trabajo de Aguilera *et al.* (2018), donde el análisis se centra en nuestro país. De esta forma, el análisis

bibliográfico que se afronta aquí será una parte importante en la fundamentación teórica que requiere la IBD.

Las primeras revisiones de la literatura existente sobre indagación a nivel internacional se publican en la década de 1980 y 1990. Según (Romero-Ariza, 2017), las más destacadas son: (Bredderman, 1983; Shymansky *et al.*, 1990 y Weinstein *et al.*, 1982). Posteriormente, se siguen realizando publicaciones de este tipo, como por ejemplo: (Alfieri *et al.*, 2011; Hattie, 2010; Schroeder *et al.*, 2007 y Slavin *et al.*, 2014). Sin embargo las más completas son: (Furtak *et al.*, 2012; Lazonder & Harmsen, 2016 y Minner *et al.*, 2010). Este último trabajo de Minner *et al.* (2010) supone una revisión de las publicaciones entre 1984 y 2002, siendo la continuación del trabajo llevado a cabo por Bredderman (1983), que realiza un análisis entre de todas las publicaciones existentes hasta 1983. A pesar de que en estas revisiones existen más artículos de índole teórica que experimental (Aguilera *et al.*, 2018), los resultados presentes en la literatura muestran evidencias a favor de la comprensión de ideas científicas con aquellas actividades que están enfocadas a promover la capacidad de pensar, razonar y elaborar argumentos basados en evidencias (Romero-Ariza, 2017).

Furtak *et al.* (2012) llevan a cabo una revisión entre los años 1996 (cuando se publican los NRC (1996). Este trabajo recogía los datos de aquellas investigaciones de tipo experimental o cuasi-experimental que contaban con un grupo de control con la intención de medir el impacto, en términos de aprendizaje, de la indagación. De este análisis se extrajeron dos conclusiones fundamentalmente: en primer lugar, que existían distintos tipos de estructura de indagación según el tipo de guía que el profesor realizaba; en segundo lugar, se observaba que si la actividad no estaba suficientemente guiada por el profesor se obtenían peores resultados, siendo esta la misma conclusión a la que llega Alfieri *et al.* (2011). Por otro lado, Lazonder & Harmse (2016) realizan un análisis de las publicaciones entre 1993 y 2013 aplicando criterios de análisis similares Furtak *et al.* (2012). En este caso, clasificaron las actividades en función de los resultados de aprendizaje y del tipo de guía del profesor obteniendo como resultados, en todos los casos, que había un efecto positivo en el aprendizaje por indagación con especial influencia en el desarrollo de las destrezas de indagación.

En 2012 se publican los nuevos estándares de ciencia en EEUU (NGSS, 2013; NRC, 2012) y con ello existe un perfeccionamiento en la enseñanza por indagación, quedando definidos con mayor claridad los procesos que es necesario priorizar dentro del aula. Las tres dimensiones de la indagación según Osborne (2014) pasan a ser: investigación, evaluación y articulación y soluciones.

En España, Aguilera *et al.* (2018) realiza un análisis de las publicaciones existentes entre 2007 y 2017, realizando un análisis detallado de 55 publicaciones. De estas, el 75% se dan en los últimos cinco años del análisis, lo que según el autor coincide con la publicación de las recomendaciones sobre la aplicación del IBSE tanto a nivel internacional (NRC, 2012; Ofsted, 2011) como en nuestro país (Couso *et al.*, 2011).

En las 55 publicaciones analizadas por Aguilera *et al.* (2018) se observan un total de 82 autores distintos, de los cuales, 58 tienen únicamente un trabajo publicado. Esto,

unido a que solo un 3% de los artículos publicados en las revistas del análisis entre 2007 y 2017, indica que la investigación educativa de nuestro país sobre el aprendizaje por indagación aún está en un estado inicial. Por otro lado, el nivel educativo donde se realiza indagación con mayor frecuencia es en la etapa de educación secundaria, abarcando esta etapa educativa el 50% de los casos, frente al 12% de educación primaria, 29% en la universidad. Esto reafirma la tesis de de Pro & Rodríguez (2010) quienes afirman que la indagación es residual en la enseñanza infantil y primaria, y que mayoritariamente se da en secundaria, siendo los autores de las publicaciones en esta etapa, profesores de secundaria que han ejercido o ejercen en esta etapa. Con ello, puede decirse que la metodología IBSE es casi inexistente en las aulas de ciencias en España hasta este momento (Cortés-Gracia *et al.*, 2012).

Respecto al diseño experimental, Aguilera *et al.* (2018) indica que en torno al 60% son de tipo teórico y por otro lado, según el diseño lo que predomina es la experiencia didáctica (41%), frente a un 2% de investigación-acción o un 10% en estudios con un diseño experimental. Por otro lado, el diseño empírico que más se ha empleado ha sido el de estudio de caso (21%).

Aguilera *et al.* (2018) apunta que existe una escasez de estudios empíricos sobre la metodología del IBSE publicados en revistas españolas de didáctica de las ciencias. Esto podría mejorar mediante diseños experimentales que se basen en la evidencia y que permita cuantificar los efectos de esta metodología (Bisquerra, 2014) o diseños cualitativos del tipo de investigación-acción o de estudio de caso, en pro de mejorar la calidad de calidad de la educación en la enseñanza de las ciencias (Elliot, 1993).

### **3.3.8. Evidencias sobre la indagación en España**

La cuestión que surge ahora gira en torno a las implicaciones educativas de la indagación como metodología. En EEUU la indagación tiene una trayectoria de varias décadas y existen una literatura suficiente para valorar sus implicaciones educativas, sin embargo en nuestro país, tiene más vida teórica que práctica (Couso, 2014). Además existe la problemática sobre lo que es y no es indagación, de forma que supone un obstáculo para poder extraer conclusiones sobre sus implicaciones educativas (Romero-Ariza, 2017) debido a la gran variedad de versiones de IBSE existentes (Brown *et al.*, 2006).

Es por ello, por lo que trabajos como el de Aguilera *et al.* (2018) arrojan luz sobre el aprendizaje de las ciencias por indagación en base a las evidencias académicas publicadas. De esta forma, se decide analizar aquí las implicaciones educativas de la indagación en base a este trabajo. A tal fin, en la tabla 1.15 se establecen 6 criterios de clasificación (Competencias, Emociones, motivación y actitudes, naturaleza e imagen de la ciencia, profesorado y dificultades del alumnado), asociados a las publicaciones que extraen unos resultados con estas implicaciones educativas. Por otro lado se muestra una columna con la frecuencia que aparece en la literatura cada una de las dimensiones educativas y el número de publicación al que hacen referencia.

Tabla 1.15. Implicaciones educativas, número de publicación y referencia a cada publicación. Adaptado de Aguilera *et al.* (2018).

<b>Implicaciones educativas</b>	<b>f<sub>i</sub></b>	<b>Publicación</b>
<b>(A) Competencias</b>		
A1. Fomenta la Autonomía del alumnado	3	6,7,23
A2. Incentiva el trabajo cooperativo entre el alumnado	7	1,6,18,22,23,24,43
A3. Desarrolla la competencia lingüística	3	16,23,43
A4. Favorece el desarrollo de habilidades relacionadas con la metodología científica	8	12,13,16,18,22,33,45,48
A5. Genera actitudes positivas hacia la ciencia	4	6,24,33,44
<b>(B) Emociones, motivación y actitudes</b>		
B1. Eleva la motivación y la satisfacción hacia el aprendizaje de las ciencias	15	6,11,14,16,23,30,34,35,36,37,43,46,48,52,55
B2. El alumnado valora positivamente el empleo de esta metodología	2	32,45
B3. Incrementa la autoestima del alumnado hacia el aprendizaje de las ciencias	1	24
B4. No incide en la motivación y estado emocional del alumnado	1	42
<b>(C) Adquisición y transferencia del conocimiento</b>		
C1. Mejora la adquisición de contenidos	11	7,12,14,15,16,23,30,38,41,42,46
C2. Ayuda a alcanzar un aprendizaje significativo	5	10,14,15,50,52
C3. Fomenta la reflexión y el pensamiento crítico durante el proceso de enseñanza-aprendizaje	9	6,10,11,17,21,22,24,46,55
C4. Propicia la participación activa en el alumnado	5	24,33,34,49,55
C5. Aumenta el diálogo entre el docente y el alumnado	1	5
C6. Tiene en cuenta los intereses del alumnado y sus ideas previas	1	11
C7. Favorece la identificación y modificación de ideas erróneas por aquellas adecuadas al conocimiento científico	4	15,24,47,50
C8. Ayuda a manifestar los diferentes problemas socio-científicos actuales y se adapta a las necesidades del alumnado, donde reina la incertidumbre generada por cambios extremadamente acelerados	2	25,26
C9. Permite al alumnado tomar conciencia de la utilidad del conocimiento científico en su vida cotidiana	6	14,28,29,43,44,46
C10. Facilita la transferencia de ideas y conocimientos de un contexto a otro	1	15
<b>(D) Naturaleza e imagen de la ciencia</b>		
D1. Contribuye a presentar de forma más cercana la producción, desarrollo e impacto del conocimiento científico	4	53,4,5,35
D2. Permite modificar concepciones negativas sobre la imagen de la ciencia y otorga valor a la labor científica	3	14,29,31
<b>(E) Profesorado</b>		
E1. Formar a los futuros docentes en IBSE podría incidir en la innovación educativa futura, mejorando su conocimiento sobre dicha estrategia de enseñanza y generando más seguridad	9	9,27,31,38,39,40,41,48,49
E2. Requiere más dedicación por parte del docente que la enseñanza tradicional	2	33,36
E3. El rol de guía del profesorado durante el proceso de indagación es esencial	2	19,48
E4. El profesorado universitario considera prioritario emplear IBSE en la formación inicial de maestros	1	39



E5. El profesorado en formación inicial valora positivamente a esta estrategia de enseñanza	3	1,3,51
E6. El profesorado en formación inicial tiene dificultades a la hora de diseñar secuencias didácticas basadas en indagación	2	3,51
E7. Los maestros en formación poseen poco conocimiento científico, afectando todo ello a la imagen que pudieran transmitir	1	54
E8. El NPTAI es un instrumento de utilidad para el profesorado, pues se trata de un instrumento de evaluación formativa que permite identificar las dificultades del alumnado durante el proceso de indagación	1	20
<b>(D) Dificultades del alumnado</b>		
D1. No posee un modelo claro de la actividad científica para poder ejecutar correctamente la dinámica de indagación	3	6,8,28
D2. Tiene dificultades en la formación de preguntas investigables	1	21
D3. Presentan dificultades en la extracción de resultados, la interpretación de los mismos y la emisión de hipótesis	1	2
D4. Tanto la expresión oral y escrita como la identificación de las situaciones problemáticas, generalmente, son debilidades del alumnado	2	6,36
D5. Afrontar actividades de indagación es complejo cuando tienen pocas vivencias relacionadas con este tipo de enfoque didáctico	1	19

Las publicaciones que se citan se pueden consultar en el Anexo I de este trabajo. Por otro parte, se ha elaborado a partir de esta tabla, la figura 1.13 en el que se representan las frecuencias de las dimensiones educativas en las que se ha dividido el estudio de forma comparada:

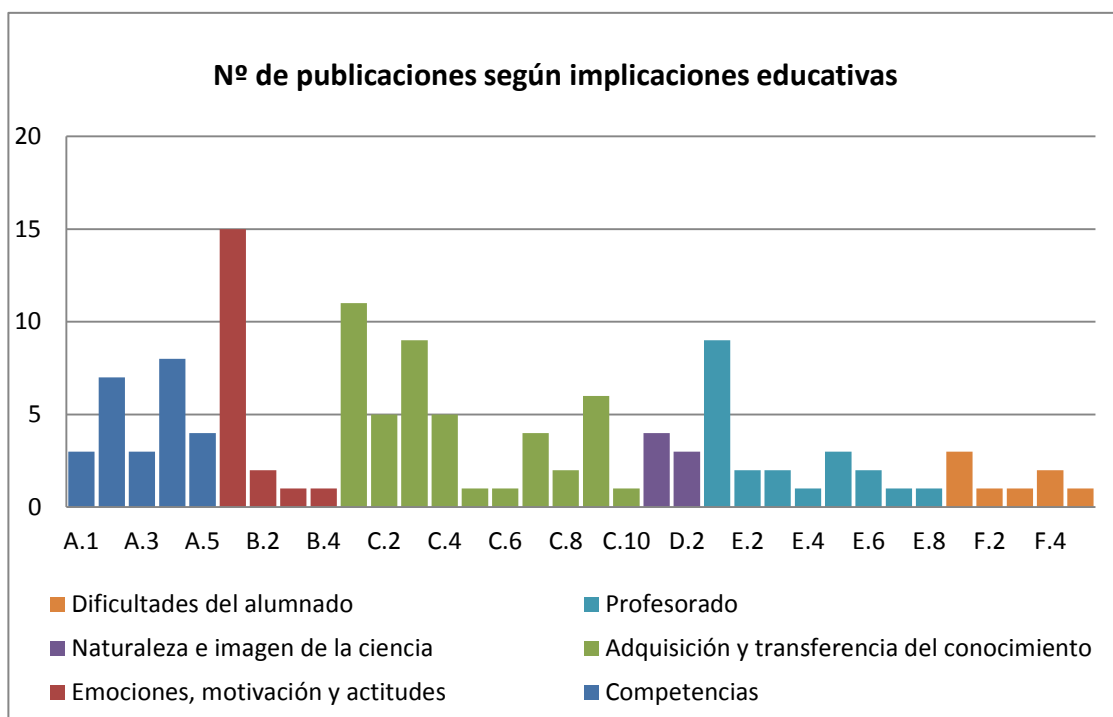


Figura 1.13. Implicaciones educativas, número de publicación y referencia a cada publicación. Adaptado de Aguilera *et al.* (2018).

Si se realiza un primer análisis del gráfico, es fácil observar que las implicaciones que mayor incidencia tienen en las publicaciones analizadas por Aguilera *et al.* (2018) son

la motivación y la adquisición y transferencia del conocimiento. Por otro lado, la necesidad de formación del profesorado para poder llevar a cabo actividades de indagación, queda reflejada en el gráfico. Ahora bien, los resultados del análisis de los autores encajan con las distintas tesis propuestas por los autores de referencia en indagación, tanto a nivel nacional como internacional y ello nos permite observar algunas certezas sobre el uso de la indagación como metodología como veremos en el siguiente apartado.

### **3.9. La indagación como metodología de enseñanza y aprendizaje: ¿positiva o negativa?**

Las conclusiones que se pueden extraer con la comparación de la bibliografía analizada por Aguilera *et al.* (2018) con otros de autores nos llevan no nos permiten de forma inexorable afirmar que la indagación es “positiva” o “negativa”. Ahora bien, analizar en detalle la indagación en la enseñanza de las ciencias a través de una clasificación de las implicaciones educativas que conlleva, posibilita matizar los pros y contras de la indagación en cada una de dichas implicaciones. Por ello, a continuación se analizan los resultados de la figura 1.3 en comparación con autores de referencia a nivel nacional e internacional.

#### Competencias

Observando la figura 1.13, en el desarrollo de las competencias, destacan la relacionada con el trabajo cooperativo y también aquellas implicadas en las habilidades relacionadas con una metodología científica. Esto concuerda con lo expuesto por Bevins & Price (2016), quienes afirman que uno de los puntos fuertes de este enfoque es el desarrollo y habilidades relacionados con la ciencia, considerándolo el mejor existente para ello.

#### Autoestima y motivación

En la línea con lo expuesto por Aguilera *et al.* (2018), también se confirma una mejora en la autoestima y la motivación en las implicaciones relacionadas con las emociones y la motivación (Bevins & Price, 2016), frente a una enseñanza más tradicional (Anderson, 2002). Este hecho es observado en 19 de los 55 artículos analizados por Aguilera *et al.* (2018) y si se tiene en cuenta el desinterés existente hacia las materias de ciencias por motivos de tipo pedagógico (Informe Rocard, 2007) o circunstanciales (Osborne, 2014), mejorar la actitud ante las clases es un resultado positivo (Couso, 2014). Esta mejora de la motivación también es observada por Areepattamannil (2012) y McConney *et al.* (2014). Sin embargo, Couso (2014) también matiza la diferencia entre motivado e involucrado, de manera que un alumno involucrado en una actividad no tiene por qué estar motivado.

#### Adquisición de contenidos

Según el estudio de Aguilera *et al.* (2018) la indagación repercute positivamente también en la adquisición de contenidos, en los que como afirma Pedaste *et al.* (2015)

son responsables la reflexión, la evaluación y las ideas alternativas, además de la participación activa por parte del alumnado citada en Bevins & Price (2016). Lederman *et al.* (2013) afirman que se aprenden mejor los conceptos científicos haciendo ciencia y esa práctica activa hace que se produzca un incremento de la comprensión conceptual mayor que con técnicas más pasivas (Minner *et al.*, 2010), que permiten además la aplicación de estos aprendizajes en contextos de mayor complejidad (Bevins & Price 2016). Por otro lado, el trabajo por indagación da lugar a un ambiente distendido en el aula que, como es sabido, es idóneo para el aprendizaje de las ciencias (Abril Gallego *et al.*, 2013). Ahora bien, no todos los autores ven en la indagación una metodología que mejore la educación en ciencias (Cobern *et al.*, 2010) y ha sido muy cuestionada por lo que supone pensar que el alumnado puede llegar por sí mismo a una asimilación significativa de las ideas y las teorías científicas (Kirschner *et al.*, 2006; Mayer *et al.*, 2004) sin que exista una guía correcta por parte del profesor (Holliday, 2004). Por otro lado, también existen trabajos donde se muestra una correlación negativa en el uso de la indagación en los resultados de las pruebas PISA (Areepattamannil, 2012; McConney *et al.*, 2014). Sin embargo, Harlen (2010) y los propios autores de este trabajo indican que su trabajo evaluó el dominio de todos los contenidos evaluables, y no tanto la profundidad de estos contenidos (McConney *et al.*, 2014).

#### Naturaleza e imagen de la ciencia

Aunque en la literatura analizada por Aguilera (2018) la naturaleza e imagen de la ciencia es la que menor presencia tiene, autores como Areepattamannil (2012) y McConney *et al.* (2014), inciden en la indagación como una metodología que mejora las actitudes hacia la ciencia, revirtiendo el declive de la opinión del alumnado hacia la ciencia (Vázquez & Manassero, 2008) y promoviendo una actitud positiva hacia la escuela y el aprendizaje (Krüger & Formichella, 2015). No obstante, Magnusson *et al.* (2004) insisten en la importancia de reforzar, más allá de la visión social y el lenguaje en la ciencia, su parte más epistemológica para alcanzar una práctica científica más cercana a la realidad (Couso, 2014).

#### Profesorado

Respecto al profesorado, se observa que es un factor fundamental en la eficacia del aprendizaje por indagación (Carbonero *et al.*, 2011), y se confirma que sus beneficios están condicionados a la forma en la que los docentes planifican y orientan el proceso de indagación (Couso, 2014; Hmelo-Silver *et al.*, 2007; Kawalkar & Vijapurkar, 2013). De ahí que la mejora en la motivación y la adquisición de contenidos por parte del alumnado, también se vea afectada por una adecuada formación del profesorado (Lederman *et al.*, 2013). Estos factores suponen que las implicaciones educativas de la indagación relacionadas con el profesorado conlleven un cuestionamiento mayor. Forbes *et al.* (2010) afirman que existe una falta de preparación del profesorado para esta actividad, entre otros factores por el conocimiento fragmentado y escaso conocimiento científico de este (Murphy *et al.*, 2007). Couso (2014) afirma que para que la enseñanza por indagación sea buena el Contenido Didáctico del Contenido

(CDC) del docente debe ser especialmente rico. Por otro lado, el alumnado no puede aprender indagación si no existe una guía adecuada del docente (Furtak *et al.*, 2012; Kirschner *et al.*, 2006; Lazonder & Harmsen, 2016; Minner *et al.*, 2010) siendo un error que el profesor deje que el alumnado intente aprender por sí solo (Holliday, 2004). Este factor es especialmente delicado pues el profesorado debe contar con estrategias de evaluación formativa, metacognitivas y cognitivo-lingüísticas (Hattie, 2010) para desarrollar diálogo y pensamiento productivo en el alumnado (Ogborn, 2012). A ello, se añade la existencia de dificultades por parte del profesorado para diseñar secuencias de aprendizaje por indagación (Crujeiras-Pérez & Puig, 2014; Lucero *et al.*, 2013). Además de estas adversidades se añade la percepción del propio profesorado de la existencia de otros obstáculos para llevar a cabo indagación en el aula (Godoy, Segrra, & Di Mauro, 2014). Para superar estas dificultades existen propuestas de formación del profesorado como las indicadas por (Martínez-Chico *et al.*, 2015; I. Greca *et al.*, 2017; Vílchez-González & Bravo, 2015).

### Dificultades del alumnado

Las dificultades del alumnado analizadas en este estudio, se deben mayormente a que esta metodología aún no se implementa de manera sistemática en las aulas de nuestro país. En el desarrollo de esta metodología, existen tantas versiones que resulta especialmente difícil estudiar y comparar los resultados (P. L. Brown *et al.*, 2006; McConney *et al.*, 2014) siendo la escasez de resultados positivo no tanto al uso de la metodología sino a la pobreza de las versiones de indagación implementadas (Windschitl *et al.*, 2008).

En definitiva, tras el estudio de la bibliografía sobre indagación en enseñanza de las ciencias para este trabajo se puede afirmar que, existen evidencias positivas sobre el uso de esta metodología en el aula siempre y cuando exista una preparación concienzuda sobre la actividad a implementar y una formación suficiente del profesorado que la llevará a cabo. Esta dificultad en la formación del profesorado a veces está vinculada a la poca concreción de los objetivos que se pretenden conseguir tras la actividad. Por ello, es necesario aclarar qué queremos conseguir con el aprendizaje por indagación, siendo este punto uno de los aspectos clave en el diseño de la IBD y la SEA que se va a diseñar e implementar.

## **3.4. Argumentación en la enseñanza de las ciencias**

### **3.4.1. Justificación**

En el diseño de nuestra IBD, la argumentación es la segunda de las prácticas científicas que es utilizada. En PISA se define la argumentación científica como “la capacidad de comprometerse con temas relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia, como un ciudadano reflexivo” (OCDE, 2016a), así, es considerada como una cuestión fundamental en la educación científica (Driver *et al.*, 2000; Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008; Muñoz Campos *et al.*, 2020). La argumentación científica se puede definir como la capacidad de evaluar enunciados y reconocer las conclusiones en base a las pruebas existentes (Jiménez-Aleixandre & Puig, 2010). Al mismo tiempo, la

argumentación facilita la respuesta a cuestiones de forma racional y por ello es fundamental en la construcción de explicaciones, modelos y teorías (Toulmin, 2003), más cuando existen opciones distintas de elección y es necesario evaluar mediante explicaciones la opción elegida (Muñoz Campos *et al.*, 2020). En las clases de ciencias en particular y en la enseñanza en general, la expresión oral es esencial porque el aprendizaje se demuestra en gran medida por medio del lenguaje hablado (Aleixandre & Bustamante, 2003). Además de una actividad verbal, también representa una actividad social e intelectual, dado que en la justificación o refutación de las opiniones es necesario tener en cuenta la finalidad con la que se realizan y el receptor al que se dirigen (Sanmartí & Izquierdo, 2003).

En cuanto al desarrollo de la argumentación en las clases de ciencias, sigue adquiriendo importancia en el aprendizaje de las ciencias (Uskola *et al.*, 2021) porque contribuye al desarrollo de la competencia de aprender a aprender, el pensamiento crítico y la capacidad de participación en la toma de decisiones sociales y las competencias relacionadas con la manera de trabajar de los científicos de una forma realista (Jiménez Aleixandre, 2011). Y es que, junto con la argumentación (Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008), la toma de decisiones es uno de los componentes del pensamiento crítico (Blanco-López *et al.*, 2017). Actualmente, la sociedad cada vez es más consciente de la importancia de la ciencia para tomar decisiones de la vida diaria (Pedrinaci, 2006), de ahí que estos procesos estén adquiriendo un mayor protagonismo en la enseñanza de las ciencias (Caracuel González *et al.*, 2021).

Sin embargo, a pesar la importancia de la argumentación como competencia para el desarrollo de las capacidades propias de la indagación en las ciencias (Duschl & Osborne, 2002), hay pruebas que demuestran que la capacidad argumentativa del alumnado de secundaria en España sigue siendo relativamente baja (M. García *et al.*, 2019; Solbes *et al.*, 2010) y no se logra conectar los argumentos con la toma de decisiones (Uskola *et al.*, 2021). Por ello, es necesario implementar actividades que permitan al alumnado trabajar la capacidad de argumentación y el sentido crítico en contextos que estén relacionados con la ciencia y sean auténticos (Jiménez Aleixandre & Pereiro, 2002).

#### **3.4.2. ¿Qué es una prueba?**

El uso de datos y pruebas en la capacidad de argumentación se considerar una señal de calidad (Jiménez Aleixandre, 2011). Por ello, es necesario ampliar la información sobre la competencia en el uso de pruebas. Bravo *et al.* (2009) propone dos dimensiones de análisis para el uso de pruebas: una vinculada al metaconocimiento sobre el uso de las pruebas y otra relacionada con el desempeño en el uso de estas pruebas, ambas vinculadas entre sí. Éstas se pueden consultar en la figura 1.14, adaptada de Bravo *et al.* (2009)

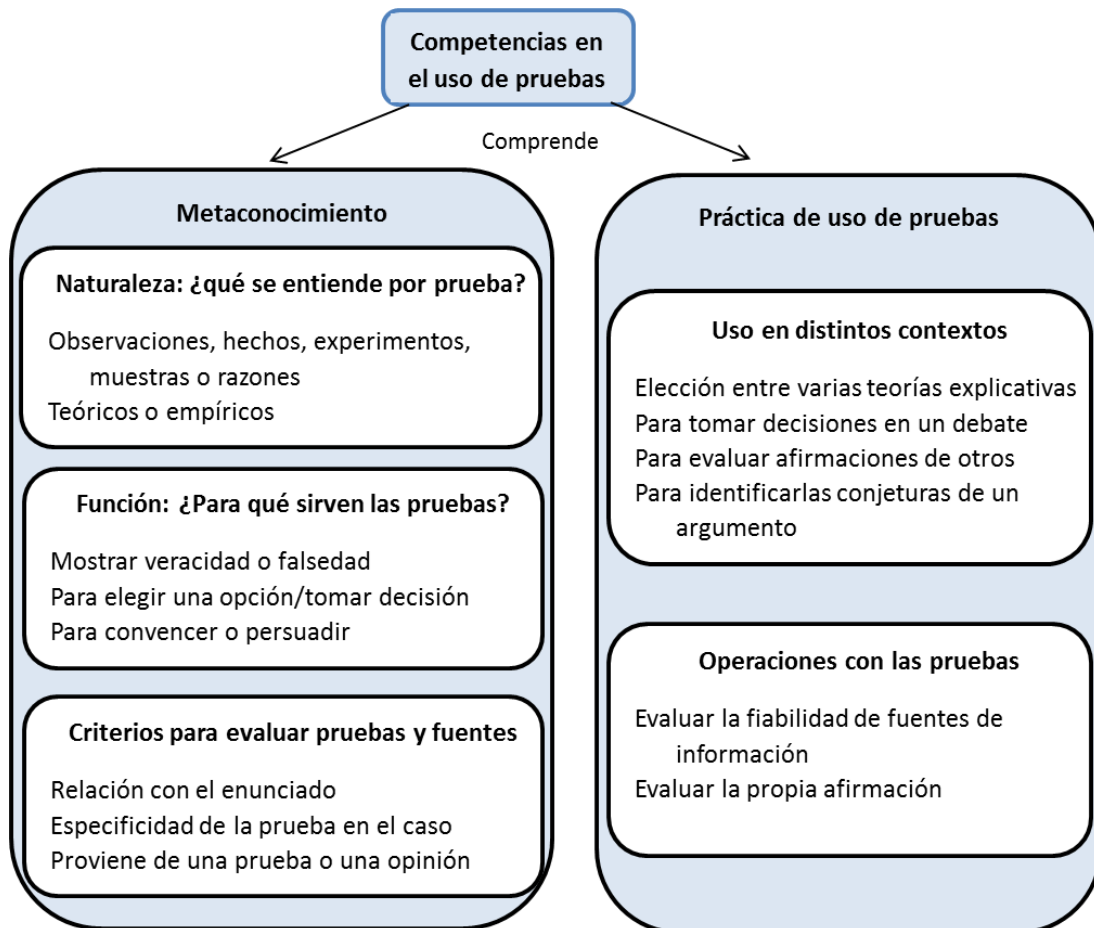


Figura 1.14: Competencia en el uso de pruebas. Adaptada de Bravo *et al* (2009)

El conocimiento o metaconocimiento sobre las pruebas se definiría como el conocimiento sobre las pruebas dentro de la imagen que el alumnado tiene sobre la ciencia, y éste se puede diferenciar en tres cuestiones: la naturaleza de las pruebas, su función y los criterios que se usan para evaluarlas (Bravo *et al.*, 2009). La naturaleza de las pruebas hace referencia a la definición de prueba como una observación, hecho, experimento, muestra o razón que puede ser tanto de naturaleza teórica como empírica. Por otro lado, hay que tener presente la función de las pruebas como soporte para mostrar la veracidad o falsedad de un enunciado, para optar por una opción en una controversia (uso de las pruebas como justificación) o también para intentar convencer o persuadir a otras personas. Por último, hay que evaluar la relevancia de las pruebas en una justificación, diferenciando entre la evaluación de pruebas y evaluación de las fuentes usadas. Dentro de la evaluación de las pruebas es necesario evaluar si la prueba está relacionada con el enunciado (Puig & Jiménez Aleixandre, 2008) o si es específica para el debate que se está tomando y si proviene de una prueba o una opinión (Kenyon *et al.*, 2006).

Respecto a la dimensión de la práctica de uso de pruebas, se analiza la capacidad del uso de las propias pruebas en la defensa de una tesis o argumento, diferenciando dos aspectos: el uso de las pruebas en contextos diferentes y las operaciones que se realizan con las pruebas (Bravo *et al.*, 2009). En cuanto al uso de las pruebas en distintos contextos, se pueden diferenciar en: elección entre varias teorías explicativas de un fenómeno, como por ejemplo la controversia sobre la generación espontánea

entre Pasteur y Pouchet (Acevedo-Díaz *et al.*, 2016); también se usan las pruebas en la toma de decisiones, como el uso o no de la energía nuclear (M. García *et al.*, 2019)); y el uso de pruebas para evaluar afirmaciones de otras personas, como la afirmación de James Watson sobre las diferencias genéticas entre personas blancas y negras (Puig & Jiménez Aleixandre, 2008); uso de pruebas para identificar las conjeturas sobre las que se apoya un argumento. En segundo lugar, según Bravo *et al.* (2009) las operaciones que se hacen con las pruebas son: evaluar la fiabilidad de las fuentes de información de donde se emite el enunciado o la prueba; evaluación de los propios enunciados. A su vez, en este último se destaca la identificación del enunciado, la coordinación entre los enunciados y las pruebas y la identificación del significado de cada prueba.

A pesar de la diferenciación en dimensiones que propone Bravo *et al.* (2009) con fines analíticos y de diseño de actividades, aclara que no significa que se desarrollen por separado, pues ambas están relacionadas entre sí. No obstante, trabajos como los de Hogan & Maglienti (2001), Puig & Jiménez Aleixandre (2008) encajan principalmente con la dimensión del metaconocimiento de las pruebas, mientras que trabajos como los de Kelly & Takao (2002) o Eirexas *et al.* (2009) trabajan mayormente la dimensión práctica del uso de las pruebas, y Sandoval & Millwood (2010) trabajan ambas dimensiones conjuntamente. De estos trabajos, las conclusiones finales concuerdan con la dificultad del alumnado de secundaria y universitario en el uso de pruebas para argumentar, principalmente debido al desconocimiento de la función de las pruebas científicas y la dificultad de transferir el conocimiento de un contexto a otro (Bravo *et al.*, 2009).

### 3.4.3. Calidad de la argumentación

Para evaluar la calidad de argumentación es necesario establecer los criterios que nos lleven a afirmar si existe o no una argumentación de calidad. En primer lugar la argumentación debe ser analizada en función del contexto en el que se desarrolla y viene determinada por la capacidad de extracción de conclusiones en base a las justificaciones y los datos (Uskola *et al.*, 2021), por ello el uso de datos y pruebas para justificar, se considera una señal de calidad (Jiménez Aleixandre, 2011). Por otro lado, en aquellos casos en los que existe un debate en el aula en torno a la toma de decisiones, ser consciente de las desventajas de la propia decisión y darse cuenta de las ventajas de una posición distinta también indican un alto nivel en la capacidad de argumentación (Kortland, 1996). Ahora bien, Osborne *et al.* (2004) proponen que el mayor nivel en la calidad de la argumentación está en la construcción de refutaciones a las justificaciones del argumento opuesto.

Osborne *et al.* (2016) establecieron tres niveles de progresión en la calidad de la argumentación, produciéndose el paso entre dichos niveles por el grado de coordinación entre estos elementos. A su vez, diferenciaron en distintos niveles en la construcción del argumento propio frente al caso de contrariar al de otra persona. Esta forma de determinar la calidad de la argumentación ha sido utilizada en diversos trabajos, destacando los de Sadler & Donnelly (2006) y Felton *et al.* (2009) (Citados en (Uskola *et al.*, 2021). Uskola *et al.* (2021) también toma como referencia a estos

autores, y propone un sistema de análisis de la calidad de la argumentación basado en ellos. Corresponde a la tabla 1.16.

Tabla 1.16. Criterios de evaluación de la argumentación. Extraída de Uskola *et al.* (2021)

Criterios	Niveles	Descripción
Justificación	2	Da más de un dato y/o justificación
	1	Da un dato o una justificación
	0	No hay datos ni justificación
Desventajas	2	Hace referencia a alguna desventaja y la refuta
	1	Hace referencia desventaja (dato/justificación) de la postura definida
	0	No hace referencia a ninguna desventaja de la positiva defendida
Posición Contraria	2	Hace referencia y refuta a alguna ventaja (Dato/justificación) de la postura contraria
	1	Hace referencia a la postura contraria
	0	No hace referencia a la positiva contraria

Esta síntesis para evaluar los niveles de argumentación sirve de ayuda para elaborar las herramientas apropiadas para evaluar la argumentación en la SEA que se lleva a cabo en esta investigación.

### 3.5. Resumen y consideraciones finales

En este capítulo del marco teórico se ha abordado el aprendizaje de las ciencias sobre el que se ha diseñado la SEA que ha sido objeto de estudio en la IBD. Para ello, se considera que se ha trabajado en dos niveles de conocimiento. En primer lugar un marco genérico sobre lo que supone la competencia (alfabetización) científica en el marco de la evaluación PISA 2015 y 2018. Para ello, se han expuesto los cuatro aspectos sobre los que se construye esta competencia: contexto, competencias, conocimientos y actitudes. Entre estos, las competencias científicas funcionan como piedra angular en la construcción de la competencia científica global, sin embargo tanto el contexto como los conocimientos tienen influencia en el desarrollo y adquisición de dichas competencias.

En primer lugar se ha profundizado en el aprendizaje de las ciencias a través de los contextos, aportando el marco teórico sobre el que se ha escogido el contexto de la SEA que se implementa en este caso. De la misma forma, los conocimientos científicos (de contenido, procedimental y epistémico) han sido objeto estudio, destacando los dos últimos por ser los que mayor importancia tendrán en esta investigación. Estos conocimientos ejercen como base para adquirir las competencias científicas. Recordemos que estas competencias corresponden a: explicar fenómenos científicos; evaluar y diseñar una investigación científica; e interpretar datos y pruebas científicas. Del mismo modo a los conocimientos, se ha incidido en las dos últimas competencias al ser parte de los objetivos a los que con esta investigación pretendemos acercarnos al implementar una SEA, incluyendo aquí la forma de evaluar a través de la herramienta de demanda cognitiva.



Para alcanzar estas competencias existen herramientas y enfoques educativos concretos como son las prácticas científicas. En esta tesis se han trabajado la práctica de la indagación y la argumentación y es por ello que, el conocimiento detallado de estas dos prácticas científicas han completado el capítulo. En ambas se han dado los fundamentos teóricos necesarios para poder diseñar y analizar la secuencia de enseñanza y aprendizaje objeto de estudio.

Con la finalización de este capítulo, también se da por finalizada la primera de las etapas de la investigación basada en el diseño, la fundamentación teórica. Este capítulo ha servido para dar el soporte teórico sobre el que elaborar tanto la secuencia como la investigación que se realiza en torno a ella.



## **CAPÍTULO III**

# **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**



## 1. Introducción

En la puesta en marcha de una IBD, un primer paso fundamental es la elaboración de un marco teórico sobre el que la investigación pueda apoyarse, abarcando desde los pilares más genéricos hasta los aspectos que refugiados en el detalle puedan ser más problemáticos. Esta fundamentación teórica es la que se ha realizado en el primer capítulo de este trabajo. El siguiente paso a seguir es el diseño de la investigación a partir de la cual se va a diseñar una secuencia de enseñanza y aprendizaje para su posterior implementación y estudio. Para ello, en este capítulo se expone el diseño de la investigación realizada.

El diseño de la secuencia de enseñanza-aprendizaje se considera un resultado de la propia investigación y por ello se ha decidido exponerlo en el capítulo dedicado a la exposición de los resultados.

Con todo ello, en la figura 2.1 se puede observar un esquema general del diseño de la investigación.

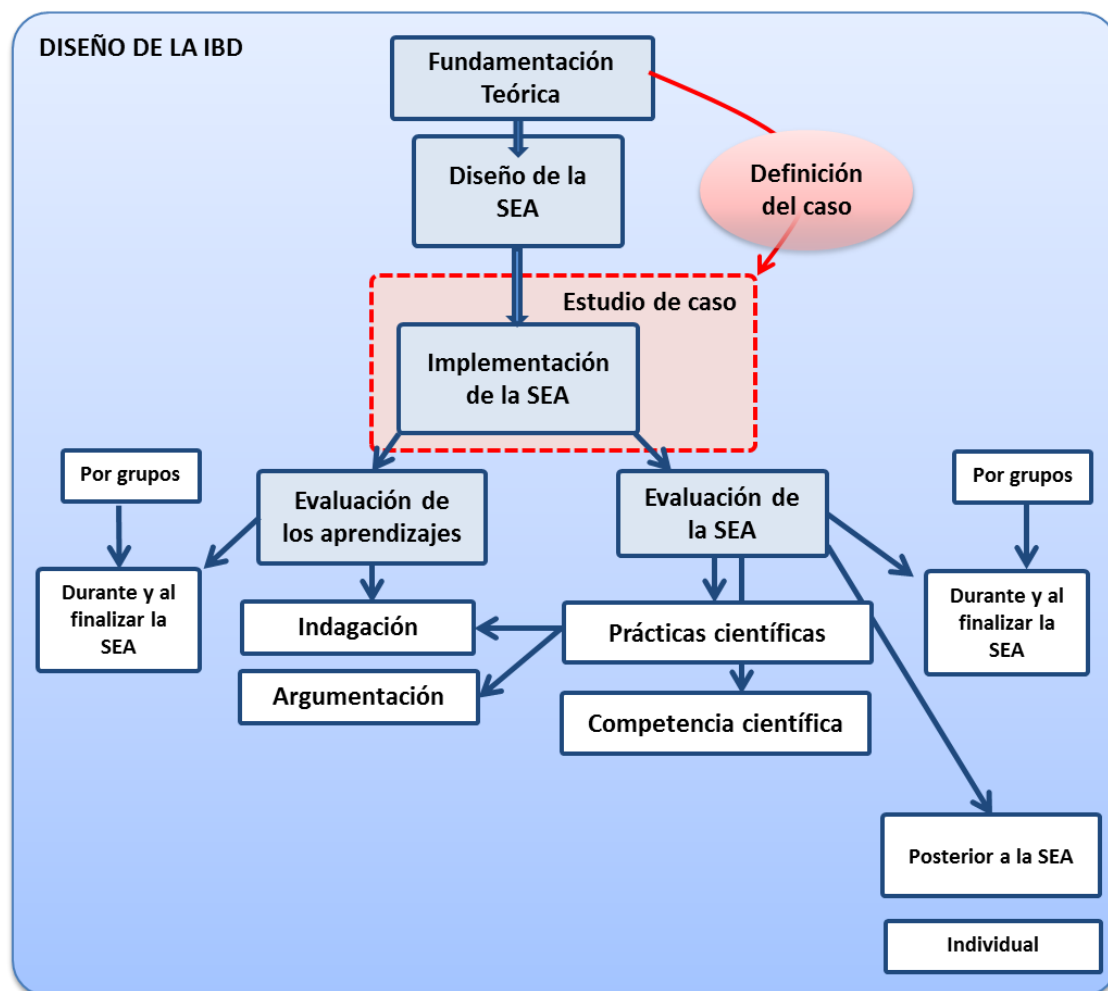


Figura 2.1. Diseño de la investigación (Elaboración propia)

A continuación se pasa a exponer la metodología de la investigación utilizada para este trabajo.



## 2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1. Introducción a la metodología de la investigación

Al trabajar en el marco de la IBD, hemos comprobado que el diseño de la SEA se incluye como parte fundamental de la propia investigación y por ello ha sido incluido en el apartado de resultados. En este apartado se procede a exponer la forma en la que se ha llevado a cabo la investigación. En la figura 2.2, se esquematiza la secuenciación utilizada para llevar a cabo esta investigación:

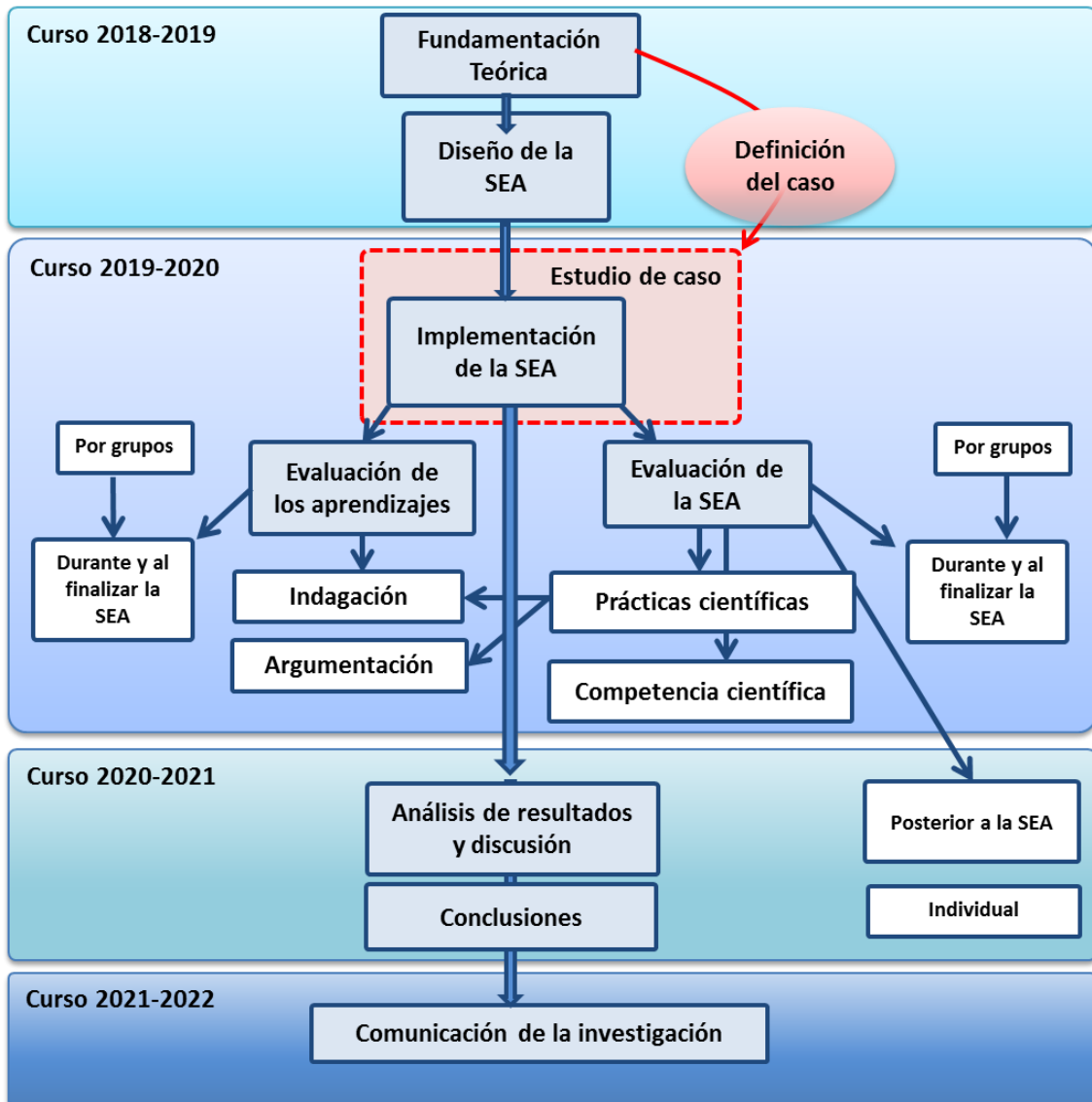


Figura 2.2: Secuencia de las partes más importantes de la investigación

En este apartado nos adentramos en la definición del caso y en el análisis de la SEA a partir de los aprendizajes.

### 2.2. Objetivos de la investigación

Los objetivos de aprendizaje establecidos para la investigación se han presentado en el Capítulo I de esta memoria. Dichos objetivos buscan dar respuesta a la pregunta general de investigación planteada:

***¿Puede una estación meteorológica servir como herramienta para la enseñanza de las prácticas científicas de indagación y argumentación en educación secundaria? ¿Cómo y en qué medida?***

Para dar respuesta a esta pregunta, se han planteado los objetivos específicos de la investigación en tres bloques según la validez de la secuencia diseñada e implementada. A continuación se exponen los tres bloques y los objetivos específicos correspondientes:

Para dar respuesta a esta pregunta se han planteado los objetivos concretos para la investigación. Estos objetivos se agrupan en tres bloques relacionados con la validez de la secuencia diseñada e implementada. Estos se exponen a continuación:

1. Validez de la secuencia para desarrollar la práctica científica de indagación:
  - 1.4. Estudiar de qué forma la secuencia diseñada favorece la práctica científica de indagación.
  - 1.5. Analizar los desempeños del alumnado en cada una de las etapas en las que se divide una actividad de indagación.
  - 1.6. Detectar las principales dificultades del alumnado en la toma de decisiones dentro del desarrollo de la secuencia.
  
2. Validez de la secuencia para desarrollar la práctica científica de argumentación:
  - 2.1. Analizar en qué medida la secuencia diseñada favorece la práctica científica de argumentación.
  - 2.2. Clasificar los argumentos del alumnado según el uso que se hace de ellos (justificar decisiones, refutar desventajas y aludir a posiciones contrarias) y si hacen referencia a los factores físicos o factores tecnológicos relacionados con la estación meteorológica.
  - 2.3. Analizar dentro de los argumentos del alumnado, la utilización de las magnitudes físicas implicadas y las circunstancias asociadas a su medida.
  
3. Validez de la secuencia para desarrollar la competencia científica:
  - 3.1. Evaluar cómo favorece la secuencia de enseñanza-aprendizaje el desarrollo de las sub-competencias científicas previstas en el diseño de la secuencia.
  - 3.2. Valorar de qué forma la secuencia favorece el uso del tipo de conocimiento científico establecido previamente en el diseño de la secuencia.



- 3.3. Analizar si la secuencia favorece la conservación de algunos aprendizajes relacionados con las magnitudes físicas y sus medidas y si la generalización a otros contextos que hace el alumnado con estos aprendizajes.

De esta forma, a partir de la consecución (o no consecución) de dichos objetivos se podrá dar respuesta a la pregunta general de investigación.

### **2.3. Definición del caso**

#### **2.3.1. Justificación de métodos propios del estudio de caso.**

Entre los objetivos de esta investigación se encuentra conocer “cómo” y “en qué medida” influye el uso de una estación meteorológica para desarrollar ciertos contenidos mediante indagación. Este tipo de preguntas en la investigación hacen de los enfoques utilizados por el EC unos instrumentos apropiados para abordar dichas preguntas (Yacuzzi, 2005; Yin, 2014, 2017). Estas preguntas son el punto de partida para: intentar confirmar, modificar o ampliar conocimiento sobre el tema, aportar conocimiento para la investigación educativa, y centrar el interés en el caso en sí mismo. Esto supone cumplir con las tres razones fundamentales por las que una investigación educativa debe utilizar el EC como metodología (Álvarez & San Fabián, 2012; Rodríguez *et al.*, 1996; Stake, 2005).

Otra razón por la que se ha optado por este enfoque de investigación ha sido la facilidad de acceso y la presencia del investigador en el caso, como afirma Rodríguez *et al.* (1996). Esto permite asegurar la calidad y credibilidad en el estudio, al comprender la realidad con una visión completa y realista de la cuestión

Desde el punto de vista organizativo, el EC es muy adecuado para investigadores individuales y a escala pequeña (Álvarez & San Fabián, 2012), que es el caso de esta investigación. A su vez, ofrece un espectro muy amplio de técnicas de recogida de datos para su posterior análisis (Pérez Serrano, 1994; Rodríguez *et al.*, 1996; Stake, 1994). Dado que la metodología general de la investigación es la investigación basada en el diseño, hay que tener presente que el estudio de caso ha aportado las herramientas y enfoques necesarios para llevar a cabo un estudio detallado de lo sucedido en la implementación de la SEA.

#### **2.3.2. Límites entre caso y contexto**

Los límites entre contexto y caso son muy estrechos y deben ser tratados con cautela (Yin, 2014). Por ello, siguiendo las indicaciones expuestas en el marco teórico en torno a esta cuestión se analiza la utilización del término contexto del apartado anterior. Se considera contexto, pero no caso, al contexto climático, demográfico y dentro del contexto del aula: los estudios del alumnado de bachillerato de ciencias o ciencias sociales. Si se considera dentro del caso, y por tanto objeto de estudio el contexto del número de estudiantes en la actividad (pero no el profesor de la secuencia) y también la contextualización como enfoque educativo. Se resume en la tabla 2.1:

Tabla 2.1: Límites entre el contexto y el caso

Contexto	Característica	Incluido en el caso para su análisis
Centro	Climática	Solo contexto y no incluido en el caso
	Demográfica	Solo contexto y no incluido en el caso
Aula	Alumnado de ciencias y ciencias sociales	Solo contexto y no incluido en el caso
	Número de estudiantes pero no el profesor	Objeto de estudio en el caso
Enfoque educativo	Utilitario y cercano	Objeto de estudio en el caso

### 2.3.3. Papel del investigador en el caso

En esta investigación, el investigador hace de profesor en apoyo a la secuencia y está presente en la mayoría de las sesiones, incluyendo aquellas de mayor relevancia para la investigación. Esta presencia es importante, pues el EC exige la participación directa y la permanencia prolongada del investigador dentro del caso debido al estudio de las relaciones e interacciones entre los individuos de esta metodología (Álvarez & San Fabián, 2012). La presencia del investigador como profesor de apoyo permite que este establezca procesos de negociación y debate con los estudiantes en el desarrollo de las sesiones. Esto encaja con el papel acotado que debe tener el investigador en un EC (por ejemplo como profesor o interprete) (Simons, 2011; Stake, 2005). Sin embargo, la recomendación de no interferir en el caso por parte del investigador (Simons, 2011; Stake, 2005; Yin, 2014), no encaja con el carácter intervencionista de la IBD (Guisasola *et al.*, 2021). Esta cuestión se resuelve del siguiente modo. La intervención del investigador (correspondiente a la IBD), no lleva el significado de intervención de aula, es decir, no implica que el investigador deba intervenir directamente en el desarrollo de una actividad de la secuencia diseñada y evaluada. Su intervención se basa en la modificación de los pasos siguientes que había diseñado de la SEA, sustentándose en la fundamentación teórica que previamente se haya elaborado elaborado y al mismo tiempo en la reflexión posterior a cada actividad de la secuencia, características esta última propia del investigador de un EC (Simons, 2011; Stake, 2005). Esto implica que el carácter intervencionista de la IBD no supone un obstáculo para utilizar una investigación de EC.

### 2.3.4. Criterios de legitimidad del caso

En las investigaciones de tipo cualitativo, y en concreto en el EC, la credibilidad de los datos depende en gran medida de la formación, habilidades metodológicas y capacidad del investigador (Álvarez & San Fabián, 2012; Patton, 1990). Para dar validez tanto a los datos como a la investigación, Yin (2014) propone cuatro criterios: validez del constructo, validez interna, validez externa y fiabilidad. En la tabla 2.2 se detalla cada uno de estos criterios junto con la forma en la que se han llevado a cabo para la investigación.

Tabla 2.2. Criterios de fiabilidad propuestos en la bibliografía y como se han utilizado para esta investigación

Criterio	Propuesto por Yin (2014)	En esta investigación
Validez del constructo	Se debe crear una cadena de evidencias que explicita el razonamiento del investigador. Para ello el lector debe poder extraer sus conclusiones al analizar las evidencias	Tras exponer el diseño de la investigación, se exponen los resultados obtenidos de los instrumentos de recogida de datos, sin ningún sesgo de análisis del investigador. El análisis corresponde a un apartado diferente. Esto permitirá realizar un análisis propio de las evidencias
Validez interna	Permite establecer relaciones causa-efecto haciendo creíble el fenómeno que se estudia. Se presentan similitudes y diferencias entre los investigados	Se toman recogen datos con distintas herramientas a lo largo de toda la investigación. Esto permite analizar la evolución de los investigados y la forma en la que afecta el diseño de la SEA en sus aprendizajes. Para ello se realiza una comparativa entre los distintos grupos de trabajo.
Validez externa	Hace referencia a la generalización de los datos fuera de la situación concreta para contrastar los resultados mediante teoría	El uso de la fundamentación teórica sirve para diseñar la investigación que se aborda y también para analizar los resultados. Por ello, el análisis de resultados se hace sobre la comparativa con la teoría existente sobre el tema
Fiabilidad	Demostrar que los procedimientos y resultados puede replicarse ante un hipotético auditor	La IBD se centra en definir con el mayor detalle posible la SEA que va a ser implementada para poder ser replicada en futuras ocasiones. Por ello, se ha intentado definir con el mayor detalle posible el diseño de la SEA y la investigación para poder reproducir los procedimientos. Dada la naturaleza de la investigación desconocemos que los resultados puedan replicarse, pero sí el procedimiento por el que se obtuvieron

### 2.3.5. Características del caso para esta investigación

El EC es una metodología que debe adaptarse a la realidad de su contexto y por eso existen distintas modalidades (Álvarez & San Fabián, 2012). Las distintas clasificaciones y tipologías del EC han sido tratadas en el capítulo 2 de este trabajo. También en ese capítulo se especificó la modalidad de EC utilizado para esta investigación. Se muestra en la figura 2.3.

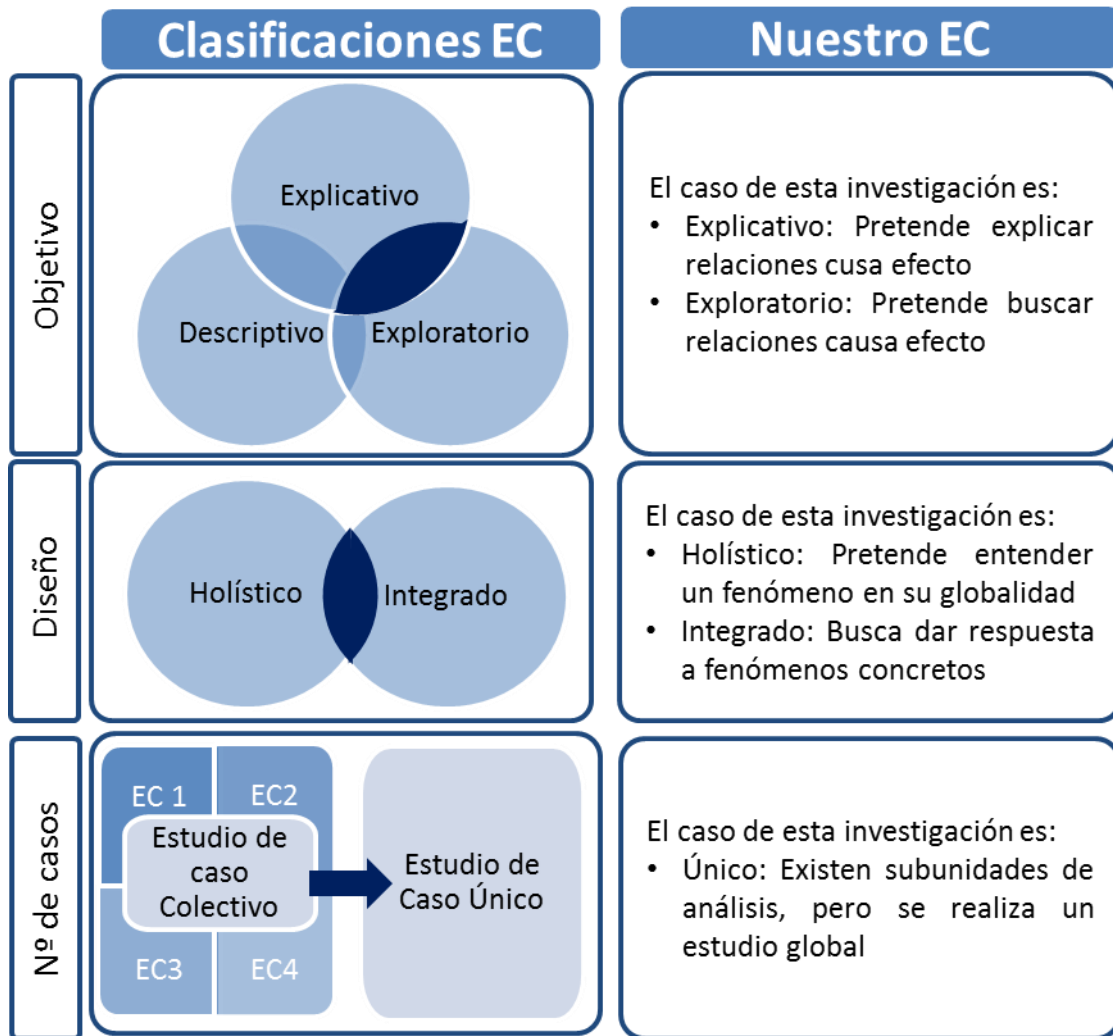


Figura 2.3: Clasificación de EC y caracterización de nuestro EC.

Según los objetivos marcados para esta investigación el EC utilizado es fundamentalmente explicativo. En el EC explicativo se explican las relaciones causa efecto estudiadas por Yin (2014), que en nuestra investigación corresponden a la relación entre metodología implantada y los instrumentos utilizados para hacerlo (como causa) y sus efectos en el proceso de enseñanza-aprendizaje (como efecto). Sin embargo, no resulta favorable cerrar la puerta al carácter exploratorio de la investigación por dos aspectos: en primer lugar, al tratarse de una investigación se desconoce si pueden surgir fenómenos causa-efecto previamente no considerados con lo que habría que incorporarlos a la investigación (Yin, 2014); y por otro lado, en caso de surgir dichos fenómenos, es necesario evaluarlos para reflexionar sobre si es necesario modificar e intervenir en el desarrollo de la secuencia, ahora en referencia a la metodología de la IBD. En definitiva se está trabajando con un EC fundamentalmente explicativo, pero que puede tornarse exploratorio en algunas situaciones.

Por otro lado, el caso estudiado es considerado de tipo holístico, dado que el objetivo es la comprensión global del caso (Yin, 2014), en este caso, la implementación de la

secuencia y el uso de la estación meteorológica como instrumento científico para trabajar las prácticas científicas. Y por otro lado, se estudian aspectos concretos propios del EC integrado (Yin, 2014), como son el estudio de la indagación y la argumentación por separado.

Respecto al número de caso estudiados, la definición es bastante clara, pues se analiza un EC único, en el que existen distintas subunidades de análisis que son los 4 grupos en los que se ha separado a los participantes.

El siguiente paso es definir los instrumentos de recogida de datos y el método utilizado

## 2.4. Instrumentos de recogida de datos y triangulación

### 2.4.1. Instrumentos y método en la recogida de datos

La IBD no establece herramientas para la investigación previamente fijadas (Guisasola *et al.*, 2021). En nuestra investigación, se ha usado el estudio de caso como metodología, y en consecuencia se toman los instrumentos de recolección de datos adecuados a la metodología del EC.

No obstante, las herramientas e instrumentos para el EC son amplios, dado que se permiten utilizar observación directa, entrevistas, cuestionarios, grabaciones de audio o vídeo o foros de debate (Álvarez & San Fabián, 2012; Pérez Serrano, 1994; Rodríguez *et al.*, 1996; Yin, 2017). Esta versatilidad en los instrumentos, favorece el uso de distintos métodos que permitan realizar una triangulación de los datos y dar fiabilidad a los resultados (Álvarez & San Fabián, 2012; Simons, 2011; Stake, 2005; Yin, 2014). Por ello, para esta investigación se han utilizado distintos instrumentos de recogida de datos. Según las características de la sesión dentro de la secuencia se ha utilizado un instrumento u otro. No obstante, en la mayoría de las ocasiones se cuenta con más de un instrumento para la misma sesión, lo que facilita la triangulación de los resultados. En la tabla 2.13 se detallan los instrumentos de recogida de datos en la investigación en cada una de las sesiones implementadas en la secuencia. En esta tabla se incorporan dos apartados más que muestran los instrumentos de recogida de datos en las sesiones no implementadas en la secuencia, sino en la evaluación posterior de esta (de la que se hablará más adelante)

Tabla 2.3: Instrumentos de recogida de datos en la investigación

Tipología de la sesión implementada	Instrumentos de recogida de datos utilizados
Sesión 1: Ideas previas	Observación directa del investigador Observación directa del profesor Entrevista profesor-investigador
Sesión 2: Búsqueda de información	Observación directa del profesor Entrevista profesor-investigador Informe escrito entregado por cada grupo
Sesión 3: Debate	Grabación de audio de la sesión Observación directa del investigador

	Observación directa del profesor Entrevista profesor-investigador
Sesión 4: Validación de hipótesis	Observación directa del profesor Entrevista profesor-investigador
Sesión 5: Control grupal	Grabación de audio y vídeo Observación directa del investigador y del profesor Entrevista profesor-investigador Informe escrito entregado por cada grupo Valoración personal individual voluntaria
Sesión 6: Familiarización y puesta en marcha	Grabación de audio al comienzo y al final de la sesión del grupo que realiza la actividad Observación directa del profesor Entrevista profesor-investigador
Sesión 7: Medidas	Grabación de audio al comienzo y al final de la sesión del grupo que realiza la actividad Observación directa del profesor Entrevista profesor-investigador
Sesión 8: Control grupal	Grabación de audio Observación directa del investigador y del profesor Entrevista profesor-investigador
Sesión 9: Búsqueda de ubicaciones	Grabación de audio al comienzo y al final de la sesión del grupo que realiza la actividad Observación directa del profesor Entrevista profesor-investigador
Sesión 10: Elección de la ubicación	Grabación de audio y vídeo Observación directa del investigador Informe escrito entregado por cada grupo sobre su presentación
Sesión 11: Conclusiones y cierre	Observación directa del investigador Entrevista con el grupo
Evaluación posterior de la SEA al mismo grupo	Cuestionario de validación de conocimientos
Evaluación posterior de la SEA con implementación parcial en otro grupo	Observación directa profesor Entrevista profesor-investigador Grabaciones de audio y vídeo

Antes de analizar cómo se han utilizado estos instrumentos evaluar los resultados, conviene detallar el método usado para su posterior análisis en cada uno de ellos:

- Grabaciones de audio y de vídeo: Todas las grabaciones de audio y de vídeo han sido transcritas para su posterior análisis
- Observación directa del investigador: En esta observación directa, el docente toma anotaciones sobre los aspectos que considera más importantes

- Observación directa del profesor: No se dan indicaciones concretas al profesor sobre cómo recoger la información, solo se indica que posteriormente se realizará una reunión para tratar el desarrollo de la sesión
- Entrevista profesor-investigador: La entrevista se llevaron a cabo en periodos no superiores a 4 días lectivos. En estas entrevistas el investigador anotaba los aspectos más relevantes tratados.
- Informes por escrito entregados por el alumnado: Estos informes también sirven como herramienta de evaluación de sus aprendizajes.
- Cuestionario de evaluación de conocimientos: Este cuestionario se elaboró posteriormente a la implementación de la secuencia y fue validado por expertos. Se detallará más adelante.

#### 2.4.2. Triangulación de los datos

Denzin (1978) propuso un método de triangulación de los datos diferenciando cuatro tipos: de investigadores, de datos, de teorías y de métodos. Esta clasificación es ampliamente aceptada en la bibliografía (Aguilar & Barroso, 2015; Mathison, 1988; Paul, 1996; Simons, 2011). Por ello, se ha intentado tener en cuenta los tres tipos de triangulación a la hora de tomar los datos para la investigación, dejando a un lado la triangulación de teoría. En la tabla 2.4 se muestran los tipos de triangulación utilizada y cómo se han intentado llevar a cabo para esta investigación:

Tabla 2.4: Tipos de triangulación y enfoque utilizado en la investigación

Triangulación	Fundamento	Aplicación en esta investigación
De investigadores	Si es posible deben intervenir varios observadores para triangular los datos y eliminar el sesgo de un único investigador	En las sesiones en las que participa todo el grupo están presentes investigador y profesor. En las sesiones en las que solo está presente el profesor pero se puede realizar triangulación de datos.
De datos	Usar métodos y técnicas diferentes que permitan contrastar la información recibida. Esa puede ser temporal (en distintos momentos), espacial (en distintos lugares) y de nivel (individuos, parejas, grupos...)	Se han utilizado herramientas distintas para la toma de datos para una misma situación. La toma de datos ha sido continuada en el tiempo y también ha existido una evaluación muy posterior en el tiempo. Respecto a nivel, cuando es requerido se extrae información de carácter individual para triangular con la grupal. Principalmente referente a la valoración de la actividad.

		Espacial no se cree necesaria
<b>De método</b>	Intramétodo: reiteración en el tiempo de un mismo método de toma de datos aunque sea con distintas herramientas. Intermétodo: combina métodos cuantitativos y cualitativos de análisis	Intramétodo: se ha utilizado un método de toma de datos continuado para cada una de las actividades. Intermétodo: A partir de los datos extraídos se desarrolla un método que permite realizar una comparativa cuantitativa de los aprendizajes alcanzados (pero sin profundizar en este método).

Dada la naturaleza de la investigación, en su diseño se ha tenido en cuenta los métodos de triangulación que permitan validar los resultados extraídos. Dicha validación debe ser realizada una vez los datos hayan sido analizados. Esto debe favorecer a la consistencia de los resultados obtenidos.

### 2.4.3. Análisis e interpretación de datos desde la óptica del EC

En primer lugar, en el análisis de los datos, tener en cuenta la triangulación en su recogida ya supone un proceso analítico en sí mismo (Eisenhardt, 1989; Maxwell, 1998). Por otro lado, para esta investigación se realiza el análisis de los datos teniendo en cuenta algunas de las reglas o recomendaciones que plantea Miles & Huberman (1994):

- Tabulación y cruce de datos: Para la investigación se han elaborado distintos instrumentos de análisis y evaluación educativa de acuerdo a los enfoques educativos utilizados y a los objetivos marcados por la investigación relacionados con el desarrollo de las prácticas científicas. Se detallan en el apartado dedicado a los instrumentos de análisis de datos.
- Creación de gráficos: se han elaborado gráficos que permiten analizar la consecución de los objetivos.
- Clasificación de la información por orden cronológico: Se requiere esta ordenación para poder evaluar el desarrollo de los aprendizajes a lo largo de la SEA implementada

Sin embargo, Yin (2014) considera estos métodos una forma de tabular y clasificar los datos, y no el análisis en sí mismo. En cierto sentido, estamos de acuerdo con el autor, por lo que tanto la tabulación, como la representación gráfica se expondrá dentro del apartado dedicado a la exposición de los resultados obtenidos. Será en el apartado de análisis donde se desarrolle el análisis de dichos datos a partir de un análisis global de todos ellos como propone Simons (2011) y Stake (2005). Para este análisis, al igual que en la representación de los datos, se utilizarán las técnicas propias utilizadas en cada



uno de los enfoques educativos implementados, teniendo presente el valor de la introspección del investigador dentro del caso (Simons, 2011; Stake, 2005).

Finalmente, antes de pasar a detallar los métodos concretos para el análisis de los resultados, es necesario concretar el papel del profesor dentro de la secuencia.

### **2.5. Papel del profesor en la investigación**

Tanto desde el punto de vista de esta IBD como desde el enfoque del EC, se ha intentado poner especial cuidado en el papel del docente en la implementación de la secuencia. Desde el punto de vista del EC, es importante cuidar el papel del docente en la investigación pues este no está dentro del caso, como se ha definido, sino que pertenece a su contexto. Algo similar ocurre desde la óptica de la IBD, dado que las intervenciones o modificaciones que se realizan sobre la SEA debe estar debidamente justificadas y fundamentadas en la teoría.

Para evitar estos posibles problemas, se cuenta con la presencia del investigador en las sesiones clave de cada actividad. Esta participación se justifica desde el punto de vista de la IBD y no contrapone los fundamentos del EC, tal y como se ha justificado en el apartado de Definición del Caso. Esta presencia deja la responsabilidad de establecer cambios en el diseño de la secuencia sobre el investigador por ser el autor del diseño de la secuencia sobre un fundamento teórico previo. Desde la investigación, han estado presente en cada momento las consideraciones y opiniones ofrecidas por el docente responsable y ello ha podido derivar en modificaciones en el diseño de la teoría. Dichas modificaciones quedaban debidamente justificadas desde la fundamentación teórica (Ametller *et al.*, 2007).

Esto no contrapone la participación del docente pues, desde la enseñanza por indagación, su papel como facilitador es imprescindible. Sin embargo, el profesor tiene constancia de que su participación en este sentido es clave y por ello toma registro de ella en aquellos casos que pueda influir en los resultados de la investigación.

Finalmente, ha existido una colaboración estrecha entre el docente y el investigador, existiendo reuniones tras implementarse las distintas sesiones, permitiendo estar al tanto al investigador del desarrollo de cada sesión más allá de los datos recogidos de forma expresa en cada una de las sesiones.

### **2.6. Instrumentos de análisis de los resultados**

Tras delimitar y caracterizar el caso a investigar, en este apartado se definen los instrumentos utilizados para evaluar los resultados de aprendizaje del alumnado.

#### **2.6.1. Evaluación grupal de los aprendizajes**

La evaluación de los resultados de aprendizaje de la SEA se llevan a cabo en la misma línea en la que se ha implementado la secuencia, de forma grupal. Así, se ha llevado a cabo la evaluación para cada uno de los 4 grupos de 4 personas con los que se ha

desarrollado la secuencia. De esta manera, no se ha hecho diferenciación entre los miembros dentro del grupo para la evaluación.

### 2.6.2. Evaluación de los aprendizajes de indagación y argumentación

Para evaluar los resultados de aprendizaje de la SEA, en primer lugar se han separado las evaluaciones de la Actividad 1 (elección de la estación meteorológica) y de la Actividad 2 (elección de la ubicación de la estación meteorológica). Para cada una de las actividades el proceso de evaluación seguido ha sido acorde a las etapas de las que se ha compuesto cada una de las actividades en su implementación, que a su vez han intentado emular el proceso de una investigación científica real.

Para el desarrollo de las destrezas implicadas en cada una de las etapas y su evaluación, ha sido de gran utilidad el trabajo de Ferrés-Gurt *et al.* (2014). En este trabajo se realiza una síntesis del sistema de evaluación Practical Test Assessment Inventory (PTAI) de Tamir *et al.* (1982).

Sobre la base de lo propuesto por estos autores, el método propuesto ha consistido en separar cada una de las actividades en las etapas de la investigación que se llevan a cabo en cada una de ellas, asociándose la destreza implicada según los autores y adaptando cada una de las destrezas al trabajo realizado para esta investigación. En la tabla 2.5 y 2.6 se especifican las etapas de cada actividad, la destreza asociada de la bibliografía y la destreza adaptada a esta investigación. A su vez se incorpora una cuarta columna a la tabla que expone la sesión de trabajo de la secuencia donde será evaluada cada una de las destrezas implicadas.

Tabla 2.5: Etapas, destrezas y destrezas adaptadas a la actividad 1 junto con la sesión donde se evalúa.

Elección de la estación (Actividad 1)			
Etapa	Destreza	Destreza adaptada a la investigación	Sesión
Planteamiento de la investigación	Identificación de problemas investigables	Identifica la componente científica en el problema de la elección de la estación	1 y 2
	Formulación de hipótesis	Plantear una hipótesis sobre el problema planteado	2 y 3
	Búsqueda de información	Buscar información usando criterios relevantes para la investigación	2
Planificación de la investigación	Identificación de variables	Reconocer la existencia de dos tipos de parámetros o variables (tecnológicas y físicas)	2 y 3
		Identificar los factores tecnológicos y prever su influencia posterior	2 y 3
		Identificar las magnitudes físicas y su papel como variables en el problema	2 y 3
	Planificación de la investigación	Planificar la investigación a largo plazo	2 y 3
		Planificar el trabajo de cada sesión	2 y 3
Conclusiones	Conclusiones y	Justificar su elección haciendo	3

	argumentación	referencia a las pruebas	
		Justificar su elección conociendo las desventajas de su elección	3 y 4
		Argumentar su elección haciendo uso de la posición contraria	3 y 4
Comunicación de resultados	Presentación de la información	Presentar un discurso claro y ordenado	3 y 5
		Apoyarse en el uso de gráficos e imágenes	3 y 5
		Utilizar lenguaje científico en formato escrito y oral	3 y 5
Reflexión	Reflexión	Analizar la influencia de la tecnología y la ciencia en nuestra vida cotidiana	4 y 5
		Valorar su papel en el desarrollo de la actividad	4 y 5

Tabla 2.6: Etapas, destrezas y destrezas adaptadas a la actividad 2 junto con la sesión donde se evalúa.

<b>Actividad 2: Elección de la ubicación de la estación</b>			
<b>Etapas</b>	<b>Destreza</b>	<b>Destreza adaptada a la investigación</b>	<b>Sesión</b>
Planteamiento de la investigación	Identificación de problemas investigables	Identifica la componente científica en el problema de la ubicación de la estación	6 y 8
	Formulación de hipótesis	Plantear una hipótesis sobre el problema planteado	6, 8 y 9
	Búsqueda de información	Buscar información usando criterios relevantes para la investigación	6, 8 y 9
Planificación de la investigación	Identificación de variables	Reconocer la existencia de dos tipos de parámetros o variables (tecnológicas y físicas)	6, 7 y 8
		Identificar los factores tecnológicos y prever su influencia posterior	6, 7 y 8
		Identificar las magnitudes físicas y su papel como variables en el problema	6, 7 y 8
	Planificación de la investigación	Planificar la investigación a largo plazo	8
		Planificar el trabajo de cada sesión	6 y 7
Toma de datos y análisis de datos	Observación y toma de datos	Poner en funcionamiento el instrumento	6, 7 y 8
		Puesta en marcha y calibración de los instrumentos	6, 7 y 9
		Buscar una ubicación para la estación	6, 7 y 9
	Interpretación de los datos	Buscar un lugar sobre los datos obtenidos	9

		Validar los resultados para extraer conclusiones	9
Conclusiones	Conclusiones y argumentación	Justificar su elección haciendo referencia a las pruebas	9 y 10
		Justificar su elección conociendo las desventajas de su elección	9 y 10
		Argumentar su elección haciendo uso de la posición contraria	9 y 10
Comunicación de resultados	Presentación de la información	Presentar un discurso claro y ordenado	8 y 10
		Apoyarse en el uso de gráficos e imágenes	8 y 10
		Utilizar lenguaje científico en formato escrito y oral	8 y 10
Reflexión	Reflexión	Analizar la influencia de la tecnología y la ciencia en nuestra vida cotidiana	11
		Valorar su papel en el desarrollo de la actividad	11

Se puede observar que la evaluación de cada una de las etapas no siempre corresponde a una única sesión. Esto se debe a dos motivos: en primer lugar que el desarrollo de la etapa dentro de la actividad no siempre se va a desarrollar únicamente en una sesión. Por ejemplo, la toma de medidas se puede realizar en más de una sesión distinta. Por otro lado, hay destrezas que se asocian a más de una sesión cuando teóricamente deberían desarrollarse en una única. Esto se debe a que cada grupo trabaja por separado en estas sesiones y puede que algún grupo consiga los objetivos que previamente se habían impuesto para dicha sesión, pero sin embargo otro grupo no los alcance, y la siguiente sesión tenga que continuar en el punto en el que había quedado. Este factor debe quedar reflejado en los resultados y para ello se ha elaborado una rúbrica que especifica distintos ítem dentro de cada una de las destrezas.

Para desarrollar estos ítems se ha incluido una nueva variable y es el nivel cognitivo o la profundidad de conocimiento que requieren cada una de las acciones que se proponen. Este método de evaluación está incluido en el marco de evaluación PISA (OCDE, 2016) y surge de la taxonomía de Bloom revisada (Krathwohl, 2002; Rosales Ortega *et al.*, 2020). Esta inclusión ha sido de utilidad para establecer distintos niveles de consecución de los objetivos más allá del binomio sí o no. Por otro lado, para que estos niveles puedan ser más fácilmente analizados, se les ha asociado una puntuación. Esta puntuación servirá para cuantificar los niveles alcanzados en competencia científica, siguiendo una herramienta adaptada de la propuesta por Ferrés-Gurt *et al.* (2014).

Para hacer más visible el nivel de demanda cognitiva de cada ítem se ha establecido una escala de colores que denota la demanda cognitiva de menor a mayor

requerimiento. A su vez se asocia la puntuación a cada demanda. La escala utilizada se muestra en la figura 2.4.



Figura 2.4: Escala de colores utilizada para la demanda cognitiva

Teniendo esta escala presente, las tablas 2.7 y 2.8 detallan las etapas, destrezas, destrezas adaptadas, ítem y puntuación de cada ítem, para la actividad 1 y 2.

Tabla 2.7: Etapas, destrezas, destrezas adaptas e ítem establecidos para la actividad 1.

Elección de la estación (Actividad 1)		
Destrezas	ITEM	
<b>Identificación de problemas investigables</b>		<b>3</b>
Identificar la componente científica en la elección de una estación para su compra	No distingue el carácter científico del problema	0
	Reconoce en el problema una cuestión a resolver con métodos típicamente científicos (investigar, tomar medidas...)	1
	Asocia el problema con otros problemas científicos que conoce ya sean de su vida diaria o de otros contextos	2
<b>Formulación de hipótesis</b>		<b>15</b>
Plantear una primera hipótesis sobre el problema planteado	El planteamiento de la primera hipótesis es azarosa y no está justificada	0
	Nombra algunas características básicas de tipo tecnológico que debe tener la estación (como tiene wifi, tiene pantalla a color...)	1
	Completa las características técnicas añadiendo información genérica sobre las magnitudes físicas que mide (temperatura, lluvia viento...)	2
	Utiliza las características de la estación para justificar la elección previa sin entender dichas características, con frases como "mide todo lo necesario..."	3
	Reconoce características concretas que debe tener la estación para justificar la elección previa	4
	Argumenta la elección de hipótesis relacionando las características de la estación con las características del lugar	5
<b>Búsqueda de información</b>		<b>10</b>
Buscar información usando criterios relevantes para la investigación	Obtienen la información únicamente de una web de compras	0
	Compara la información extraída de una web de compras con otras fuentes dedicadas únicamente a las estaciones meteorológicas	1
	Organiza la información de fuentes de relevancia y sobre esa realiza la búsqueda en una web de compras	2
	Sintetiza la información de la que dispone y deja por escrito todas las fuentes que ha consultado	3
	Contrasta la información de la que dispone con las búsquedas de otros grupos, detectando incongruencias entre unas fuentes y otras (Colaboración)	4
<b>Identificación de variables</b>		<b>35</b>
Reconocer la existencia de dos grupos de variables en	No hace mención a ningún tipo de característica	0
	Nombra características generales de forma aleatoria	1
	Describe características generales de la estación sin diferenciar	2

el problema (tecnológicas y físicas)	entre características asociadas a la tecnología y características asociadas a los instrumentos de medición		3
	Diferencia entre dos grupos de variables, una referida al diseño del producto (partes, medidas, colocación..) y otra a las magnitudes físicas que mide (temperatura, presión, precipitación...)		
Identificar las variables tecnológicas y prever su influencia posterior	No tiene en cuenta las características relacionadas con el diseño de la estación		0
	Describe como variable tecnológica las partes que tiene la estación en relación a medidas y a registro (único dispositivo para medir y enviar los datos o dos dispositivos por separado y con ubicaciones diferentes)		1
	Reconoce como variable tecnológica el modo de alimentación del dispositivo (por cable o a la red eléctrica) para su futura instalación	1	2
	Reconoce como variable tecnológica el modo de conexión a la red (por wifi o por cable) para su futura instalación	1	
	Contrasta que hay espacios dentro del lugar donde la estación podrá ser instalada sin valorar si son idóneos para la medición de magnitudes		3
	Documenta que hay espacios dentro del lugar donde la estación puede ser instalada y también pueden ser idóneos (a priori) para medir magnitudes		4
Identificar las magnitudes físicas y su papel como variables del problema	No tiene en cuenta las características relacionadas con las magnitudes (magnitudes de interés, unidades de medida, rangos, precisiones...)		0
	Enumera algunas magnitudes físicas que debe medir una estación meteorológica básica (presión, temperatura, viento y lluvia)		1
	Amplia las magnitudes físicas básicas de una estación con al menos dos magnitudes más (humedad, radiación...)		2
	Completa la información de las magnitudes físicas que mide la estación con características de las propias medidas (rangos, precisiones...) sin tener en cuenta su relevancia en el problema (solo nombrarlas)		3
	Detecta la importancia de la precisión de medida de las magnitudes que debe tener la estación para que sea de utilidad	Temperatura	4
		Viento	
		Lluvia	
	Detecta la importancia del rango de medida de las magnitudes que debe tener la estación para que se de utilidad	Temperatura	4
		Viento	
	Detecta la importancia del rango de medida de las magnitudes que debe tener la estación para que se de utilidad	Lluvia	4
Presión			
Documenta las características que deben tener las medidas de las variables físicas en el problema planteado con las características climáticas del lugar para el que se va a usar		5	
<b>Planificación de la investigación</b>			<b>20</b>
Planificar la investigación a largo plazo la investigación (tener presente la segunda parte de la actividad en la primera	No hay ninguna planificación previa en la elección de la estación y se procede mediante indicaciones del profesorado		0
	Tiene presentes las dos etapas de la investigación (elegir la estación para después colocarla), pero procede indistintamente a ello		1
	Planifica la primera parte de la actividad sin tener en cuenta la		2

	parte)	segunda parte		
		Combina primera y segunda parte de la investigación para planificar todo el proceso (planifica si necesitará instrumentos o herramientas extras, como por ejemplo un mástil)	3	
		Añade a la planificación un papel de responsabilidad a cada uno de sus componentes	4	
	Planificar el trabajo de cada sesión	No hay planificación del trabajo de cada sesión		0
		Planifica sin delimitar objetivos ni consultar (ni recordar) lo trabajado en la sesión anterior (va haciendo)		1
		Planifica la sesión estableciendo un objetivos poco concretos pero sin consultar (ni recordar) lo trabajado en la sesión anterior (empezar cada vez desde el principio y recuerda cuando va haciendo)		2
		Organiza la sesión partiendo de lo trabajado en la sesión anterior y estableciendo objetivos concretos		3
		Organiza la sesión partiendo de lo trabajado en la sesión anterior, estableciendo objetivos concretos, y asignando labores concretas a cada miembro participante		4
	<b>Conclusiones (Argumentación)</b>			<b>63</b>
	Justificar su elección haciendo referencia a pruebas	No existe argumentación en el discurso y solo hace referencia al ajuste presupuestario		0
Copia las especificaciones de la etiqueta de la estación y solo hace referencia al ajuste presupuestario (No existen argumentos)			1	
Referencia las características físicas y tecnológicas pero sin explicar ni contextualizar			2	
Organiza el discurso diferenciando entre características físicas y tecnológicas			3	
Explica las características tecnológicas de la estación y las usa como argumento		2	4	
Explica las características de las magnitudes físicas que mide la estación y las usa como argumento		2		
Argumenta su decisión haciendo referencia a cada magnitud medible, rango y precisión como necesaria para el clima de la zona			5	
Evalúa la idoneidad de la estación en lo física en su relación con el clima y por su ajuste a las posibles ubicaciones existentes			6	
Justificar su elección conociendo las desventajas de su elección	No hace referencia a las desventajas de su elección		0	
	Busca desventajas en su elección pero no encuentra o no las muestra		1	
	Compara su elección con la de otros grupos pero no encuentra desventajas		2	
	Identifica posibles inconvenientes en su propia elección pero intenta ocultarlas		3	
	Hace referencia a alguna desventaja de su elección pero sin refutarla ni cambiar el argumento		4	
	Hace referencia a alguna desventaja de su elección e intenta refutarla con pruebas, pero no lo consigue		5	
	Contra-argumenta su elección haciendo referencia a una desventaja y la refuta (o resuelve)aportando pruebas		6	
Argumentar su elección haciendo uso	No presta atención a la elección del resto de grupos		0	
	No hace referencia a la elección del resto de grupos		1	

	de la posición contraria	Hace referencias negativas al resto de grupos sin usar datos o pruebas	2	
		Hace referencias negativas al resto de grupos en referencia a parámetros físicos o tecnológicos	3	
		Hace referencia negativas al resto de grupos en referencia a parámetros físicos y tecnológicos	4	
		Hace referencia negativa al resto de grupos en referencia a parámetros físicos o tecnológicos y la refuta	5	
		Hace referencia negativas al resto de grupos en referencia a parámetros físicos y tecnológicos y los refuta ambos	6	
		<b>Presentación de la información</b>		<b>31</b>
<b>Comunicación de resultados</b>	Presentar un discurso claro, ordenado	No presenta un discurso adecuado ni escrito ni oral	0	
		Esquematiza su presentación en partes acordes a la actividad	1	
	Apoyarse en el uso de gráficos e imágenes	No utiliza imágenes ni gráficos para presentar la información	0	
		Utiliza imágenes y/o gráficos de forma azarosa sin utilidad en la construcción del discurso	1	
		Utiliza imágenes y/o gráficos pero son incompletos (no incluyen unidades, las unidades son erróneas, las imágenes no corresponden)	2	
		Aplica el uso de imágenes y gráficos a la construcción del discurso	3	
		Elabora gráficos o imágenes propios relevantes para la comunicación	4	
		Analiza los gráficos e imágenes expuestos para la construcción del discurso utilizando imágenes o gráficos de elaboración propia	5	
	Utilizar lenguaje científico en formato escrito y oral	No utiliza términos científicos ni escrito ni orales	0	
		Menciona términos relacionados con las variables físicas y/o tecnológicas del problemas pero los usa de inadecuadamente y sin unidades de medida	1	
		Enumera las términos relacionados con las variables físicas (o tecnológicas) del problema junto con las unidades de medida que ofrece la estación	2	
		Aplica sus conocimientos a los términos relacionados con las variables físicas y(o tecnológicas que menciona y sus unidades	3	
		Aplica los términos científicos a la construcción del discurso diferenciando entre magnitudes y unidades	4	
		Relaciona las magnitudes que mide la estación, con las unidades, el rango de medidas y la precisión con la que mide	5	
	<b>Reflexión</b>		<b>10</b>	
	<b>Reflexión</b>	Analizar la influencia de la tecnología y la ciencia en nuestra vida cotidiana	No relaciona lo que ha trabajado con un trabajo de investigación científica	0
			Describe el proyecto como un trabajo científico sin hacer alusión a las etapas más importantes	1
			Asocia la investigación a otros contextos científicos reales	2
			Conecta lo aprendido en la actividad con posibles usos que pueda hacer tanto del conocimiento como de la metodología aplicada	3
		Valora su papel en el desarrollo de la actividad	No valora su papel en la actividad	0
Reconoce su papel en la actividad pero no lo asocia al resultado			1	
Asocia su papel a los resultados de la actividad			2	
	Propone aspectos que podría haber mejorado para obtener mejores resultados	3		



Tabla 2.8: Etapas, destrezas, destrezas adaptas e ítem establecidos para la actividad 2.

Actividad 2: Elección de la ubicación de la estación				
	Destrezas	ITEM		
Planteamiento de la investigación	<b>Identificación de problemas investigables</b>			<b>3</b>
	Identificar la componente científica del problema planteado (Búsqueda de una ubicación idónea para el problema)	No distingue el carácter científico del problema		0
		Reconoce en el problema una cuestión a resolver con métodos típicamente científicos (investigar, tomar medidas...)		1
		Asocia el problema con otros problemas científicos que conoce ya sean de su vida diaria o de otros contextos		2
	<b>Formulación de hipótesis</b>			<b>15</b>
	Plantear una primera hipótesis sobre el problema planteado y la argumenta científicamente	El planteamiento de la primera hipótesis es azarosa y no está justificada		0
		Nombra lugares sin hacer mención de que tienen de especial dichos lugares		1
		Describe algunas características que debe tener el lugar sin asociarlo con la etapa anterior al trabajo		2
		Aplica el trabajo realizado en la etapa anterior para describir la hipótesis sobre las características del lugar pero sin analizar la estación		3
		Relaciona las características de la estación con las características que debe tener el lugar		4
		Sintetiza características técnicas y físicas que debe tener el lugar para que cumpla con ambos condicionantes		5
	<b>Búsqueda de información</b>			<b>10</b>
	Busca información en diferentes fuentes y valora críticamente	Obtienen la información únicamente de la web de compra de la estación (en castellano)		0
		Extrae información del manual de instrucciones (en inglés) sin un criterio de búsqueda (intenta traducir el manual para después extraer información)		1
		Compara la información de la web de compras y complementa con la información más precisa que contiene el manual		2
Completa la información de la que dispone con información extraídas de otras fuentes		3		
Contrasta toda la información de la que dispone detectando las incongruencias entre unas fuentes y otras		4		
Planificación de la Investigación	<b>Identificación de variables o factores</b>			<b>29</b>
	Reconocer la existencia de dos grupos de variables en el problema (tecnológicas y físicas)	No reconoce ni diferencia las variables		0
		Reconoce los dos tipos de variables (tecnológicas y físicas) para la posible ubicación		1
		Diferencia entre las variables asociadas a la medición (magnitudes) y las variables que influyen en la medida		2
	Identificar las variables tecnológicas y prever su influencia posterior	No tiene en cuenta las características de la estación para elegir la ubicación		0
		Detecta las variables generales asociadas al mantenimiento de la estación (evitar vandalismo, daños de animales, posibles robos...)		1
		Detecta las variables asociadas al funcionamiento	Número de ubicaciones: ¿una solo para ambos dispositivos o dos ubicaciones distintas?	1
Fuentes de alimentación de los dispositivos			1	

		Conexión entre ambos dispositivos	1	
		Necesidad o no de un mástil para su colocación	1	
Identificar las variables físicas y valorar su importancia en el problema		No identifica ninguna variable relacionada con las magnitudes que mide la estación		0
		Nombra algunas variables junto con otros elementos que no son variables (como la precisión)		1
		Identifica algunas magnitudes pero no diferencia entre magnitudes y variables que influyen en la medición de magnitudes		2
	Identifica las magnitudes de medición como variables para la ubicación	Temperatura	1	6
		Presión	1	
		Viento (velocidad y dirección)	1	
		Pluviosidad	1	
		Humedad	1	
		Radiación UV y luminosidad	1	
	Identifica variables externas que pueden interferir en la medida	Variaciones de luz y sombra	2	12
		Fuentes de calor externas (Chimeneas, calentadores...)	2	
		Obstáculos que interfieran en las medidas	2	
Ventilación del lugar		2		
Alejado de fuentes de agua		2		
Alejado de superficies que acumulen calor		2		
<b>Planificación de la investigación</b>				<b>20</b>
Planificar la investigación a largo plazo		No hay ninguna planificación previa para elegir la ubicación de la estación		0
		Menciona el objetivo final de la actividad sin hacer mención a la actividad anterior y sin secuenciar etapas		1
		Relaciona la información de la primera parte de la actividad para establecer un objetivo final pero sin establecer etapas concretas		2
		Aplica la información de la primera parte de la actividad para establecer un objetivo final y dividir la actividad en etapas aunque sin objetivos específicos de cada etapa		3
		Analiza la información de la primera actividad para secuenciar las etapas de esta parte de la actividad estableciendo objetivos concretos de cada etapa y objetivo final		4
Planificar el trabajo de cada sesión		No hay planificación del trabajo de cada sesión		0
		Planifica sin delimitar objetivos ni consultar (ni recordar) lo trabajado en la sesión anterior (va haciendo)		1
		Planifica la sesión estableciendo un objetivos poco concretos pero sin consultar (ni recordar) lo trabajado en la sesión anterior (empezar cada vez desde el principio y recuerda cuando va haciendo)		2
		Organiza la sesión partiendo de lo trabajado en la sesión anterior y estableciendo objetivos concretos		3
		Plantea la sesión partiendo de lo trabajado en la sesión anterior, estableciendo objetivos concretos y dejando constancia del punto de partida para la siguiente sesión		4
<b>Observación y toma de datos</b>				<b>65</b>
Toma de datos	Poner en funcionamiento el instrumento	No pone en marcha antes de proceder a buscar ubicación		0
		Identifica las partes de la estación a grandes rasgos sin estudiar su funcionamiento		1
		Pone en marcha el equipo y realiza pruebas de conexión entre ambos		2

	dispositivos de forma azarosa y sin seguir un criterio para comprender el funcionamiento			
	Aplica la información que posee para realizar pruebas de conexión entre ambos y dispositivos y conocer detalles de su funcionamiento		3	
	Analiza la información extraída sobre el funcionamiento y la deja anotada por escrito (comprobación de necesidades de conexión, distancia máxima de separación entre dispositivos)		4	
	Sintetiza en un plano del lugar la información extraída para delimitar los posibles lugares donde extraer la información		5	
Puesta en marcha y calibración de los instrumentos	No identifica los instrumentos de medida dentro del dispositivo y no procede a su montaje		0	
	Realiza el montaje de las distintas partes del dispositivo		1	
	Identifica las distintas partes del dispositivo con las magnitudes que mide y pone en funcionamiento el dispositivo		2	
	Comprueba antes de buscar ubicación que el dispositivo recoge medidas de todas las magnitudes (en el dispositivo de almacenaje de datos)		3	
	Relaciona con carácter general que el dispositivo está tomando datos con pequeñas pruebas (por ejemplo moviendo el anemómetro)		4	
	Comprueba que las medidas que realiza el dispositivo son reales haciendo pruebas experimentales	Temperatura (mayor temperatura dentro de que fuera)	2	12
		Presión (variación con la altura)	2	
		Viento (uso de un ventilador con mayor y menor velocidad)	2	
		Pluviosidad (añadir una botella de agua de aproximadamente un litro)	2	
		Humedad (fuente artificial de agua cercana)	2	
Radiación UV y luminosidad (mayor radiación fuera que dentro)		2		
Valida las pruebas experimentales anteriores sistematizando las medidas y haciendo comparaciones entre ellas		6		
Buscar una ubicación para la estación	No realiza ningún tipo de búsqueda		0	
	Sin hacer uso de los datos obtenidos y de forma aleatoria		1	
	Identifica las necesidades del lugar pero busca el lugar por el sistema prueba y error (aquí no funciona, pues pruebo otro sitio aunque tampoco cumpla las condiciones)		2	
	Aplica los resultados obtenidos de carácter tecnológico (pero no físico) para la elección del lugar		3	
	Combina los resultados obtenidos de carácter tecnológico y físico para encontrar un lugar y elige el primero realiza pruebas generales		4	
	Propone varios lugares que cumplen con todas las condiciones para elegir el mejor entre ellos y realiza pruebas de medición de las magnitudes:	Temperatura	1	6
		Presión	1	
		Viento	1	
Pluviosidad		1		
Humedad		1		
Valida las pruebas experimentales anteriores sistematizando las medidas y comparando las distintas ubicaciones		6		
<b>Interpretación de resultados</b>			<b>36</b>	
Busca un lugar sobre	No interpreta los datos		0	

	los datos obtenidos	Enumera los resultados obtenidos y la interpretación se limita a enumerar	1	
		Analiza los datos e identifica errores pero no intenta dar explicación a estos	2	
		Identifica errores en los datos e intenta dar explicación verbal a dichos errores	3	
		Identifica errores en los datos, no logra dar explicación a estos pero realiza un nuevo diseño experimental para alcanzar la explicación	4	
		Identifica errores y tras realizar uno o más diseños experimentales da explicación al error y lo resuelve	5	
		Recoge toda la información sobre las modificaciones realizadas para poder elaborar conclusiones	6	
	Validar los resultados para extraer conclusiones	Compara los resultados obtenidos con el resto de grupos de trabajo	4	
		Comprueba que sus resultados encajan con valores aproximadamente esperados según sus conocimientos	5	
		Valida los datos obtenidos con otras fuentes (como estaciones meteorológicas cercanas)	6	
	<b>Conclusiones</b>	<b>Conclusiones (Argumentación)</b>		<b>63</b>
		Justificar su elección haciendo referencia a pruebas	No existe argumentación en el discurso	0
			Cita la ubicación del lugar elegido sin referencia a pruebas	1
Referencia las características tecnológicas de la ubicación como argumento (conexión a la red y entre dispositivos)			2	
Organiza el discurso diferenciando entre características tecnológicas y físicas (es necesario cumplir las tecnológicas para poder cumplir las físicas)			3	
Describe las características del lugar haciendo referencia a opiniones (es idóneo porque no hay obstáculos pero sin pruebas)			4	
Argumenta su decisión haciendo referencia a los resultados de sus mediciones (datos "normales" de presión, temperatura, etc)			5	
Evalúa la idoneidad de la estación haciendo referencia a las pruebas de validación de datos (con otros grupos y con otras estaciones meteorológicas)			6	
Justificar su elección conociendo las desventajas de su elección		No hace referencia a las desventajas de su elección	0	
		Busca desventajas en su elección pero no encuentra o no las muestra	1	
		Compara su elección con la de otros grupos pero no encuentra desventajas	2	
		Identifica posibles inconvenientes en su propia elección pero intenta ocultarlas	3	
		Hace referencia a alguna desventaja de su elección pero sin refutarla ni cambiar el argumento	4	
		Hace referencia a alguna desventaja de su elección e intenta refutarla con pruebas, pero no lo consigue	5	
		Contra-argumenta su elección haciendo referencia a una desventaja y la refuta (o resuelve)aportando pruebas	6	
Argumentar su elección haciendo alusión a la posición contraria		No presta atención a la elección del resto de grupos	0	
		No hace referencia a la elección del resto de grupos	1	
		Hace referencias negativas al resto de grupos sin usar datos o pruebas	2	
		Hace referencias negativas al resto de grupos en referencia a parámetros físicos o tecnológicos	3	
Hace referencia negativas al resto de grupos en referencia a		4		

		parámetros físicos y tecnológicos	
		Hace referencia negativa al resto de grupos en referencia a parámetros físicos o tecnológicos y la refuta	5
		Hace referencia negativas al resto de grupos en referencia a parámetros físicos y tecnológicos y los refuta ambos	6
Comunicación de resultados	<b>Presentación de la información</b>		<b>31</b>
	Presentar un discurso claro, ordenado	No presenta un discurso adecuado ni escrito ni oral	0
		Esquematiza su presentación en partes acordes a la actividad	1
	Se apoya en el uso de gráficos e imágenes	No utiliza imágenes ni gráficos para presentar la información	0
		Utiliza imágenes y/o gráficos de forma azarosa sin utilidad en la construcción del discurso	1
		Utiliza imágenes y/o gráficos adecuadamente pero los gráficos no están bien representados (gráficos sin magnitudes ni unidades)	2
		Aplica el uso de imágenes y gráficos a la construcción del discurso	3
		Elabora gráficos o imágenes propios relevantes para la comunicación	4
		Analiza los gráficos e imágenes expuestos para la construcción del discurso utilizando imágenes o gráficos de elaboración propia	5
	Utilizar lenguaje científico en formato escrito y oral	No utiliza términos científicos ni escrito ni orales	0
		Menciona términos relacionados con las variables físicas y/o tecnológicas del problemas pero los usa de inadecuadamente y sin unidades de medida	1
		Enumera las términos relacionados con las variables físicas (o tecnológicas) del problema junto con las unidades de medida que ofrece la estación	2
		Aplica sus conocimientos a los términos relacionados con las variables físicas y/o tecnológicas que menciona y sus unidades	3
		Aplica los términos científicos a la construcción del discurso diferenciando entre magnitudes y unidades	4
		Relaciona las magnitudes que mide la estación, con las unidades, el rango de medidas y la precisión con la que mide	5
Reflexión	<b>Reflexión</b>		<b>12</b>
	Analizar la influencia de la tecnología y la ciencia en nuestra vida cotidiana	No relaciona lo que ha trabajado con un trabajo de investigación científica	0
		Describe el proyecto como un trabajo científico sin hacer alusión a las etapas más importantes	1
		Asocia la investigación a otros contextos científicos reales	2
		Conecta lo aprendido en la actividad con posibles usos que pueda hacer tanto del conocimiento como de la metodología aplicada	3
	Valora su papel en el desarrollo de la actividad	No valora su papel en la actividad	0
		Reconoce su papel en la actividad pero no lo asocia al resultado	1
		Asocia su papel a los resultados de la actividad	2
		Propone aspectos que podría haber mejorado para obtener mejores resultados	3

En primer lugar se observa que, en no todas las destrezas se tiene que alcanzar el máximo nivel de demanda cognitiva. Esto no significa que no existan o se puedan diseñar actividades que requieren de dicha demanda, sino que la actividad y la destreza concreta de esta secuencia requiere hasta un máximo de la demanda cognitiva que se presenta. Por otro lado, también se verá que existen destrezas que

exigen de una demanda cognitiva en concreto, pero que esta se repite. Esto es intencionado, pues se ha creído oportuno para analizar los resultados que quede reflejado, por ejemplo, de sí un grupo identifica una, dos o tres variables físicas. Si solo se dejase en un único ítem podríamos identificar que identifica variables físicas, pero no cuántas variables identifica.

Debido a esto, se ha decidido que el cómputo total de las puntuaciones se calcule sumando las puntuaciones previas en la profundidad del conocimiento, es decir, si se alcanza una profundidad de conocimiento máxima, se habrán sumado las puntuaciones anteriores. De otro modo, en casos como el mencionado anteriormente donde en un único ítem se reparten los puntos, podríamos encontrar un caso de alcanzar una profundidad de conocimiento máxima, pero sin embargo solo sumar un único punto, lo que equivaldría a la puntuación mínima. Con este sistema de suma de puntos evitamos esta cuestión.

Estas tablas tienen como objetivo evaluar los aprendizajes del alumnado en la secuencia. Además, también servirán como herramienta para evaluar la calidad o validez de la SEA desde la óptica de la enseñanza por indagación. Debido a esto, tras presentar las tablas como herramienta de evaluación de los aprendizajes, es necesario justificar su elaboración y reparto de puntos para la SEA. Por otro lado, se aprovecha este punto para exponer la forma en la que se van a analizar los datos obtenidos por cada grupo en la implementación de las actividades.

### 2.6.3. Herramientas de análisis para la investigación

Dado que estas tablas serán utilizadas como herramienta para la investigación, a continuación se procede a realizar un análisis de cómo se han elaborado y el uso que se hará de las puntuaciones finales que cada grupo obtenga en las actividades.

#### 2.6.3.1. Análisis de resultados por etapas y actividades en la secuencia completa

El detalle del reparto de puntos dentro de cada etapa y destreza se muestra en la tabla 2.9 En esta tabla además de aparecer el número total de puntos asignados a los criterios mencionados, se ha incluido su valor % dentro de cada actividad y en el total de las dos actividades.

Tabla 2.9: Reparto de punto dentro de cada una de las actividades y comparativa entre ellas y con la totalidad.

Etapas	Destrezas	Actividades implementadas				Totales			
		Actividad 1		Actividad 2		Total por destrezas		Total por etapas	
		Puntos	%	Puntos	%	Puntos	%	Puntos	%
		189	39,96%	284	60,04%	473	100%	473	100
Planteamiento de la	Identificación de problemas	3	1,59%	3	1,06%	6	1,27%	56	11,84%

investigación	Formulación de hipótesis	15	7,94%	15	5,28%	30	6,34%		
	Búsqueda de información	10	5,29%	10	3,52%	20	4,23%		
Planificación de la investigación	Identificación de variables	35	18,52%	29	10,21%	64	13,53%	104	21,99%
	Planificación de la investigación	20	10,58%	20	7,04%	40	8,46%		
Observación y Análisis de datos	Observación y toma de datos	0	0,00%	65	22,89%	65	13,74%	101	21,35%
	Interpretación de resultados	0	0,00%	36	12,68%	36	7,61%		
Conclusiones	Conclusiones Argumentación	63	33,33%	63	22,18%	126	26,64%	126	26,64%
Comunicación	Presentación de la información	31	16,40%	31	10,92%	62	13,11%	62	13,11%
Reflexión	Reflexión	12	6,35%	12	4,23%	24	5,07%	24	5,07%
		189	39,96%	284	60,04%	473	100%	473	100%

Para analizar esta tabla comenzamos por el reparto de puntos entre ambas actividades. Se puede observar que la puntuación máxima que se pueden alcanzar es de 473 puntos, de los cuales 189 puntos recaen sobre la primera actividad y 284 puntos sobre la segunda actividad. Esto supone que la primera actividad supone un 40% mientras que la segunda actividad supone un 60%. Este reparto se ha establecido de esta forma para que el reparto de puntuación sea aproximado a las sesiones implementadas para cada actividad. Así para la primera actividad se han utilizado 3 sesiones de las 8 dedicadas a implementar las actividades y 5 sesiones para la segunda actividad, lo que supone un 37,5% frente a un 62,5%. Decir que la sesión 5 se considera de control y no se incluye en ninguna de las dos actividades, mientras que la sesión número 8 es de control pero sí que se ha incluido dentro de la actividad 2 puesto que ha servido para evaluar aprendizajes de las dos sesiones anteriores y preparar las dos siguientes sesiones. A esta razón hay que añadir que la primera actividad no incluye la etapa de observación y toma de datos, y esta etapa recae íntegramente en la segunda actividad.

Por otro lado, si se realiza una comparativa del peso que ha tenido cada etapa en la evaluación final de la actividad se observa que la planificación de la investigación (en la que se incluye la identificación de variables) supone un 22%, la observación y la toma de datos también casi un 22% y las conclusiones (entre las que se encuentra la argumentación) casi un 27% de la actividad. Este reparto se ha realizado de la siguiente forma para que concuerde con los objetivos de la SEA implementada y también para los objetivos de la investigación. Por ello, dentro de la actividad de indagación se ha dedicado casi un 30% a la etapa de conclusiones entre las que se encuentra la práctica de la argumentación. No obstante, se desarrolla otra herramienta adicional para

evaluar la argumentación en la secuencia desde el punto de vista de la investigación. El aporte porcentual de cada una de las actividades en función de la etapa, para la puntuación final es similar, exceptuando en la etapa de observación y toma de datos, que como decíamos, esta no ha sido incluida en la actividad 1 de la secuencia.

Una vez analizados los repartos de puntos entre las dos actividades, analizamos el reparto dentro de cada una de las actividades.

### 2.6.3.2. Análisis de resultados por etapas dentro de cada actividad

Para este análisis, es necesario identificar la puntuación asociada a cada etapa y destreza en cada una de las actividades. Además, también es importante detallar la demanda cognitiva máxima requerida para cada una de las destrezas propuestas. Para ello, se presenta la tabla 2.10 y 2.11 en las que se detallan las puntuaciones de cada etapa y destreza para la actividad 1 y la actividad 2.

Tabla 2.10: Reparto de puntuaciones por etapas y destreza para la actividad 1 y demanda cognitiva máxima que se debe alcanzar en cada una de las actividades.

Actividad 1: Elección de una estación meteorológica											
Etapas	Destrezas		Profundidad de conocimiento						Total		
			0	1	2	3	4	5			6
Planteamiento investigación	Identificación de problemas investigables		0	1	2				3	21	
	Formulación de hipótesis		0	1	2	3	4	5	15		
	Búsqueda de información		0	1	2	3	4		10		
Planificación de la investigación	Identificación de variables	Reconocer tipos	0	1	2	3			6		
		Tecnológicas	0	1	2	3	4		10		
		Físicas	0	1	2	3	8	5	19		
	Planificación de la investigación	Largo plazo	0	1	2	3	4		10		
		Cada sesión	0	1	2	3	4		10		
Datos	Observación y toma de datos		0						0	0	
	Interpretación de resultados		0						0		
Conclusiones	Conclusión y argumentación	Referencia a pruebas	0	1	2	3	4	5	6	21	
		Desventajas	0	1	2	3	4	5	6	21	
		Posición contraria	0	1	2	3	4	5	6	21	
Comunicación de resultados	Presentación de resultados	claridad	0	1						1	31
		Gráficos e imágenes	0	1	2	3	4	5		15	
		lenguaje	0	1	2	3	4	5		15	
Reflexión	Reflexión	Ciencia y tecnología	0	1	2	3				6	12
		Autovaloración	0	1	2	3				6	
Total			0	16	30	42	48	35	18	<b>189</b>	



Tabla 2.11: Reparto de puntuaciones por etapas y destreza para la actividad 1 y demanda cognitiva máxima que se debe alcanzar en cada una de las actividades.

Actividad 2											
Etapas	Destrezas		Profundidad de conocimiento							Total	T
			0	1	2	3	4	5	6		
Planteamiento investigación	Identificación de problemas		0	1	2					3	28
	Formulación de hipótesis		0	1	2	3	4	5		15	
	Búsqueda de información		0	1	2	3	4			10	
Planificación de la investigación	Identificación de variables	Reconocer tipos	0	1	2					3	49
		Tecnológicas	0	1	4					5	
		Físicas	0	1	2	6	12			21	
	Planificación de la investigación	Largo plazo	0	1	2	3	4			10	
		Cada sesión	0	1	2	3	4			10	
Datos	Observación y toma de datos	Funcionamiento	0	1	2	3	4	5		15	101
		Instrumentos	0	1	2	3	4	12	6	28	
		Ubicación		1	2	3	4	6	6	22	
	Interpretación de resultados	Sobre datos		1	2	3	4	5	6	21	
		Validación	0				4	5	6	15	
Conclusiones	Conclusión (argumentación)	Referencia a pruebas	0	1	2	3	4	5	6	21	63
		Desventajas	0	1	2	3	4	5	6	21	
		Posición contraria	0	1	2	3	4	5	6	21	
Comunicación de resultados	Presentación de resultados	claridad	0	1						1	31
		Gráficos e imágenes	0	1	2	3	4	5		15	
		lenguaje	0	1	2	3	4	5		15	
Reflexión	Reflexión	Ciencia y tecnología	0	1	2	3				6	12
		Autovaloración	0	1	2	3				6	
Total			0	20	40	51	68	63	42	<b>284</b>	

En la actividad 1, se puede observar que los ítem que alcanzan una demanda cognitiva mayor se han establecido para la etapa en la que se trabaja la argumentación, dado que se ha usado esta actividad para desarrollar esta práctica científica con mayor incidencia. Sin embargo, para la actividad 2, la etapa dedicada a la observación y toma de datos también requiere de esta mayor profundidad en la demanda cognitiva. También es importante mencionar, que hay casos en los que aparece una puntuación mayor en un color que le correspondería a una puntuación menor. Esto se debe a que ha sido necesario incluir ítem para una misma destreza que requieren una demanda cognitiva similar. Por ejemplo, para la actividad 2, en la destreza de identificación de variables, aparecen hasta 12 puntos, cuando corresponderían 4 puntos. La causa es que se ha creído oportuno que quede reflejo en este método de análisis si un grupo identifica una única variable física, dos o en su caso, las establecidas para la destreza analizada, tal y como se ha comentado antes.

### 2.6.3.3. Niveles de desempeño

Por último, al usar un sistema de puntuación asociado a las destrezas implicadas en cada actividad y etapa y a la demanda cognitiva, nos permite establecer una categorización de niveles de desempeño en la práctica de indagación para cada una de las etapas. Los niveles de desempeño en los que se basa el diseño para esta investigación fueron propuestos por Ferrés-Gurt *et al.* (2014) y han sido adaptados para otros trabajos como el trabajo de Crujeiras-Pérez & Cambeiro (2018). Los niveles que se establecen son: no participante, acientífico, precientífico, indagador incipiente, indagador inseguro e indagador. En la tabla 2.12, se detallan las destrezas implicadas en cada etapa y su nivel desempeño:

Tabla 2.12. Destrezas asociadas a cada nivel de desempeño en cada una de las etapas.

Nivel de desempeño	Etapa	Destrezas implicadas
<b>No participante</b>		No muestra interés en la actividad y sus destrezas no pueden ser identificadas.
<b>Acientífico</b>	E1	No identifica el problema como un problema de investigación científica y no plantea ningún tipo de interrogante
	E2	No plantea hipótesis adecuadas al problema, solo identifica las variables básicas, sin identificar factores asociados a su medida, ni relacionar con las características de la zona.
	E3	No realiza pruebas experimentales con la estación meteorológica y elige la ubicación sin usar pruebas o datos.
	E4	No emite argumentos y solo hace describe las características de la decisión tomada.
	E5	Presenta los resultados utilizando un lenguaje poco científico y no utiliza unidades de medida y nombra erráticamente los instrumentos de medida y no utiliza gráficos o imágenes.
	E6	No relaciona los resultados de la actividad con su desempeño dentro de esta, no identifica el carácter científico de ésta y no relaciona con otros contextos científicos.
<b>Pre-científico</b>	E1	No identifica el problema como un problema de investigación científica y los interrogantes que plantea no son adecuados para la actividad.
	E2	No plantea hipótesis adecuadas al problema, solo identifica las variables básicas y algunos factores asociados a su medida.
	E3	Realiza pruebas experimentales sin planificación sin tener en cuenta los factores tecnológicos ni las características de la ubicación, resolviendo mediante el sistema prueba y error.
	E4	Argumenta las decisiones utilizando sin utilizar pruebas concretas, no identifica desventajas en su elección y no hace referencia a la posición contraria.
	E5	Presenta los resultados utilizando un lenguaje científico

		adecuado para no todas las magnitudes, unidades de medida e instrumento de medida, y no hace referencia en los datos experimentales de los que dispone.
	E6	Establece relación entre su labor dentro de la actividad, e identifica el carácter científico de éste sin hacer referencias concretas y no establece relación con otros contextos científicos.
<b>Indagador incipiente</b>	E1	Identifica algunas partes del problema como un problema científico y plantea interrogantes ambiguos o erróneos.
	E2	Plantea al menos una hipótesis adecuada para el problema de investigación, identifica las variables más importantes y algunos factores asociados a su medida y relaciona algunas magnitudes con la climatología de la zona.
	E3	Realiza pruebas experimentales sin planificación teniendo presentes los factores tecnológicos y las características de la ubicación.
	E4	Argumenta las decisiones utilizando algunas pruebas de las que dispone, identifica desventajas en su elección sin refutarlas y hace referencia a la posición contraria sin usar pruebas.
	E5	Presenta los resultados utilizando un lenguaje científico adecuado para las magnitudes, las unidades de medidas y el instrumento de medida, utiliza imágenes o gráficos para ilustrar la presentación y alude a los datos extraídos pero sin realizar una representación de dichos datos.
	E6	Establece relación entre su labor dentro en la actividad y los resultados obtenidos pero no identifica los problemas encontrados, identifica en la actividad el carácter científico sin aludir a ejemplos concretos, pero establece relación con otros contextos científicos.
<b>Indagador inseguro</b>	E1	Identifica el problema como un problema de investigación científica pero los interrogantes planteados son ambiguos
	E2	Plantea una hipótesis que encaja con el problema de investigación desde un primer momento e identifica la mayoría de las variables, los factores asociados a su medida y las relaciona con la climatología de la zona.
	E3	Planifica un diseño experimental para algunas variables tendiendo presentes los factores tecnológicos y las características de la ubicación.
	E4	Argumenta las decisiones utilizando algunas pruebas de las que dispone, identifica desventajas en su elección sin refutarlas y hace referencia a la posición contraria utilizando pruebas.
	E5	Presenta los resultados utilizando un lenguaje científico adecuado para las magnitudes, las unidades de medidas y el

		instrumento de medida, utiliza imágenes o gráficos de elaboración propia para ilustrar la presentación y alude a los datos extraídos pero sin realizar una representación de dichos datos.
	E6	Establece relación entre su labor dentro en la actividad y los resultados obtenidos, identifica los problemas encontrados pero sin proponer solución, identifica en la actividad el carácter científico de ésta aludiendo a ejemplos concretos y la relaciona con otros contextos científicos.
<b>Indagador</b>	E1	Identifica el problema como un problema de investigación científica y plantea interrogantes adecuados.
	E2	Plantea hipótesis que encajan con el problema de investigación desde un primer momento e identifica todas las variables, los factores asociados a su medida y su relación con la climatología de la zona.
	E3	Planifica un diseño experimental para cada una de las variables teniendo presentes los factores tecnológicos y las características de la ubicación.
	E4	Argumenta las decisiones utilizando todas las pruebas de las que dispone, identifica desventajas en su elección y las refuta y hace referencia a la posición contraria utilizando pruebas.
	E5	Presenta los resultados utilizando un lenguaje científico adecuado para las magnitudes, las unidades de medida y el instrumento de medida, utiliza imágenes o gráficos para ilustrar la presentación y realiza una representación tabulada o gráfica de los datos extraídos en la parte experimental.
	E6	Establece relación entre su labor dentro en la actividad y los resultados obtenidos, identifica los puntos en los que ha encontrado mayor problema y propone soluciones, identifica en la actividad el carácter científico de ésta exponiendo varios ejemplos concretos y la relaciona con otros contextos científicos.

La necesidad de establecer esta clasificación estuvo presente para diseñar la tabla o rúbrica de evaluación, de forma que, el nivel de desempeño en indagación en cada una de las actividades confluya con el nivel de demanda de aprendizaje que requiere cada actividad. La puntuación asociada a cada nivel de destreza en indagación coincide con la suma de puntos asociada a la demanda cognitiva de la cada una de las actividades.

Con ello, se muestra las tablas 2.13 y 2.14 correspondiente a las puntuaciones necesarias para alcanzar los niveles de desempeño definidos.

Tabla 2.13: Puntuación para cada nivel de indagación para la actividad 1.

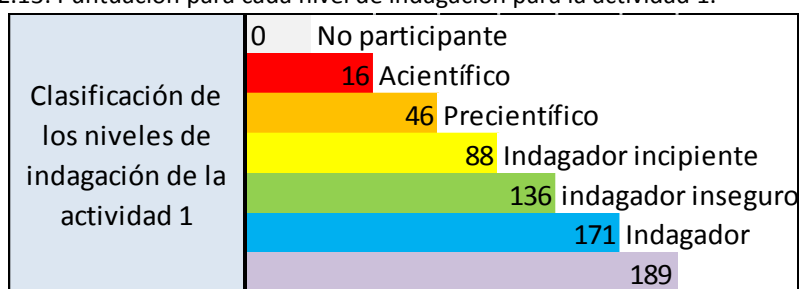
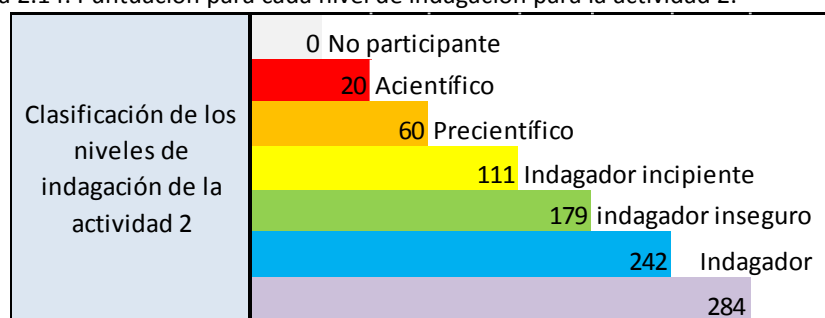
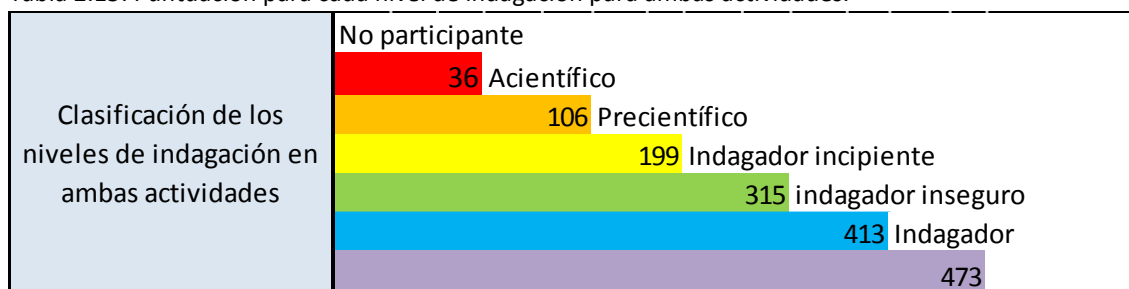


Tabla 2.14: Puntuación para cada nivel de indagación para la actividad 2.



Esto también permite llevar a cabo una evaluación en niveles de desempeño de la secuencia en su totalidad, incluyendo las dos actividades (tabla 2.15).

Tabla 2.15: Puntuación para cada nivel de indagación para ambas actividades.



En cada una de las tablas se observan los rangos de puntuaciones que indagaron el nivel alcanzado. Si tomamos como ejemplo la tabla 2.15, referente a ambas actividades, se observan los siguientes intervalos: entre 0 y 36, no participante; entre 36 y 106, acientífico; entre 106 y 199, pre-científico; entre 199 y 315, indagador incipiente; entre 315 y 413, indagador inseguro; y más de 413, indagador.

En el diseño de este reparto de punto para los niveles, se ha buscado seguir una escala ascendente lineal, de forma que la dificultad para pasar de un nivel a otro sea igual o lo más parecido posible. Para mostrar este reparto de niveles se incluyen las figuras 2.5, 2.6 y 2.7, donde se compara la puntuación necesaria para cada uno de los niveles establecidos incluyendo una regresión lineal de los datos que demuestre su carácter lineal.

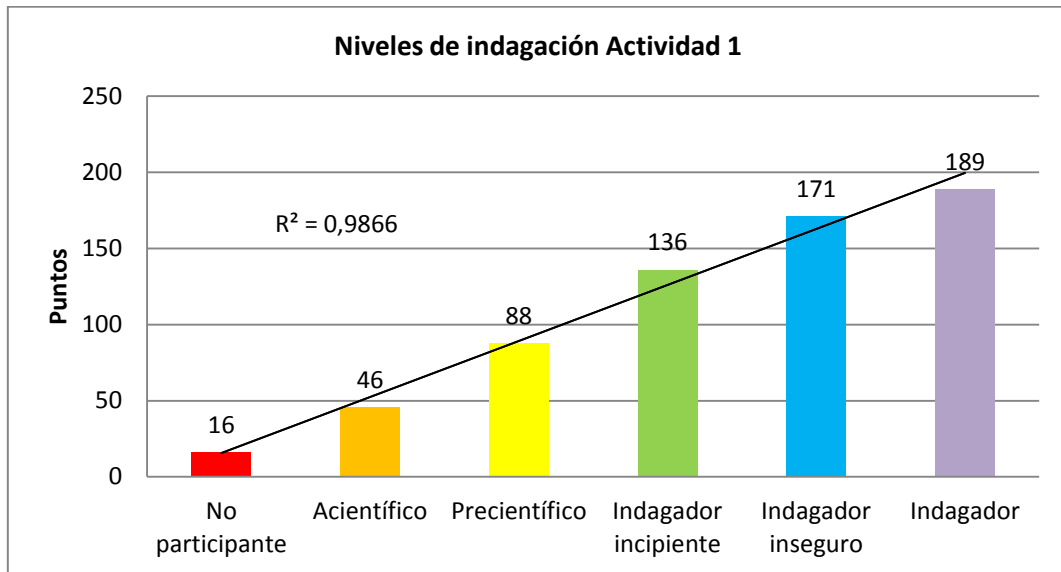


Figura 2.5. Representación de los niveles de indagación frente a los puntos con regresión lineal para la actividad 1.

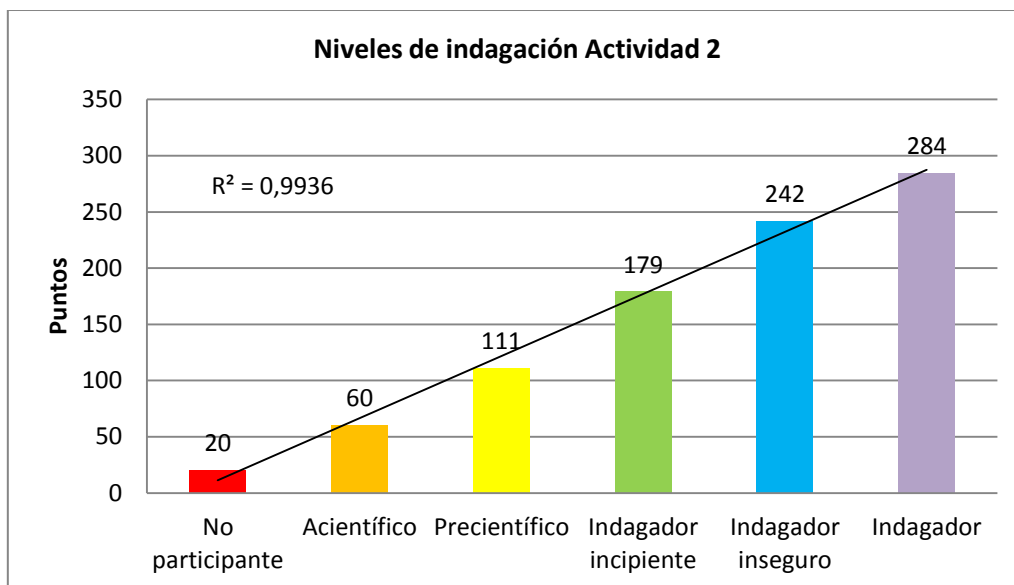


Figura 2.6. Representación de los niveles de indagación frente a los puntos con regresión lineal para la actividad 2.

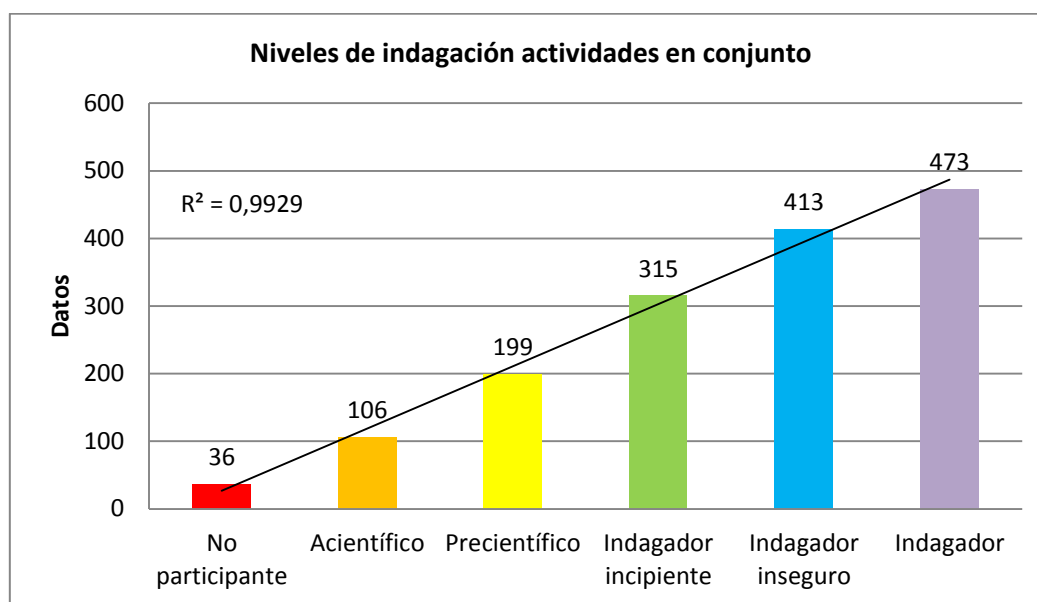


Figura 2.7. Representación de los niveles de indagación frente a los puntos con regresión lineal para ambas actividades en conjunto.

Con esto, se definen el nivel de destreza requerido para cada una de las actividades, sin embargo, se cree necesario establecer un criterio que analice el desempeño en cada una de las etapas. Esto va a permitir comparar si los niveles de desempeño general en toda la actividad, coincide con el desempeño “parcial” correspondiente a cada etapa. Por ejemplo, se podrá hacer visible una situación en la que un grupo obtenga un nivel de desempeño determinado en una actividad en su conjunto con los niveles asociados a cada una de las etapas, permitiendo analizar si el grupo ha obtenido la puntuación de manera uniforme en todas las etapas o sin embargo ha destacado en unas sobre otras. Esto supone una herramienta para la triangulación de los datos.

#### 2.6.3.4. Análisis comparativo entre grupos por etapas

Para llevar a cabo un método de análisis de los niveles de desempeño en función de las etapas, sin incluir nuevas herramientas de evaluación, es necesario realizar unos pequeños cálculos numéricos.

Los cálculos numéricos que hay que realizar implican una ponderación de los puntos obtenidos por cada etapa. En esta ponderación, se asocia la puntuación máxima de cada una de las etapas con un valor de 1. De esta forma, cuando se evalúe a cada uno de los grupos se podrá ver la puntuación obtenida por cada uno en cada etapa de forma proporcional, es decir, de forma comparada con la puntuación máxima obtenida y con la puntuación del resto de grupos.

Usamos un ejemplo para exponer esta herramienta y el tratamiento que se ha hecho con los datos en el análisis de los resultados. El ejemplo expone una comparativa del valor de las etapas de las actividades sobre las actividades en su conjunto.

Este ejemplo permite observar el peso (o valor) de cada actividad por etapas, para la evaluación global de ambas actividades. Para ello, se muestra primeramente una tabla donde se recogen los puntos máximos que se pueden obtener para cada una de las etapas en ambas actividades por separado y en conjunto. En la misma tabla, se representan estas mismas puntuaciones, pero de forma ponderada, es decir, el máximo corresponde al valor de 1. Los datos aparecen en la tabla 2.16.

Tabla 2.16: Datos máximos posibles por etapas y actividades, sin ponderar y ponderados.

<b>Puntuaciones sin ponderación a 1</b>			
	Act. 1	Act. 2	Total
Planteamiento investigación	28	28	56
Planificación de la investigación	55	49	104
Datos	0	58	58
Conclusiones	63	63	126
Comunicación de resultados	31	31	62
Reflexión	12	12	24
<b>Puntuaciones ponderadas a 1</b>			
	Act. 1	Act. 2	Total
Planteamiento investigación	0,5	0,5	1
Planificación de la investigación	0,53	0,47	1
Datos	0	1	1
Conclusiones	0,5	0,5	1
Comunicación de resultados	0,5	0,5	1
Reflexión	0,5	0,5	1

Con esta readaptación de los datos se puede realizar una representación poligonal de los datos, donde cada vértice del polígono supone la máxima puntuación que se puede alcanzar para la etapa. Por ejemplo, si se realiza la representación poligonal de los datos de la tabla 2.16, el resultado es el de la figura 2.8.



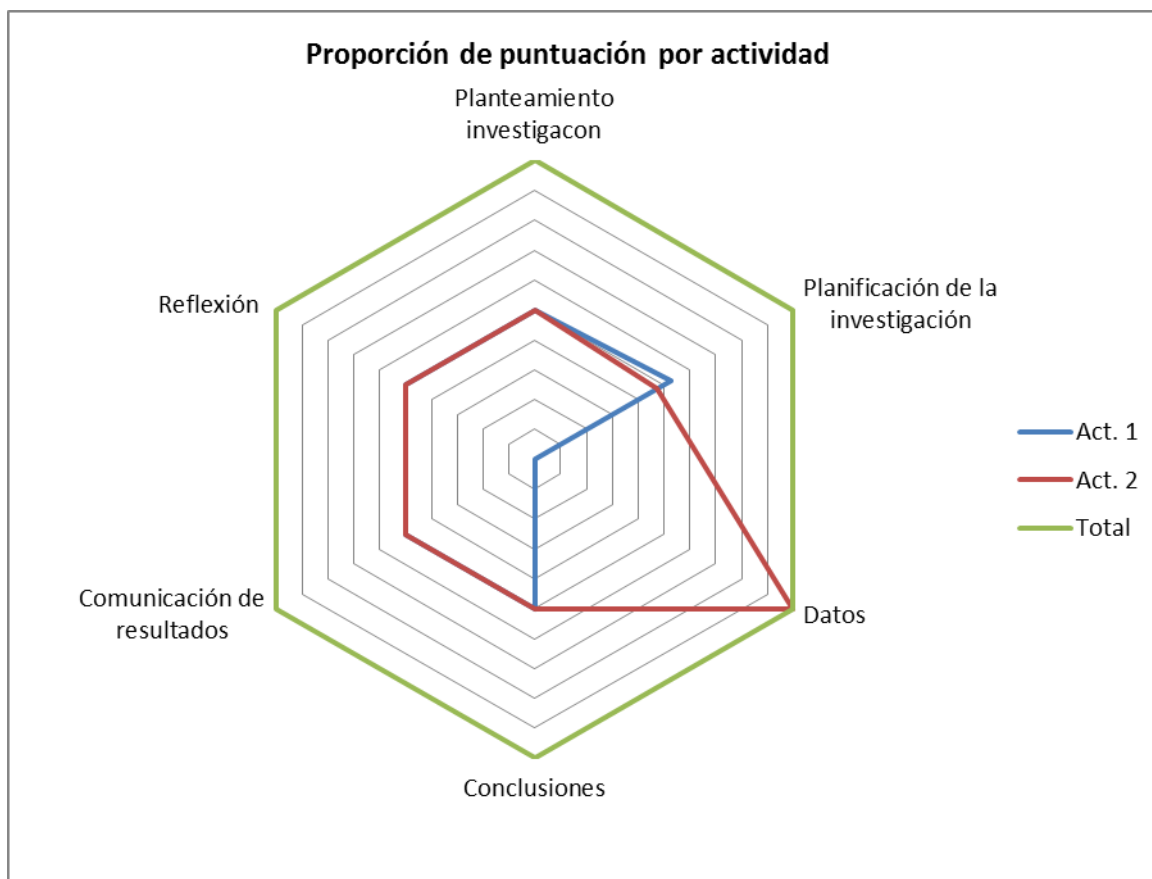


Figura 2.8: Representación poligonal del valor de las etapas de cada actividad sobre el valor total de la secuencia

En esta figura, el color azul representa la proporción de puntos que se pueden obtener como máximo en cada una de las etapas de la actividad 1 comparada con la total. La línea roja significa exactamente lo mismo que la línea azul, pero para la actividad 2. Por último la línea verde representa la puntuación total correspondiente a las dos actividades juntas. Este gráfico permite observar como en la actividad 1 no se ha trabajado la etapa de observación de datos, mientras que toda la puntuación de esa etapa en el global de la secuencia la aporta la actividad 2. Sin embargo, el resto de etapas están repartidas en una proporción del 50% aproximadamente.

Este método de representación de datos es el utilizado para analizar los datos obtenidos por cada grupo en cada actividad y etapa. Para ello el procedimiento que se realiza es similar, se tabula la puntuación obtenida de cada grupo en cada etapa. Por otro lado, se pondera al 100% la puntuación máxima que se puede obtener en cada una de las etapas y se procede a ponderar las puntuaciones de los grupos calculando el nivel ponderal establecido. Una vez se cuenta con los datos ponderados se pueden representar los datos mediante un diagrama poligonal.

Esta representación es utilizada para realizar el análisis de los resultados del desempeño de los grupos en las actividades 1 y 2 de la investigación.

Tras exponer la herramienta principal de evaluación de los aprendizajes del alumnado en las actividades y a su vez herramienta para la investigación, se explican las herramientas utilizadas únicamente para realizar una evaluación de la SEA.

## **2.7. Instrumentos de análisis para evaluar la calidad de la SEA**

En la IBD, una parte importante es definir las herramientas que evalúan los aprendizajes del alumnado y las herramientas que evalúan la calidad de la SEA (Guisasola *et al.*, 2021). En el apartado anterior se ha expuesto una herramienta que es utilizada con ambos fines. En este apartado se van a definir las herramientas cuyo fin es únicamente evaluar la calidad de la SEA.

### **2.7.1. Enfoque general de la evaluación de la calidad de la SEA**

El diseño de la evaluación de la calidad de la SEA que ha sido implementada en este trabajo responde a tres preguntas clave: ¿qué se evalúa?; ¿a quién se evalúa?; y ¿cuándo se evalúa? Atendiendo a estas preguntas se expone la metodología general utilizada para la evaluación de la SEA

#### ¿Qué se evalúa?

En el diseño de la SEA se han establecido unos objetivos de aprendizaje concretos. Dichos objetivos están enfocados a desarrollar las prácticas científicas de indagación y argumentación. En este sentido, la evaluación de la calidad de la SEA se va a realizar a partir de los resultados obtenidos en estas prácticas científicas.

Otra perspectiva de análisis para la calidad de la SEA es el desarrollo de la competencia científica. Como se ha tratado en el marco teórico, el desarrollo de la competencia científica viene determinado por tres competencias o subcompetencias científicas. Al mismo tiempo, para su desarrollo intervienen tres modalidades de conocimiento. Así, se realizará una evaluación de la calidad de la SEA a partir de su validez para el desarrollo de las competencias y conocimientos científicos. Los detalles de cada uno de estos dos enfoques se exponen en este apartado.

#### ¿A quién se evalúa?

La evaluación de la SEA se realiza a partir de los resultados obtenidos de los estudiantes. Ahora bien, es necesario establecer el ámbito de evaluación del alumnado. Para esta investigación se ha realizado en primer momento una evaluación de carácter grupal y posteriormente también individual.

La evaluación y análisis de los resultados de la implementación de la SEA se ha realizado acorde a su diseño, es decir por grupos.

Por otro lado, tras la implementación de la SEA se ha llevado a cabo una evaluación individual de los participantes. Esta evaluación individual se ha realizado 1 año después de la implementación de la secuencia y se ha presentado ante el alumnado como una actividad propia, es decir, sin relación aparente con el trabajo realizado el año anterior con la estación meteorológica. Con esta evaluación individual se ha intentado extraer

información sobre la calidad de la SEA en cuanto a la perduración de los aprendizajes. La evaluación de esos aprendizajes se ha realizado utilizando las herramientas de las competencias y los contenidos científicos que han sido diseñados. Esta herramienta también ha sido útil para la triangulación de los datos. Los detalles de esta evaluación se detallan en el punto dedicado a explicar el cuestionario (apartado 3.8.4 de este capítulo).

Finalmente, cabe mencionar en este apartado, que tras la implementación de la SEA durante el curso 2019-2020, esta pudo ser implementada parcialmente de nuevo con un grupo formado únicamente por dos personas. Estos resultados han servido para validar algunas partes de la implementación de la SEA.

### ¿Cuándo se evalúa?

La evaluación de la calidad de la SEA se realiza en dos momentos. Primeramente se realiza una evaluación que corresponde al momento de su implementación. Este análisis se realiza una vez ha finalizado la SEA pero utilizando la información aportada su implementación. En segundo lugar, se evalúan algunos de los aprendizajes de manera individual cuando ha pasado un año académico desde la implementación de la SEA, es decir, dicha evaluación se lleva a cabo en abril del curso 2020-2021.

Así, en la figura 2.9 se muestra qué se evalúa, a quién se evalúa, y cuándo se evalúa, para poder arrojar información sobre la calidad de la SEA.

Curso	Prácticas científicas				Competencia científica			
	Indagación		Argumentación		Competencias		Contenidos	
2019-2020	G1 G3	G2 G1	G1 G3	G2 G1	G1 G3	G2 G1	G1 G3	G2 G1
2020-2021			p1 p2 p3 p4	p1 p2 p3 p4	p1 p2 p3 p4	p1 p2 p3 p4	p1 p2 p3 p4	p1 p2 p3 p4

Figura 2.9: Resumen global del método utilizado para evaluar la SEA.

Ahora se pasa a detallar cada una de las partes de la evaluación de la SEA.

## 2.7.2. Evaluación de las prácticas de indagación y argumentación

### 2.7.2.1. Indagación

En la evaluación de la SEA desde la perspectiva de las prácticas de indagación se han usado herramientas específicas para cada una de ellas. En primer lugar, la indagación se ha evaluado usando la herramienta expuesta anteriormente en este trabajo.

2.7.2.2. Argumentación

La SEA ha sido implementada para trabajar la práctica de argumentación científica especialmente en dos momentos de la SEA concretos, la elección de la estación para su compra y la elección de su ubicación. Ambas cuentan con una sesión específica para llevarlas a cabo (sesión 3 y 10). Sin embargo, para la evaluación de la argumentación dentro de la SEA se han tenido en cuenta todas las sesiones incluidas en la etapa 2 de la secuencia, que abarca la actividad 1 y 2 de la secuencia, aunque se utilizará una herramienta concreta para aquellas sesiones en las que ha existido un debate entre los grupos. Para ello se han diseñado dos herramientas distintas para cada evaluación. En primer lugar, una de ellas se realiza por separado para las sesiones concretas mencionadas de la actividad 1 y 2, que arrojarán los resultados por separado. Esto permitirá observar la evolución en la argumentación dentro de la secuencia. Por otro lado, una segunda herramienta que estudia la argumentación en el conjunto de la secuencia. Los datos utilizados para llevar a cabo el análisis de la argumentación han sido las transcripciones de las grabaciones de audio y vídeo y los informes que el alumnado ha entregado por escrito. En la figura 2.10 se puede observar el diseño general utilizado para la evaluación de la argumentación en la secuencia:

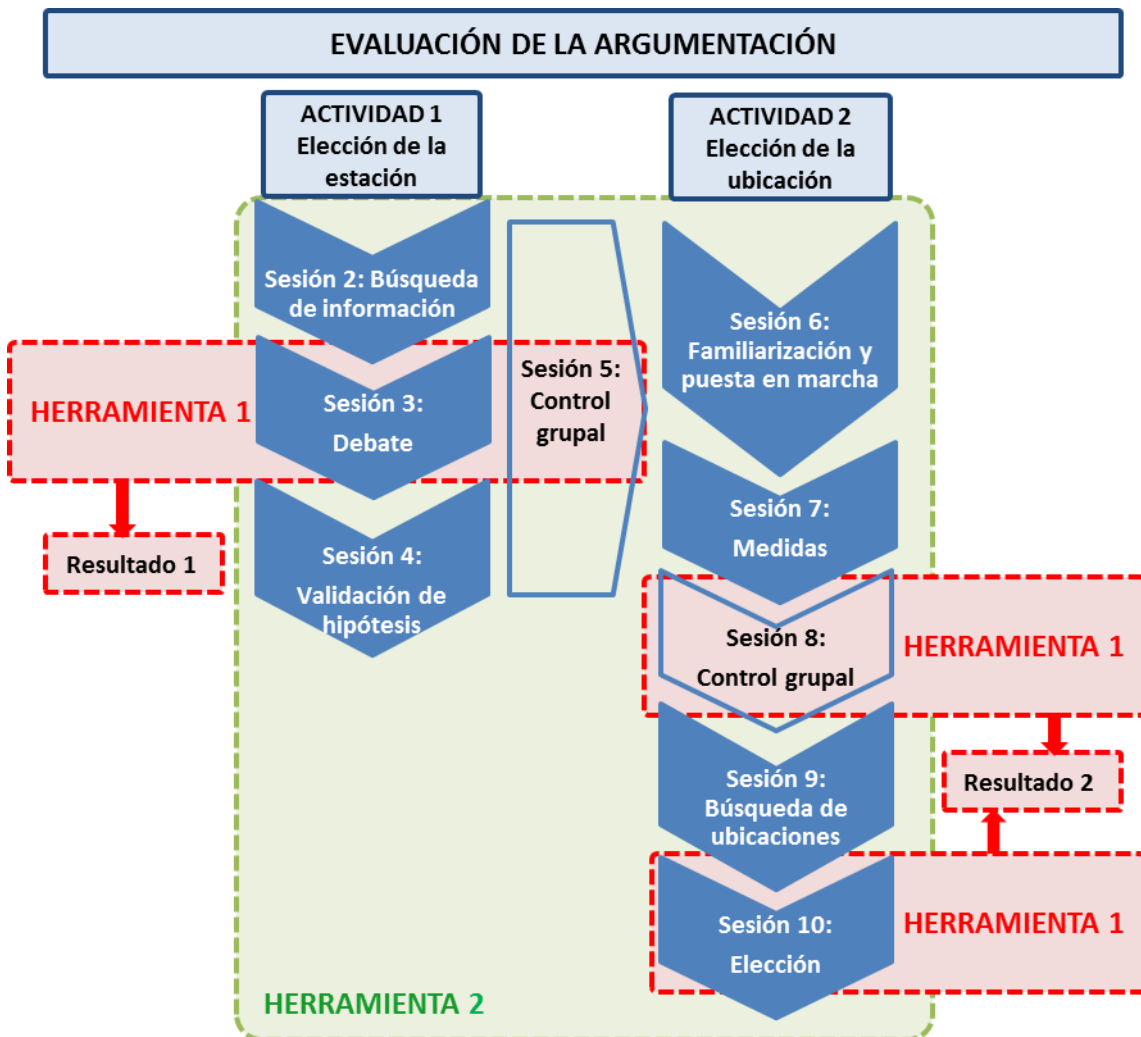


Figura 2.10. Diseño de la evaluación de la argumentación en la SEA.

Las herramientas utilizadas para la argumentación evalúan la calidad de la argumentación (herramienta 1) y la magnitud física concreta de la que hacen uso (herramienta 2).

**Herramienta 1:** Evaluación de la calidad de la argumentación

La herramienta utilizada para evaluar la calidad de la argumentación surge de los niveles en la construcción del argumento frente a una posición contraria propuestos por Osborne *et al.* (2016). Esta forma de determinar la calidad de la argumentación puede ser utilizada en esta investigación para aquellas partes de la secuencia en la que existe un debate entre grupos que permita elaborar argumentos sobre una elección, existiendo la posibilidad de detectar desventajas en la posición propia y refutarlas, o hacer referencia a la posición contraria para rebatirla. Estos criterios indican una calidad de la argumentación creciente, es decir, justificación sería el nivel más bajo de calidad y por último la referencia a la posición contraria el que conlleva una argumentación de mayor calidad. Algunos trabajos que han utilizado esta herramienta son los de Sadler & Donnelly (2006), Felton *et al.* (2009) y Uskola *et al.* (2021). Estos trabajos han sido la fuente sobre la que se ha diseñado la herramienta. El establecimiento de los niveles para este trabajo se muestra en la tabla 2.17.

Tabla 2.17. Criterios de evaluación de la calidad de la argumentación (Adaptado de Uskola *et al.* (2021).

<b>Criterios</b>	<b>Niveles</b>	<b>Descripción</b>
<b>Justificación</b>	4	Se da más de un dato y/o justificación que relaciona estación con ubicación
	3	Se da más de un dato y/o justificación
	2	Se da un dato o una justificación
	1	Se da un dato o una justificación poco concreta
	0	No se usan datos ni justificaciones
<b>Desventajas</b>	4	Se hace referencia a más de una desventaja y se refuta o resuelve totalmente
	3	Se hace referencia a más de una desventaja y se refuta o resuelve al menos una
	2	Se hace referencia a desventaja de la posición propia y se refuta o resuelve
	1	Se hace referencia a una desventaja de la posición propia pero no se refuta ni resuelve
	0	No se hace referencia a desventajas de la posición propia establecida
<b>Posición contraria</b>	4	Se hace referencia a la posición contraria a más de un aspecto y lo rebate o refuta
	3	Se hace referencia a la posición contraria y lo rebate o refuta
	2	Se hace referencia a la posición contraria en un aspecto concreto
	1	Se hace referencia a la posición contraria de forma poco clara y concreta

	0	No se hace referencia a la posición contraria
--	---	---

Por otro lado, en la adaptación de dicha herramienta a la investigación se ha introducido una variable relacionada con el tipo de parámetro o variable al que se hace referencia, tecnológico o físico. Esta herramienta se utilizará para las actividades grupales de la actividad 1 y de la actividad 2 por separado. Se evaluarán los argumentos de cada grupo y se representarán en una tabla similar a la tabla 2.18. Así, si se toma un grupo, se podrá observar qué nivel ha alcanzado para cada parámetro y criterio de argumentación.

Tabla 2.18. Tabla de resultados para la argumentación en actividades conjuntas de los grupos.

Parámetro	Criterio	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Físicos	Justificación					
	Desventaja					
	Posición contraria					
Tecnológicos	Justificación					
	Desventaja					
	Posición contraria					

Una vez extraídos los resultados para la actividad 1 y 2, se pueden comparar los resultados para saber si el desarrollo de la secuencia ha favorecido la práctica de la argumentación y en qué medida, al poder compararse parámetros físicos y tecnológicos y a su vez el tipo de criterio según las pruebas utilizadas.

**Herramienta 2:** Evaluación de la argumentación según las magnitudes físicas medibles

La segunda herramienta se ha diseñado para clasificar el tipo de pruebas utilizadas a lo largo de toda la secuencia en relación a cada una de las magnitudes que pide la estación meteorológica. Esta herramienta ha sido diseñada expresamente para esta investigación. La clasificación del tipo de datos para argumentar usados por Brocos & Jiménez Aleixandre (2020), ha sido adaptado para analizar las magnitudes físicas implicadas en esta investigación.

El objetivo de la herramienta 2 es analizar el tipo de pruebas o argumentos que han sido utilizados en algún momento de la secuencia y no solo en las actividades del debate. Estas pruebas se han clasificado según cada magnitud medible por la estación y el uso que se ha hecho de ella o sus parámetros asociados. En la tabla 2.19 muestra la tabla donde se recoge si un grupo utiliza o no los distintos tipos de pruebas analizados.

Tabla 2.19. Tabla de recogida de pruebas o argumentos utilizados por cada grupo a lo largo de la secuencia según el tipo de magnitud a la que hace referencia.

GRUPO	Magnitud o variable de medición
-------	---------------------------------

	Parámetros asociados	Temperatura	Viento	Lluvia	Presión	Humedad	Radiación
Act. 1	Presente para elección de la estación						
	Uso de unidades						
	Nombre del instrumento						
	Características de la medida (rango y precisión)						
	Relación con el lugar						
Act. 2	Relación de la magnitud con las partes de la estación						
	Prueba de funcionamiento						
	Prueba en ubicación						
	Validación otras fuentes						
	Uso para contraargumento de otras estaciones						

Una vez expuestas las herramientas y los métodos para analizar la argumentación en la SEA, se pasa a la evaluación a partir del desarrollo de la competencia científica.

### 2.7.3. Evaluación del desarrollo de la competencia científica

Los objetivos fundamentales planteados para el diseño de la SEA se han centrado en el desarrollo de las prácticas científicas de la argumentación y la indagación, y esta ha sido la óptica fundamental para llevar a cabo su evaluación. En segundo orden, se plantea una evaluación desde la perspectiva de su utilidad para el desarrollo de la competencia científica.

Trayendo aquí lo tratado en el marco teórico sobre la competencia científica, esta consta o se nutre de tres sub-competencias: (a) explicar fenómenos científicamente; (b) evaluar y diseñar una investigación científica; (c) e interpretar información y evidencias científicas. A su vez, estas competencias necesitan de ciertos conocimientos que pueden ser clasificados en: de contenido, procedimentales y epistémicos (OCDE, 2016a). Esta clasificación propuesta para la evaluación en el marco PISA, permite relacionar algunos tipos de conocimientos con la sub-competencia científica que desarrollan en mayor medida. Así, el conocimiento de contenido favorecerá, por ejemplo, en mayor medida la sub-competencia asociada a explicar fenómenos científicamente. Los conocimientos procedimental y epistémico favorecerán más las prácticas científicas de evaluar y diseñar una investigación e interpretar datos y pruebas científicamente (OCDE, 2016). Por otro lado, las prácticas científicas favorecen la búsqueda de pruebas, la discusión sobre su validez o la reconstrucción de estas (Milar & Osborne, 1998), lo que permite trabajar la naturaleza de la ciencia (Lederman, 2006) o las ideas sobre ciencia (Millar & Osborne, 1998). Esto nos permite asociar dicha prácticas al desarrollo de las competencias (b) y (c). Por ello, el diseño de la SEA ha asumido que al centrarse en las prácticas científicas de indagación y argumentación,

hará que sean estas competencias las que más se desarrollen, y en consecuencia sean los conocimientos asociados a dichas competencias los que más influyan para alcanzar dichas competencias (véase [figura 1.11](#) del marco teórico)

No obstante, se busca realizar una evaluación de la SEA de forma global, es decir, incluyendo una evaluación de todos los contenidos y todas las competencias. Al realizar esta evaluación, a priori, cabe esperar que se obtendrán mejores resultados para las competencias y contenidos trabajados frente a las que no. De esta forma, se puede evaluar si la SEA cumple con los objetivos al realizar una evaluación con un carácter menos específico, si permite desarrollar otros aprendizajes hipotéticos no tenidos en cuenta en un principio, o si por el contrario no cumple con los objetivos planteados. Esta es la razón por la que se realiza una evaluación incluyendo todas las competencias y contenidos incluidos en la competencia científica.

Para realizar esta evaluación se han elaborado dos rúbricas, una asociada a conocimientos y otra asociada a competencias. En su diseño se ha incluido la demanda de aprendizaje recogido en las pruebas PISA 2015 (OCDE, 2016a) y que es analizada por Rosales Ortega *et al.* (2020). Se ha buscado que la elaboración de esta rúbrica permita extraer el suficiente detalle de alcance de los aprendizajes en cada una de las variables mencionadas. Por otro lado, su diseño se ha basado en las características de la SEA.

Estas rúbricas se pueden consultar en la tabla 2.20 (evaluación de las competencias) y 2.21 (evaluación de los contenidos).



Tabla 2.20. Herramienta para evaluar las competencias científicas según demanda de aprendizaje.

		EVALUACION DE LAS COMPETENCIAS CIENTIFICAS						
		Demanda cognitiva						
		Recordar (1p)	Comprender (2p)	Aplicar (3p)	Analizar (4p)	Evaluar (5p)	Crear (6p)	
Competencias	Explicar fenómenos científicamente	Conocimiento científico del problema	Recuerda el conocimiento científico asociado al problema	Comprende el conocimiento científico asociado al problema	Aplica al problema el conocimiento científico adecuado	Analiza la importancia de su conocimiento científico al problema	Valora si su conocimiento es suficiente para afrontar el problema	Amplia con conocimiento necesario para su problema
		Modelos o representación explicativa de un conocimiento e implicaciones para la sociedad y las personas	Conoce los modelos explicativos asociados a su problema	Comprende el papel de los modelos explicativos asociados a su problema y su implicación en la sociedad	Aplica los modelos explicativos a la resolución de su problema	Analiza el papel de los modelos explicativos en su problema y sus implicaciones sociales	Evalúa la suficiencia en conocimientos explicativos para afrontar su problema	Combina sus modelos explicativos con otros modelos que puedan ayudar a su problema
		Predicciones, hipótesis y relaciones causales o correlaciones simples	Conoce las bases de los métodos científicos	Interpreta el papel de las predicciones y el planteamiento de hipótesis en un problema	Emite predicciones o hipótesis adecuadas para un problema pero sin justificarlas	Estudia la viabilidad de una hipótesis usando pruebas	Evalúa pronósticos e hipótesis científicas apoyado en pruebas	Genera argumentos para apoyar o refutar hipótesis
	Evaluar y diseñar la investigación	Objetivos de un estudio y metodología	Conoce distintas formas de investigar científicamente	Identifica los objetivos en una investigación dada	Aplica al diseño de la investigación la tipología de los objetivos que busca alcanzar	Analiza distintas formas de explorar científicamente las preguntas	Decide por una metodología acorde a los objetivos que busca alcanzar	Diseña la investigación cumpliendo con la metodología escogida y acorde a los objetivos que busca alcanzar
		Cuestiones investigables	Identifica cuestiones investigables científicamente	Comprende las diferencias entre qué cuestiones son o no investigables científicamente	Aplica al diseño de su investigación cuestiones investigables científicamente	Analiza si las cuestiones de una investigación son o no investigables científicamente	Argumenta si una cuestión es o no investigable científicamente	Diseña una investigación donde todas las cuestiones son investigables científicamente y argumenta el por qué explicando posibles métodos a seguir
		Trabajo de los científicos	Describe procedimientos de trabajo de los científicos	Comprende los métodos de trabajo de los científicos	Aplica a su propia investigación su conocimiento sobre el trabajo de los científicos	Analiza cómo aplicar el trabajo de los científicos a su propia investigación	Evalúa si su investigación encaja con los estándares del trabajo de los científicos	Diseña la investigación atendiendo a los principales quehaceres de los científicos (cuestiones investigables, veracidad, cooperación, publicación de resultados...)
	Interpretar Datos y pruebas científicamente	Datos y representación	Recuerda procesos de tomas de datos y representaciones	Relaciona la tipología de los datos con su representación	Obtiene datos y los representa dentro de una investigación científica	Describe tendencias en los datos sin extraer conclusiones	Evalúa los datos comparando con investigaciones que puedan asemejarse	Emite conclusiones basadas en los datos obtenidos
		Validez de datos	Conoce métodos de validación y evaluación de datos (replicabilidad, error...)	Interpreta la validación de datos como síntoma de consistencia en una investigación	Aplica distintos métodos de validación de datos en una investigación científica	Extrae el significado de los resultados de la validación de datos de una investigación	Evalúa la validez de los datos (replicabilidad, incertidumbres, error)	Genera conclusiones sobre si un grupo de datos son o no válidos dentro de una investigación
		Argumentos y pruebas	Conoce y recuerda el valor de los argumentos y pruebas en una investigación científicas	Identifica pruebas y argumentos en una investigación científica	Utiliza argumentos pero sin basarse en pruebas o datos	Analiza las pruebas y argumentos mostrados dentro de una investigación científica	Valida o no las pruebas y argumentos encontrados o emitidos sobre una investigación	Emite argumentos propios basados en pruebas científicas

Tabla 2.21. Herramienta para evaluar los conocimientos científicos según demanda de aprendizaje.

		EVALUACION DE LOS CONTENIDOS CIENTIFICOS						
		Demanda cognitiva						
		Recordar (1p)	Comprender (2p)	Aplicar (3p)	Analizar (4p)	Evaluar (5p)	Crear (6p)	
Conocimiento	De contenido	Magnitudes físicas fundamentales asociadas al problema	Conoce las magnitudes físicas fundamentales asociadas al problema	Entiende la influencia de dichas variables en la resolución del problema	Aplica al proyecto su conocimiento sobre las magnitudes físicas asociadas	Analiza las características de las magnitudes para tomar decisiones	Contrapone sus decisiones a las propiedades de las magnitudes físicas	Toma decisiones argumentadas en su conocimiento sobre las magnitudes físicas
		Leyes y teorías físicas asociadas a las magnitudes	Conoce algunas leyes asociadas a las magnitudes trabajadas	Comprende algunas de las leyes asociadas a las magnitudes trabajadas	Aplica a la toma de decisiones las leyes físicas que conoce	Analiza las leyes físicas que conoce para justificar sus resultados	Evalúa sus resultados utilizando las leyes físicas	Argumenta utilizando sus conocimientos sobre leyes físicas
		Sobre meteorología	Conoce o recuerda algún fenómeno meteorológico concreto	Comprende la importancia de los fenómenos atmosféricos locales a la resolución del problema	Aplica los conocimientos meteorológicos a la resolución del problema	Analiza los fenómenos meteorológicos para tomar decisiones	Evalúa su elección teniendo en cuenta los fenómenos meteorológicos asociados	Argumenta su posición haciendo referencia a fenómenos meteorológicos conocidos
	Procedimental	Variables y control de variables	Cita algunas variables involucradas	Diferencia el tipo de variables	Aplica el conocimiento sobre variables al problema	Analiza la implicación de las variables y las controla	Evalúa el uso que hace de las variables	Creación de experiencia para conocer cómo afectan las variables al problema
		Medición, incertidumbres, replicabilidad y representación de datos	Recuerda los procedimientos de la toma de medidas	Comprende la dependencia de los resultados del proceso de toma de medidas	Aplica a un diseño experimental sus conocimientos de medición	Analiza los datos obtenidos (con ayuda de representación de datos en tablas o gráficos)	Evalúa el proceso de toma de medidas comparando con otros datos	Mejora su sistema de medición y prueba su replicabilidad
		Diseño experimental	Recuerda diseños experimentales que pueden ser aplicados al problema	Comprende las características básicas del diseño experimental	Aplica el diseño experimental que conoce a su propia experiencia	Analiza las etapas y procesos de su diseño experimental	Evalúa la idoneidad del diseño experimental para su problema	Adapta y rediseña la experiencia para mejorar resultados
	Epistémico	Naturaleza de la ciencia y la tecnología (observaciones, objetivos, compromisos...)	Conoce los pilares básicos de la ciencia (basada en pruebas, compromiso de veracidad...)	Comprende la diferencia entre ciencia y tecnología (la ciencia explica el mundo natural y la tecnología genera soluciones a necesidades)	Aplica estos principios básicos al planteamiento del problema (basarse en pruebas, dar datos reales, combinar ciencia y tecnología)	Analiza el problema planteado utilizando sus conocimientos sobre ciencia y tecnología	Evalúa que un trabajo científico cumpla con los requisitos mínimos que dicta la epistemología de la ciencia	Creación de un sistema de apoyo a su investigación para cumplir con los conocimientos epistemológicos de la ciencia
		Toma de datos y error. Influencia en el conocimiento	Conoce el carácter intrínseco del error en cualquier medida de toma de datos	Comprende la relación entre el proceso de toma de datos y el error cometido	Aplica al proceso de toma de datos factores que disminuyan el error	Analiza los resultados de una investigación teniendo presente el error cometido	Evalúa un trabajo científico desde la perspectiva del error cometido	Creación de argumentos en favor o en contra de un trabajo científico haciendo referencia al proceso de toma de datos y el error cometido
		Uso de la ciencia y la tecnología para abordar problemas	Recuerda problemas sociales y de la vida que han sido resueltos por la ciencia	Comprende el papel de la ciencia y la tecnología en la resolución de problemas sociales	Aplica esta perspectiva de la ciencia a la resolución de problemas que encuentra en su vida	Analiza situaciones de la vida real que pueden ser resueltas con ayuda de la ciencia y la tecnología	Evalúa el papel que la ciencia y la tecnología tiene y ha tenido dentro de la resolución de problemas	Aporta posibles de corte científico-tecnológico a la resolución de problemas sociales

Con estas herramientas se evaluarán competencias y contenidos. También es necesario mencionar, que al nivel alcanzado según demanda de aprendizaje le ha sido asociada una puntuación (que va desde 1 a 6 por los 6 niveles). Esta puntuación permite cuantificar los resultados de cada uno de los grupos según las tres competencias y los tres contenidos y con ello analizar si la SEA cumple con los objetivos que previamente había establecido.

Esta herramienta también ha sido utilizada para evaluar los aprendizajes de la evaluación individual de los aprendizajes que se ha realizado para evaluar la SEA. Esta se especifica en el siguiente apartado.

#### 2.7.4. Evaluación posterior mediante cuestionario

También se ha realizado una evaluación de la SEA desde el ámbito de los aprendizajes individuales de los participantes en su implementación. Esta evaluación se llevó a cabo aproximadamente un año después desde la última sesión correspondiente a la SEA, durante abril del curso 2020-2021.

La herramienta para llevar a cabo esta evaluación ha sido un cuestionario. En este cuestionario se presentan 5 situaciones, cada una relacionada con una magnitud física de las que mide la estación meteorológica. Cada una de las situaciones requiere de una generalización de los conocimientos asociados a la estación meteorológica, dado que se usan contextos distintos y surge la necesidad de trasladar y aplicar el conocimiento a otras situaciones. Un primer borrador de este cuestionario, junto con lo que se pretendía evaluar, se presentó en el “29 Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales y la 5ª Escuela de Doctorado” organizado en febrero de 2020 por la red APICE (Asociación Española de Profesores e Investigadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales) y en cuya Escuela de Doctorado 2 expertos en didáctica de las ciencias experimentales ayudaron a validar. Finalmente, el cuestionario es validado para evaluar los aprendizajes en conocimientos y procedimientos llevados a cabo con esta secuencia se muestra a continuación (tabla 2.22).

Tabla 2.22: Preguntas del cuestionario de evaluación y qué se va a evaluar.

Problema planteado	Se evalúa:
<p><b>Situación 1:</b> La dirección del centro ha decidido que cuando las temperaturas sean mayores a 34 °C o menores de 2 °C, los alumnos y alumnas no saldrán al patio del colegio en el recreo. Para eso, necesitamos que nos ayudes a elegir un termómetro que mida la temperatura en el patio.</p> <p>De igual manera, cuando las temperaturas sean extremas, los alumnos no acudirán al laboratorio, por lo que también necesitamos realizar mediciones fiables de la temperatura de ese espacio.</p> <p>Con ayuda del catálogo que se adjunta te pedimos que, de forma razonada y justificada, elijas un termómetro y</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Si tienen en cuenta la precisión del instrumento</i></li> <li>- <i>Si tienen en cuenta la fiabilidad</i></li> <li>- <i>Si consideran el rango de temperaturas</i></li> <li>- <i>Si valoran que la ubicación elegida debe ser representativa de la temperatura real del lugar</i></li> </ul>

<p>una ubicación concreta al aire libre (en el patio) y en un lugar cerrado (en el laboratorio). Explica por qué has elegido ese termómetro y también por qué desechas cada uno del resto de termómetros</p>	
<p><b>Situación 2:</b> Debido a la preocupación que han mostrado las familias, en días de mucho viento, el alumnado más pequeño no saldrá al patio del colegio en el recreo. Para valorar si hay mucho viento o poco, necesitamos que nos ayudes a elegir un anemómetro y su ubicación para medir la velocidad del viento en el patio.</p> <p>Con ayuda de un catálogo te pedimos que, de forma razonada y justificada, elijas un anemómetro y una ubicación concreta en el patio.</p> <p>Por otro lado, ahora que tenemos las ventanas abiertas en las clases, ¿serviría de algo colocar un anemómetro en clase? ¿Qué tipo de información nos podría dar y para que la podríamos usar en la situación que vivimos actualmente? ¿Sería útil este instrumento dentro de un aula?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Si tienen en cuenta la precisión del instrumento</i></li> <li>- <i>Si tienen en cuenta la fiabilidad</i></li> <li>- <i>Si consideran el rango de temperaturas</i></li> <li>- <i>Si valoran que la ubicación elegida debe ser representativa de la temperatura real del lugar</i></li> <li>- <i>Ver si relacionan la medición de la corriente de aire en las aulas con una situación real, la ventilación de las aulas (COVID)</i></li> </ul>
<p><b>Situación 3:</b> María sufre migrañas (fuertes dolores de cabeza), directamente relacionados con la presión atmosférica, porque a más presión, mayores dolores de cabeza tiene. Ahora se va a mudar a un rascacielos, y tiene que elegir vivir en un 2º piso o en un piso 90. Ella está preocupada porque no sabe si su decisión va a afectar a sus migrañas.</p> <p>¿Estará relacionada la decisión que tome María con sus migrañas? Si es así, ¿cómo? ¿Qué decisión le animarías a tomar?</p> <p>¿Te atreves a comparar numéricamente la presión atmosférica a esas dos alturas?</p> <p><i>Datos: <math>P_{atm} = d_{aire} \cdot g \cdot h</math>, donde: <math>d_{aire}</math> es la densidad del aire (<math>d_{aire} = 1 \text{ kg/m}^3</math>); <math>g</math> es la gravedad (<math>9,8 \text{ m/s}^2</math>) y <math>h</math> la altura (metros)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Si relacionan la presión atmosférica con la altura donde se mide.</i></li> <li>- <i>Si saben que la presión está relacionada con el peso de la columna de aire que hay encima.</i></li> </ul>
<p><b>Situación 4:</b> Marta es agricultora en Zaragoza y para programar sus cultivos necesita averiguar la cantidad de lluvia recogida en su campo a lo largo de un mes.</p> <p>Pero no dispone de pluviómetro, ni tiene recursos para comprar uno.</p> <p>¿Podrías indicarle cómo construir uno? Una vez construido, debes darle todas las indicaciones necesarias para que Marta sepa medir la cantidad de lluvia, incluidas las unidades en las que se mide esa</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Si sabe medir la cantidad de lluvia con un pluviómetro construido por él.</i></li> <li>- <i>Si ofrece varios sistemas de medida (por altura, por peso del agua...)</i></li> </ul>

<p>variable.</p> <p>Para ayudarte, piensa en el pluviómetro de la estación meteorológica con la que trabajasteis en el instituto. ¿Sabrías especificar cómo media esa instalación?</p> <p><i>Datos: Si necesitas conocer o usar algún dato concreto, puedes preguntar al profesor/a</i></p>	
<p><b>Situación 4:</b> En los tres casos siguientes es muy importante medir la radiación solar:</p> <p>A nivel del mar, porque la radiación solar afecta a las personas y a la salud de su piel. Conocer la cantidad de radiación permite fabricar cremas protectoras frente a una parte de esa radiación.</p> <p>También necesitamos saber la radiación que recibe un avión (vuelan a alturas en torno a los 90 km), ya que el material con el que se fabrica debe ser resistente a esa radiación.</p> <p>Y lo mismo ocurre con los materiales de fabricación de un satélite ubicado a 35.000 km sobre la superficie terrestre.</p> <p>Necesitamos colocar medidores de radiación en cada una de las tres situaciones:</p> <p>¿Usarías el mismo tipo de medidor en cada situación? ¿en qué te fijarías a la hora de elegir un medido para cada caso? Intenta especificar con el mayor detalle posible cómo sería tu medidor de radiación en cada caso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Si se plantea que los rangos de medida deben ser distintos en cada uno de los tres supuestos.</i></li> <li>- <i>Si relaciona la cantidad de radiación que llega al instrumento, con temas estudiados en clase como la contaminación atmosférica.</i></li> </ul>

Un ejemplo del formato de las preguntas, junto con uno de los catálogos que fue entregado al alumnado para la realización del cuestionario se muestra en la figura 2.11. El resto del cuestionario se puede consultar en el Anexo II:

**SITUACIÓN 2**

Debido a la preocupación que han mostrado las familias, en días de mucho viento, el alumnado más pequeño no saldrá al patio del colegio en el recreo. Para valorar si hay mucho viento o poco, necesitamos que nos ayudes a elegir un anemómetro y su ubicación para medir la velocidad del viento en el patio.

Con ayuda de un catálogo te pedimos que, de forma razonada y justificada, elijas un anemómetro y una ubicación concreta en el patio.

Por otro lado, ahora que tenemos las ventanas abiertas en las clases, ¿serviría de algo colocar un anemómetro en clase? ¿Qué tipo de información nos podría dar y para que la podríamos usar en la situación que vivimos actualmente? ¿Sería útil este instrumento dentro de un aula?

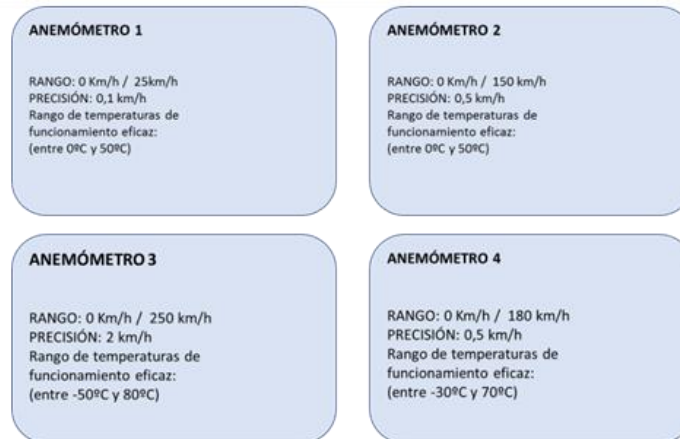


Figura 2.11. Dos ejemplos de los casos para evaluar los aprendizajes de forma individual.

El análisis que se realiza de este cuestionario es de carácter cualitativo. No tiene sentido utilizar las herramientas usadas para analizar los desempeños dentro de la secuencia, eminentemente práctica, cuando en este caso se analizan los aprendizajes mediante un cuestionario. Sin embargo, a partir de un análisis cualitativo es posible extraer información sobre el alcance en el tiempo de los aprendizajes conseguidos por el grupo durante la secuencia y también si el alumnado es capaz de hacer generalizaciones estos al utilizarlos fuera de su contexto original.

Al mismo tiempo, contar con estos datos y su análisis, han permitido hacer una validación de los aprendizajes alcanzados por los grupos en la implementación en la SEA, identificando aquellos aprendizajes superficiales frente a aquellos que se han mantenido en el tiempo y puede ser extrapolados a otros contextos.

El análisis cualitativo que se va a realizar de estos cuestionarios hará una comparativa del uso de pruebas en argumentación en los problemas planteados en el cuestionario, los aprendizajes alcanzados en cada una de las magnitudes físicas implicadas y finalmente la capacidad de los alumnos y alumnas de recontextualizar sus aprendizajes.

### 2.7.5. Implementación posterior con grupo de validación

Por último, para evaluar la SEA o en su caso para validar su utilidad en el desarrollo de las prácticas científicas, ésta ha sido parcialmente implementada durante el curso 2020-2021 con un grupo de prueba. Inicialmente, desde el punto de vista de la

investigación no se contaba con esta situación, sin embargo, desde el centro donde se implementó la SEA se ofreció la oportunidad de implementar parcialmente la SEA con este pequeño grupo. En el desarrollo de la metodología de la investigación no se ha incluido por varios motivos. En primer lugar, no se había realizado un diseño específico de la investigación para recogida de datos de este grupo; en segundo lugar, el proceso de investigación no está supeditado al control del investigador; finalmente se ha llevado a cabo únicamente con un grupo formado por dos alumnos. Esto obliga a sacar de la investigación formal a este grupo de prueba.

La implementación de la SEA para este grupo de validación se ha iniciado a partir de lo que corresponde a la Actividad 2, es decir, la puesta en marcha y elección de un lugar para la instalación de la estación meteorológica. Las sesiones implementadas con este grupo corresponden a las mismas que las del diseño de la SEA original, sin embargo solo se tienen los datos (grabaciones de audio y vídeo) de la Sesión 9 (sesión de control) y de la sesión 10 (elección de la estación). Por otro lado, en esta última sesión no ha existido un debate entre grupos, al existir un único grupo. Esto implica que no ha existido la oportunidad de desarrollar la práctica de la argumentación en la misma medida que en la SEA original.

Teniendo esto en cuenta, los resultados del grupo de validación serán analizados desde el punto de vista de la indagación correspondiente a la actividad 2 y la herramienta que analiza el número de argumentos presentes en la actividad 2 y la tipología de los datos utilizados para dichos argumentos.

Finalmente, además de las sesiones correspondiente a la actividad 2 de la SEA, el grupo de validación ha avanzado más allá de lo que alcanza el diseño de la SEA. Estos resultados no han sido analizados para esta investigación pues carecen de relevancia en ese sentido, sin embargo, sí que se ha creído oportuno enumerar algunas cuestiones que han surgido a partir del uso de la estación y que pueden ser de interés como fuente de otras investigaciones en enseñanza de las ciencias que vinculen a la SEA original, por ser su origen.





## **CAPÍTULO IV**

# **RESULTADOS**

**Y**

# **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA SEA**
- 3. RESULTADO DE IDEAS PREVIAS**
- 4. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRÁCTICA DE LA INDAGACIÓN**
- 5. RESULTADOS OBTENIDOS EN L PRÁCTICA DE LA ARGUMENTACIÓN**
- 6. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL DESARROLLO DE LA  
COMPETENCIA CIENTÍFICA**
- 7. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INDIVIDUAL POSTERIOR POR  
CUESTIONARIO**
- 8. ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE LOS APRENDIZAJES DENTRO DE  
LA SECUENCIA**
- 9. DE ANÁLISIS DE RESULTADOS A DISCUSIÓN DE RESULTADOS**



## 1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se exponen los resultados de la investigación. El primer resultado considerado ha sido el propio diseño de la SEA. Por ello, el primer apartado de este capítulo se dedica a la exposición del diseño de la SEA.

Una vez expuesto el diseño de la SEA se pasa a exponer los resultados obtenidos en su implementación. Además de exponer dichos resultados se procede a realizar un análisis siguiendo las pautas que se han detallado en la metodología de la investigación.

Es importante destacar que el objetivo de este capítulo no es el de discutir los resultados o extraer conclusiones. En este capítulo solo se expondrá el diseño de la secuencia, la comunicación de los datos extraídos en su implementación y la comparación de los datos entre grupos y actividades de la secuencia. La discusión de los resultados se expondrá en el capítulo V de esta memoria.

## 2. Diseño y desarrollo de la SEA

### 2.1. Contexto del centro

Desde el punto de vista de la aplicación de cualquier SEA es importante definir el contexto en el que se va a aplicar. No obstante, hay que tener presente que la IBD tiene como objetivo la investigación y por ello, la elección del contexto queda supeditada a las necesidades de la propia investigación. En nuestro caso, la cuestión se complica cuando se pretende realizar un análisis desde la óptica del estudio de caso en la aplicación de la SEA.

El centro en el que se ha llevado a cabo la investigación es un centro concertado, Colegio Internacional Ánfora, de la localidad de Cuarte de Huerva, provincia de Zaragoza, España.

#### 2.1.1. Características topográficas y climáticas

Dado que la herramienta que vertebra la investigación es una estación meteorológica, se cree necesario realizar una contextualización topográfica y climática del centro.

El centro está ubicado en la localidad de Cuarte de Huerva, aproximadamente a 8 kilómetros al sur de la capital de provincia, Zaragoza. Topográficamente la localidad se encuentra a una altitud de 299 metros sobre el nivel mar de media, formando parte de la Depresión del río Ebro. El término municipal está recorrido de sur a norte por el río Huerva, dejando al oeste lo Montes de Cuarte y al este el llano del valle del río Huerva, zona en la que se encuentra el centro escolar, a unos 500 metros del río.

El clima de la localidad viene determinado por su ubicación en el centro del Valle del Ebro. Su clima puede considerarse semiárido y mediterráneo continental seco. Sus temperaturas máximas y mínimas absolutas entre día y noche, y entre invierno y verano son extremas, con una media anual entre extremos absolutos mensuales de unos 22º C. La temperatura media anual es de 14 º C, aunque la media de mínimas absolutas diarias del mes más frío está entre los 5 y 10 ºC, llegando a mínimas de hasta -4 o -5 º C en los periodos más fríos. Las heladas ocurren entre los meses de noviembre hasta febrero. El resto del año las temperaturas son más cálidas, con una media de las máximas en el semestre más calidad de más de 30ºC. Una característica propia de la zona es el viento fuerte de componente oeste-noroeste, conocido tradicionalmente como “cierzo”. La velocidad máxima alcanza normalmente los 80 km/h, lo que origina un fuerte efecto erosivo por la falta de vegetación boscosa en la zona. Por otro lado, las características orográficas del valle no favorecen la descarga de lluvias, repartiéndose homogéneamente a lo largo de todo el año y siendo de un bajo nivel de pluviosidad con precipitaciones entre los 300 y 350 l/m<sup>2</sup>. Por otro lado, la exposición solar es elevada, de aproximadamente 2600 horas/año y una humedad relativa del 60%. Por último, también es común encontrar nieblas durante los meses de invierno por su situación en el fondo del valle (Fuente: Datos climatológicos Aemet. Enlace: [http://www.aemet.es/es/lineas\\_de\\_interes/datos\\_y\\_estadistica](http://www.aemet.es/es/lineas_de_interes/datos_y_estadistica)).

Las características climáticas de la zona, a priori, pueden ser favorables para poder llevar a cabo un proyecto de este tipo, ya que al tener componentes meteorológicos considerablemente extremos, se amplía el rango de factores a tener en cuenta para poder elegir una estación meteorológica o para elegir un lugar para su ubicación.

### **2.1.2. Características sociodemográficas y socioeconómicas**

La localidad de Cuarte de Huerva cuenta con un total de 13450 habitantes a día 1 de enero de 2020. No obstante, es importante resaltar que durante las últimas décadas su población ha crecido de forma exponencial (su población ha evolucionado de 1391 habitantes en 1990, 1847 en el año 2000, 8658 en el año 2010, hasta los 13450 habitantes actuales. El padrón municipal se compone de aproximadamente un 8% de habitantes nacido en la localidad, un 58% provienen de la provincia de Zaragoza, un 20% proviene del resto de España y por último hay un 14% de residentes de otros países. Llama la atención el % de población que proviene de la provincia de Zaragoza, siendo habitantes con el perfil de ciudadanos nacidos en la ciudad de Zaragoza que optan por trasladarse a la localidad de Cuarte de Huerva por su cercanía a la capital y por estar situada en el centro de un corredor industrial de cientos de empresas situadas en varios polígonos que rodean la localidad. La edad media de los habitantes de la ciudad es de 34 años, por lo que es una ciudad emergente con una tasa alta de personas en etapa escolar.

En cuanto a economía, Cuarte de Huerva es la segunda localidad de la provincia de Zaragoza con una renta media alta (unos 30000€ anuales). Sin embargo, los indicadores de desigualdad indican que las desigualdades en los ingresos brutos son similares a otras localidades cercanas.

El contexto socioeconómico y demográfico no es el aspecto más relevante para la IBD, dado que no debería ser un factor condicionante para que una secuencia pueda o no implementarse. Ahora bien, es un factor que debe ser tenido en cuenta para diseñar la SEA, pues ambientar o contextualizar una secuencia para un contexto urbano no siempre coincidirá con uno rural. En este caso, se ha tenido en cuenta para que el diseño de la SEA pueda llevarse a cabo tanto en un contexto rural como urbano. Esto podría considerarse positivo, al no encajonar la SEA a un contexto concreto.

### **2.1.3. Características del centro**

El Colegio Internacional Ánfora fue fundado en el curso 2015-2016 por lo que es un centro de reciente creación. Está situado a las afueras de la localidad y aunque inicialmente se encontraba en una zona sin viviendas, el aumento de la población de la localidad ha hecho que actualmente comience a estar rodeado por urbanizaciones.

Las etapas educativas del centro abarcan desde infantil hasta bachillerato, con una única vía por cada año escolar en la mayoría de sus cursos. El alumnado de educación secundaria (obligatoria y bachillerato) está en torno a los 150 alumnos y alumnas, de los cuales unos 40 son alumnos de 1º y 2º de bachillerato.

El centro cuenta con dos edificios, uno que alberga las aulas y despachos y por otro lado el pabellón polideportivo. Entre estos dos edificios se encuentra el patio escolar y junto a ellos las pistas deportivas. El centro cuenta con dos laboratorios de ciencias. Estos laboratorios están escasamente equipados a día de hoy por la reciente creación del centro. Sin embargo, en su proyecto educativo se recoge la importancia de equipar dichos laboratorios en pro de un aprendizaje de las ciencias en el que las actividades prácticas tengan un especial interés.

Es en este punto entra en juego la presente investigación, ya que desde los departamentos de Física y Química, Biología y Geología y Tecnología se solicitó instalar una estación meteorológica para hacer uso didáctico de ella y de los datos que pudiese aportar también en el futuro. De esta forma se aprovechó una situación real vivida en el colegio para poder desarrollar una SEA que revertiera por igual: comprar la mejor estación meteorológica; ayudara a desarrollar la competencia científica en el alumnado; y facilitara el desarrollo de la presente investigación.

#### **2.1.4. Características del aula**

El grueso del proyecto se llevó a cabo con un grupo de 16 estudiantes (8 chicas y 8 chicos) de entre 16 y 18 años de edad que cursaban 1º de bachillerato en el curso 2019-2020. Sin embargo, durante el curso 2020-2021 se continuó con la recogida de datos de aula para la investigación. La materia en la que se enmarcó la actividad es la asignatura de Cultura Científica de 1º de bachillerato. Esta materia es de carácter optativo aunque por la organización del centro y el reducido número de alumnos y alumnas, todo el grupo se ve obligado a cursar dicha asignatura. Esto implica que entre los 16 alumnos hay 8 que cursan el bachillerato de ciencias, y otros 8 que cursan el bachillerato de humanidades y ciencias sociales. Desde el punto de vista de la investigación este factor se ha creído enriquecedor, dado que se ha llevado a cabo una actividad cuyos objetivos de aprendizaje son puramente científicos pero que a su vez deben servir a la formación científica de un espectro muy variado de alumnos, centrándose en fomentar la alfabetización científica del alumnado. Esto aporta a la actividad un rango mayor de replicabilidad en otras situaciones, al poder extrapolarse a otros proyectos de carácter interdisciplinar o intercurricular.

Todo el alumnado cursó durante el curso anterior la materia de Física y Química, exceptuando un alumno que cursó sus estudios el año anterior en otro país, en el que cursó una asignatura de ciencias pero con contenidos que no eran similares a los de física y química de 4º de ESO. Por otro lado, una alumna no consiguió superar dicha materia en el curso anterior. También es importante mencionar que en el mes de diciembre una alumna abandonó bachillerato y lógicamente dejó de participar en la actividad.

Por otro lado, es importante comentar que el curso 2019-2020 estuvo marcado por la pandemia derivada del COVID-19 y la suspensión de las clases desde el mes de marzo. A partir de ese momento, las actividades relacionadas con la SEA sobre la que se investiga se adaptaron a un formato virtual. Esta pudo realizarse gracias a que todo el

alumnado contaba con dispositivos para poder conectarse a la red y a las sesiones que se llevaron a cabo.

### 2.1.5. Justificación del contexto

El contexto de la SEA se analiza desde dos ópticas diferentes: En primer lugar se ha expuesto el contexto del centro y del grupo de alumnos con el que se ha implementado la SEA; y en segundo lugar se trabajó la idea de contexto desde el enfoque de la contextualización en la enseñanza de las ciencias. En ambos enfoques además de exponer el contexto, se ha justificado su elección desde el punto de vista de su validez para el diseño de la SEA. Recordando las principales características de estos enfoques, se presenta la tabla 3.1 que muestra la característica fundamental del contexto y su justificación.

Tabla 3.1. Enfoque del contexto, característica fundamental y justificación.

Contexto	Característica	Justificación
<b>Centro</b>	Climática	Puede facilitar la observación de fenómenos atmosféricos diferentes en periodos cortos de tiempo
	Demográfica	No cierra la implementación de la SEA a un contexto muy particular y puede llevarse a cabo en cualquier tipo de centro
<b>Aula</b>	Alumnado de ciencias y ciencias sociales	Permite desarrollar la SEA desde el ámbito de la alfabetización científica de la ciudadanía y no de la formación específica de alumnado enfocado a carreras de ciencias
	Número de participantes	No se justifica desde el punto de vista del contexto
<b>Enfoque educativo</b>	Utilitario y cercano	Se genera de una situación que surge de la realidad y que por otro lado es susceptible de repetirse en la vida del alumnado

No obstante, el contexto utilizado será evaluado como parte fundamental, tanto de la SEA como de la investigación que abarca este trabajo, pues su acierto o desacierto en la elección forma parte de una de las preguntas fundamentales que se hace esta investigación: ¿cómo influye el uso de una estación meteorológica en la enseñanza de las ciencias? Por ello, la evaluación del contexto dentro de la SEA se realiza a partir de los propios resultados de aprendizaje y de implementación de la secuencia diseñada e implementada.

## 2.2. Planteamiento Inicial de la actividad

La SEA ha consistido en una actividad de indagación semi-guiada en la que el grupo de alumnos y alumnas cuenta con un presupuesto máximo para la compra y colocación de una estación meteorológica para el centro educativo. De esta forma se pueden

establecer dos grandes etapas dentro de la actividad: la elección de la estación para su compra; y la elección de una ubicación adecuada para su colocación. Para ello el grupo se dividirá en 4 grupos de 4 personas cada uno y, cada grupo propondrá una estación para su compra y, entre todo el grupo deben elegir qué estación es la más adecuada para las necesidades propuestas. Una vez pase esta etapa, los distintos grupos deben comprender el funcionamiento del dispositivo para poder buscar una ubicación para el dispositivo lo más idónea posible. Cada grupo propondrá una ubicación y entre todos los grupos deben elegir la opción que consideren mejor.

La actividad está diseñada para fomentar las prácticas científicas de indagación y argumentación en el alumnado. Por un lado, se busca desarrollar la práctica indagativa a lo largo de toda la actividad (compra y ubicación de la estación). Por otro parte, la argumentación también se desarrolla, dado que todo el grupo debe ponerse de acuerdo en la elección tanto de la estación como de la ubicación de ésta y hacerlo de una manera justificada.

Ahora bien, aunque en estas prácticas se encuentre el objetivo fundamental de la SEA, también se trabaja en un espectro más amplio el desarrollo de la competencia o alfabetización científica. Para ello, es necesario establecer unos objetivos de aprendizaje para la SEA, que además deben cumplir con los objetivos de aprendizaje de la materia en la que se desarrolla la actividad.

El detalle de los objetivos de aprendizaje, las etapas de la investigación, los enfoques educativos empleados y el desarrollo de la SEA se expondrán en detalle a lo largo de este apartado.

#### Profesores implicados

El desarrollo de la actividad ha estado supervisada por dos profesores conjuntamente, aunque no siempre de forma síncrona. Uno de los profesores era el responsable de la materia, por lo que este profesor ha estado en la totalidad de las sesiones. Por otro lado, otro profesor que a su vez es quien ejerce el papel de investigador estaba presente en los momentos clave de las sesiones diarias y en la totalidad del tiempo en aquellas sesiones que resultaban trascendentales para la investigación. Para el alumnado el rol del profesor/investigador ha sido de profesor de apoyo en la actividad de la estación meteorológica. La importancia e influencia del papel del profesor en este tipo de actividades es clave, por ello, se detallará su papel en este capítulo.

#### Materiales

La actividad no ha requerido materiales más allá de la propia estación meteorológica y los medios propios para la búsqueda de información, preparación de presentaciones, etc. Dado el interés existente por varios departamentos y también por el equipo directivo del centro, se ha contado con un presupuesto de 250€ para el proyecto. Este presupuesto se ha puesto a disposición del alumnado para que realice la compra de la estación meteorológica. Siendo conscientes de que esta cantidad puede resultar excesiva según la situación en la que se quiera llevar a cabo la SEA, es importante



mencionar que existen en el mercado estaciones meteorológicas, que aunque tengan menores prestaciones sirven perfectamente para llevar a cabo la actividad. Por otro lado, en este caso la actividad ha consistido en comprar una estación meteorológica pero se podría aplicar a la compra de cualquier instrumento científico-tecnológico que pueda necesitar un centro educativo, ya sea para equipar los laboratorios o el centro en sí mismo (por ejemplo la compra de un microscopio o la instalación de un observatorio astronómico adaptado).

### 2.3. Objetivos de aprendizaje y contenidos

Los objetivos de aprendizaje de la SEA se enfocan desde dos ópticas distintas entre sí, aunque necesariamente interrelacionadas. En primer lugar, se habla de los objetivos de aprendizaje enmarcados dentro del currículo oficial de la materia de Cultura Científica de 1º de bachillerato. En segundo lugar, los objetivos de aprendizaje relacionados con el desarrollo de las competencias científicas y las prácticas científicas de indagación y argumentación.

#### 2.3.1. Objetivos de aprendizaje curriculares y contenidos oficiales

Los objetivos de aprendizaje que establece el currículo aragonés (*Consejería de Educación de Aragón, 2016*) para la materia de Cultura Científica de 1º de bachillerato se enumeran en la tabla 3.2. A su vez, se ha hecho un breve comentario que relaciona cada uno de los objetivos del currículo con la forma en la que se trabaja en la SEA que se ha implementado. No todos los objetivos se trabajan, y tampoco todos con la misma profundidad, dado que hay que tener presente que la SEA se ha diseñado fundamentalmente con el fin de desarrollar las prácticas científicas de indagación y argumentación y con ello la competencia científica.

Tabla 3.2. Objetivos de aprendizaje materia Cultura Científica de 1º de bachillerato.

Objetivos de aprendizaje de la materia de Cultura Científica de 1º de Bachillerato	Relación con la secuencia implementada
Obj.CCI.1. Conocer el significado de algunos conceptos, leyes y teorías, para formarse opiniones fundamentadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas que tengan incidencia en las condiciones de vida personal y global y sean objeto de controversia social y debate público.	Conocer los conceptos de magnitud, unidades de medida, medición, rango, precisión.
	Conocer y comprender fenómenos asociados a las variables meteorológicas fundamentales y sus unidades de medida: temperatura, presión, viento, precipitación y radiación.
	Contextualizar los conceptos en una situación real que se presenta en el centro escolar, la compra e instalación de una estación meteorológica
Obj.CCI.2. Plantearse preguntas sobre problemas científicos de actualidad y tratar de buscar sus propias respuestas, utilizando y seleccionando de forma crítica información proveniente de diversas fuentes, sabiendo discriminar aquellas que son confiables.	Plantear cuestiones relacionadas con el problema que se presenta ante ellos. Para ello deben buscar información y seleccionar de forma crítica la información que consiguieren.
Obj.CCI.3. Adquirir un conocimiento coherente y crítico de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y el ocio presentes en su entorno,	Aunque no se trabaja con las redes sociales tradicionales que conocemos (como Facebook o Instagram) el alumno debe saber

propiciando un uso sensato y racional de las mismas para la construcción del conocimiento científico, la elaboración del criterio personal y la mejora del bienestar individual y colectivo.	desenvolverse en una plataforma de compra por internet. De esta forma debe ser crítico con los productos ofrecidos y evaluar los comentarios de otros usuarios.
Obj.CCI.4. Argumentar, debatir y evaluar propuestas y aplicaciones de los conocimientos científicos de interés social relativos a la salud y a las técnicas reproductivas, la ingeniería genética, las tecnologías de información y comunicación, el ocio y otros ámbitos, para poder valorar las informaciones científicas y tecnológicas de los medios de comunicación de masas y adquirir independencia de criterio.	Este objetivo se lleva a cabo en distintas partes de la actividad al tener que evaluar, debatir y argumentar sobre la elección de un dispositivo que abarca el campo de la ciencia (por lo que mide) y el campo de la tecnología (por la naturaleza del instrumento).
Obj.CCI.5. Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de la calidad de vida, reconociendo sus aportaciones y sus limitaciones como empresa humana, cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas al contexto cultural, social y económico en el que se desarrollan.	En la actividad se busca que el alumnado valore el papel de la ciencia en aspectos comunes de su vida diaria, en este caso el tiempo atmosférico y con ese exista un acercamiento entre ciencia y ciudadanía
Obj.CCI.6. Reconocer en algunos ejemplos concretos la influencia recíproca entre el desarrollo científico y tecnológico y los contextos sociales, políticos, económicos, religiosos, educativos y culturales en que se produce el conocimiento y sus aplicaciones.	
Obj.CCI.7. Valorar y defender la diversidad de opiniones frente a cuestiones científicas y tecnológicas polémicas, como un principio democrático y de justicia universal, en el que se debe actuar por consenso y negociación, no por imposición.	Aunque no se esté tratando una cuestión científica problemática a gran escala, dentro de la secuencia los grupos debaten posturas diferentes y deben valorar las posturas contrarias para así evaluar la suya propia, siendo imperativo llegar a un acuerdo común para continuar con la actividad

Por otro lado, el currículo oficial de la materia indica que se *“debe presentar la ciencia como algo vivo... Por ello, las informaciones sobre los distintos temas científicos y tecnológicos de repercusión social que aparecen constantemente en los medios deben estar presentes, aunque no coincidan en la temporalización ni encajen totalmente con los contenidos”* (Consejería de Educación de Aragón, 2016. Anexo II ). La SEA que se implementa en este trabajo recoge dicha recomendación. En primer lugar, porque aunque la repercusión de la meteorología no encaje con un debate social acalorado entre diferentes posturas, pocos aspectos de la ciencia están tan presentes en cada uno de los boletines informativos diarios a nivel global. Actualmente, este rango de influencia se extiende a las pantallas de nuestros móviles con la predicción del tiempo de ese día. Por ello, aunque no encaje con los contenidos, el contexto de la estación meteorológica para desarrollar la competencia y las prácticas científicas se cree adecuado a esta materia.

Aunque la SEA no está diseñada dentro de la materia de física y química, el contexto trabajado, la estación meteorológica, corresponde también al campo de conocimiento

de la física. Es decir, es un contenido transversal a las dos asignaturas. Por ello, también se han tenido en cuenta los objetivos de aprendizaje desarrollados en el currículo de la materia de Física y Química de 1º de Bachillerato. Estos contenidos se enumeran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Objetivos de aprendizaje de la materia de Física y Química de 1º de Bachillerato.

Objetivos de aprendizaje de la materia de Física y Química de 1º de Bachillerato	Relación con la secuencia implementada
Obj.FQ.1. Conocer los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la Física y de la Química, así como las estrategias empleadas en su construcción, con el fin de tener una visión global del desarrollo de estas ramas de la ciencia y de su papel social, de obtener una formación científica básica y de generar interés para poder desarrollar estudios posteriores más específicos.	Conocer los conceptos de magnitud, unidades de medida, medición, rango, precisión.
	Conocer y comprender fenómenos asociados a las variables meteorológicas fundamentales y sus unidades de medida: temperatura, presión, viento, precipitación y radiación.
	Contextualizar los conceptos en una situación real que se presenta en el centro escolar, la compra e instalación de una estación meteorológica
Obj.FQ.2. Reconocer el carácter tentativo y creativo del trabajo científico como actividad en permanente proceso de construcción y cambio, analizando y comparando hipótesis y teorías contrapuestas que permitan desarrollar el pensamiento crítico y valorar sus aportaciones al desarrollo de la Física y de la Química.	El alumnado lleva a cabo un trabajo científico que tiene que moldear conforme avanza la actividad. Por ello plantea hipótesis que confirma o refuta. Para ello debe valorar el aporte del resto de compañeros y grupos, además de evaluar las fuentes de información que utiliza.
Obj.FQ.3. Utilizar estrategias de investigación propias de las ciencias, tales como el planteamiento de problemas, la formulación de hipótesis, la búsqueda de información, la elaboración de estrategias de resolución de problemas, el análisis y comunicación de resultados.	Se diseña una SEA que trabaja todas las estrategias de investigación de las ciencias planteadas en este objetivo curricular.
Obj.FQ.4. Realizar experimentos físicos y químicos en condiciones controladas y reproducibles, con una atención particular a las normas de seguridad de las instalaciones.	Para llevar a cabo la investigación el alumnado se ven en la obligación de experimentar si quiere conseguir alcanzar su objetivo final.
Obj.FQ.5. Analizar y sintetizar la información científica, así como adquirir la capacidad de expresarla y comunicarla utilizando la terminología adecuada.	El alumnado debe buscar, analizar y resumir la información relacionada con la estación meteorológica, para después poder argumentar en la toma de decisiones
Obj.FQ.6. Utilizar de manera habitual las Tecnologías de la Información y la Comunicación para realizar simulaciones, tratar datos, extraer y utilizar información de diferentes fuentes, evaluar su contenido y adoptar decisiones.	En la búsqueda de información el alumnado debe trabajar con las TIC. Por otro lado la estación se compra en una plataforma web de compras donde se puede interactuar con otros usuarios y para ello debe saber desenvolverse en este ámbito aplicando sus conocimientos científicos.
Obj.FQ.7. Reconocer las aportaciones culturales y tecnológicas que tienen la Física y la Química en la formación del ser humano y analizar su incidencia en la naturaleza y en la sociedad.	

Obj.FQ.8. Comprender la importancia de la Física y la Química para abordar numerosas situaciones cotidianas, así como para participar, como miembros de la comunidad, en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que se enfrenta la humanidad y para contribuir a construir un futuro sostenible, participando en la conservación, protección y mejora del medio natural y social.	La actividad surge de una necesidad por parte del centro escolar, la compra y ubicación de la estación. En dicha necesidad es necesario poner en juego conocimientos científicos y permite observar las aportaciones de la ciencia y tecnología a aspectos cotidianos de nuestra vida.
--	--

Respecto a los contenidos curriculares de la materia de Física y Química, la SEA implementada se enmarca dentro del Bloque 1 de contenidos de esta asignatura. En la educación secundaria en España (obligatoria = ESO y postobligatoria= Bachillerato), el desarrollo de los contenidos vienen expresado por Bloques. El desarrollo de cada bloque, enumera los contenidos que deben ser tratados, los criterios de evaluación que el profesorado debe seguir para elaborar sus programaciones didácticas, las competencias clave que desarrolla cada criterio de evaluación y unos estándares de aprendizaje que pueden servir de ayudar para valorar si se cumple con el criterio de evaluación (Orden ECD/494/2016). En la tabla 3.4 se representa el Bloque 1 de la materia de Física y Química de 1º de Bachillerato.

Tabla 3.4. Bloque 1 de contenidos de la materia de Física y Química de 1º de Bachillerato (Adaptado de la Orden ECD/494/2016 que dicta el currículo oficial para bachillerato).

<b>BLOQUE 1 FÍSICA Y QUÍMICA 1º DE BACHILLERATO: La actividad científica</b>	
<b>CONTENIDOS:</b> Estrategias necesarias en la actividad científica. Tecnologías de la Información y la Comunicación en el trabajo científico. Proyecto de investigación.	
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Estándares de Aprendizaje</b>
<b>Crit. FQ 1.1.</b> Reconocer y utilizar las estrategias básicas de la actividad científica como: plantear problemas, formular hipótesis, proponer modelos, elaborar estrategias de resolución de problemas, diseños experimentales y análisis de los resultados.	<b>Est.FQ.1.1.1.</b> Aplica habilidades necesarias para la investigación científica, planteando preguntas, identificando problemas, recogiendo datos, diseñando estrategias de resolución de problemas utilizando modelos y leyes, revisando el proceso y obteniendo conclusiones.
	<b>Est.FQ.1.1.2.</b> Resuelve ejercicios numéricos, expresando el valor de las magnitudes empleando la notación científica, estima los errores absoluto y relativo asociados y contextualiza los resultados.
	<b>Est.FQ.1.1.4.</b> Distingue entre magnitudes escalares y vectoriales y opera adecuadamente con ellas.
	<b>Est.FQ.1.1.5.</b> Elabora e interpreta representaciones gráficas de diferentes procesos físicos y químicos a partir de los datos obtenidos en experiencias de laboratorio o virtuales y relaciona los resultados obtenidos con las ecuaciones que representan las leyes y principios subyacentes.
<b>Est.FQ.1.1.6.</b> A partir de un texto científico, extrae e interpreta la información, argumenta con rigor y precisión utilizando la terminología adecuada.	

<b>Crit.FQ.1.2.</b> Conocer, utilizar y aplicar las Tecnologías de la Información y la Comunicación en el estudio de los fenómenos físicos y químicos.	<b>Est.FQ.1.2.1.</b> Emplea aplicaciones virtuales interactivas para simular experimentos físicos de difícil realización en el laboratorio.
	<b>Est.FQ.1.2.2.</b> Establece los elementos esenciales para el diseño, la elaboración y defensa de un proyecto de investigación, sobre un tema de actualidad científica, vinculado con la Física o la Química, utilizando preferentemente las TIC.

En la tabla de contenidos correspondiente al Bloque 1 se ha suprimido la columna dedicada a las competencias clave, dado que estas no van a ser desarrolladas en este trabajo.

La relación de este bloque de contenidos con el desarrollo de la SEA que se lleva a cabo en este trabajo es directa, pues el proyecto llevado a cabo por parte del alumnado recoge todos los contenidos correspondientes a este bloque.

En este caso en concreto, al lector le puede surgir una problemática relacionada con el alumnado con el que se implementa la SEA, dado que no todos cursan la materia de Física y Química. Sin embargo, el Bloque I de contenidos aparece en cada uno de los cursos de Física y Química de la etapa de enseñanza secundaria obligatoria (2º, 3º y 4º de ESO) (Orden ECD/494/2016)., por lo que en líneas generales un alumno que curse bachillerato habrá cursado al menos una de estas asignaturas<sup>2</sup>. Esto implicaría que debería contar con unos conocimientos previos similares a los compañeros que cursen la materia de Física y Química de 1º de bachillerato.

En conclusión, tanto los objetivos de aprendizaje para las materias de Cultura Científica como de Física y Química de 1º de bachillerato justifican curricularmente la aplicación de esta SEA, y por ello puede ser implementada desde cualquiera de las dos asignaturas mencionadas. No obstante es necesario especificar los objetivos concretos que se quieren alcanzar con el desarrollo de esta SEA (aunque estén estrechamente relacionados con los curriculares), evitando que esta quede obsoleta por motivos meramente legislativos (modificaciones de las leyes educativas, currículums oficiales, etc.) y no por motivos vinculados a la investigación en didáctica de las ciencias experimentales, dado que a lo largo de todo el diseño, implementación y evaluación de la SEA está siendo objeto de análisis y modificación desde el punto de vista de la investigación, tal y como establece la IBD.

### 2.3.2. Objetivos competenciales de aprendizaje

Como se ha tratado en el capítulo dedicado a la fundamentación teórica, la alfabetización científica, o también llamada competencia científica (Pedrinaci 2012, 2013), es uno de los objetivos educativos fundamentales a nivel global (OCDE, 2016).

<sup>2</sup> Podría darse el caso de alumnos o alumnas que no hayan cursado la Física y Química de 4º de ESO por ser de carácter optativo. En el caso de 3º de ESO se cursa en aquellos casos en los que se opta por la Enseñanza Académica, vinculada a la continuación de los estudios de bachillerato. Sin embargo también podría darse el caso de una persona que curse enseñanzas aplicadas en la etapa secundaria y acceda a bachillerato, aunque no es lo recomendado desde las autoridades educativas

Para alcanzar esta sociedad alfabetizada científicamente, es necesario ofrecer una educación en ciencias que favorezca las competencias científicas (Romero-Ariza, 2017), y no se reduzca a los productos teóricos que genera, sino que además incluya la actividad de generarlos (Couso, 2020).

Los objetivos de aprendizaje planteados para la SEA se fundamentan en este objetivo último, el desarrollo de la competencia científica. Recordando brevemente lo tratado en el capítulo 3 del marco teórico, según la OCDE (2016), esto se puede alcanzar a partir del desarrollo de tres competencias científicas: explicar fenómenos científicamente; evaluar y diseñar una investigación científica; e interpretar datos y pruebas científicamente. Para el desarrollo de dichas competencias, por un lado, es necesario hacer uso de los conocimientos científicos (de contenido, procedimental y epistémico). Este trabajo se centra fundamentalmente en desarrollar las competencias científicas de evaluación y diseño de una investigación científica y la de interpretar datos y pruebas científicamente. Para dichas competencias, son fundamentales los contenidos procedimental y epistémico. Por otro lado, son las prácticas científicas de indagación y argumentación las que se van a desarrollar para intentar acercarse a los objetivos planteados de la competencia científica.

Con todo ello, se ha intentado realizar un estudio detallado de la epistemología del problema desde el punto de vista didáctico para el desarrollo de los objetivos de aprendizaje (Guisasola, 2021). En esta figura se destacan en color rojo las competencias científicas y los contenidos científicos que en mayor medida se han intentado desarrollar con la secuencia. Eso no implica que la secuencia no ayude a explicar fenómenos científicamente o el uso de modelos no esté presente, como se podrá observar en el capítulo de resultados. Sin embargo, en esta investigación se ha intentado hacer hincapié en las competencias y contenidos de carácter más práctico.

En la figura 3.1 se muestra el fundamento del cual surgen los objetivos de la SEA.

## Justificación para la elección de los objetivos

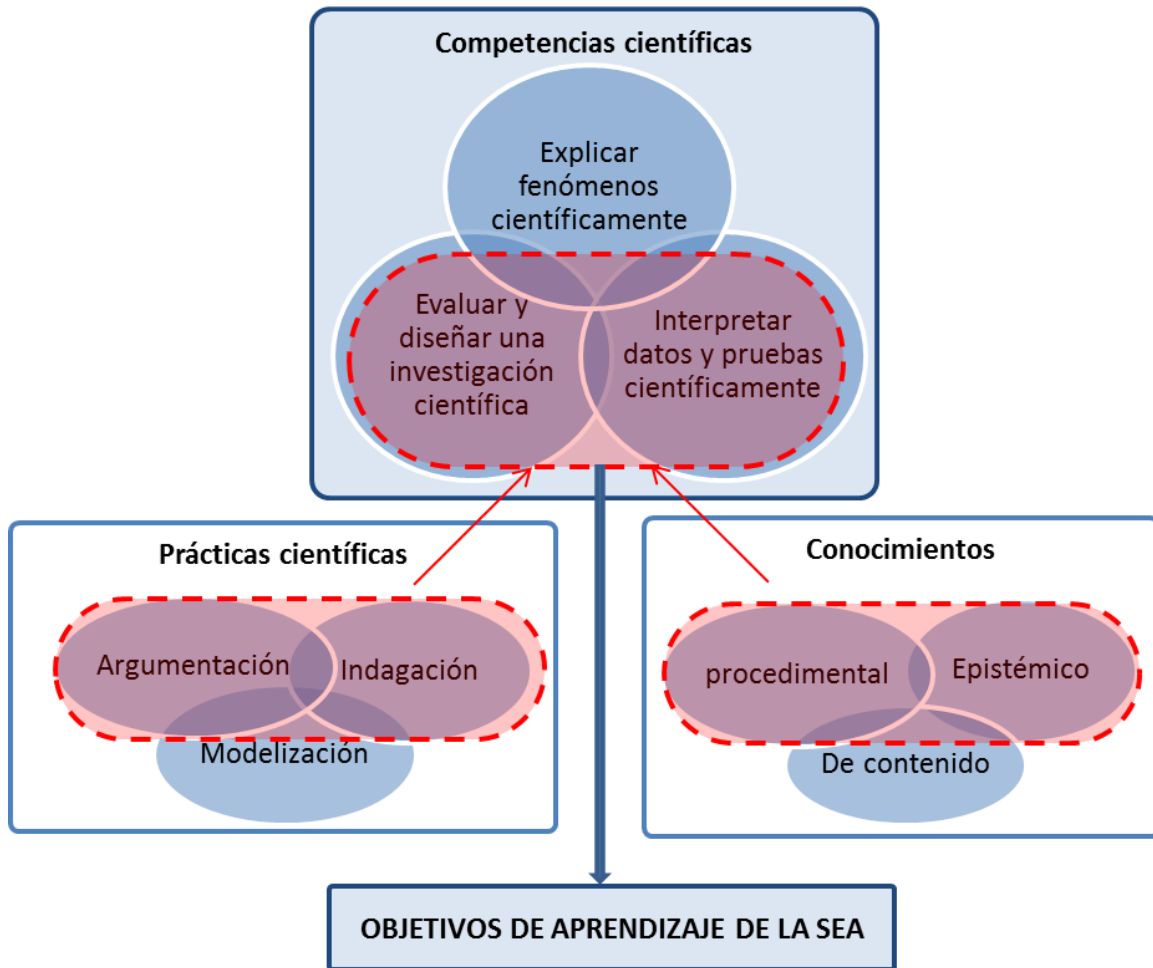


Figura 3.1: Justificación y origen de los objetivos de aprendizaje de la SEA (elaboración propia)

A partir de este momento, se pueden definir los objetivos de aprendizaje de la secuencia:

1. Conocer y comprender los conceptos relacionados con las magnitudes físicas fundamentales intervinientes en los fenómenos meteorológicos como la temperatura, la presión, el viento, la precipitación o la radiación solar y utilizar de forma adecuada las unidades de medida asociadas a las magnitudes intervinientes.
2. Conocer y aplicar los conceptos de precisión y rango en la toma de datos de los instrumentos científicos y evaluar las implicaciones de estos dentro del problema planteado.
3. Identificar el problema planteado como un problema que puede ser investigado científicamente, proponiendo hipótesis, identificando variables y factores que influyen en el problema y establecer objetivos plausibles.

4. Proponer formas de investigar propias de la ciencia para el problema y diseñar una investigación haciendo uso de todas las herramientas y fuentes de información de las que dispone.
5. Evaluar las investigaciones de otros grupos de trabajado a partir de criterios relacionados con la fiabilidad de los datos y la objetividad de los resultados
6. Identificar en un texto el contenido científico relevante y necesario para el desarrollo de la investigación, relacionar la actividad con la presencia de la ciencia y la tecnología en problemas cotidianos.
7. Diseñar experiencias que permitan extraer datos y/o pruebas que ayuden a justificar la toma de decisiones relacionadas con la ubicación de la estación meteorológica.
8. Sintetizar la información extraída en la investigación y comunicarla utilizando una terminología adecuada.
9. Argumentar científicamente las decisiones tomadas mediante el uso de datos o pruebas dentro de la investigación y evaluar los argumentos del resto de grupos usando sus datos u otras pruebas científicas extraídas de otras fuentes (internet, manual de instrucciones del dispositivo...).

Con esto quedan definidos los objetivos de aprendizaje que hay que desarrollar con el alumnado en la SEA a investigar. Ahora bien, para alcanzar dichos objetivos es necesario conocer los conocimientos e ideas previas del alumnado sobre este tipo de prácticas.

#### 2.4. Análisis de las ideas previas

Una parte importante de la IBD es conocer las ideas previas del alumnado con el que se va a implementar la SEA y para ello, se parte de un análisis curricular del contenido. Como se ha mencionado, los contenidos de la SEA están enmarcados en el Bloque I del currículum de Física y Química de 1º de Bachillerato. El Bloque I, denominado, La actividad científica, está presente en el currículo de la materia de Física y Química de educación secundaria obligatoria. De esta forma, podría afirmarse que los objetivos marcados por este bloque deberían haber sido alcanzados, a priori, por el alumnado. Los contenidos del bloque, los objetivos de aprendizaje y sus estándares de aprendizaje se muestra en la tabla 3.5, en los cursos de 2º, 3º y 4º de ESO, todos los cursos en los que se cursa la materia de Física y Química.

Tabla 3.5. Contenidos curriculares, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje del Bloque I correspondiente a la actividad científica para la materia de Física y Química en los cursos 2º, 3º y 4º ESO. Extraído de (Orden ECD/489/2016).

<b>BLOQUE 1 FÍSICA Y QUÍMICA 2º ESO: La actividad científica</b>
<b>CONTENIDOS:</b> El método científico: sus etapas. Medida de magnitudes. Sistema Internacional de Unidades. Utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. El trabajo en el laboratorio. Proyecto de Investigación.
<b>Criterios de Evaluación</b>
Crit.FQ.1.1. Reconocer e identificar las características del método científico.



Crit.FQ.1.2. Valorar la investigación científica y su impacto en la industria y en el desarrollo de la sociedad.	
Crit.FQ.1.3. Conocer los procedimientos científicos para determinar magnitudes.	
Crit.FQ.1.4. Reconocer los materiales e instrumentos básicos presentes en los laboratorios de Física y de Química; conocer y respetar las normas de seguridad y de eliminación de residuos para la protección del medioambiente.	
Crit.FQ.1.5. Interpretar la información sobre temas científicos de carácter divulgativo que aparece en publicaciones y medios de comunicación.	
Crit.FQ.1.6. Desarrollar pequeños trabajos de investigación en los que se ponga en práctica la aplicación del método científico y la utilización de las TIC.	
<b>BLOQUE 1 FÍSICA Y QUÍMICA 3º ESO: La actividad científica</b>	
<b>CONTENIDOS:</b> El método científico: sus etapas. Medida de magnitudes. Sistema Internacional de Unidades. Notación científica. Utilización de las Tecnologías de la Información y la Comunicación. El trabajo en el laboratorio. Proyecto de investigación.	
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Estándares de Aprendizaje</b>
Crit.FQ.1.1. Reconocer e identificar las características del método científico.	Est.FQ.1.1.1. Determina con claridad el problema a analizar o investigar, y formula hipótesis para explicar fenómenos de nuestro entorno utilizando teorías y modelos científicos.
	Est.FQ.1.1.2. Diseña propuestas experimentales para dar solución al problema planteado. Registra observaciones, datos y resultados de manera organizada y rigurosa, y los comunica de forma oral y escrita utilizando esquemas, gráficos, tablas y expresiones matemáticas.
Crit.FQ.1.2. Valorar la investigación científica y su impacto en la industria y en el desarrollo de la sociedad.	Est.FQ.1.2.1. Relaciona la investigación científica con las aplicaciones tecnológicas en la vida cotidiana
Crit.FQ.1.3. Conocer los procedimientos científicos para determinar magnitudes.	Est.FQ.1.3.1. Establece relaciones entre magnitudes y unidades utilizando, preferentemente, el Sistema Internacional de Unidades y la notación científica para expresar los resultados.
Crit.FQ.1.4. Reconocer los materiales, e instrumentos básicos presentes en el laboratorio de Física y en el de Química; conocer y respetar las normas de seguridad y de eliminación de residuos para la protección del medioambiente.	Est.FQ.1.4.1. Reconoce e identifica los símbolos más frecuentes utilizados en el etiquetado de productos químicos e instalaciones, interpretando su significado.
	Est.FQ.1.4.2. Identifica material e instrumentos básicos de laboratorio y conoce su forma de utilización para la realización de experiencias respetando las normas de seguridad e identificando actitudes y medidas de actuación preventivas.
. Crit.FQ.1.5. Interpretar la información sobre temas científicos de carácter divulgativo que aparece en publicaciones y medios de comunicación.	Est.FQ.1.5.1. Selecciona, comprende e interpreta información relevante en un texto de divulgación científica y transmite las conclusiones obtenidas utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad.
	Est.FQ.1.5.2. Identifica las principales características ligadas a la fiabilidad y objetividad del flujo de información existente en internet y otros medios digitales.

Crit.FQ.1.6. Desarrollar pequeños trabajos de investigación en los que se ponga en práctica la aplicación del método científico y la utilización de las TIC.	Est.FQ.1.6.1. Realiza pequeños trabajos de investigación sobre algún tema objeto de estudio aplicando el método científico, y utilizando las TIC para la búsqueda y selección de información y presentación de conclusiones.
	Est.FQ.1.6.2. Participa, valora, gestiona y respeta el trabajo individual y en equipo.
<b>BLOQUE 1 FÍSICA Y QUÍMICA 4º ESO: La actividad científica</b>	
<b>CONTENIDOS:</b> La investigación científica. Magnitudes escalares y vectoriales. Magnitudes fundamentales y derivadas. Ecuación de dimensiones. Errores en la medida. Expresión de resultados. Análisis de los datos experimentales. Tecnologías de la Información y la Comunicación en el trabajo científico. Proyecto de investigación.	
<b>Criterios de Evaluación</b>	<b>Estándares de Aprendizaje</b>
Crit.FQ.1.1. Reconocer que la investigación en ciencia es una labor colectiva e interdisciplinar en constante evolución e influida por el contexto económico y político.	Est.FQ.1.1.1. Describe hechos históricos relevantes en los que ha sido definitiva la colaboración de científicos y científicas de diferentes áreas de conocimiento.
	Est.FQ.1.1.2. Argumenta con espíritu crítico el grado de rigor científico de un artículo o una noticia, analizando el método de trabajo e identificando las características del trabajo científico.
Crit.FQ.1.2. Analizar el proceso que debe seguir una hipótesis desde que se formula hasta que es aprobada por la comunidad científica.	Est.FQ.1.2.1. Distingue entre hipótesis, leyes y teorías, y explica los procesos que corroboran una hipótesis y la dotan de valor científico.
Crit.FQ.1.3. Comprobar la necesidad de usar vectores para la definición de determinadas magnitudes y saber realizar operaciones con ellos.	Est.FQ.1.3.1. Identifica una determinada magnitud como escalar o vectorial, describe los elementos que definen a esta última y realiza operaciones con vectores en la misma dirección.
Crit.FQ.1.4. Comprender que no es posible realizar medidas sin cometer errores y distinguir entre error absoluto y relativo.	Est.FQ.1.4.1. Calcula e interpreta el error absoluto y el error relativo de una medida conocido el valor real.
Crit.FQ.1.5. Expresar el valor de una medida usando el redondeo y el número de cifras significativas correctas.	Est.FQ.1.5.1. Calcula y expresa correctamente, partiendo de un conjunto de valores resultantes de la medida de una misma magnitud, el valor de la medida, utilizando las cifras significativas adecuadas.
Crit.FQ.1.6. Realizar e interpretar representaciones gráficas de procesos físicos o químicos a partir de tablas de datos y de las leyes o principios involucrados.	Est.FQ.1.6.1. Representa gráficamente los resultados obtenidos de la medida de dos magnitudes relacionadas infiriendo, en su caso, si se trata de una relación lineal, cuadrática o de proporcionalidad inversa, y deduciendo la expresión general de la fórmula.
Crit.FQ.1.7. Elaborar y defender un proyecto de investigación, aplicando las TIC.	Est.FQ.1.7.1. Elabora y defiende un proyecto de investigación sobre un tema de interés científico, utilizando las TIC.

Este análisis curricular ha sido el punto de partida sobre el que se han analizado las ideas previas del alumnado participante. En primer lugar, la naturaleza de este bloque de contenidos encaja con los contenidos procedimental y epistémico de la ciencia, de forma que el método para conocer las ideas previas debe ser adaptado a tal circunstancia.

Para ello, se ha llevado a cabo dicho análisis desde dos enfoques distintos. En primer lugar, se ha trabajado con el alumnado en una primera parte de la investigación en las que el profesor junto con el investigador, realizan preguntas sondeo para conocer dichas ideas previas. En segundo lugar, se han realizado pequeñas entrevistas con varios profesores que han impartido clases de ciencias al grueso de este grupo, en este caso para conocer las metodologías utilizadas y la forma en la que se ha desarrollado este bloque de contenidos. Esta parte del análisis de las ideas previas debe ser valorada cuidadosamente por parte del investigador para evitar subjetividades que no concuerden con la información que pueda ser extraída directamente del alumnado. Ahora bien, se cree que un análisis de las ideas previas del alumnado en el que también se analiza el papel llevado a cabo por los profesores implicados amplía la información referente a la forma en la que el alumnado ha llevado a cabo su proceso de aprendizaje y, con ello, se puede conocer en mayor profundidad la naturaleza de las ideas previas del alumnado ante una actividad de este tipo. Además, al trabajar por indagación, el profesorado es un factor fundamental en la eficacia de aprendizaje por este método (Carbonero et al, 2011).

Por último, para buscar que los resultados de la SEA sean útiles en el futuro (Guisasola, 2010, 2021 y Amteller et al 2007), el estudio de las ideas previas ha estado fundamentado teóricamente a partir del estudio realizado en el apartado 3.3. del marco teórico de este trabajo, dedicado al aprendizaje por indagación.

El detalle de este análisis de las ideas previas se expone en el apartado dedicado a las etapas de la secuencia y su implementación.

## **2.5. Enfoques educativos**

Los enfoques educativos para la implementación pretenden ofrecer una educación en ciencias que favorezca la alfabetización científica (Romero-Ariza, 2017) e intenta incluir el proceso para alcanzar los conceptos y no solo el concepto en sí mismo (Couso, 2020). Para ello se ha partido de un enfoque de la enseñanza de las ciencias basada en el contexto. Ahora bien, el enfoque que agrupa toda la secuencia es el del aprendizaje de las ciencias basado en la indagación y por ello es necesario detallar las características que definen la secuencia indagativa que se lleva a cabo en este trabajo a partir del estudio realizado en el marco teórico. Esta metodología de trabajo ha permitido llevar a cabo las prácticas científicas de indagación (lógicamente) y de argumentación.

### **2.5.1. Aprendizaje basado en contextos**

El contexto utilizado para implementar una actividad basada en el IBSE ha sido la necesidad por parte del centro educativo de comprar y colocar una estación meteorológica, así la actividad surge de una situación del mundo real (King & Ritchie, 2012). A medida que el alumnado avanza en la secuencia surgen nuevos conceptos que es necesario analizar y comprender para poder proseguir (Muñoz Campos *et al.*, 2020). Esto facilita observar que existe relación entre ciencia y contexto cotidiano

(Chamizo & Izquierdo, 2005), que además es una necesidad del colegio que implica al alumnado para su resolución, intentando que aumente su interés (Gilbert, 2006; Sanmartí, & Márquez, 2017), al mismo tiempo que le ayuda a entender mejor los fenómenos que estudian, relacionados con la estación meteorológica (Rosales Ortega *et al.*, 2020). Este contexto, además de surgir de una necesidad, también es utilizado para facilitar que los contenidos trabajados puedan ser extrapolados a situaciones diferentes, dado que con este enfoque, se facilita dicha conexión (Gilbert, 2006; King & Ritchie, 2012). Con este enfoque también se ha intentado cumplir con los requerimientos que exige la investigación basada en el diseño de un aprendizaje que considere una dimensión social y constructivista (Guisasola *et al.*, 2008), donde el lugar y la actividad, es decir el contexto, forman parte del aprendizaje (Leach & Scott, 2002). Esto aporta a la actividad el carácter de aprendizaje situado (Caamaño, 2018), siendo esto una parte fundamental del enfoque de la enseñanza basada en contexto (Mandl & Koop, 2006).

En otro orden de cosas, la tipología del contexto que se ha utilizado es la definida por Caamaño (2018) de partir de un contexto para alcanzar ciertos aprendizajes y después poder aplicar a otros contextos nuevos. La actividad se centra en el contexto de la compra y ubicación de la estación meteorológica para poder desarrollar una actividad de indagación donde además de desarrollar las prácticas de indagación y argumentación permita alcanzar aprendizajes relacionados con las magnitudes fundamentales que trabaja la estación meteorológica, que a su vez podrán ser recontextualizados en otras situaciones (tal y como se pretende analizar con una actividad realizada un año después con el alumnado implicado).

También es posible evaluar el contexto según la influencia que ejerce sobre el alumnado. Así, siguiendo con la clasificación propuesta por Rosales Ortega *et al.* (2020), esta investigación ha usado un contexto de tipo utilitario, es decir, que aunque no están presente a diario en la vida del estudiante, son útiles, realistas y son susceptibles de producirse. Esta posibilidad no recae tanto en la necesidad del alumnado de tener que instalar una estación meteorológica, pero sí en la necesidad de comprar un instrumento cuyo objetivo conocemos pero cuyas características básicas y funcionamiento desconocemos y deban ser analizadas desde un punto de vista científico (por ejemplo la situación derivada del COVID-19 ha hecho que muchas personas tengan la necesidad de comprar e instalar medidores de partículas, cuya elección e instalación tienen un carácter puramente científico). Esto implica que el contexto, está cerca de la vida del estudiante y facilita la aparición de ideas científicas relacionadas con otras situaciones (Dori *et al.*, 2018) y también facilitar que lo aprendido, ahora en referencia a las prácticas de indagación y argumentación, no queden asociadas a un único contexto (Sanmartí & Márquez, 2017).

Con ello, la secuencia diseñada contextualizada en la necesidad de comprar e instalar una estación meteorológica para el centro escolar, ha intentado concienciar a los estudiantes sobre la importancia de la ciencia en el mundo actual, presente en casi

todo lo que hacemos, facilitando el aprendizaje (Caamaño, 2011), en este caso relacionado con el conocimiento epistémico de la ciencia.

### 2.5.2. Aprendizaje de las Ciencias Basado en la Indagación

El diseño global de la SEA se centra en la definición de indagación como una variedad de estrategias de enseñanza aprendizaje que el profesorado implementa para que el alumnado desarrolle destrezas de indagación (es decir, la indagación como práctica científica) y también sobre la indagación científica. Esta definición permite diferenciar entre la indagación como contenido a enseñar y aprender (uno de los objetivos de la secuencia) y la indagación como una metodología a implementar (sobre la cuál se realiza la investigación). Esta metodología es conocida como Aprendizaje de las Ciencias basado en la Indagación (o IBSE por sus siglas en inglés).

Las características de esta metodología parten de la premisa de usar un entorno educativo auténtico y que al mismo tiempo se parezca al contexto en el que trabajan los científicos (Couso, 2014). Así, con el contexto elegido se ha intentado cumplir con esta necesidad. Además, también se ha buscado el vínculo afectivo y de motivación al proyecto (Muñoz Campos *et al.*, 2020) resaltando frente al alumnado la importancia de sus decisiones para todo el centro escolar (de ellos depende todo lo relacionado con esta necesidad del centro). Por otro lado, el diseño de la secuencia ha buscado cumplir con las cuatro características que Couso (2014) sintetiza y complementa de las propuestas por NRC (1996). Así en la tabla 3.6 se muestra las características propuestas por Couso (2014) y el desarrollo de las mismas para la secuencia didáctica abordada.

Tabla 3.6 Comparativa entre características de la indagación y la SEA.

<b>Características propuestas por Couso (2014)</b>	<b>Relación con las características de la actividad</b>
Trabajar en un entorno de enseñanza-aprendizaje a partir de una investigación, generalmente de tipo práctico (ya sea observacional o experimental), donde el alumnado plantea preguntas y recoge sus propios datos	Se aborda una investigación práctica donde el alumnado debe elegir una estación meteorológica que comprar. Después debe buscar una ubicación donde colocarla teniendo en cuenta los factores que influyen y realizando la experimentación que consideren necesaria.
Dar una especial importancia a la actitud y motivación del alumnado, concediéndoles un papel activo y protagonista. Este papel podría darse a partir del trabajo en grupo, la autonomía, la capacidad para tomar decisiones o la elección de los caminos a seguir en la investigación que llevan a cabo.	La toma de decisiones de toda la actividad recae íntegramente en el alumnado por lo que tiene el papel protagonista dado que es este el que elige la estación y la ubicación. Además tiene autonomía para dichas decisiones (consensuadas entre todo el grupo).
Acentuar un papel más pasivo para el profesor, otorgándole el papel de facilitador para la indagación que el estudiantado realiza	El profesor solo ejerce de guía cuando los caminos y decisiones que toma el alumnado pueden llevar a un camino sin salida para la investigación
Organizar una secuencia de enseñanza aprendizaje en fases, que en cierto modo, emulen la investigación científica real.	La secuencia se lleva a cabo a partir de dos actividades fundamentalmente. Cada actividad sigue las etapas del proceso científico y al mismo tiempo la secuencia en su conjunto también sigue

	estas etapas.
--	---------------

No obstante, las características pueden variar en función del grado de autonomía del alumnado, por lo que la bibliografía proporciona distintas clasificaciones (Caamaño, 1992; Windschitl, 2003; Bevins & Price, 2016). Según estas clasificaciones la secuencia implementada se sitúa entre modelo de indagación guiada y abierta. En la tabla 3.7 se muestran las destrezas implicadas en estos dos modelos de indagación, propuesta por Bevins & Price (2016).

Tabla 3.7. Modelos de indagación guiada y abierta. Adaptado de (Bevins & Price, 2016); citado en (Aguilera *et al.*, 2018).

Modelo de indagación	Destrezas de indagación agrupadas en dimensiones				
	1. Plantear preguntas científicamente	2. Basarse en pruebas	3. Explicar a partir de pruebas	4. Explicar a partir de conocimientos	5. Comunicar y justificar
<b>Guiada</b>	Seleccionan preguntas y plantean otras nuevas	Se les orienta para que recaben ciertos datos	Se les guía en el proceso de formular explicaciones a partir de pruebas	Se les dirige hacia áreas y fuentes de conocimiento científico	Se les orienta hacia estrategias para desarrollar la comunicación
<b>Abierta</b>	Formulan sus preguntas	Determinan aquello que constituye una prueba y lo recaban	Formulan explicaciones después de agrupar sus pruebas	Examinan otros recursos para formular explicaciones sobre su trabajo	Buscan cómo formular argumentos lógicos para comunicar sus explicaciones

En el caso de la SEA implementada para esta investigación, cada una de las destrezas implicadas se desarrollan de la siguiente forma:

- Plantear preguntas científicamente: El alumnado formula preguntas a partir de un planteamiento inicial ya establecido, la compra e instalación de una estación meteorológica.
- Basarse en pruebas: Determinan aquello que constituye una prueba o evidencia, siendo guiados cuando dichas pruebas son incorrectas o ponen en riesgo el resto de la investigación (por ejemplo elegir una estación meteorológica que no sea de utilidad).
- Explicar a partir de pruebas: Formulan explicaciones a partir de sus pruebas o datos y son guiados en aquellos casos en los que el camino por el que optan es erróneo (por ejemplo, elegir una ubicación para la estación válida para el anemómetro según sus pruebas pero para la que no han tenido en cuenta la variable de la temperatura por ser un lugar expuesto al sol y a la sombra a lo largo de un mismo día).

- Explicar a partir de conocimientos: Utilizan los recursos que ellos creen adecuados para generar explicaciones a su trabajo y son redirigidos cuando los recursos utilizados no suponen una fuente lo suficientemente fiable (por ejemplo usar como única prueba para la compra de la estación, la valoración de un usuario de la web de compras por la dificultad en su instalación).
- Comunicar y justificar: Buscan cómo formular argumentos lógicos para comunicar sus explicaciones.

Esto supone que la secuencia implementada no sea una actividad de indagación abierta, dado que existen pautas por parte del profesor, pero tampoco corresponde a una actividad guiada con una intervención continua por parte del docente. De esta forma, definimos la secuencia como una actividad de indagación semi-guiada.

Por último, la SEA consta de dos actividades: la elección de la estación para su compra y la instalación de dicha instalación. Cada actividad por sí misma supone una actividad de indagación, pero a su vez, el conjunto de una seguida a la otra, suponen una secuencia de indagación de un mayor rango. Se ha optado por este formato para poder valorar la evolución del alumnado en las destrezas de indagación y también intentando emular el trabajo de una investigación científica donde alcanzar el objetivo final se enmarca dentro de una investigación compuesta por pequeñas sub-investigaciones que permitan alcanzarlo. Las etapas que guían la investigación se han establecido siguiendo la propuesta de Pedaste *et al.* (2015). No obstante también se han tenido en cuenta para la definición de estas etapas los trabajos de Franco-Mariscal (2015) y las destrezas desarrolladas en Ferrés-Gurt *et al.* (2014) para la determinación de las etapas de cada una de las actividades.

Las etapas implementadas en cada una de las actividades se pueden ver en la figura 3.2.



Figura 3.2: Etapas seguidas en las dos actividades implementadas en la secuencia.

Comentar que en la actividad 1 no hay un proceso de observación y análisis de datos, por ello esta etapa se suprime de dicha actividad.

### 2.5.3. Prácticas de argumentación en el aula de ciencias

Finalmente, se ha utilizado un enfoque educativo que permita desarrollar las capacidades de argumentación científica al considerarse esta una cuestión fundamental en la educación científica (Driver *et al.*, 2000; Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008; Muñoz Campos *et al.*, 2020). El diseño de la secuencia se inspira en trabajos como los de Becker & Shimada (1997) y Nohda (2000) para la investigación

basada en el diseño, en el que se plantean problemas de solución abierta donde la dificultad no se encuentra en dar con la solución sino en argumentar que la propia solución es la acertada (Guisasola *et al.*, 2021). De esta forma la argumentación está presente en los dos momentos clave de la secuencia: la toma de decisión consensuada entre grupos sobre las propuestas de cada uno para elegir la estación y también la ubicación más idónea. Esto pone en juego el pensamiento crítico y la capacidad de decisiones sociales y competencias relacionadas con el quehacer diarios de los científicos (Jiménez Aleixandre, 2011). A su vez la toma de decisiones fomenta el pensamiento crítico (Blanco-López *et al.*, 2017) y al mismo tiempo resalta la importancia de la ciencia en la toma de decisiones para la vida diaria (Pedrinaci, 2006).

Sn embargo, la capacidad argumentativa en España sigue siendo relativamente baja (García *et al.*, 2019; Solbes *et al.*, 2010), a pesar de su importancia en el desarrollo de las capacidades propias de la indagación (Duschl & Osborne, 2002). Es por ello que se ha desarrollado una secuencia que sigue una metodología de IBSE en la que la argumentación tiene un papel clave, pues la toma de decisiones debe surgir de la argumentación y justificación generadas a partir de la investigación que realiza el alumnado. De esta forma, también se pretende conectar argumentación y toma de decisiones, algo que no siempre se consigue (Uskola *et al.*, 2021), mediante una situación que surge de un problema real, que intenta cumplir con los requisitos que plantea Jiménez Aleixandre & Pereiro (2002) sobre la autenticidad de los problemas y su relación con la ciencia.

Para poder trabajar una argumentación de calidad, el alumnado debe hacer uso de pruebas (Jiménez Aleixandre, 2011), que en esta actividad podrán ser de tipo teóricas en el caso de la elección de la estación y experimentales para elegir la mejor ubicación Bravo *et al.* (2009). A su vez, la secuencia se ha diseñado para que puedan aplicarse los criterios de calidad de argumentación asociados a la justificación, desventajas y posición contraria que se proponen en Sadler & Donnelly (2006), Felton *et al.* (2009) y Uskola *et al.* (2021). La forma de hacerlo ha sido estableciendo la necesidad de llegar a un consenso para la toma de decisiones, por lo que es necesario fijarse no solo en los aspectos negativos del resto de grupos sino en aquellos que puedan resultar de utilidad para todos los grupos en conjunto.

## **2.6. Papel del profesorado dentro de la actividad**

El papel del profesorado en actividades de indagación supone un factor clave en la eficacia del aprendizaje por indagación (Carbonero *et al.*, 2011) y los beneficios del alumnado dependen de la forma en la que el docente planifica y orienta el proceso de indagación (Couso, 2014; Hmelo-Silver *et al.*, 2007; Kawalkar & Vijapurkar, 2013). Por ello, desde el punto de vista de esta IBD se ha intentado poner especial cuidado en el papel que debe seguir el docente en la implementación de la secuencia. Así, se han establecido tres fases dedicadas al control de la investigación desde el punto de vista del docente: en la fase de diseño de la secuencia, en la fase de implementación y una vez concluida la implementación. En este apartado no se trata el papel del docente



desde el punto de vista de la investigación, sino desde la perspectiva de la IBSE, ahora bien, estas intervenciones realizadas con el docente también han intentado reducir el riesgo derivado de los factores asociados al papel del docente en este tipo de actividades.

Cuando una actividad no está lo suficientemente guiada por el docente, los resultados son peores que cuando dicha actividad sí lo está, tal y como se puede comprobar en distintos análisis bibliográficos realizados sobre las implicaciones de la indagación (Alfieri *et al.*, 2011; Furtak *et al.*, 2012; Kirschner *et al.*, 2006; Lazonder & Harmsen, 2016; Minner *et al.*, 2010; Aguilera *et al.*, 2018). Debido a esto, en la fase de diseño de la secuencia se ha trabajado conjuntamente para tratar los tres bloques de competencias que debe poseer un docente para llevar a cabo una actividad de este tipo, propuestos por (Alake-Tuenter *et al.*, 2012):

- Analizar el contenido científico de la secuencia estableciendo cuándo y de qué forma se debe aplicar determinados contenidos (por ejemplo, no hablar de precisión o rango en la primera parte de la actividad)
- Analizar el conocimiento didáctico del contenido sobre la secuencia exponiendo por parte del investigador las partes concretas de cada actividad y los objetivos que busca la secuencia en cada etapa, estableciendo pautas para llevar a cabo “la guía” de las actividades (por ejemplo: trabajar por medio de preguntas guiadas y no mediante afirmaciones)
- Tratar la importancia de las actitudes y creencias necesarias por parte del docente hacia las ciencias y también hacia el docente (por ejemplo: el docente cree en el proceso de enseñanza por indagación y sus ventajas frente a otros más tradicionales)

Por otro lado, y justificado por el carácter intervencionista de la IBSE (Guisasola *et al.*, 2021), el investigador ha participado directamente (como docente de apoyo) en las sesiones clave de cada actividad. Con esta participación por parte del investigador se ha intentado: reducir la percepción de obstáculos asociados a este tipo de actividades por parte del profesorado (Crujeiras-Pérez & Puig, 2014; Lucero *et al.*, 2013); y la posible falta de preparación por parte del profesorado para este tipo de actividades y en el CDC (Couso, 2014; Murphy *et al.*, 2007). Estas dificultades también han intentado ser minimizadas por medio de reuniones antes y después de cada sesión para comentar de qué forma se iba a desarrollar la actividad y finalmente los aspectos más relevantes observados por parte del profesor, intentado facilitar su labor todo lo que ha sido posible por medio de la modificación de partes de la secuencia diseñada, siempre que estuvieran lo suficientemente fundamentados, tal y como requiere la IBSE (Guisasola *et al.*, 2021).

## 2.7. Implementación de la SEA

La SEA sobre la que se investiga se diseñó para tener una duración de un año académico, y fue implementada durante el curso 2019-2020, con un grupo de 16

estudiantes de 1º de bachillerato del Colegio Internacional Ánfora. El curso 2019-2020 estuvo marcado por la llegada de la pandemia debida al Covid-19 y la suspensión de las clases presenciales, desde mitad de marzo de 2020. Esto supuso pasar a una modalidad de clases online y por ello algunas de las sesiones dedicadas a la presentación del estado de la investigación llevada a cabo por el alumnado, previa a la situación de cuarentena, fue presentada en modalidad online. No obstante una parte de la SEA no pudo ser implementada y por ello no se ha detallado dentro de este trabajo.

El diseño de la secuencia se ha estructurado en tres etapas: planificación de la investigación con el alumnado, desarrollo de la investigación y evaluación y conclusiones. Dentro del apartado dedicado al desarrollo de la investigación, se han llevado a cabo dos actividades que suponen el grueso de la secuencia, aunque como se ha comentado en este capítulo se ha procurado que el alumnado perciba el conjunto de la secuencia como un único trabajo, intentando emular el trabajo de los científicos.

En la figura 3.3, se muestran las etapas de la secuencia, junto con las actividades planteadas y las sesiones utilizadas.

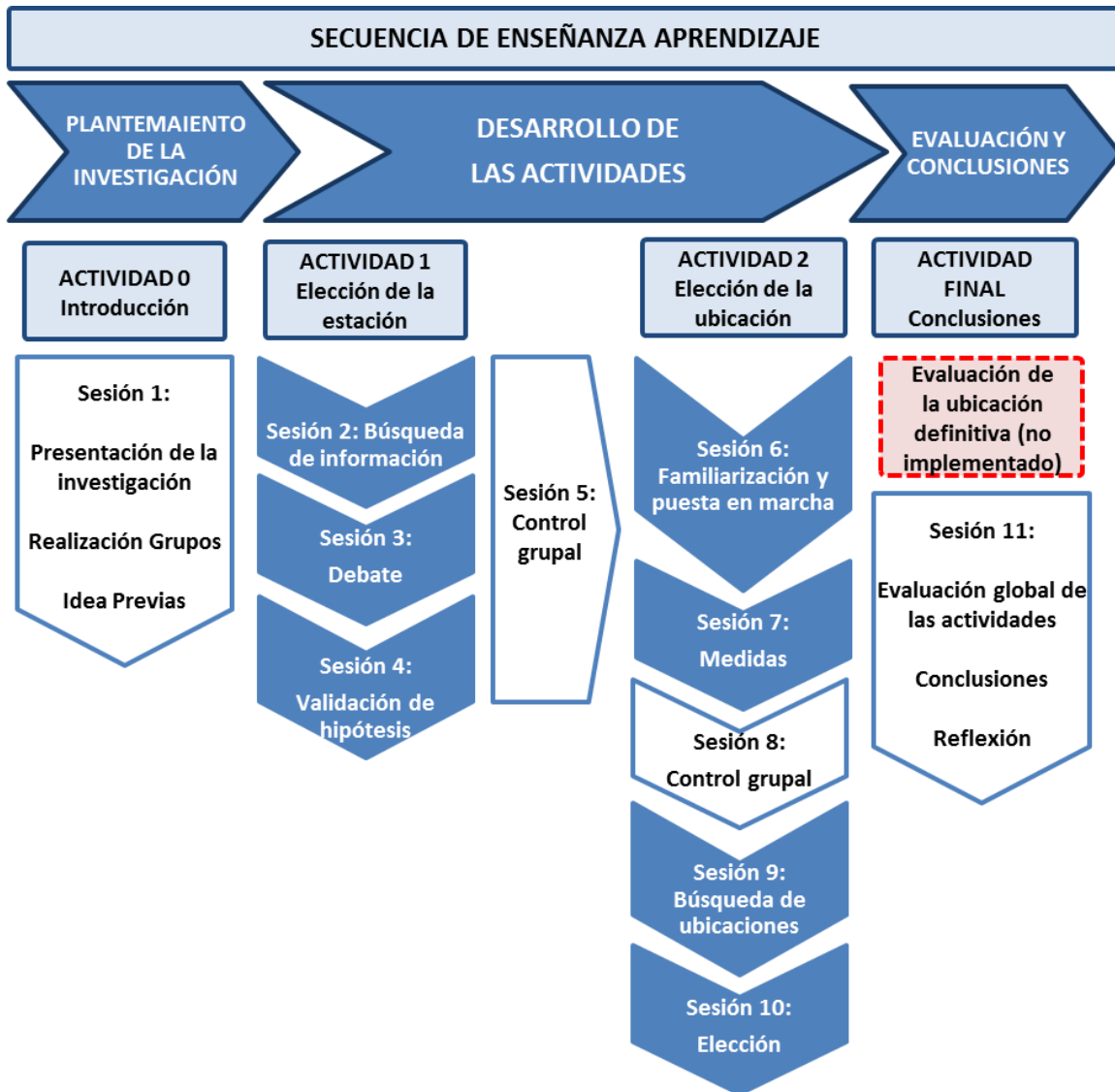


Figura 3.3: Etapas, actividades y sesiones de la implementación de la SEA.

En la figura 3.3, se representa de otro color la parte de la secuencia que no pudo ser implementada y que estaba dedicada a que el conjunto del grupo evaluase la ubicación elegida entre todos, de forma que se pasó directamente a la evaluación de la actividad.

La SEA tuvo una duración de dos trimestres. Hay que recordar que la secuencia se desarrolló en 4 grupos de 4 personas cada grupo. Dentro de la materia cursada, cada grupo realizaba proyectos distintos, por ello las sesiones no se realizaban seguidas en el tiempo para todos los grupos, sino que los grupos rotaban cuando se dedicaban a la estación meteorológica. La otra razón para seguir con esta secuenciación es permitir que cada grupo trabaje por separado con la estación, sin que interfieran el resto de compañeros. Ahora bien, también hay sesiones en las que todos los grupos participan para exponer los avances de su trabajo y para alcanzar acuerdos sobre la elección de la estación y su ubicación. En la tabla 3.8 se especifican las etapas, actividades, grupos participantes, duración de la implementación total de cada sesión y el mes en el que se llevó a cabo dicha implementación.

Tabla 3.8: Secuenciación de las sesiones y grupos participantes

Etapa	Actividad	Sesión	Participantes	Duración total	Mes
E.1	Act. 0	1	Todos los grupos	2 horas	Sept
E.2	Act. 1	2	Todos los grupos	2 horas	Oct
		3	Todos los grupos	2 horas	Octubre
		4	Grupos por separado	8 horas	Oct. y Nov.
		5	Todos los grupos	2 horas	Noviembre
	Control	6	Grupos por separado	8 horas	Nov. y Dic.
	Act. 2	7	Grupos por separado	8 horas	Enero y Febrero
		8	Todos los grupos	2 horas	Febrero
		9	Grupos por separado	8 horas	Feb. y Marzo
		10	Todos los grupos	2 horas	Cuarentena
	E.3	Act. F	11	Todos los grupos	1 hora

Una vez se conoce las etapas y las sesiones dedicadas a cada una de ellas, en el siguiente apartado se detallan cada una de las etapas con sus respectivas sesiones

### 2.7.1. Etapa 1: Planteamiento de la actividad

El planteamiento inicial de la actividad requiere de una sesión de 2 horas. En esta etapa, se diferencian dos partes distintas: presentación de la actividad y realización de los grupos dentro de la clase; y la identificación de ideas previas.

#### Sesión 1 de la secuencia.

##### Presentación de la actividad y reparto de grupos

La actividad es presentada por el profesor de la materia y el profesor de apoyo (el investigador en este caso). En dicha presentación se expone la necesidad que ha planteado el colegio sobre la instalación de una estación meteorológica para el centro. Para ello, desde el departamento de física y química se ha decidido encomendar esta labor al alumnado de 1º de bachillerato de cultura científica. En esta presentación se mencionan las necesidades que el centro desea para la estación y el presupuesto total con el que se cuenta para este proyecto. Las instrucciones concretas que se dan son las siguientes:

- Se necesita una estación meteorológica que mida las magnitudes fundamentales asociadas a este tipo de instrumentos.
- La estación debe recoger y grabar los datos de forma continuada y de la forma más fiable y veraz posible.
- Los datos deben poder ser consultados en todo momento de forma remota
- La estación debe quedar instalada durante el curso 2019/2020.
- Se consta de un presupuesto de 250€ para todo el proyecto y puede ser comprada a través de la web.

Estas preguntas generan dudas entre el alumnado, pero antes de entrar en esa cuestión se establece la forma de trabajo que se va a llevar. En primer lugar, se indica que hay que hacer 4 grupos de 4 personas cada uno. La elección de los grupos es libre.

Una vez formados los grupos, se explica al alumnado la secuenciación que se va a aplicar al proyecto y las sesiones de trabajo con las que contarán. Dentro de esta exposición, se especifican dos partes clave: por un lado la elección de la compra de la estación y por otro lado la elección de una ubicación. La elección de ambas cosas se realiza de forma consensuada entre todos los grupos y por ello, a pesar de trabajar en sesiones en pequeño grupo, habrá sesiones en las que todos los grupos deban coordinarse para tomar estas decisiones. Por último, al final de cada trimestre se realizará una presentación por parte de los grupos que muestre el estado de su trabajo en ese momento. Desde el punto de vista de la secuencia didáctica, esta presentación se realiza para que el profesorado tenga un instrumento de evaluación que recoja toda la información trabajada por el alumnado a lo largo de todo el trimestre. Desde el punto de vista de la investigación, esta servirá como una herramienta más de toma de datos (aunque esto se especificará en el apartado dedicado a ello).

#### Identificación de ideas previas

Una vez se ha presentado la actividad, hecho los grupos y explicado la metodología a seguir, se da paso a todas las dudas que surjan entre el alumnado. Este paso se aprovecha para la identificación de ideas previas por parte de los docentes.

El procedimiento de detección de las ideas previas ha sido mediante preguntas indagativas a modo de entrevista (Halloun & Hestenes, 1985) por parte del docente tomando como punto de partida las cuestiones que el propio alumnado planteaba. Para ello, se habían agrupado las preguntas del alumnado en cuatro bloques:

- Relacionadas con la práctica científica y de la indagación: métodos propios de la ciencia o etapas que debe seguir una investigación.
- Relacionadas con los contenidos físicos del proyecto: magnitudes implicadas, unidades de medida, naturaleza de las medidas y o la toma de datos.
- Relacionadas con las implicaciones tecnológicas y del proyecto vinculadas: presupuesto, plazos, y otras indicaciones.
- Otras preguntas que puedan surgir.

A partir de estos cuatro bloques de preguntas, se pretende analizar en primer lugar las preocupaciones iniciales que surgen entre el alumnado ante una secuencia de este tipo y por otro lado, la identificación de las ideas previas sobre los conocimientos científicos implicados (ya sean de contenido, procedimentales o epistemológicos). Los docentes deben recoger por escrito estas preguntas mientras se desarrolla la entrevista y para ello, es el investigador quien realiza la indagación con los alumnos.

Por último, aunque esta sesión sirva como una inmersión inicial al problema, dentro de la identificación de ideas previas también es importante tener presente la presencia (o no presencia) de algunos contenidos que pueden ser fundamentales para el desarrollo

del proyecto. Esto nos permitirá estimar, en el ámbito de la investigación abordada, en qué medida ha servido el proyecto para conocer (y tal vez comprender) ciertos contenidos de carácter científico.

La tabla 3.9 resume el contenido de la etapa 1.

Tabla 3.9. Resumen de contenido de la etapa 1

<b>Actividad 0</b>	
<b>Sesión1</b>	
Participan todos los alumnos y alumnas del grupo	
<b>Parte 1. Presentación y reparto de grupos</b>	
<b>Objetivos</b>	
Explicar en qué va a consistir la investigación	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requisitos externos impuestos sobre la estación: Presupuesto máximo, características mínimas y fecha límite para la consecución del proyecto</li> <li>- Objetivos que hay que alcanzar: Comprar e instalar una estación meteorológica para el centro</li> <li>- Metodología y funcionamiento con el que se va a desarrollar: Trabajo en grupos. Habrá sesiones donde estén todos los grupos y en otras que trabajen por separado.</li> </ul>	
Establecer los grupos de trabajo	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 grupos de 4 personas de elección libre</li> </ul>	
<b>Parte 2. Identificación Ideas Previas</b>	
<b>Objetivos</b>	
Identificar las ideas previas del alumnado	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se identifican a través de preguntas indagativas</li> <li>- Se establecen cuatros grupos de preguntas e ideas: sobre la forma de trabajo, sobre los parámetros físicos del problema, sobre los parámetros tecnológicos y otros</li> <li>- Identificar la ausencia o presencia de conceptos relevantes</li> </ul>	

### **2.7.2. Etapa 2: Investigación y trabajo del alumnado. Actividades implementadas**

Tal y como se viene comentado, a lo largo de esta etapa el alumnado lleva a cabo su propia investigación para alcanzar los objetivos planteados. Para ello, para esta etapa se han necesitado un total de 9 sesiones de 2 horas. De estas sesiones, 4 de ellas las ha elaborado cada grupo en solitario, mientras que las otras 5 sesiones han trabajado todos los grupos en su conjunto. A su vez, el reparto de estas sesiones para cada actividad han sido 3 sesiones para la actividad 1 y 5 sesiones para la actividad 2.

A continuación se detallan el desarrollo de cada una de las actividades

#### **Actividad 1**

La actividad 1 ha consistido en elegir una estación meteorológica entre todos los grupos que sea acorde a lo solicitado en el problema. Para ello se ha contado con 2 sesiones de 2 horas donde todos los grupos trabajan conjuntamente y una sesión de 2 horas para que cada grupo trabaje por separado.

##### **Sesión 2 de la secuencia**

En la primera sesión de la actividad (y segunda de la secuencia) los grupos ya están formados y lo que deben hacer es buscar toda la información que necesiten para la compra la estación meteorológica (cada grupo por separado). Para la búsqueda de

información cuentan con todas las herramientas que crean necesarias, es decir, pueden usar la web para buscar la información requerida, libros, etc... Al inicio de la sesión se especifica que: aproximadamente a mitad de la sesión se debe hacer una primera propuesta de estación para que el profesor valore si los grupos van bien encaminados en su búsqueda. Al final de la sesión cada grupo debe proponer una estación meteorológica y entregar por escrito un pequeño informe que recoja la información que crean oportuna sobre la elección de la estación y justificar las razones previas para su selección. En esta búsqueda de información se valora el uso de distintas fuentes. Además de fuentes de contenido científico más allá de la web de compras. Se pide a los alumnos que indiquen las fuentes utilizadas.

Durante esta actividad la participación del docente se centra en observar el desarrollo de la búsqueda de información. Si el alumnado le pregunta no debe responder de forma directa y debe usar preguntar para guiar al alumnado. También debe observar si las estaciones que están buscando los alumnos se enmarcan en las necesarias del proyecto. Si detecta algún caso en el que se está dando esta situación, debe trabajar con él para que detecten el error y puedan redirigir su búsqueda de información. Para facilitar esta labor se ha pedido al alumnado que proponga una estación provisional a mitad de sesión. El docente debe anotar en su cuaderno del profesor las razones fundamentales de los errores encontrados. Esto servirá para conocer la relación existente entre los conocimientos del alumnado y su capacidad para usarlos en actividades que no estén explícitamente relacionadas.

### Sesión 3 de la secuencia:

Esta sesión se divide en cuatro partes: preparación del debate (30'), presentación de la estación por parte de cada grupo (30'), realización del debate y toma de decisiones (1h).

En la primera parte de la actividad se devuelve a cada grupo el informe que había realizado en la sesión anterior sobre la estación meteorológica. Con ayuda de este informe y la búsqueda de información que requieran, tienen 30 minutos para preparar la presentación sobre la estación meteorológica elegida. Se especifica al comienzo de la sesión que se debe justificar el porqué de la elección. No se exige ninguna modalidad concreta de presentación.

En la segunda parte de la actividad cada grupo debe presentar al resto de compañeros la estación que ha elegido.

En la tercera parte se da comienzo al debate entre los 4 grupos para elegir qué estación es la más apropiada para comprar. Se recuerda que la elección debe ser por consenso. Durante el debate el profesor ejerce de moderador, ahora bien, no debe guiar el debate hacia la elección que él considera más oportuna para su compra.

### Sesión 4 de la secuencia

En esta sesión la compra de la estación ya ha sido realizada y se procede a abrir la estación meteorológica escogida entre todos los grupos. Cada grupo tiene una sesión

de dos horas para manipular la estación para finalmente extraer una conclusión sobre la validez de la estación escogida y también una comparativa crítica con su propia elección. En esta sesión el profesor está presente para vigilar la manipulación de la estación y guiar la manipulación a los fines establecidos. Para acabar la sesión, se pide al alumnado que elabore un informe sobre todo el trabajo realizado hasta el momento. Este informe será expuesto en la siguiente sesión, correspondiente a la sesión de control. Al mismo tiempo se ofrece la posibilidad de realizar una reflexión/valoración individual que recoja su opinión sobre el proyecto. Se ofrece una guía con las siguientes preguntas: ¿qué te ha parecido el proyecto hasta ahora?, ¿qué parte es la que más te ha gustado?, ¿y la que menos?, ¿crees que has aprendido algo?

En la tabla 3.10 se muestra un resumen de cada una de las sesiones de la actividad 1, indicando los participantes, los objetivos y la metodología y desarrollo.

Tabla 3.10. Desarrollo de la actividad 1.

<b>Actividad 1</b>	
<b>Sesión 2: Búsqueda de información</b>	
<b>Participantes</b>	
Todos los grupos conjuntamente	
<b>Objetivos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buscar información sobre estaciones meteorológica y elegir una estación</li> <li>- Contrastar información entre distintas fuentes de información</li> <li>- Identificar las variables más importantes en una estación meteorológica</li> <li>- Prever y relacionar las características de las estaciones con los factores físicos y tecnológicos implicados en su futura ubicación</li> </ul>	
<b>Metodología y desarrollo</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada grupo busca la información sin contrastar información con otros grupos</li> <li>- Pueden usar las herramientas que consideren oportunas (también la web)</li> <li>- Deben recoger la información más relevante de la estación elegida en un informe que entregan al final de la sesión</li> <li>- El docente debe controlar el trabajo de los grupos identificando las estaciones que a priori van a escoger. Debe reconducir aquellas situaciones que supongan una estación poco o nada acorde a la necesidad impuesta. Anota en el cuaderno del profesor dichas intervenciones</li> </ul>	
<b>Sesión 3: Presentación y debate</b>	
<b>Participantes</b>	
Todos los grupos conjuntamente	
<b>Objetivos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentar la estación meteorológica elegida</li> <li>- Justificar la elección en base a pruebas según parámetros tecnológicos y parámetros físicos</li> <li>- Identificar desventajas en la elección propia y ventajas en otras elecciones</li> <li>- Tomar decisión sobre la estación más adecuada en base a pruebas expuestas en la sesión</li> </ul>	
<b>Metodología y desarrollo</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- En primer lugar cada grupo presenta su estación describiendo las características y justificando su elección</li> <li>- En segundo lugar se abre un debate entre los cuatro grupos para elegir qué estación resulta la más apropiada</li> <li>- Finalmente los grupos deben decidir la estación más adecuada en base a las pruebas expuestas en clase</li> <li>- El docente debe guiar el debate, aunque no debe guiar la elección de la estación a la que él crea más oportuna</li> </ul>	
<b>Sesión 4: Validación de hipótesis</b>	
<b>Participantes</b>	



Cada grupo dedica dos horas de trabajo por separado
<b>Objetivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar las distintas partes de la estación meteorológica</li> <li>- Comprobar que cumple con los requisitos básicos establecidos con el problema inicial</li> <li>- Comparar y evaluar la decisión individual del propio grupo con la estación final comprada</li> <li>- Enfocar la elección a los siguientes pasos de la investigación (planificación)</li> </ul>
<b>Metodología y desarrollo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La estación ya ha sido comprada por el centro</li> <li>- Se muestra la estación a cada grupo por separado y se les invita a que la manipulen.</li> <li>- El profesor debe guiar la sesión a que el alumnado compruebe las distintas partes de la estación y también a evaluar las características de esta según el manual que incorpora.</li> <li>- Finalmente se pide al alumnado que realice una valoración entre su elección y la elección conjunta.</li> <li>- Se indica al alumnado que debe hacer una recopilación de todo lo trabajado hasta el momento para ser expuesto en la siguiente sesión por cada grupo (sesión de control)</li> <li>- Se pide realizar una reflexión personal sobre el tema con carácter voluntario</li> </ul>

### Sesión de control

La sesión de control se ha diseñado con dos objetivos. Por un lado, se pretende desarrollar las habilidades relacionadas con la comunicación de resultados de la competencia científica. Por ello el alumnado debe recopilar y presentar toda la información de la que dispone hasta el momento. En dicha presentación se valorará especialmente la presencia de contenido científico y el uso de lenguaje acorde a ello. Por otro lado, para el docente esta sesión sirve como comprobación y evaluación de los aprendizajes alcanzados hasta el momento. En la tabla 3.11 se expone un resumen de esta sesión.

Tabla 3.11: Desarrollo de la sesión 5 de la secuencia.

<b>Sesión 5: Sesión de control</b>
<b>Participantes</b>
Todos los grupos conjuntamente
<b>Objetivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recopilar toda la información del trabajo del grupo sobre la investigación (fuentes de información, estudio sobre las estaciones meteorológicas, decisiones propias)</li> <li>- Presentar la información haciendo usando un vocabulario científico</li> <li>- Identificar parámetros físicos y tecnológicos</li> <li>- Demostrar los aprendizajes relacionados con las magnitudes físicas que mide la estación meteorológica y el proceso de toma de datos de esta</li> <li>- Mostrar los siguientes pasos a realizar en la investigación</li> </ul>
<b>Metodología y desarrollo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada grupo realiza una exposición con todo lo que han trabajado a lo largo de las sesiones anteriores.</li> <li>- Tras la exposición de cada grupo el profesor realiza preguntas que permitan extraer información sobre la comprensión del trabajo expuesto</li> <li>- Esta sesión sirve para evaluar el desarrollo del aprendizaje del alumnado dentro de la SEA</li> </ul>

### Actividad 2

La actividad 2 tiene como objetivo final establecer una ubicación de la estación meteorológica dentro del recinto escolar. Esta actividad se ha llevado a cabo en 5

sesiones de 2 horas. Las dos primeras sesiones han estado marcadas por la familiarización y toma de medidas con la estación meteorológica mientras que las dos últimas se han centrado en la búsqueda de una ubicación para su instalación definitiva. Estas sesiones las han realizado los grupos por separado. La sesión intermedia la llevan a cabo todos juntos y se ha utilizado como sesión de control del estado de la investigación de cada grupo y puesta en común.

Los objetivos marcados para cada una de las sesiones son orientativos, dado que se deja que cada grupo opte por el camino que considere oportuno para llevar a cabo la investigación. Sin embargo, mayoritariamente todos los grupos han seguido una dinámica de trabajo similar, siguiendo el proceso de familiarización con la estación, toma de medidas de prueba, búsqueda de ubicaciones posibles y finalmente la elección de la ubicación.

La metodología general seguida para las sesiones de la actividad 2 ha sido la indagación guiada. Exceptuando la sesión de control, en el resto de sesiones el grupo trabaja por separado del resto de grupos. Para ello ha podido utilizar la estación meteorológica y hacer las pruebas que ha creído oportunas, además de buscar posibles ubicaciones para su instalación. Mientras tanto el profesor les acompañaba para evitar una posible mala praxis con la estación o para acompañar al grupo a ubicaciones del centro como la azotea.

En la tabla 3.12 se detallan los objetivos y particularidades de cada sesión, incluyendo la sesión de control:

Tabla 3.12. Objetivos y desarrollo de las sesiones correspondientes a la Actividad 2 de la SEA.

<b>Actividad 2</b>	
<b>Sesión 6: Familiarización y puesta en marcha</b>	
<b>Participantes</b>	
Cada grupo dedica dos horas de trabajo por separado	
<b>Objetivos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar los instrumentos de medida de las magnitudes físicas de la estación meteorológica</li> <li>- Proceder a su montaje en caso de ser necesario</li> <li>- Relacionar cada instrumento de la estación con la magnitud que mide</li> <li>- Probar el funcionamiento de la estación</li> </ul>	
<b>Metodología y desarrollo</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El grupo tiene total libertad para trabajar con la estación meteorológica. Para ello, indagan sobre lo que puede servir cada una de las partes de los instrumentos de medida. También proceden a realizar el montaje de las distintas partes de la estación si es necesario.</li> <li>- En esta sesión el docente debe estar presente para facilitar aquello que pueda ser solicitado por el alumnado</li> </ul>	
<b>Sesión 7: Medidas con la estación</b>	
<b>Participantes</b>	
Cada grupo dedica dos horas de trabajo por separado	
<b>Objetivos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poner en marcha la estación meteorológica y proceder a la configuración entre la terminal que muestra los datos que recoge la estación meteorológica</li> <li>- Comprobar el funcionamiento de cada uno de los instrumentos de medida de la estación</li> <li>- Realizar medidas controlando distintas variables para comprobar si la toma de medidas se encuentra en un rango de medidas coherente</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recoger las medidas por escrito para poder analizar los datos</li> <li>- Lanzar hipótesis sobre las características que debe tener el lugar donde instalar la estación meteorológica</li> </ul>
<b>Metodología y desarrollo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Misma metodología que en la sesión anterior. El alumnado debe utilizar la estación, lograr configurarla y conectarla al dispositivo que muestra las medidas. También tiene que intentar tomar medidas de las distintas magnitudes</li> <li>- Puede mover la estación del laboratorio y llevarla a distintas ubicaciones para diseñar las pruebas que considere oportunas.</li> <li>- El profesor guía la sesión para que el grupo pueda conectar la estación y pueda tomar medidas.</li> </ul>
<b>Sesión 8: Sesión de control</b>
<b>Participantes</b>
Todos los grupos conjuntamente
<b>Objetivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recopilar toda la información del trabajo del grupo sobre la investigación</li> <li>- Presentar la información haciendo usando un vocabulario científico</li> <li>- Identificar los instrumentos de medida con las magnitudes físicas que mide</li> <li>- Demostrar los aprendizajes relacionados con las magnitudes físicas asociados al instrumento</li> <li>- Detalla los procedimientos en la toma de datos y el control de variables que ha realizado</li> <li>- Proponer hipótesis para la posible ubicación de la estación argumentando la propuesta</li> </ul>
<b>Metodología y desarrollo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada grupo realiza una exposición con todo lo que han trabajado a lo largo de las sesiones anteriores.</li> <li>- Tras la exposición de cada grupo el profesor realiza preguntas que permitan extraer información sobre la comprensión del trabajo expuesto</li> <li>- Generar un debate previo sobre posibles lugares para instalar la estación meteorológica</li> <li>- Esta sesión sirve para evaluar el desarrollo del aprendizaje del alumnado dentro de la SEA</li> </ul>
<b>Sesión 9: Búsqueda de ubicaciones para la estación</b>
<b>Participantes</b>
Cada grupo dedica dos horas de trabajo por separado
<b>Objetivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buscar información en fuentes bibliográficas que corrobore las hipótesis lanzadas en el debate</li> <li>- Documentarse sobre posibles ubicaciones dentro del centro que cumplan con las características establecidas</li> <li>- Diferenciar entre factores tecnológicos y físicos para elegir la ubicación</li> <li>- Realizar pruebas de campo en distintas ubicaciones que cumplan con las condiciones previas, preferiblemente con la propia estación</li> <li>- Proponer al menos una ubicación definitiva para la estación</li> </ul>
<b>Metodología y desarrollo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El alumnado debe poner en funcionamiento toda la información de la que dispone para poder decidirse por al menos una ubicación que cumpla con los requisitos que previamente ha establecido y “descubierto”</li> <li>- Preferiblemente el alumno debe analizar las características del lugar, compararlo con las posibles ubicaciones dentro del centro y después hacer la prueba experimental de que dichas ubicaciones son válidas, identificando errores y resolviéndolos. Con ello debe elegir una ubicación definitiva.</li> <li>- El docente debe guiar la sesión evitando las elecciones que puedan poner en riesgo la integridad del proyecto.</li> </ul>
<b>Sesión 10: Elección de la ubicación</b>
<b>Participantes</b>
Todos los grupos conjuntamente
<b>Objetivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presentar la ubicación o ubicación elegidas</li> <li>- Justificar la elección en base a pruebas según parámetros tecnológicos y parámetros físicos</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar desventajas en la elección propia y ventajas en otras elecciones</li> <li>- Tomar decisión sobre la ubicación más adecuada en base a pruebas expuestas en la sesión</li> </ul>
<b>Metodología y desarrollo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- En primer lugar cada grupo presenta su elección describiendo las características y justificando su elección</li> <li>- En segundo lugar se abre un debate entre los cuatro grupos para elegir la ubicación más apropiada</li> <li>- Finalmente se decide una ubicación para colocar la estación</li> <li>- El docente debe guiar el debate, aunque no debe guiar la elección de la ubicación a la que él crea más oportuna</li> </ul>

De la actividad 2 cabe mencionar que la sesión 10 se tuvo que realizar en el periodo de cuarentena a través de una sesión virtual. No obstante, dicha sesión se realizó en la fecha determinada para ello, por lo que a pesar de las circunstancias, se llevó a cabo con cierta normalidad y con vistas a la vuelta a la normalidad para a la vuelta proceder a instalar la estación y validar experimentalmente la opción elegida.

### 2.7.3. Etapa 3: Evaluación y reflexión sobre la secuencia

La última etapa de la secuencia está dedicada a la validación por parte del alumnado de la ubicación elegida a través de la toma de datos. Ahora bien, debido a las circunstancias sanitarias, esta última parte de la secuencia no pudo llevarse a cabo de forma experimental, tal y como estaba previsto. En lugar de ello, se pasó a la última sesión de la secuencia en la que el alumnado debía evaluar el trabajo realizado a lo largo del curso, su papel dentro del proyecto y la relación del proyecto con una actividad de índole científica. Al no poder llevarse a cabo la validación de la ubicación de forma experimental, se incorporó a esta sesión una parte en la que los grupos debían exponer qué habrían hecho para saber si la ubicación elegida era acertada o por el contrario presentaba algún tipo de problemas. Los detalles de la sesión de cierre se exponen en la tabla 3.13.

Tabla 13. Desarrollo de la sesión 11 de la SEA.

<b>Sesión 11: Sesión de control</b>
<b>Participantes</b>
Todos los grupos conjuntamente
<b>Objetivos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exponer las distintas formas en las que se podría evaluar la ubicación de la estación</li> <li>- Relacionar el proyecto con un trabajo de índole científica y asociarlo a otros contextos</li> <li>- Comprender el papel de la ciencia y la tecnología en nuestra vida diaria</li> <li>- Evaluar su papel y el de su grupo dentro de la actividad</li> </ul>
<b>Metodología y desarrollo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Previamente a la sesión el alumnado debe entregar un informe escrito que incluya una valoración personal</li> <li>- Se realiza mediante una reunión virtual en la que cada grupo va respondiendo a las preguntas que realiza el profesor</li> <li>- Se pone en valor a todo el grupo por su participación en el proyecto.</li> </ul>

Con esta sesión se da por concluido el desarrollo de la SEA implementada a lo largo del curso 2019-2020.

## **2.8. Herramientas de evaluación de los aprendizajes**

Los métodos de evaluación de la SEA se exponen detalladamente en el apartado correspondiente a la metodología de la investigación, dado que algunos de ellos servirán para evaluar los aprendizajes del alumnado y también para evaluar la SEA y a su vez, el uso de una estación meteorológica para desarrollar las prácticas de indagación y argumentación en el aula.

### 3. RESULTADOS DE LAS IDEAS PREVIAS DEL ALUMNADO

La primera etapa de la actividad se dedicó a presentar el proyecto o investigación que debía llevar a cabo el alumnado y a la identificación de ideas previas del alumnado sobre los principales aprendizajes puestos en juego en esta SEA.

En el análisis de estas ideas previas se han establecido cuatro categorías: ideas sobre la práctica científica y la indagación; sobre los conocimientos relacionados con la física, la meteorología y los procedimientos de toma de medidas; sobre los parámetros tecnológicos dentro de la investigación; y un último apartado para preguntas que no cupieran en estas categorías. Los resultados se presentan en la tabla 3.14. En esta tabla se expresa las distintas ideas relacionadas con la actividad que tiene o muestra el alumnado y la frase textual que la demuestra:

Tabla 3.14. Ideas previas del alumnado participante en la SEA

Idea mostrada		Dato o frase asociada
<b>Relacionadas con la práctica científica y de la indagación</b>		
Entienden la actividad como comprar una estación por internet y luego ponerla en el colegio		<i>“entonces miramos en internet una estación para comprarla y luego la ponemos en el instituto”</i>
Justifican la componente científica porque:	se realiza en la materia de cultura científica	<i>“es un proyecto científico porque sino, no lo haríamos en la materia de cultura científica”</i>
	se compra una estación meteorológica, instrumento asociado a medir fenómenos atmosféricos	<i>“es un proyecto meteorológico porque sirve para medir el tiempo que hace”</i>
No ven la utilidad en la estación meteorológica aunque sí la importancia de conocer el tiempo atmosférico		<i>“y para qué se necesita una estación meteorológica si al final en el móvil te viene el tiempo qué va a hacer”</i>
<b>Relacionadas con los contenidos físicos y meteorológicos vinculados al proyecto</b>		
Magnitudes	No se conocen las magnitudes meteorológicas que mide una estación meteorológica.	<i>“Todas las estaciones serán más o menos iguales”</i> <i>“medirá el calor, el frío, el viento, tormentas, rayos y todo eso”</i> <i>“los rayos no se pueden predecir ni medir”</i>
	Las únicas magnitudes que llegan a nombrarse nítidamente son la temperatura y el viento	<i>“no medirá calor y frío, sino temperatura”</i>
	La estación meteorológica no se entiende exactamente como un instrumento de medida sino de predicción meteorológica	<i>“la estación servirá para saber si va hacer buen tiempo o si va a haber una tormenta”</i>

Mediciones	Solo se nombre el termómetro y la veleta como instrumentos meteorológicos. Se conocen las unidades de medida, pero no el nombre del instrumento que mide la velocidad del viento	“la temperatura se mide con un termómetro y el viento con una veleta” “la temperatura se mide en grados o grados kelvin” “la velocidad del viento se mide en km/h”
	En cuanto a las características solo se hace referencia a que no deben tener errores. No se especifica ni cómo, ni qué hay que tener en cuenta para que eso ocurra.	“hay que tener en cuenta que la estación mida bien”... “eso significa que la estación no tenga errores en la medida”
Ubicación	Se mencionan dos características: No deben existir obstáculos para que no interfieran con el viento; debe estar situada al sol (sin justificar)	“no debe ponerse detrás de una pared por ejemplo, porque así no se moverá la veleta” “y también debe darle el sol” (no se expone el por qué)
<b>Relacionadas con las implicaciones tecnológicas y del proyecto vinculadas</b>		
	Se piensa que todas las estaciones son iguales o muy parecidas en características	“todas las estaciones serán más o menos iguales, no habrá diferencia entre las que elijamos cada grupo”
	Se desconoce el funcionamiento de la estación en lo relativo a sus formatos de conexión, sus partes, etc.	“pero la estación va con pilas” “y tenemos que ir a mirarla para saber lo que está midiendo”
<b>Otras preguntas que puedan surgir</b>		
	Surgen varias preguntas relacionadas con el presupuesto del que se dispone	“¿qué ocurre si no se gasta todo” ¿se puede reservar parte del presupuesto para otra cosa”

En el análisis a las ideas previas es importante tener presente, tal y como se indicó en la metodología, la falta de algunos conceptos clave para el proyecto. Sobre esta idea, se puede hacer el siguiente análisis:

#### Ideas sobre la práctica científica

El alumnado no observa vinculación entre el proyecto y la práctica científica. La única relación establecida se hace por medio de la estación meteorológica, al ser un instrumento que mide variables atmosféricas. El investigador pregunta sobre la necesidad de realizar alguna planificación, pero el alumnado solo observa la problemática concreta expresada en la presentación de la secuencia: la compra de la estación y su instalación. Por otro lado, un grupo muestra su opinión sobre la poca utilidad de una estación meteorológica, dado que se puede consultar en el teléfono móvil.

#### Ideas vinculadas a los conocimientos físicos y meteorológicos

Las preguntas realizadas por el alumnado sobre las magnitudes físicas implicadas en el problema fueron las que estuvieron más presentes en el análisis de ideas previas. Respecto a las magnitudes básicas que mide una estación meteorológica se puede decir que no son conocidas por el alumnado. En primer lugar se observa cierta confusión entre la estación meteorológica como un instrumento que toma medidas, o que por el contrario predice el tiempo atmosférico. A esta confusión se añade la relacionada con las magnitudes físicas, haciendo referencia a la medida de “calor y de frío”, siendo otro alumno el que puntualiza al hablar de temperatura. Junto a la temperatura, la única variable que se menciona es el viento. En cuanto a la toma de medidas y las características propias del proceso de toma de medidas, cuando se le pregunta al alumnado qué hay que tener en cuenta para que la estación ofrezca datos adecuados, solo se hace referencia a que la estación mida bien. En este punto, no se hace referencia a ninguna propiedad de la medida asociada al instrumento. No se habla de precisiones, de rangos de medida ni tampoco de ningún procedimiento que ofrezca fiabilidad a la medida como podría ser la repetición de medidas o la comparativa con datos validados. En esta línea se justifica que no debe haber obstáculos para que la estación “mueva la veleta” y debe estar al sol. Este último dato se comenta pero no se justifica.

#### Ideas vinculadas a las implicaciones tecnológicas del proyecto

La idea generalizada entre el grupo es que una estación meteorológica es un instrumento propio y no una composición de instrumentos. Ello lleva a afirmar a uno de los grupos que las estaciones meteorológicas “serán más o menos iguales”. Respecto a los parámetros tecnológicos solo se hace referencia a su fuente de alimentación o la forma en la que se pueden consultar las medidas que toma. No se mencionan parámetros relacionados con la distinción entre los instrumentos que toman la medida y el dispositivo que muestra los datos o la forma de conexión entre ellos.

#### Otras preguntas

El resto de preguntas están vinculadas al presupuesto y carecen de interés para la investigación

Este análisis de ideas previas nos va a permitir poder hacer un estudio comparativo del desarrollo de los aprendizajes que se han podido identificar al comienzo de la SEA.



## 4. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRÁCTICA DE LA INDAGACIÓN

La segunda etapa de la SEA ha estado centrada en la investigación que han llevado a cabo los alumnos repartidos en grupos de 4 personas. Esta etapa se ha separado en dos actividades. La primera de ellas con el objetivo de elegir y comprar una estación meteorológica adecuada para el centro escolar y la segunda actividad con el objetivo de ponerla en marcha y buscar una ubicación para su instalación. En cada una de las actividades se ha seguido el proceso de indagación establecido en la bibliografía y por ello ha sido analizado por separado en cada una de las actividades.

Las etapas en las que se ha dividido la actividad, junto con las destrezas implicadas y las sesiones en las que han sido evaluadas se han expuesto en las tablas 2.5 y 2.6 del capítulo III de este trabajo. Las herramientas concretas para evaluar cada actividad corresponden a las tablas 2.7 y 2.8 de dicho capítulo. A partir de los resultados obtenidos con esta herramienta se han establecido distintos niveles de indagación para cada una de las etapas y se ha realizado el análisis de los resultados.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada actividad y se realiza un análisis de dichos resultados en función del nivel de desempeño alcanzado por cada grupo en las distintas etapas.

### 4.1. Actividad 1

#### 4.1.1. Presentación de los resultados de la actividad 1

La actividad 1 consistió en buscar la información necesaria para poder elegir una estación meteorológica adecuada al colegio. También se evaluaron aprendizajes correspondientes a esta actividad en la sesión de control. Para facilitar al lector la contextualización de las puntuaciones obtenidas, antes de representar los datos obtenidos por cada grupo, se remite al lector a la tabla 2.10 del capítulo III. Esta tabla recoge las máximas puntuaciones que pueden ser obtenidas para la actividad 1 en cada una de las etapas y destrezas.

Antes de pasar a analizar los datos obtenidos en cada una de las etapas es necesario incluir un comentario sobre el reparto de puntuaciones dentro de las etapas. En primer lugar, se observa un salto de la etapa 2 a la 4, es decir, falta la etapa 3. Esta etapa corresponde a la etapa de la observación y toma de datos. Las características de esta actividad no necesitan de esta etapa y es por ello que no ha sido incluida.

Por otro lado, en el reparto de puntos, la etapa 2 y 4 tienen una mayor puntuación. Ello se debe a que en estas etapas se incluyen los procesos de identificación de variables y los de argumentación. Estos procesos son los que mayor relevancia tienen dentro de esta actividad.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos para cada uno de los grupos con los que se han implementado la actividad 1 de la SEA. Los datos corresponden a la tabla 3.15:

Tabla 3.15. Puntuaciones obtenidas por cada grupo en los ítems propuestos para cada una de las etapas de la actividad 1. Se incluye la suma de puntos de cada destreza, cada etapa y la puntuación total obtenida por cada grupo.

Actividad 1: Elección de una estación meteorológica																																							
GRUPOS		GRUPO 1						GRUPO 2						GRUPO 3						GRUPO 4																			
Etapas	Destrezas	Profundidad						T	T	Profundidad						T	T	Profundidad						T	T														
		0	1	2	3	4	5			0	1	2	3	4	5			0	1	2	3	4	5			0	1	2	3	4	5								
E1. Planteamiento investigación	Identificación de problemas investigables	0	1	0				1	22	0	0	0				0	2	0	0	0				0	6	0	1	0				1	14						
	Formulación de hipótesis	0	1	2	3	4	5	15		0	1	0	0	0	0	1		0	1	2				3		0	1	2	3	4		10							
	Búsqueda de información	0	1	2	3	0		6		0	1	0	0	0		1		0	1	2	0	0		3		0	1	2	0	0		3							
E.2 Planificación de la investigación	Identificación de variables	Reconocer tipos	0	1	2	0			3	30	0	1	2	0			3	8	0	1	0				1	5	0	1	2	3			6	32					
		Tecnológicas	0	1	1	0	0		2		0	1	1	0	0		2		0	1	0	0	0		1		0	1	2	0	0		3						
		Físicas	0	1	2	3	8	5	0		19	0	1	2	0	0	0		3	0	1	0					1	0	1	0					10				
	Planificación de la investigación	Largo plazo	0	1	2	0	0		3		0	0	0	0	0		0		0	1	0	0	0		1		0	1	2	0	0		3						
		Cada sesión	0	1	2	0	0		3		0	0	0	0	0		0		0	1	0	0	0		1		0	1	2	3	4		10						
E.4. Conclusiones	Conclusión (argumentación)	Referencia a pruebas	0	1	2	3	4	5	6	21	41	0	1	2	0	0	0	0	3	9	0	1	2	0	0	0	0	3	3	0	1	2	3	4	5	0	15	36	
		Desventajas	0	1	2	3	4	0	0	10		0	1	2	0	0	0	0	3		0	0	0	0	0	0	0	0		3	0	1	2	3	4	5	0		15
		Posición contraria	0	1	2	3	4	0	0	10		0	1	2	0	0	0	0	3		0	0	0	0	0	0	0	0		0	1	2	3	0	0	0	6		
E.5 Comunicación de resultados	Presentación de resultados	Claridad	0	1					1	17	0	1					1	3	0	1					1	3	0	1					1	20					
		Gráficos e imágenes	0	1	2	3	4	0	10		0	1	0	0	0	0	1		0	1	0	0	0	0	1		0	1	2	3	4	0	10						
		Lenguaje	0	1	2	3	4	0	10		0	1	0	0	0	0	1		0	1	0	0	0	0	1		0	1	2	3	4	0	10						
E.6 Reflexión	Reflexión	Ciencia y tecnología	0	1	2	0			3	4	0	1	0	0			1	7	0	1	0	0			1	4	0	1	2	3			6	9					
		Autovaloración	0	1	0	0			1		0	1	2	3			6		0	1	2	0			3		0	1	2	0			3						
Total		0	15	25	24	28	15	6	<b>118</b>	0	13	13	3	0	0	0	<b>29</b>	0	13	8	0	0	0	0	<b>21</b>	0	16	28	30	24	15	0	<b>112</b>						

Esta tabla corresponde a las puntuaciones de cada uno de los ítems de la herramienta utilizada para analizar el desempeño en la actividad 1. Esta, nos permite identificar el origen de cada uno de los puntos obtenidos por cada grupo. Sin embargo, resultaría demasiado engorroso realizar un análisis a partir de esta tabla. Para realizar el análisis se han sintetizado los datos en cada una de las etapas. De esta forma se puede proceder a realizar un análisis de los desempeños de los grupos en cada una de las etapas.

#### 4.1.2. Análisis de los resultados de la actividad 1

Para comenzar con un análisis visual de los datos se han representado los datos obtenidos por cada grupo en cada una de las etapas, comparados con las puntuaciones máximas que pueden ser obtenidas en cada una de ellas (Figura 3.4):

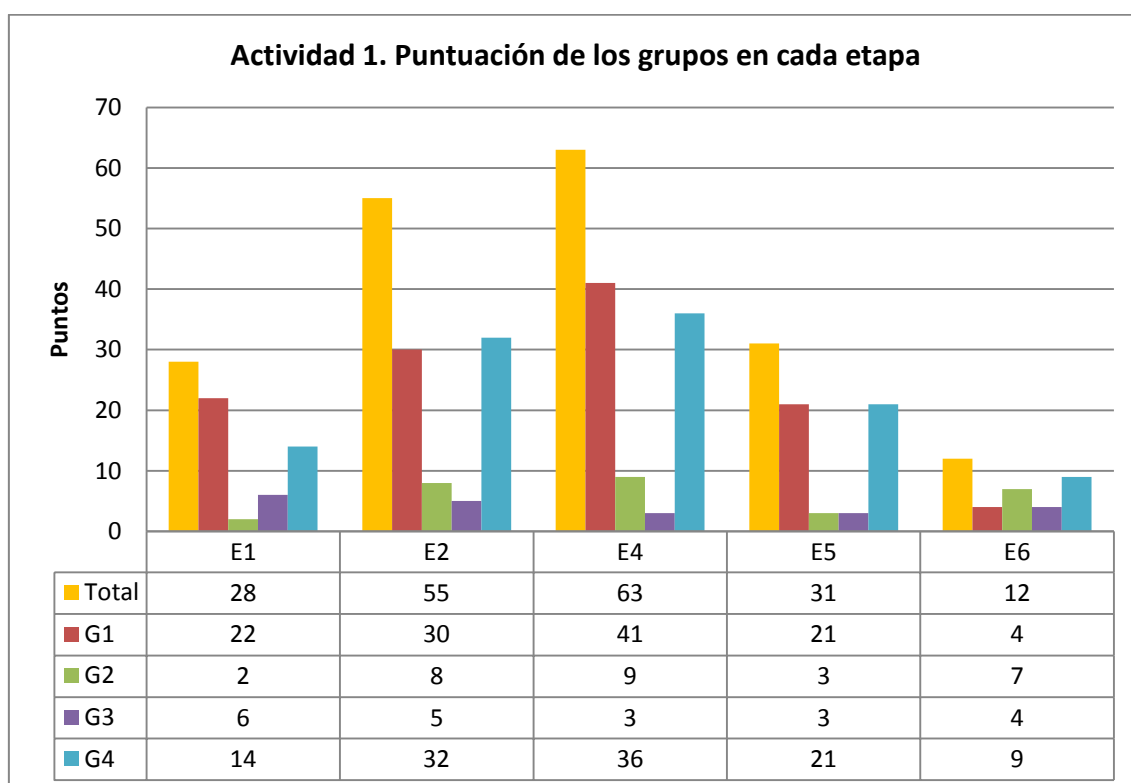


Figura 3.4: Puntuaciones obtenidas por grupos y etapas en la actividad 1

Esta figura muestra los alcances de cada grupo en las etapas según las puntuaciones asignadas en cada destreza, frente al máximo desempeño que se puede alcanzar.

En primer lugar se puede observar que el mayor rendimiento se ha dado en la etapa 2 y 4 de la actividad. En la etapa 2 los grupos debían identificar las variables que podían influir en el problema, mientras que en la etapa 4 se encontraba la realización del debate y la argumentación pertinente.

No obstante, para realizar un estudio comparado entre las alcances de los grupos, se ha decidido realizar una ponderación de las puntuaciones asignadas tal y como se ha expuesto en el capítulo III. Así, se muestran las puntuaciones de cada grupo en función

del desempeño que han hecho dentro de la actividad. Estas puntuaciones se muestran sin ponderar y ponderadas en % (tabla 3.16).

Tabla 3.16. Puntuaciones totales y ponderadas de los grupos en la actividad 1

Actividad 1					
Datos sin ponderar					
Etapas	Total	G1	G2	G3	G4
Planteamiento investigación	28	22	2	6	14
Planificación de la investigación	55	30	8	5	32
Conclusiones	63	41	9	3	36
Comunicación de resultados	31	21	3	3	17
Reflexión	12	4	7	4	9
Datos ponderados a %					
Etapas	Total	G1	G2	G3	G4
Planteamiento investigación	100,0%	78,6%	7,1%	21,4%	50,0%
Planificación de la investigación	100,0%	54,5%	14,5%	9,1%	58,2%
Conclusiones	100,0%	65,1%	14,3%	4,8%	57,1%
Comunicación de resultados	100,0%	67,7%	9,7%	9,7%	54,8%
Reflexión	100,0%	33,3%	58,3%	33,3%	75,0%

A partir de esta tabla se ha elaborado un gráfico poligonal para observar el alcance de cada grupo porcentualmente en cada etapa (Figura 3.5):



Figura 3.5: Representación proporcional del desempeño alcanzado por cada grupo en la actividad 1.

Los vértices de este pentágono representan el máximo rendimiento que cada grupo puede alcanzar en cada una de las etapas en las que se ha dividido la actividad (línea amarilla). Las líneas roja, verde, morada y azul corresponden a los grupos 1, 2, 3 y 4 respectivamente.

A continuación se pasa a realizar un análisis de los resultados obtenidos en cada una de las etapas y cada uno de los grupos.

#### Análisis por etapas

**Etapas 1. Planteamiento de la investigación:** El grupo que mejor desempeño ha mostrado en la etapa 1 ha sido el grupo 1. Este grupo ha usado datos con carácter científico para proponer una hipótesis para la elección de la estación. En el planteamiento de la hipótesis ha obtenido la mayor puntuación, ya que ha sido el único grupo en justificar su hipótesis incluyendo los factores ambientales y climáticos de la zona donde se va a colocar la estación. Así, el grupo ha usado para la mayoría de las magnitudes físicas frases como *“el rango de la temperatura es de entre -10°C y 50°C, ya que en Cuarte las temperaturas pueden ir desde los -3 hasta los 40°C”*. Este planteamiento lo alcanza sin guía del profesor y lo concluye a través de la búsqueda de información que ha realizado. Esta búsqueda de información contiene distintas fuentes bibliográficas que el grupo ha dejado reflejadas en su informe. El segundo grupo que mejor se ha desenvuelto en la etapa ha sido el grupo 4. Este grupo presentó un informe muy completo sobre la elección de su estación. En dicho informe se recoge la primera hipótesis que plantea el grupo, especificando las magnitudes físicas que mide la estación, junto con las unidades en la que lo hace. Sin embargo, no obtiene la máxima puntuación porque no relaciona su estación (o no lo refleja en ningún instrumento de recogida de datos) con la climatología de la zona. Esto la lleva a mencionar el rango de temperatura de su estación entre 0° y 50° C, sin darse cuenta de que dicho rango no es válido para el uso que se va a hacer de la estación. A diferencia del grupo 1 y 4, los grupos 2 y 3 que han menores destrezas en esta etapa de la actividad. El grupo 2 justifica su elección utilizando argumentos científicos aunque con un carácter genérico, sin mencionar las magnitudes concretas, rangos ni precisiones. Tampoco relaciona con el lugar. Por ejemplo, utiliza frases como: *“nuestra estación tiene las componentes que suelen llevar las estaciones como un pluviómetro, un termómetro, etc”*; *“tiene una tolerancia de error muy baja, es decir alta precisión”*. Respecto a la búsqueda de información afirma que *“no ha encontrado mucha información que le sirva de ayuda”*, aunque hay evidencias de que en su búsqueda ha ido más allá de una web de compras. Por ejemplo consultando un catálogo de estaciones meteorológicas. Finalmente el grupo 3 es el grupo que menor peor se ha desenvuelto en la etapa y ello se refleja en una puntuación menor. En su primera hipótesis plantea una estación meteorológica cuyos rangos de temperatura están entre los 30 y 80°C, por lo que no corresponde en ningún caso con los criterios necesitados. En este caso, el grupo fue guiado indicando esta problemática y presentó una estación más acorde con la actividad, pero sin justificar su elección de hipótesis.

**Etapa 2. Planificación de la investigación:** En la segunda etapa, dedicada a la planificación de la investigación y en la que se encuentra el apartado de identificación de variables que influyen en el problema, los grupos 1 y 4 son de nuevo los que destacan en la actividad. El que mejores destrezas muestra es el grupo 4, aunque es muy similar a los alcances del grupo 1. El grupo 4 organiza su discurso diferenciando entre parámetros de tipo físico y tecnológico. En este sentido, aclara las fuentes de alimentación de su estación y el tipo de conexión existente entre los dispositivos, aunque no se documenta previamente sobre las características de posibles ubicaciones que cumplan con estos requisitos. Respecto a las variables físicas, enumera todas las magnitudes básicas que debe medir una estación meteorológica, pero sin relacionarlas con el lugar. Respecto a la planificación y reparto del trabajo, el grupo 4 realiza un reparto de tareas entre compañeros y planifica lo que tiene que hacer en cada sesión. Ocurre lo contrario con el grupo 1. El grupo 1 obtiene una buena puntuación porque aunque solo menciona el tipo de *“conexión por usb o por wifi”* como parámetro tecnológico y no planifica las sesiones ni reparte el trabajo entre compañeros, ha identificado todas las variables físicas del problema, relacionándolas en su mayoría con las características que necesita el lugar. Cada mención de magnitud física, lleva asociada un rango de temperaturas y su equivalente para la ciudad donde se va a instalar la estación. Por otro lado, se encuentran los grupos 2 y 3. El grupo 3 obtiene la menor puntuación dado que cumple con los ítem de menor demanda cognitiva propuestos y no hay ninguna planificación de las sesiones. Identifica las variables físicas de temperatura, presión, viento y pluviosidad. Sin embargo no hace referencia a ninguna característica de la medida (ni unidades, ni rangos ni presiones) y tampoco propone variables adicionales como la medida de la humedad o la radiación solar). El grupo 2 obtiene mejor resultado que el grupo 3 porque incluye estas variables adicionales a la estación y además habla con un carácter genérico de que su estación tiene una precisión suficiente. La planificación de estos grupos tanto dentro de cada sesión, como en el conjunto de la actividad ha sido inexistente.

**Etapa 4. Conclusiones y argumentación:** Esta etapa se ha centrado fundamentalmente en estudiar la argumentación del alumnado como parte de una actividad de indagación científica. El grupo que mejor desempeño ha obtenido ha sido el grupo 1. Este grupo ha hecho uso de argumentos relacionados con los parámetros físicos y tecnológicos de su estación. En cuanto a rangos tecnológicos, menciona la distancia de separación permitida entre dispositivo (100m), usando este dato como justificación. También usa datos relacionados con la fuente de alimentación de su estación. Pero donde realmente destaca este grupo es en el uso de las magnitudes físicas como argumento. En sus argumentos da datos sobre las precisiones y rangos de su estación y los relaciona con las necesidades que requiere la población (Véase la figura 3.6). También identifica una desventaja en su estación. Este factor lo recoge por escrito y lo incluye en el debate. Su estación *“mide un rango de velocidad de viento de entre 0 y 50km/h. En Cuarte se alcanzan vientos de más de 45km/h, por lo que algún día a lo mejor se supera el máximo”*. Identificar esta desventaja se considera como positivo dentro de la actividad, aunque no ha buscado una posible solución o refutación a tal problema.

Dentro del debate este grupo también hace referencia a la posición contraria de otros grupos. En un primer lugar hace referencia a factores tecnológicos (alude a un grupo sobre su estación alimentada con pilas, “*lo que provocará pérdida de datos y una mayor contaminación*”). También localiza la desventaja de su estación en el resto de estaciones y lo usa como alusión al resto de grupos. Por último, es aludido por el grupo 4 debido a este déficit de rango en su estación en la medida del viento, pero se da cuenta de que la estación que ha propuesto el grupo 4 tiene un rango de temperatura de 0° a 50°. En ese momento afirma que esa estación tampoco será válida porque “*en invierno hay días que hace menos de 0°C en Cuarte*”. En esta etapa de la actividad, el grupo 4 desempeña un papel similar al grupo 1, aunque en el uso de argumentos para justificar su elección no ha incluido ningún parámetro asociado a las características del lugar. En cuanto a identificar desventajas, el grupo 4 ha sido aludido por que su estación funciona con pilas. El grupo refuta el argumento afirmando que “*así tienen libertad para colocarla en cualquier lugar sin necesidad de enchufes*”. En una segunda alusión, no logra refutar el argumento. En cuanto a hacer referencia a la posición contraria, lo hace afirmando que el rango de velocidad del grupo 1 no es suficiente. Sin embargo, usa el argumento sin darse cuenta de que su estación tiene la misma característica. A su vez, recibe una alusión por el rango de temperaturas que no puede refutar. Por otro lado y de forma similar a las otras etapas los grupos 2 y 3 muestran un desempeño menor. En el caso del grupo 3, apenas participa en el debate, de forma que presenta las características generales de su estación pero sin usar pruebas más allá de enumerar algunas características y no hace alusión a desventajas ni a otros grupos, aunque sí escucha al resto de compañeros. En el caso del grupo 3, también presenta las características de su estación de forma genérica y hace alusión a la posición contraria diciendo que ellos creen que “*el resto de estaciones son más o menos parecida a la nuestra*”.

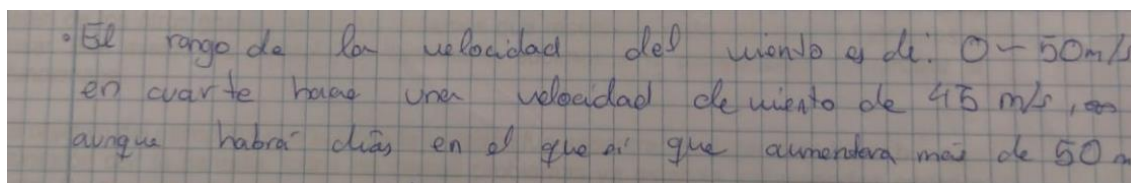


Figura 3.6: Desventaja encontrada por el grupo 1 en su estación

**Etapa 5. Comunicación de resultados:** En la etapa 5, los grupos destacados siguen siendo el grupo 1 y 4, alcanzando desempeños similares. En esta etapa dedicada a la presentación de los resultados, ambos grupos han utilizado fotografías propias de la estación comprada y las han editado identificando cada una de las partes expuestas. En este aspecto la única diferencia ha estado en que el grupo 1 ha explicado el funcionamiento de la mayoría de los instrumentos de medida (todos excepto el medidor de radiación solar). (véase figura 3.7). Sin embargo en esta parte de la actividad ninguno de los grupos hace referencia a las características de la medida relacionadas con la precisión y el rango. Por lado el lenguaje científico utilizado por ambos grupos ha obtenido la misma puntuación y aunque no ha alcanzado el mayor rendimiento establecido, sí ha estado por encima del valor medio. Al contrario de

estos grupos, los grupos 2 y 3 han tenido la misma puntuación pero siendo esta la mínima para cada ítem propuesto. En este caso no se han utilizado imágenes o gráficos de elaboración propia y el lenguaje científico utilizado no ha ido más allá de la mención de algunas de las magnitudes físicas trabajadas en la actividad y alguno de los instrumentos (en algunos casos de forma confusa y errónea, por ejemplo el grupo 3 habla de barómetro refiriéndose a la medición del viento, y solo nota el error cuando va a explicar la medición de la presión).



Figura 3.7: Explicación de algunos elementos de la estación por parte del grupo 1

**Etapa 6 Reflexión:** En la última etapa dedica a la reflexión sobre el proceso, el cambio más notable se produce en el grupo 1. Este grupo pasa a ser, junto con el grupo 3, el grupo con una puntuación menor en etapa, en la que se ha evaluado la capacidad de cada grupo de relacionar los resultados obtenidos y con su papel dentro de la actividad y la relación existente entre el proyecto y la ciencia y la tecnología. En este sentido, es el grupo 4 el que mejor desempeño ha mostrado. Este grupo ha expresado su papel dentro de la actividad como “un reto al que enfrentarse solas”. También han



relacionado el papel de su trabajo al trabajo de los científicos, también en la línea de enfrentarse sin ayuda a un problema o necesidad que ha venido impuesta desde fuera. El siguiente grupo con mejor puntuación ha sido el grupo 2. Este grupo valora su papel dentro de la actividad y también autoevalúa su propio aprendizaje. “No teníamos ni idea de qué media una estación, ni qué forma tenía ni absolutamente nada” es una frase que expresan en esta etapa. También afirman que no se eligió su estación por su calidad, sino por como la expusieron, dado que ellos mismos afirman: “no lo trabajamos lo suficiente en su momento”.

### Análisis por grupos

Al realizar una comparativa global entre las puntuaciones de los grupos, destacan las puntuaciones de los grupos 1 y 4. Esta tendencia es similar en todas las etapas, exceptuando la etapa 6, en la que las puntuaciones de todos los grupos son similares. En el lado opuesto se encuentran los grupos 2 y 3. Estos grupos han tenido puntuaciones bajas en todas las etapas. Comparados entre ellos, se observa que el grupo 3 obtiene la menor puntuación en la etapa 2, 4 y 6, y la misma puntuación que el grupo 2 en la etapa 5. El grupo 2 tiene mayor puntuación que el grupo 3 en las etapas de mayor importancia dentro de la actividad, la etapa 2 y 4. No obstante ambos grupos están lejos de las puntuaciones de los grupos 1 y 4 en la mayoría de las etapas. En este sentido se observa con claridad que en la actividad 1, los grupos 1 y 4 han obtenido mejores puntuaciones que los grupos 2 y 3 en la mayoría de las etapas.

Respecto al reparto de puntos por etapa, los grupos 1 y 4 han cumplido con la tendencia con la que se diseñó la actividad, en la que las etapas 2 y 4 tenían una mayor relevancia. En el caso del grupo 2 esta tendencia se cumple exceptuando en la última etapa, en la que este grupo ha mostrado capacidad crítica con su trabajo y con ello ha conseguido aumentar la puntuación. En el caso del grupo 3, no cumple esta tendencia. Este grupo ha mostrado poco interés y apenas ha participado en algunas partes de la actividad.

#### **4.1.3. Niveles de desempeño de cada grupo en la actividad 1**

Los niveles de desempeño establecidos para la actividad 1, se han presentado en la tabla 2.13 del capítulo III. Teniendo esta figura presente, se pueden mostrar los niveles de desempeño alcanzados por cada grupo participante en la actividad. Estos se muestran en la figura 3.8:

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
113	29	21	113
Indagador incipiente	Acientífico	Acientífico	Indagador incipiente

Figura 3.8: Niveles de desempeño en indagación de cada grupo en la actividad 1.

Finalmente los resultados son:

**Grupo 1:** El grupo 1 ha alcanzado el nivel de desempeño de indagador incipiente. Dentro de este nivel hay que decir que se encuentra más cerca del nivel

inmediatamente superior que del inferior. Con ello, se puede establecer que las habilidades alcanzadas por este grupo son:

- Identifica algunas partes del problema como un problema científico y plantea interrogantes ambiguos o erróneos.
- Plantea al menos una hipótesis adecuada para el problema de investigación, identifica las variables más importantes y algunos factores asociados a su medida y relaciona algunas magnitudes con la climatología de la zona.
- Realiza pruebas experimentales sin planificación teniendo presentes los factores tecnológicos y las características de la ubicación.
- Argumenta las decisiones utilizando algunas pruebas de las que dispone, identifica desventajas en su elección sin refutarlas y hace referencia a la posición contraria sin usar pruebas.
- Presenta los resultados utilizando un lenguaje científico adecuado para las magnitudes, las unidades de medidas y el instrumento de medida, utiliza imágenes o gráficos para ilustrar la presentación y alude a los datos extraídos pero sin realizar una representación de dichos datos.
- Establece relación entre su labor dentro en la actividad y los resultados obtenidos pero no identifica los problemas encontrados, identifica en la actividad el carácter científico sin aludir a ejemplos concretos, pero establece relación con otros contextos científicos.

**Grupo 2:** El grupo 2 ha alcanzado el nivel de desempeño de acientífico. Dentro de este nivel se encuentra en el ecuador. Así, las destrezas alcanzadas en indagación por este grupo en la actividad 1 son:

- No identifica el problema como un problema de investigación científica y no plantea ningún tipo de interrogante
- No plantea hipótesis adecuadas al problema, solo identifica las variables básicas, sin identificar factores asociados a su medida, ni relacionar con las características de la zona.
- No realiza pruebas experimentales con la estación meteorológica y elige la ubicación sin usar pruebas o datos.
- No emite argumentos y solo hace describe las características de la decisión tomada.
- Presenta los resultados utilizando un lenguaje poco científico y no utiliza unidades de medida y nombra erráticamente los instrumentos de medida y no utiliza gráficos o imágenes.

- No relaciona los resultados de la actividad con su desempeño dentro de esta, no identifica el carácter científico de ésta y no relaciona con otros contextos científicos.

**Grupo 3:** El grupo 3 también ha alcanzado el nivel de desempeño de científico. Sin embargo, a diferencia que el grupo 2, este grupo está muy cerca de su nivel inferior y es que la participación de este grupo en algunas etapas de la actividad ha sido deficiente, como se ha podido observar en sus puntuaciones. Finalmente, las destrezas alcanzadas por este grupo en la actividad 1 son:

- No identifica el problema como un problema de investigación científica y no plantea ningún tipo de interrogante
- No plantea hipótesis adecuadas al problema, solo identifica las variables básicas, sin identificar factores asociados a su medida, ni relacionar con las características de la zona.
- No realiza pruebas experimentales con la estación meteorológica y elige la ubicación sin usar pruebas o datos.
- No emite argumentos y solo hace describe las características de la decisión tomada.
- Presenta los resultados utilizando un lenguaje poco científico y no utiliza unidades de medida y nombra erráticamente los instrumentos de medida y no utiliza gráficos o imágenes.
- No relaciona los resultados de la actividad con su desempeño dentro de esta, no identifica el carácter científico de ésta y no relaciona con otros contextos científicos.

**Grupo 4:** El grupo 4 ha alcanzado el nivel de desempeño de indagador incipiente. De forma similar al grupo 1, este grupo está más cerca del nivel superior que del inferior. Las destrezas alcanzadas por el grupo 4 para la actividad 1 son:

- Identifica algunas partes del problema como un problema científico y plantea interrogantes ambiguos o erróneos.
- Plantea al menos una hipótesis adecuada para el problema de investigación, identifica las variables más importantes y algunos factores asociados a su medida y relaciona algunas magnitudes con la climatología de la zona.
- Realiza pruebas experimentales sin planificación teniendo presentes los factores tecnológicos y las características de la ubicación.
- Argumenta las decisiones utilizando algunas pruebas de las que dispone, identifica desventajas en su elección sin refutarlas y hace referencia a la posición contraria sin usar pruebas.

- Presenta los resultados utilizando un lenguaje científico adecuado para las magnitudes, las unidades de medidas y el instrumento de medida, utiliza imágenes o gráficos para ilustrar la presentación y alude a los datos extraídos pero sin realizar una representación de dichos datos.
- Establece relación entre su labor dentro en la actividad y los resultados obtenidos pero no identifica los problemas encontrados, identifica en la actividad el carácter científico sin aludir a ejemplos concretos, pero establece relación con otros contextos científicos.

#### **4.1.4. Intervenciones por parte del investigador**

Desde la óptica de la investigación basada en el diseño al finalizar la actividad 1 fue necesario reestablecer ciertas pautas de trabajo por parte del profesorado participante. Dado que los resultados obtenidos por los grupos 2 y 3 han resultado más bajos de lo esperado, en la siguiente actividad se ha intentado prestar una atención especial a estos grupos. De esta forma, a partir de la fundamentación teórica sobre el aprendizaje por indagación, la guía por parte del profesorado ante estos grupos ha tenido un carácter más intervencionista que con los grupos 1 y 4. Esta decisión se toma teniendo presentes los objetivos de aprendizaje y los objetivos de la investigación. Estas intervenciones, podrían llamarse “extras” han quedado registradas por el profesor y por el investigador.

Dicho esto, se pasa a exponer y analizar los resultados de la actividad 2.

#### **4.2. Actividad 2**

La actividad 2 consistió en analizar la estación meteorológica, ponerla en marcha y buscar una ubicación para instalarla dentro del centro escolar. Por otro lado, dentro de la reflexión llevada a cabo por parte del alumnado también se utilizaron los datos extraídos de la sesión de cierre de la actividad.

##### **4.2.1. Análisis de los resultados de la actividad 2**

Al igual que se ha hecho con la actividad 1, antes de exponer los resultados obtenidos por cada grupo en la actividad 2, se remite al lector a la tabla 2.11 del capítulo III. Esta tabla muestra las máximas puntuaciones que se pueden obtener en la actividad 2, en cada una de las etapas y destrezas implicadas. A continuación se muestran las puntuaciones asignadas a cada grupo según el desempeño que han hecho dentro de la actividad 2 (Tabla 3.17):

Tabla 3.17. Puntuaciones obtenidas por cada grupo en los ítems propuestos para cada una de las etapas de la actividad 2. Se incluye la suma de puntos de cada destreza, cada etapa y la puntuación total obtenida por cada grupo.

ACTIVIDAD 2: Elección de una ubicación para la estación																																						
GRUPOS		GRUPO 1						GRUPO 2						GRUPO 3						GRUPO 4																		
Etapas	Destrezas	Profundidad						T	T	Profundidad						T	T	Profundidad						T	T													
		0	1	2	3	4	5			6	0	1	2	3	4			5	6	0	1	2	3			4	5	6	0	1	2	3	4	5	6			
E1. Planteamiento de la investigación	Ident. de problemas investigables	0	1	0				1	14	0	1	0				1	12	0	1	0				1	5	0	1	0				1	12					
	Formulación de hipótesis	0	1	2	3	4	0	10		0	1	2	3	4	0	10		0	1	2	0	0	0	3		0	1	2	3	4	0	10						
	Búsqueda de información	0	1	2	0	0		3		0	1	0	0	0		1		0	1	0	0	0		1		0	1	0	0	0		1						
E2. Planificación de la investigación	Identificación de variables	Tipos	0	1	2			3	42	0	1	2			3	38	0	1	2			3	21	0	1	2			3	36								
		Tecnológicas	0	1	3			4		0	1	4			5		0	1	2			3		0	1	2			3									
		Físicas	0	1	2	4	8	15		0	1	2	5	6	14		0	1	2	3	0	6		0	1	2	3	2	8									
	Plan. de la investigación	Largo plazo	0	1	2	3	4	10		0	1	2	3	0	6		0	1	2	0	3	0		1	2	5	4	12										
		Cada sesión	0	1	2	3	4	10		0	1	2	3	4	10		0	1	2	3	0	6		0	1	2	3	4	10									
E3. Datos	Observación y toma de datos	Func.	0	1	2	3	4	0	10	64	0	1	2	3	4	0	10	71	0	1	2	3	0	0	6	45	0	1	2	3	0	0	6	49				
		Instrum.	0	1	2	3	4	6	0		16	0	1	2	3	4	8		0	18	0	1	2	3	4		6	16	0	1	2	3	4		8	18		
		Ubicación	0	1	2	3	4	3	0		13	0	1	2	3	4	3		0	13	0	1	2	3	4		3	0	13	0	1	2	3		4	5	0	15
	Interpr. de resultados	Datos	0	1	2	3	4	0	10		0	1	2	3	4	5	0		15	0	1	2	3	4	0		0	10	0	1	2	3	0		0	0	6	
		Validación	0	0	0	0	4	5	6		15	0	0	0	0	4	5		6	15	0				0		0	0	0	0					4	0	0	4
E4. Conclusiones	Conclusión (argumentación)	Referencia a pruebas	0	1	2	3	4	5	0	15	40	0	1	2	3	4	0	0	10	26	0	0	2	0	0	0	0	2	9	0	1	2	3	4	0	0	10	35
		Desventajas	0	1	2	3	4	0	0	10		0	1	2	3	4	0	0	10		0	1	0	0	0	0	0	1		0	1	2	3	4	0	0	10	
		Posición contraria	0	1	2	3	4	5	0	15		0	1	2	3	0	0	0	6		0	1	2	3	0	0	0	6		0	1	2	3	4	5	0	15	
E5. Comun. de resultados	Presentación de resultados	Claridad	0	1				1	14	0	1				1	10	0	1				1	10	0	1				1	14								
		Graficos e imágenes	0	1	2	0	0	0		3	0	1	2	0	0		0	3	0	1	2	0		0	0	3	0	1	2		0	0	0	3				
		Lenguaje	0	1	2	3	4	0		10	0	1	2	3	0		0	6	0	1	2	3		0	0	6	0	1	2		3	4	0	10				
E6. Reflexión	Reflexión	Cien. y tecn.	0	1	2	3		6	9	0	1	2	3		6	9	0	1	0	0		1	2	0	1	2	0		3	9								
		Autoval.	0	1	2	0		3		0	1	2	0		3		0	1	0	0		1		0	1	2	3		6									
Total		0	2	3	4	5	2	6	<b>183</b>	0	2	3	4	4	2	6	<b>166</b>	0	1	2	2	1	9	0	<b>92</b>	0	2	3	4	4	1	0	<b>155</b>					

Esta tabla corresponde a las puntuaciones de cada uno de los ítems de la herramienta utilizada para analizar el desempeño en la actividad 2. Al igual que para la actividad 1, esta tabla nos permite identificar el origen de cada uno de los puntos obtenidos por cada grupo.

A continuación se procede a realizar el análisis de los resultados.

#### 4.2.2. Análisis de los resultados de la actividad 2

Para comenzar con un análisis visual de los datos se han representado los datos obtenidos por cada grupo en cada una de las etapas, comparados con las puntuaciones máximas que pueden ser obtenidas en cada una de ellas (Figura 3.9):

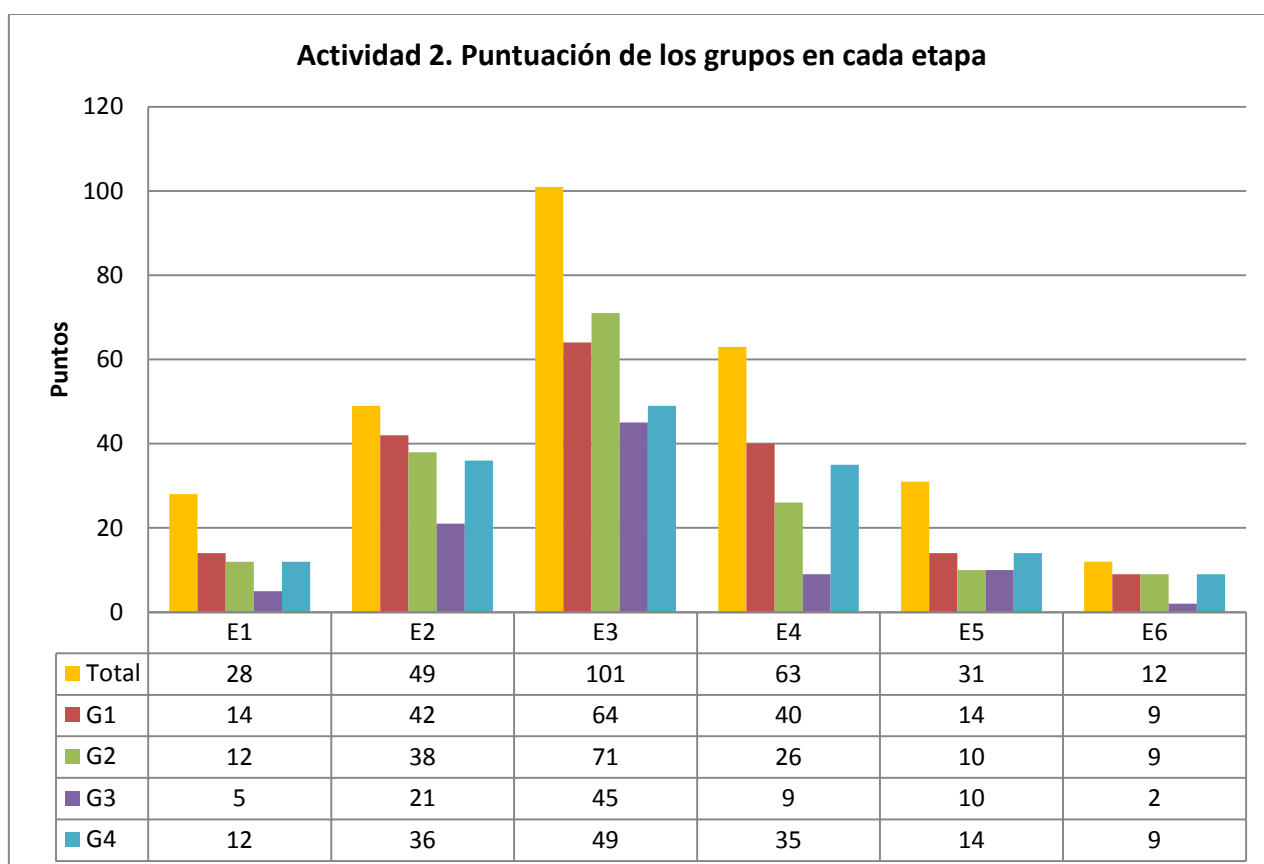


Figura 3.9: Puntuaciones obtenidas por grupos y etapas en la actividad 1

No obstante, para realizar un estudio comparado entre las puntuaciones de los grupos, se ha decidido realizar una ponderación de las puntuaciones tal y como se ha expuesto en la tabla 4.27 del capítulo 4. Así, las puntuaciones obtenidas sin ponderar y ponderadas en % se presentan en la tabla 3.18:

Tabla 3.18. Puntuaciones totales y ponderadas de los grupos para la actividad 2.

Actividad 2					
Datos sin ponderación					
Etapas	Total	G1	G2	G3	G4
Planteamiento investigación	28	14	12	5	12
Planificación de la investigación	49	42	38	21	36

Datos	101	64	71	45	49
Conclusiones	63	40	26	9	35
Comunicación de resultados	31	14	10	10	14
Reflexión	12	9	9	2	9
Datos ponderados a 1					
Etapas	Total	G1	G2	G3	G4
Planteamiento investigación	100,0%	50,0%	42,9%	17,9%	42,9%
Planificación de la investigación	100,0%	85,7%	77,6%	42,9%	73,5%
Datos	100,0%	63,4%	70,3%	44,6%	48,5%
Conclusiones	100,0%	63,5%	41,3%	14,3%	55,6%
Comunicación de resultados	100,0%	45,2%	32,3%	32,3%	45,2%
Reflexión	100,0%	75,0%	75,0%	16,7%	75,0%

De nuevo, al igual que se ha realizado con la actividad 1, estos datos se representan en un gráfico poligonal para observar la comparativa porcentual de los desempeños obtenidos por cada grupo (Figura 3.10):

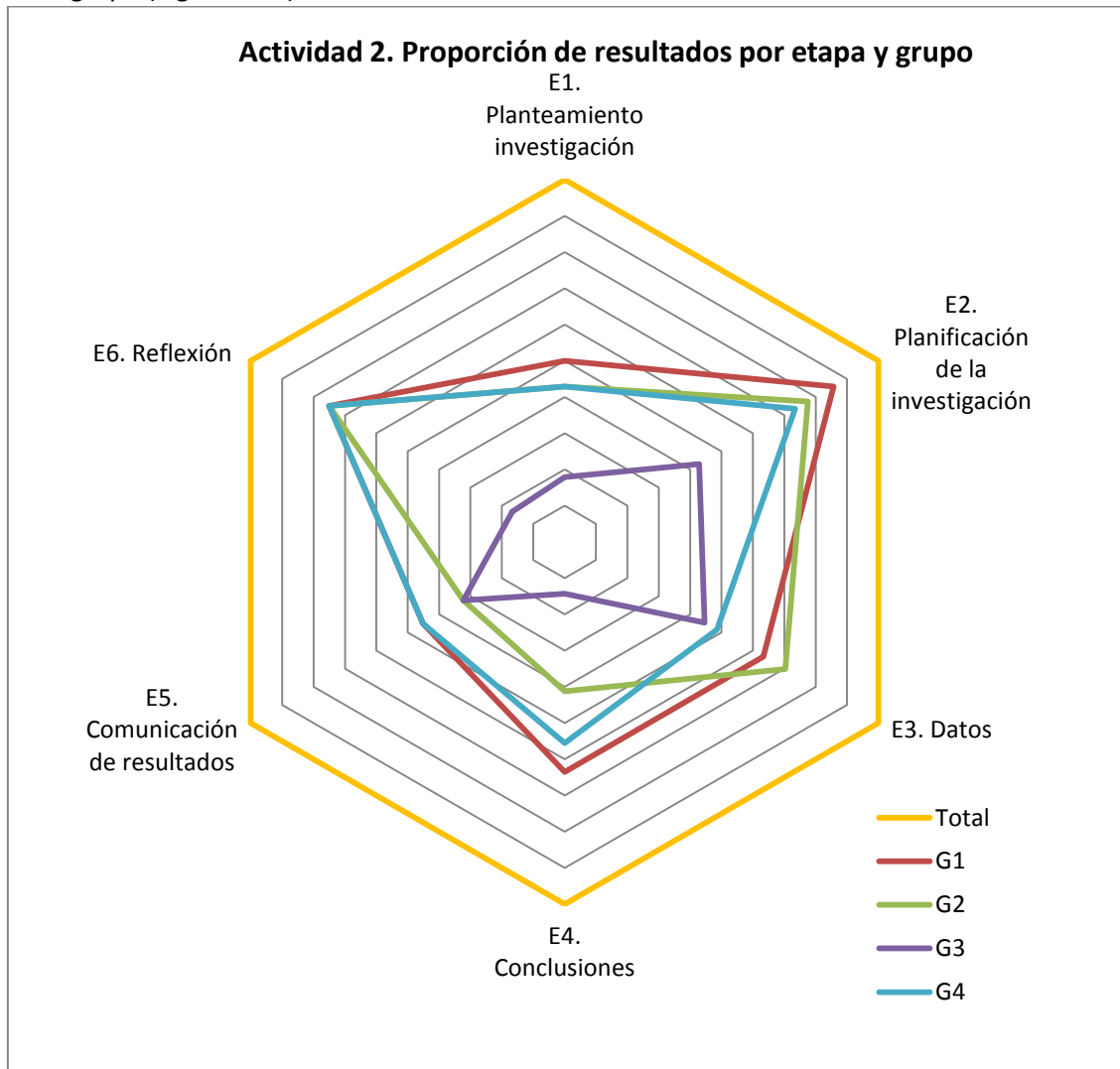


Figura 3.10: Representación proporcional del desempeño alcanzado por cada grupo en la actividad 2

Los vértices de este hexágono representan la máxima puntuación posible a obtener en cada una de las etapas en las que se ha dividido la actividad 2 (línea amarilla), y los colores que representan cada grupo siguen el mismo formato que para la actividad 1.

Con ello se pasa a analizar los resultados obtenidos en cada etapa de la actividad 2.

### Análisis por etapas

**Etapas 1. Planteamiento de la investigación:** En la etapa 1 de la actividad 2 el grupo que mejor desempeño ha mostrado ha sido el grupo 1. Aunque los grupos 2 y 4, han mostrado un rendimiento similar, tal y como se refleja en las puntuaciones, su desempeño ha sido similar al del grupo 1. El grupo 3, no se acerca a las destrezas mostradas por el resto de grupos. Tres de los cuatro grupos identifican en la actividad una cuestión científica debido a los procesos de toma de datos. Realizan afirmaciones como: “hay que usar partes de la ciencia como tomar medidas o usar los datos medidos” (grupo 1); “es necesario tomar datos y apuntarlos, sino luego no podemos justificar nada” (grupo 2); “tenemos que tomar medidas para poder elegir una ubicación” (grupo 3). El grupo 4 identifica la cuestión científica al relacionarla con la primera actividad del proyecto: “tenemos que usar la información obtenida en la primera parte del proyecto para poder seguir con nuestra investigación” (grupo 4).

El grupo 3 queda rezagado en el desempeño mostrado en esta etapa en cuanto a la formulación de hipótesis sobre las ubicaciones. En primera estancia este grupo propone una ubicación en la que la estación a lo largo del día está expuesta tanto al sol como a la sombra<sup>3</sup>. En este punto, el grupo debe ser guiado por el profesor para que “piensen bien si la ubicación es idónea para una estación meteorológica”. Finalmente el grupo detecta el error, aunque se queda sin su hipótesis inicial. Por otro lado, los grupos 1, 2 y 4 dan muestras de haber propuesto una hipótesis fundamentada en argumentos. El grupo 1 propone dos posibles lugares previos como hipótesis para elegir la estación y valor los inconvenientes y ventajas de cada uno de los lugares (véase figura 3.11). También indican el procedimiento que siguieron para elegir dichas ubicaciones: “antes de pensar en el sitio idóneo, tuvimos en cuenta una serie de factores: que no hubiese edificios u obstrucciones; los sensores de la estación no deben caer bajo un área que de la sombra”; “la estación debe apuntar al norte”. El grupo 2, realiza algunas pruebas preliminares para elegir la ubicación. Esto le permite evaluar la estación que ellos mismos habían elegido para la actividad 1 como errónea dado que “estaba mal diseñada y el propio mástil impediría que midiera de forma correcta el viento”. Esto lo detectan cuando realizan pruebas de medición del viento para proponer una hipótesis. Con estas pruebas afirman: “pensamos en una [ubicación], pero hicimos pruebas y la forma del colegio creaba corrientes de aire y la variaba la dirección y la velocidad del viento”. Esto los empujó a proponer otra hipótesis de ubicación, porque aunque “por el diseño de la estación se necesita un mástil, el mejor

---

<sup>3</sup> Lógicamente una estación meteorológica debe estar situada en un lugar donde solo reciba sol o solo reciba sombra para obtener unos datos válidos y puedan ser comparados.



sitios es la azotea”. El grupo 4 propone una ubicación basándose en las afirmaciones que se han realizado para la primera actividad.

En la búsqueda de información, los cuatro grupos utilizan el manual como principal fuente de información para la búsqueda de instalación. Sin embargo, tan solo es el grupo 1 el que utiliza información de la web de compras que contrapone a la información del manual, comparando las características necesarias según cada variable. Este factor es el que ha hecho que el grupo 1 tenga la puntuación mayor en esta etapa de la actividad.

**3.1. Opción A**


Localización: muro del recreo en el que se encuentra el rocódromo y que da a la calle.

Ventajas: Fácil acceso

Desventajas: puede ser robado por gente ya que se ve y puede ser cogido desde la calle. Además, tiene también fácil acceso para los niños pequeños, podría sufrir daños tanto el menor como la estación. Tiene a ambos lados dos edificios por lo que tiene obstrucciones.

**3.2. Opción B**

Localización: azotea



Ventajas: Fácil acceso, seguro ya que el acceso es restringido.

Desventajas: no hemos encontrado ninguna por el momento.

Figura 3.11. Hipótesis propuestas por el grupo 1

**Eta** **2. Planificación de la investigación:** En la segunda etapa de la actividad 2, los grupos 1, 2 y 4 han mostrado un desempeño muy similar. El grupo 3 no ha alcanzado el mismo rendimiento, aunque la diferencia con el resto de grupos ha disminuido respecto a la actividad 1. Los cuatro grupos identifican los dos grupos de variables (físicas y tecnológicas).

Dentro de las variables tecnológicas, el grupo 2 ha sido el único en tener en cuenta los cuatro factores que se han asociado (número de dispositivos, conexión entre ellos, fuente de alimentación y necesidad de un mástil), para buscar una ubicación. El grupo 1 no ha previsto la necesidad del mástil, pero utilizaron un plano del colegio para buscar ubicaciones donde “se podía enchufar y además se podía conectar por wifi”. Los grupos 3 y 4 proceden de forma distinta: “primero buscamos una ubicación que fuese idónea para las medidas y luego comprobamos que se pudiera conectar” (grupo

3). El grupo 1 propone una ubicación que cree idónea pero no tiene en cuenta que a ese lugar no llega la conexión (no tiene en cuenta este factor).

En la identificación de las variables físicas, han sido los grupos 2 y 4 los que más variables físicas han identificado (identifican todas las variables excepto la humedad). El grupo 1 tampoco identifica la presión como variable, y el grupo 3 solo identifica la temperatura, la presión y el viento. Sin embargo el grupo 1, cada variable que identifica la relaciona con las características que debe tener la estación. De esta forma afirma que no debe haber obstáculos para la medición del viento y también para “que llegue bien la lluvia”, no debe variar la luz y la sombra para medir la radiación y hay que evitar fuentes de calor cercanas, por ejemplo el suelo: “la íbamos a colocar en el suelo, pero no medía bien la temperatura”. El grupo 3 relaciona tres variables a la ubicación (luz-sombra, alejada de superficies que den calor y obstáculos que interfieran en las medidas. El grupo 4 tan solo hace referencia a las variaciones de luz y sombra. Y finalmente el grupo 3 no relaciona ninguna variable con una posible ubicación.

En la planificación de las sesiones, los grupo 1 y 4 obtienen la mayor puntuación, tanto en la planificación a largo plazo como en la planificación de cada sesión. Ambos grupos parten del trabajo que han elaborado para la actividad 1. También organizan cada sesión estableciendo objetivos que deben cumplir e indican los procedimientos que van a seguir en cada sesión: “primero probamos la estación aquí en clase y después ya la probamos en la ubicación” (grupo 1); “los problemas de la sesión anterior fueron.... Para resolverlos hoy, Claudia y Lucía se encargarán de probar la conexión de la pantalla y Julia y yo nos encargaremos de localizar una posible zona” (grupo 4). El grupo 2, organiza el trabajo de cada sesión, pero no hay continuidad entre sesiones. El grupo 3 sin embargo, hace un reparto de trabajo para cada sesión pero sin establecer objetivos.

**Etapas 3. Observación y toma de datos:** En esta etapa dedicada a la observación y toma de datos el grupo que mayor puntuación ha obtenido ha sido el grupo 2, aunque el grupo 1 ha obtenido una puntuación similar. El grupo 3 vuelve a ser el grupo con menor puntuación, pero ha sido la puntuación del grupo 4 la que más ha bajado respecto a otras etapas.

En la puesta en funcionamiento del instrumento, tanto grupo 1 como grupo 2 proceden de la misma forma. El grupo 2 procede a buscar ubicaciones que cumplan con los requisitos técnicos (“primero probamos sitios donde funciones la estación”) y luego toman las medidas (“después haremos pruebas para que las medidas sean buenas”). El grupo 1 comienza realizando pruebas de conexión azarosas y con el sistema prueba y error: “como no funcionaba en la sala de ordenadores, probamos en la de al lado”. Posteriormente decide usar el plano para buscar lugares idóneos. Sin embargo ninguno de los dos grupos toma anotaciones sobre el plano. El grupo 4 realiza una prueba de conexión para establecer la distancia máxima de separación entre los dispositivos “para tener un rango de acción”. El grupo 3 afrontar esta parte

haciendo aproximaciones: “intentábamos no alejarnos demasiado, porque si no se desconectaban los dispositivos”.

En la utilización de los instrumentos de medida de la estación, los grupos 2 y 4 obtienen la misma puntuación. Ambos grupos realizan pruebas de medición de temperatura, viento, lluvia y radiación. El grupo 1 y grupo 3 hace estas mismas pruebas, exceptuando las pruebas con el pluviómetro, por ello su puntuación es menor. En la figura 3.12 se muestran algunas anotaciones tomadas por el grupo 3. La forma de proceder en las distintas pruebas son similares entre los grupos. Para el funcionamiento del pluviómetro, los grupos 2 y 4 añaden cantidades controladas de agua. Utilizan distintas medidas con recipientes de volumen conocido. De esta manera observan si el pluviómetro mide correctamente (con esta prueba detectan que la aparición en la pantalla de la medida no es instantánea sino entre 40 y 50 segundos después, lo que les soluciona muchas dudas anteriores). La prueba de radiación la hacen tapando el panel de la estación que se utiliza para su medición (el grupo 2 con un cuaderno y el grupo 1 con la mano). Todos los grupos hacen pruebas con la temperatura. Todos realizan esta prueba colocando la estación al sol y a la sombra, excepto el grupo 1 que hace la prueba dejando la estación al lado de un radiador encendido. Por otro lado, para las pruebas de viento, todos mueven el anemómetro de forma manual (o soplando), excepto el grupo 2. Este grupo aprovecha un día de viento para hacer distintas pruebas de esta variable. Por último, en estas pruebas de funcionamiento se han identificado otros aprendizajes que inicialmente no estaban incluidos en la herramienta de evaluación. En primer lugar, el grupo 2 intentó hacer pruebas con el barómetro. No sabía cómo corroborar si el instrumento medía o no medía bien. Por ello, buscó información sobre esta magnitud. En esta búsqueda supo de la variación de la presión con la altura y también a los cambios del tiempo atmosférico. Intentó hacer pruebas con la altura, pero no identificó cambios. Por otro lado, sí identificó cambios en la presión debidas a la diferencia de días soleados y nublados. En segundo lugar, el grupo 1 comprueba si la brújula de la estación mide correctamente. Para ello utilizan la brújula incluida en el teléfono móvil y compara si la medida es correcta. Cuando se les pregunta sobre por qué es importante la brújula, indican que es necesario colocar la estación “con una señal que trae apuntando hacia el norte”. De nuevo se les pregunta el porqué de esta necesidad y afirma que “debido al diseño de la estación hay que colocarla así para que los propios instrumentos de la estación no interfieran en la medida, sino la veleta y el anemómetro darían sombra al panel solar” (el panel solar es el instrumento que mide la radiación).

En las propuestas de ubicación, el grupo 4 es el que mayor puntuación obtiene porque sus propuestas de ubicación concuerdan con los criterios que ha establecido, y ha realizado pruebas con las magnitudes que había probado para el funcionamiento de la estación. El grupo 1 también propone dos ubicaciones, pero solo se han realizado pruebas relacionadas con la temperatura. Esto mismo ha ocurrido con el grupo 2, pero solo se han tomado medidas del viento. El grupo 3 también ha tomado medidas del viento. Por otro lado, ha anotado medidas de la presión pero no las ha utilizado.

Finalmente, respecto al análisis y validación de sus datos por parte de los grupos, el grupo que más ha destacado ha sido el grupo 2. Este grupo analiza los datos y sobre este análisis toma decisiones. Por ejemplo: “hicimos pruebas en el patio y había una velocidad de 17 km/h y en la azotea de 6 km/h. Nos dimos cuenta de que el edificio creaba corrientes muy fuertes de viento”. Al detectar este tipo de anomalías deciden consultar “fuente de datos meteorológicos oficiales”. Este grupo ha consultado los datos de la AEMet (Agencia Estatal de Meteorología). El grupo 1 obtiene una puntuación similar, dado que aunque no lograron tomar medidas sistemáticas, compartían toda la información que tenían con el resto de grupos. Con este intercambio de información validaron su ubicación. También consultaron los datos meteorológicos de estaciones meteorológicas cercanas a partir de una aplicación de móvil (Weather Underground). El grupo 4 identifica errores en algunas de sus pruebas pero no diseñan un nuevo experimento para solucionarlo y directamente deciden “cambiar de ubicación porque allí no medía bien”, asociando los problemas a los factores tecnológicos de conexión. Este grupo 4 comprueba los resultados con otros grupos, pero no busca información adicional sobre la validez de los datos. Por último, el grupo 3 detecta errores en sus pruebas, pero no los resuelve. Tampoco intenta validar sus datos.

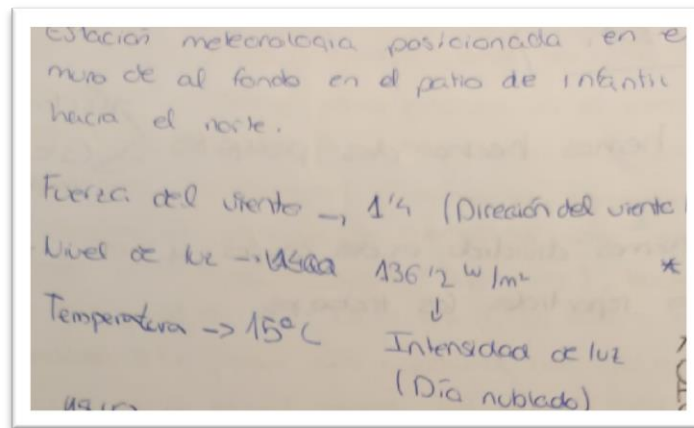


Figura 3.12. Algunos datos recogidos por el grupo 3.

**Etap 4. Conclusiones-argumentación:** En la etapa dedicada a decidir en debate sobre la ubicación más favorable para la estación, el grupo 4 ha sido el que mejores destrezas en argumentación ha demostrado y por ello es el grupo con mayor puntuación. A este le siguen por orden el grupo 4, el grupo 2 y finalmente el grupo 3 según los desempeños mostrados en esta etapa. Este último grupo obtiene una puntuación muy baja en comparación con los otros tres grupos. En la justificación de la elección propuesta los grupos 1, 2 y 4 argumentan su decisión utilizando los datos obtenidos en sus mediciones (grupo 1 y 2) o describiendo en detalle las características de la ubicación para tomar mediciones adecuadamente (grupo 4). Respecto a la identificación desventajas en la elección de su ubicación para la estación los grupos 1, 2 y 4 hacen referencia a desventajas en su elección por la necesidad de tener que comprar un mástil. El grupo 2 también indica que la instalación con el tipo de mástil que elige a priori puede ser peligrosa por la caída de rayos (en la figura 3.13 se muestra

el esquema que han elaborado el grupo 2 para indicar la ubicación que propone). Esta afirmación hace que se genere debate y existan alusiones a la posición contraria por parte de los grupos 1 y 4, refutando sus preguntas. Los detalles de esta etapa se analizan en el apartado dedicado a la argumentación.



Figura 3.13. Croquis realizado por el grupo 2 en la propuesta de ubicación

**Etapa 5. Comunicación de resultados:** En la etapa 5, las destrezas mostradas por los grupos han sido proporcionalmente bajas en comparación el resto de etapas. Los grupos 1 y 4 y los grupos 2 y 3 han alcanzado desempeños proporcionales y por ello sus puntuaciones son iguales respectivamente. Los grupos 1 y 4 y los grupos 2 y 3 han tenido las mismas puntuaciones respectivamente. Todos los grupos han incluido alguna imagen propia tomada por ellos mismo pero en ningún caso no se han incluido gráficos o tablas de datos, a pesar de que todos los grupos contaban con datos que podían haberse expuesto de forma tabulada. El grupo 1 incluye en su presentación una imagen de los planos que ha utilizado para buscar la ubicación. La principal diferencia entre los grupos 1 y 4 y los grupos 2 y 3 está en el lenguaje utilizado.

Los grupos 1 y 4 han utilizado algunas imágenes propias, aunque no han incluido gráficos o tablas de datos (con las que sí contaban). En el caso del grupo 1 se ha incluido en la presentación los planos del colegio utilizados para buscar la ubicación. Los grupos de mayor puntuación distinguen en su vocabulario entre magnitudes, unidades de medida e instrumentos de medida. Mientras que en el caso de los grupos 2 y 3 no siempre se llaman a los instrumentos de forma adecuada.

**Etapa 6. Reflexión:** Por último en la etapa dedicada a la reflexión, los grupos 1, 2 y 4 han demostrado un mayor alcance, relacionando lo trabajo con su día a día. En el análisis que los grupos hacen sobre su papel dentro de la actividad, el grupo 4 es el que mayor destrezas muestra. Este grupo identifica problemas en la planificación que hizo de la actividad: “por ejemplo, hubiésemos dejado dinero para un mástil”. El grupo 2 afirma que no prestó demasiada atención al proyecto al comienzo pero que en el momento de tener la estación su interés aumentó “porque podíamos hacer distintos experimentos con la estación”. En la relación de la actividad con la ciencia y la tecnología el grupo 1 afirma que ha podido conocer el origen de los mapas meteorológicos (“ahora ya sabemos de dónde vienen los datos de los mapas del

tiempo”). Esto supone que este grupo ha encontrado una relación de la actividad con su día a día. Un miembro de este mismo grupo también vincula la actividad con su posible futuro académico: “yo voy a estudiar magisterio y yo creo que me valdrá por ejemplo para enseñar a los niños el clima”. El grupo 4 relaciona la actividad con factores procedimentales de la ciencia, afirmando haberse “sentido científicas en algunos momentos y eufóricas cuando al fin consiguieron conectar la estación”. El grupo 2 relaciona la actividad con el método científico. Este grupo afirma que “toda la actividad ha sido aplicar todo el rato el método científico”. Finalmente el grupo 3 no hace referencia a ningún aspecto en esta parte de la actividad.

### Análisis por grupos

Al igual que ocurre con la actividad 1, han destacado los grupos 1 y 4 en la mayoría de las etapas de la investigación. La única etapa en la que ninguno de estos grupos ha mostrado las mayores destrezas ha sido la etapa dedicada a la observación y toma de datos en la que ha sido el grupo 2 el que mejores destrezas ha mostrado. De forma diferente a la actividad 1, el grupo 2 ha mejorado su rendimiento, acercándose a los grupos 1 y 4 en todas las etapas, excepto en la etapa dedicada a la comunicación de resultados, en la que ha mostrado un menor desempeño, similar al del grupo 3. Este último grupo ha sido que menores destreas ha mostrado en todas las etapas de la actividad.

Respecto a los puntos asociados a las destrezas a alcanzar en cada una de las etapas, los grupos 1, 2 y 4 han seguido la tendencia con la que la actividad fue diseñada, es decir, obtienen mejores resultados en aquellas etapas en las que se les ha dado mayor relevancia. La etapa donde peores resultados comparativos con el resto de etapas es la dedicada a la comunicación, principalmente debido a que son se han utilizado los datos (y los posibles gráficos) que habían obtenido de las mediciones realizadas durante la etapa de observación y toma de datos. El grupo 3, también cumple la tendencia, excepto en la etapa dedicada a las conclusiones en la que su desempeño ha sido proporcionalmente menor.

#### **4.2.3. Niveles de desempeño de cada grupo en la actividad 2**

Al igual que se hizo con los resultados de la actividad 1, se muestran los niveles de desempeño que ha alcanzado cada grupo. Para recordar las puntuaciones asociadas, se remite al lector a la tabla 2.14 del Capítulo III

Teniendo dicha tabla presente, se muestran los niveles de desempeño alcanzados por cada grupo participante en la actividad 2. Estos se muestran en la figura 3.14:

Grupo 1	Grupo 2	Grupo3	Grupo 3
183	166	92	155
Indagador inseguro	Indagador incipiente	Precientífico	Indagador incipiente

Figura 3.14: Niveles de desempeño en indagación de cada grupo en la actividad 1.

**Grupo 1:** El grupo 1 ha alcanzado el nivel de desempeño de indagador inseguro. Dentro de este nivel hay que decir que se encuentra más cerca del nivel inmediatamente inferior que del superior. Con ello, se puede establecer que las habilidades alcanzadas por este grupo son:

- Identifica el problema como un problema de investigación científica pero los interrogantes planteados son ambiguos
- Plantea una hipótesis que encaja con el problema de investigación desde un primer momento e identifica la mayoría de las variables, los factores asociados a su medida y las relaciona con la climatología de la zona.
- Planifica un diseño experimental para algunas variables teniendo presentes los factores tecnológicos y las características de la ubicación.
- Argumenta las decisiones utilizando algunas pruebas de las que dispone, identifica desventajas en su elección sin refutarlas y hace referencia a la posición contraria utilizando pruebas.
- Presenta los resultados utilizando un lenguaje científico adecuado para las magnitudes, las unidades de medidas y el instrumento de medida, utiliza imágenes o gráficos de elaboración propia para ilustrar la presentación y alude a los datos extraídos pero sin realizar una representación de dichos datos.
- Establece relación entre su labor dentro en la actividad y los resultados obtenidos, identifica los problemas encontrados pero sin proponer solución, identifica en la actividad el carácter científico de ésta aludiendo a ejemplos concretos y la relaciona con otros contextos científicos.

**Grupo 2:** El grupo 2 ha alcanzado el nivel de desempeño de indagador incipiente. Este grupo se encuentra en el nivel intermedio aunque más cerca del nivel superior que del inferior. Las destrezas alcanzadas por el grupo 3 en la actividad 2 son:

- Identifica algunas partes del problema como un problema científico y plantea interrogantes ambiguos o erróneos.
- Plantea al menos una hipótesis adecuada para el problema de investigación, identifica las variables más importantes y algunos factores asociados a su medida y relaciona algunas magnitudes con la climatología de la zona.
- Realiza pruebas experimentales sin planificación teniendo presentes los factores tecnológicos y las características de la ubicación.
- Argumenta las decisiones utilizando algunas pruebas de las que dispone, identifica desventajas en su elección sin refutarlas y hace referencia a la posición contraria sin usar pruebas.
- Presenta los resultados utilizando un lenguaje científico adecuado para las magnitudes, las unidades de medidas y el instrumento de medida, utiliza

imágenes o gráficos para ilustrar la presentación y alude a los datos extraídos pero sin realizar una representación de dichos datos.

- Establece relación entre su labor dentro en la actividad y los resultados obtenidos pero no identifica los problemas encontrados, identifica en la actividad el carácter científico sin aludir a ejemplos concretos, pero establece relación con otros contextos científicos.

**Grupo 3:** El grupo 3 también ha alcanzado el nivel de desempeño de precientífico. Dentro de este nivel está más cerca del nivel superior que del inferior. Con esto se puede afirmar que las destrezas alcanzadas por el grupo 3 en la actividad 2 son:

- No identifica el problema como un problema de investigación científica y los interrogantes que plantea no son adecuados para la actividad.
- No plantea hipótesis adecuadas al problema, solo identifica las variables básicas y algunos factores asociados a su medida.
- Realiza pruebas experimentales sin planificación sin tener en cuenta los factores tecnológicos ni las características de la ubicación, resolviendo mediante el sistema prueba y error.
- Argumenta las decisiones utilizando sin utilizar pruebas concretas, no identifica desventajas en su elección y no hace referencia a la posición contraria.
- Presenta los resultados utilizando un lenguaje científico adecuado para no todas las magnitudes, unidades de medida e instrumento de medida, y no hace referencia en los datos experimentales de los que dispone.
- Establece relación entre su labor dentro de la actividad, e identifica el carácter científico de éste sin hacer referencias concretas y no establece relación con otros contextos científicos.

**Grupo 4:** El grupo 4 ha alcanzado el nivel de desempeño de indagador incipiente. Dentro de este nivel, se encuentra en el ecuador. Con esto se puede afirmar que las destrezas alcanzadas por el grupo 4 en la actividad 2 son:

- Identifica algunas partes del problema como un problema científico y plantea interrogantes ambiguos o erróneos.
- Plantea al menos una hipótesis adecuada para el problema de investigación, identifica las variables más importantes y algunos factores asociados a su medida y relaciona algunas magnitudes con la climatología de la zona.
- Realiza pruebas experimentales sin planificación teniendo presentes los factores tecnológicos y las características de la ubicación.
- Argumenta las decisiones utilizando algunas pruebas de las que dispone, identifica desventajas en su elección sin refutarlas y hace referencia a la posición contraria sin usar pruebas.



- Presenta los resultados utilizando un lenguaje científico adecuado para las magnitudes, las unidades de medidas y el instrumento de medida, utiliza imágenes o gráficos para ilustrar la presentación y alude a los datos extraídos pero sin realizar una representación de dichos datos.
- Establece relación entre su labor dentro en la actividad y los resultados obtenidos pero no identifica los problemas encontrados, identifica en la actividad el carácter científico sin aludir a ejemplos concretos, pero establece relación con otros contextos científicos.

#### **4.2.4. Intervenciones por parte del investigador**

Las intervenciones llevadas a cabo por el investigador en esta actividad han estado centradas en el grupo 3. Inicialmente se estaba prestando especial atención a los grupos 2 y 3, sin embargo, pronto se detectó que con el uso de la estación meteorológica el grupo 2 se desenvolvía mejor que en la actividad 1. Por ello, este grupo no necesitó de una guía por parte del profesor más allá que la establecida para las actividades de este tipo.

Respecto al grupo 3, después de la etapa dedicada al planteamiento de la investigación, se detectó que necesitaba más apoyo por parte del profesor. En este sentido, en la etapa de planificación necesitó de un apoyo más cercano por parte del profesor, principalmente en la identificación de las variables del problema. Este apoyo quedó reflejado en el desempeño en esta etapa y también de la siguiente, en la que la guía que recibió fue similar a la del resto de los grupos. Sin embargo, en la actividad dedicada a las conclusiones, donde hay una mayor autonomía dentro del debate, su desempeño volvió a ser menor.

Con el resto de grupos, la guía y apoyo por parte del profesor no se ha excedido de lo previamente planificado y lo que requiere este tipo de actividades.

#### **4.3. Análisis comparativo entre actividad 1 y 2**

Finalmente en el análisis de los resultados enmarcados en el aprendizaje por indagación y también para evaluar la influencia de la SEA en las destrezas implicada en esta práctica, se ha estudiado la evolución de las puntuaciones de los grupos en cada etapa en la actividad 1 y 2. Este análisis permite observar la evolución de los grupos en cada una de las etapas de ambas actividades

##### **Grupo 1**

Para analizar los resultados del grupo 1 en las actividades 1 y 2, se ha representado en la figura 3.15 las puntuaciones porcentuales obtenidas por el grupo en cada una de las etapas de las dos actividades.

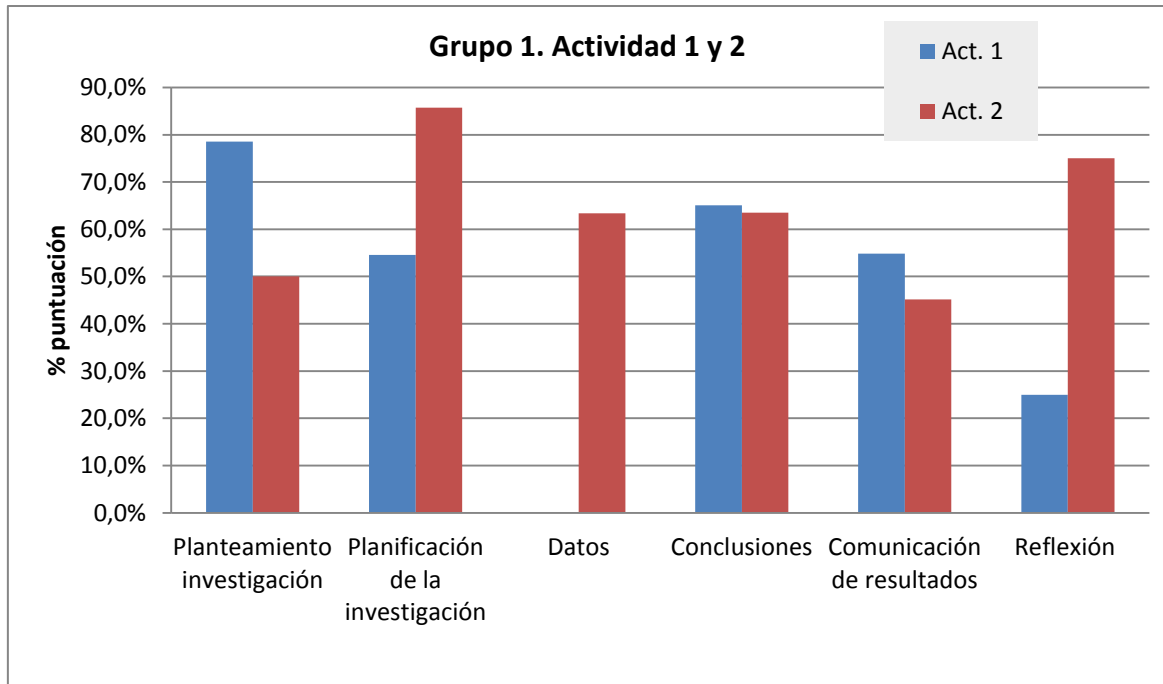


Figura 3.15: Puntuaciones del grupo 1 en las actividades 1 y 2.

En primer lugar, hay que recordar que la representación de la etapa dedicada a la observación y toma de datos de la actividad 1, no se representa porque en dicha actividad no se llevaba a cabo.

Dicho esto, se puede comenzar diciendo que el grupo 1 ha obtenido mejores resultados en la etapa de planificación de la investigación y reflexión. Sin embargo, en las etapas dedicadas al planteamiento de la investigación y la comunicación de resultados su desempeño ha sido menor, aunque dentro de la comunicación de los resultados la bajada no ha sido tan acrecentada como en la primera etapa. Este menor desempeño en esta la actividad se ha debido fundamentalmente a que en el planteamiento de hipótesis no ha relacionado los parámetros propuestos con las características del lugar ni tampoco ha profundizado en la búsqueda de información, mientras que en la actividad 1 consultó diversas fuentes y las registraron por escrito. Ahora bien, el grupo ha obtenido unos resultados mucho mejores en la planificación de la investigación y también en la reflexión. Las destrezas mostradas en la etapa dedicada a las conclusiones y la argumentación han sido similar y en ambos caso ha sido uno de los grupos que mejores destrezas ha demostrado en la secuencia.

Se puede afirmar que el grupo 1 ha sido el que mejor desempeño ha obtenido a lo largo de toda la secuencia. Aunque ha bajado su desempeño en algunas etapas, sus puntuaciones no han sido bajas.

## Grupo 2

Los datos obtenidos por el grupo 2 obtenidos en ambas actividades se representan en la figura 3.16:

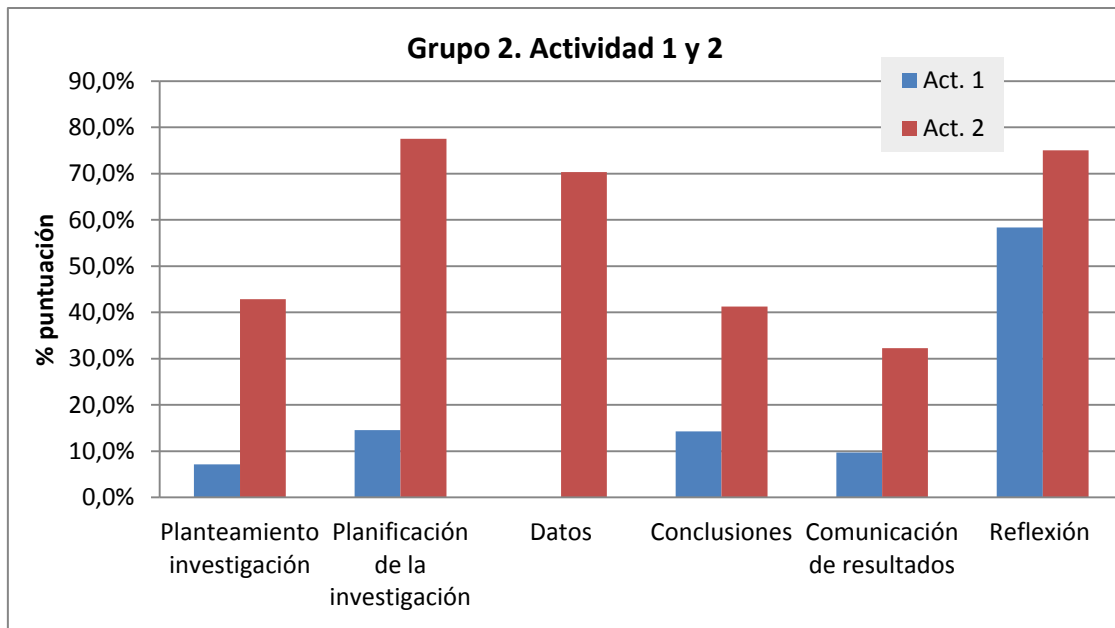


Figura 3.16: Puntuaciones del grupo 2 en las actividades 1 y 2.

El grupo 2 ha experimentado ha mostrado un mejor desempeño en todas las etapas. La única etapa en la que también sube, aunque no de forma tan significativa es en la etapa dedicada a la reflexión. En el resto de etapas, el grupo ha experimentado destrezas mayores en la actividad 2 que en la actividad 1. El interés mostrado en la actividad 2 por este grupo ha sido mucho mayor que en la actividad 1. El propio grupo afirma que ha sido clave para su interés, el poder usar y manipular la estación meteorológica, es decir, llevar a cabo actividades experimentales como diseñar experimentos, medir, registrar datos e intentar interpretarlos. El grupo ha destacado especialmente en las etapas de planificación de la investigación y en la observación y toma de datos.

Observando los datos de este grupo y el resto, se puede afirmar que es el grupo que ha mostrado una mejora en su desempeño entre la actividad 1 y 2.

### Grupo 3

Los datos obtenidos por el grupo 3 en ambas actividades se representan en la figura 3.17:

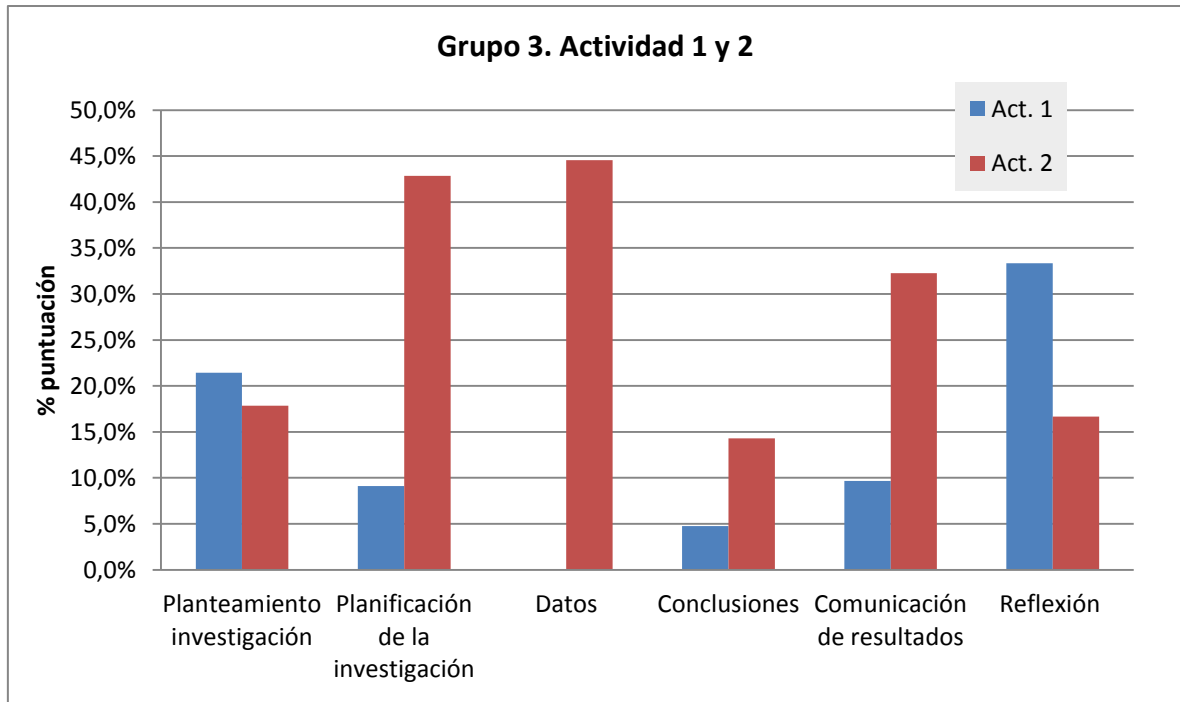


Figura 3.17: Puntuaciones del grupo 3 en las actividades 1 y 2.

El grupo 3 ha sido el grupo que mayores problemas ha tenido a lo largo de toda la secuencia. Su evolución a lo largo de la secuencia ha mejorado significativamente en dos de las etapas: planificación de la investigación y comunicación de los resultados. En la primera de estas etapas el grupo ha mostrado un mejor desempeño respecto a la identificación de variables. En la comunicación de resultados ha utilizado imágenes de elaboración propia, y en ese sentido mejora su rendimiento en esta parte. En la etapa dedicada a las conclusiones, el grupo ha sabido justificar mejor su elección en la actividad 2 que en la actividad 1. En la etapa dedicada a la reflexión, su desempeño ha sido menor.

#### Grupo 4

Los datos obtenidos por el grupo 3 obtenidos en ambas actividades se representan en la figura 3.18:

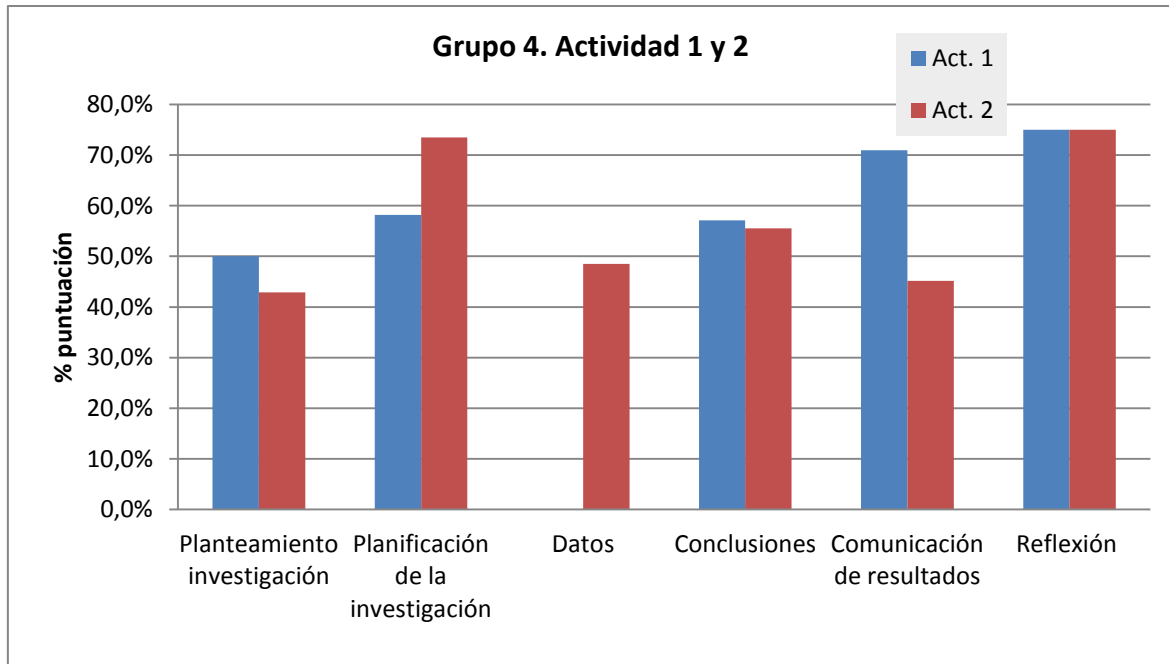


Figura 3.18: Puntuaciones del grupo 2 en las actividades 1 y 2.

El grupo 4 ha mantenido un desempeño relativamente alto en las actividades 1 y 2. En la etapa de comunicación de resultados ha mostrado una destreza menor, dado que no ha utilizado los datos obtenidos de sus mediciones. En el resto de etapas sus desempeños han sido similares, mostrando peores resultados en el planteamiento de la investigación, pero mostrando mejores destrezas en la planificación de la investigación.

Se puede afirmar que este grupo ha sido el grupo un desempeño entre las actividades 1 y 2, más estable.

## 5. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRÁCTICA DE LA ARGUMENTACIÓN

En este punto del capítulo 5, se procede a realizar una exposición de los resultados obtenidos y su análisis correspondiente en cuanto a la práctica científica de la argumentación.

Para analizar la argumentación en la secuencia se hace desde dos perspectivas. En primer lugar se ha diseñado una herramienta para evaluar la calidad de los argumentos dados por los grupos. Esta herramienta servirá para analizar los resultados de la actividad 1 y la actividad 2 por separado. Por otro lado, también se evalúa la argumentación relacionada con cada una de las magnitudes físicas que se han puesto en juego dentro de la secuencia, en este caso en el conjunto de las actividades 1 y 2.

### 5.1. Herramienta 1. Calidad de la argumentación

La herramienta 1, diseñada a partir de la bibliografía establece 3 criterios para su evaluación: justificación, desventajas y posición contraria. Estos criterios han sido tenidos en cuenta para evaluar la indagación, sin embargo en esta herramienta se establece para cada criterio 5 niveles distintos. Estos niveles se detallan en la tabla 2.17 del capítulo III.

A continuación se exponen los resultados obtenidos con esta herramienta para la actividad 1 y la actividad 2

#### 5.1.1. Calidad de la argumentación en la actividad 1.

En la tabla 3.19 se muestra el nivel que ha alcanzado cada grupo según el criterio utilizado (justificación, desventaja, posición contraria), indicando también si dicho criterio se ha cumplido para parámetros físicos o tecnológicos en la actividad 1:

Tabla 3.19. Resultados de la calidad de argumentación en la actividad 1

ARGUMENTACIÓN ACTIVIDAD 1-						
Parámetro	Criterio	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Físicos	Justificación	G3	G2		G4	G1
	Desventaja	G2, G3, G4		G1		
	Posición contraria	G3	G2	G1, G4		
Tecnológicos	Justificación	G2, G3			G1	G4
	Desventaja	G1, G2, G3		G4		
	Posición contraria	G3, G4	G2		G1	

Se puede observar que tanto para los parámetros físicos como tecnológicos, los grupos 1 y 4 son los únicos que alcanzan los niveles 2, 3 y 4 en alguno de los criterios establecidos. Por el contrario, el grupo 3 no logra superar el nivel 0, es decir, no se utiliza ningún tipo de dato para la argumentación según los criterios de esta herramienta. El grupo 2 alcanza el nivel 1 en el mejor de los casos. A continuación, se analiza en detalle según los parámetros físicos y los parámetros tecnológicos.

### Análisis de parámetros físicos

Si se realiza un análisis de los parámetros físicos, se observa que en el criterio de la justificación con el uso de pruebas, el grupo 1 hace referencia a varias magnitudes físicas, junto con el rango, la precisión y los datos climáticos de la zona, por lo que alcanza el máximo nivel establecido para este criterio. El grupo 4 justifica su elección enumerando las magnitudes con su rango y precisión, aunque no establece relaciones con la ubicación. El grupo 2 alcanza el nivel 1 en la justificación pues su argumento tiene un carácter genérico (“mide todas las magnitudes físicas que debe medir una estación, con un error aceptable”).

En cuanto a la alusión a las desventajas en la propia elección, los grupos 2, 3 y 4 no hacen alusión alguna. Únicamente es el grupo 1 el que hace alusión a una desventaja relacionada con el rango de medición del viento poco adecuado de su estación con las características de la zona. Sin embargo no refuta su posición.

En relación con la posición contraria, los grupos 1 y 4 alcanzan el nivel 3, al hacer alusión entre ambos grupos debido al rango del viento que el propio grupo 1 ha identificado. Sin embargo, a pesar de las alusiones entre ambos, no se refuta el argumento. El grupo 2 alude a todas las estaciones afirmando que “todas las estaciones miden más o menos igual”, alcanzando de nuevo el nivel 1, por ser una referencia de carácter tan genérico.

### Análisis de parámetros tecnológicos

En la justificación de los parámetros tecnológicos el grupo 4 alcanza el nivel 4 por justificar su elección aportando los datos referentes a la fuente de alimentación de la estación (“funciona por pilas, así que no influye la ubicación de la pantalla”) y al modo de conexión entre los dispositivos. El grupo 1 alcanza el nivel 3, porque aunque menciona ambos factores, no los relaciona con la ubicación. Los grupos 2 y 3 no justifican su elección en cuánto a parámetros tecnológicos de una forma concreta, haciendo alusión de forma genérica a su “conexión por wifi”.

En alusión a las desventajas, el grupo 4 plantea la fuente de alimentación de su estación al ser por pilas, como un posible inconveniente, dado que puede gastarse. Sin embargo, aportar una mayor libertad para decidir dónde colocar la estación. El resto de grupos no aluden a desventajas tecnológicas en su estación.

Finalmente, en alusión a la posición contraria, ni el grupo 3 ni el 4 hacen mención de ello. Sin embargo el grupo 1 intenta aludir al grupo 4 por el uso de las pilas de su estación. Este tipo de dispositivos “hará que se pierdan datos”, y además las pilas “son más contaminantes”, considerando en este sentido, parámetros ambientales. El grupo 2 hace alusión al resto de estaciones siguiendo la línea que con su referencia en cuanto a parámetros físicos. Afirma que “las estaciones del resto de grupos son muy parecidas” a su propia estación.

#### **5.1.2. Calidad de la argumentación en la actividad 2.**

En la tabla 3.20 se muestra el nivel que ha alcanzado cada grupo según el criterio utilizado (justificación, desventaja, posición contraria), indicando también si dicho criterio se ha cumplido para parámetros físicos o tecnológicos para la actividad 2:

Tabla 3.20. Resultados de la calidad de indagación en la actividad 2

ARGUMENTACIÓN ACTIVIDAD 2						
Parámetro	Criterio	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
Físicos	Justificación		G3			G1, G2, G4
	Desventaja	G1, G4, G3	G2			
	Posición contraria		G3	G2	G4	G1
Tecnológicos	Justificación		G4, G3			G1, G2
	Desventaja	G3	G1, G4, G2			
	Posición contraria	G1, G3, G2		G4		

En la actividad 2 la calidad de la argumentación ha mejorado, en mayor o en menor medida, en todos los casos. El grupo 2 junto con el 1 y el 4 alcanzan los niveles 3 y 4 en la calidad de la argumentación. Por otro lado, el grupo 3, que en la actividad 1 no había apenas participado, en este caso pasa al nivel 1 en tres ocasiones. A continuación, se detallan los argumentos utilizados según los parámetros físicos y tecnológicos.

#### Análisis de parámetros físicos

En la justificación de la elección de una ubicación ningún grupo se ha quedado en el nivel 0. El grupo 3 justifica de sin concretar las pruebas de su elección: “en esta ubicación mide mejor que en la primera ubicación que elegimos”. Por eso no ha superado el nivel 1. Sin embargo los grupos 1, 2 y 4, alcanzan el máximo nivel para la justificación de sus estaciones. El grupo 1 justifica con los datos medidos en dos ubicaciones distintas que también ha comprobado con otras fuentes. De esta misma forma procede el grupo 2. Este grupo explica que ha tomado mediciones en dos ubicaciones alejadas entre si y condiciones distintas (han tomado medidas en el patio del colegio y en la azotea del edificio principal del colegio), y que en una de ellas, se producen datos erróneos debidos fundamentalmente al viento. El grupo 4 aporta los datos medidos en dos ubicaciones.

En alusión a las desventajas, el grupo 2 es el único, indica que su propuesta puede ser peligrosa por la caída de rayos sobre la estación.

Finalmente, en alusión a la posición contraria, el grupo 1 alude a uno de los grupos, porque su elección “está cerca de la caldera [del colegio], lo que hará que no mida bien la temperatura”. El grupo 4, alude al grupo 2 por la peligrosidad de la elección. Puede provocar la caída de rayos sobre su estación por “colocar el mástil demasiado alto”. En referencia al tema de los rayos, el grupo 3 también participa y afirma que cree “que no caen rayos en el colegio, porque caerán en las montañas que están cerca”, indicando que la posición que defiende el grupo 2 es válida.

#### Análisis de parámetros tecnológicos



En los parámetros tecnológicos, los grupos 1 y 2 alcanzan el nivel más alto en el criterio de la justificación. El grupo 1 aporta pruebas en favor de su elección por la existencia de “un cuarto en la terraza, donde conectar la pantalla para que esta no se estropeeé, y a la vez permitir que los dispositivos estén conectados por wifi”. Estos mismos argumentos los utiliza el grupo 2 en defensa de su propuesta. Los grupos 3 y 4 hacen referencias genéricas. El grupo 3 defiende su elección porque no corre riesgo de que la estación pueda ser robada o utilizada por personas ajenas, y el grupo 4 afirma directamente que su propuesta cumple con los requisitos técnicos, pero sin aportar pruebas.

En cuanto a las desventajas, todos los grupos, excepto el grupo 3, hacen referencia como desventaja a la necesidad de comprar un mástil para su ubicación, pero no refutan esta desventaja.

Finalmente, solo el grupo 4 hace referencia a la posición contraria a uno de los grupos por el mástil que propone para su estación, afirma que “ese tipo de mástil es mucho más difícil de anclar, por ir enganchado al suelo directamente”.

### **5.1.3. Análisis comparado de la calidad la argumentación entre las actividades 1 y 2**

Tras exponer los resultados obtenidos en cada una de las actividades y analizar los datos en cada una de ellas, es necesario comentar la evolución de los argumentos entre una actividad y otra.

En primer lugar se puede observar que el nivel de calidad de los argumentos dados en los tres criterios expuestos ha mejorado mayoritariamente. En la actividad 1, el nivel máximo solo es alcanzado en dos ocasiones por dos grupos, mientras que en la actividad 2, el nivel es alcanzado en 6 ocasiones distintas, incluyéndose 3 grupos en hacerlo. En la actividad 1, en 12 ocasiones, entre las que se encuentran todos los grupos no se ha superado el nivel más bajo en la calidad de la argumentación, mientras que en la segunda actividad no se ha superado este nivel en 7 ocasiones, aunque al igual que en la actividad 1, todos los grupos han estado en este nivel mínimo en alguna ocasiones. La tendencia de no superar el nivel mínimo en la actividad 1, ha hecho que los niveles intermedios (1, 2 y 3) solo se alcancen en 7 ocasiones en la primera actividad por tres de los grupos en alguna ocasión. Sin embargo, en la actividad 2, el nivel 0 tiende a vaciarse, para que los grupos ocupen los niveles 1, 2, 3. En esta actividad estos niveles se han alcanzado en 11 ocasiones, estando los 4 grupos entre ellos. Esto nos lleva a afirmar que la actividad 2 ha favorecido la calidad de la argumentación en cuanto a la justificación

Si se analiza desde la óptica de los criterios, se observa, que la actividad 2 ha favorecido la justificación tanto para los parámetros físicos como tecnológicos. El máximo nivel para este criterio se ha alcanzado en 2 ocasiones para la actividad 1 y en 6 ocasiones para la actividad 2. En cuanto a la desventaja, la diferencia entre actividades no es tan clara. En la actividad 1, tres de los grupos no han superado el nivel 0 tanto para parámetros físicos como tecnológicos (es decir, en 6 ocasiones), y solo en dos ocasiones (una en parámetros físicos y otra en tecnológicos) el nivel 2 es

alcanzado por un grupo, para la actividad 2. En la actividad 1, en ningún caso se ha alcanzado el nivel 2 de desventajas, y aunque el nivel 1 ha sido alcanzado en cuatro ocasiones, también en cuatro ocasiones no se ha superado el nivel 0. Lo que nos lleva a afirmar que la actividad 1 y 2 favorecen en la misma medida la alusión a desventajas.

Finalmente, en cuanto a la posición contraria se observa que en la actividad 1, en tres ocasiones no se supera el nivel 1, y en cuatro ocasiones se supera (dos alcanzan el nivel 1 y dos alcanzan el nivel 2). En la actividad 2, el nivel 0 no se supera en tres ocasiones, mientras que en cinco ocasiones se supera el nivel mínimo (una se alcanza el nivel 1, dos se alcanza el nivel 2, una el nivel 3 y otra el nivel 4). Esto significa que la actividad 2 favorece la alusión a la posición contraria dentro de la argumentación.

En última instancia, es necesario comentar las diferencias encontradas entre los parámetros físicos y tecnológicos. En líneas generales se puede observar que la actividad 1 favorece la argumentación en torno a los parámetros físicos frente a los tecnológicos. En esta actividad, se ha superado el nivel 0 en siete ocasiones en los parámetros físicos y en 5 ocasiones en los parámetros tecnológicos. En la actividad 2, el nivel mínimo se supera en nueve ocasiones para los parámetros físicos y en ocho ocasiones para los tecnológicos. Esto permite afirmar que ambas actividades favorecen la argumentación con parámetros físicos que tecnológicos, aunque la actividad 1 en mayor medida. Sin embargo, si centramos este análisis en la argumentación por el criterio de alusión a la posición contraria, se observa que en ambas actividades los parámetros físicos son más frecuentes que para los tecnológicos. Así, en la actividad 1 la posición contraria ha superado el nivel 0 en tres ocasiones para parámetros físicos y en dos para tecnológicos. En la actividad 2 esta tendencia se acentúa, y los cuatro grupos superan el nivel 0 en los parámetros físicos, mientras que solo en una ocasión para los parámetros tecnológicos. Es decir, ambas actividades favorecen la alusión a la posición contraria en mayor medida para los parámetros físicos que para los tecnológicos

## 5.2. Herramienta 2. Análisis de magnitudes.

Una vez se ha analizado la calidad de la argumentación en cuanto a los parámetros físicos y tecnológicos en la actividad 1 y 2, se pasa a realizar un estudio de la argumentación realizada por cada grupo referente a cada una de las magnitudes que han entrado en juego a lo largo de la secuencia. Para ello, se ha elaborado una herramienta específica para este trabajo. Esta herramienta corresponde a la tabla 4.31 del capítulo 4 de este trabajo. Con esta herramienta se analizan los distintos parámetros establecidos para cada magnitud.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 3.21. En esta tabla se representa si cada grupo ha utilizado en algún momento de la secuencia un argumento enmarcado dentro de los parámetros que se asocian a cada magnitud.

Tabla 3.21. Resultados de la calidad de indagación en la actividad 2 por magnitudes

Parámetros físicos
--------------------

	Magnitud y parámetros asociados	Temperatura	Viento	Lluvia	Presión	Humedad	Radiación
		Grupos	Grupos	Grupos	Grupos	Grupos	Grupos
Act. 1	Presente para elección	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 4	1 2 3 4
	Uso de unidades	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 4	1 2 4	1 4	4
	Nombre del instrumento	1 2 3 4	1 2 4	1 4	1 2 4	1 4	1 4
	Rango y precisión	1 2 4	1 4	1 4	1 4	1 4	4
	Relación con el lugar	1	1	1	1	1	
Act. 2	Relación de la magnitud con las partes de la estación	1 2 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 4	1 2 4	1 2 3 4
	Prueba de funcionamiento	1 2 3 4	1 2 3 4	2 3 4	2 4	4	1 2 3 4
	Prueba en ubicación	1 2 4	2 4				1 2
	Validación otras fuentes	1					
	Uso como contraargumento	1 2					

Por otro lado, también se muestra los resultados por grupos, lo que permite observar el desempeño de cada uno de ellos (Tabla 3.22). Las siglas asociadas a cada una de las magnitudes son: T (temperatura), V (viento), L (lluvia), P, (presión), H (Humedad), R (radiación).

Tabla 3.22. Resultados de la calidad de indagación en la actividad 2 por grupos.

		Parámetros físicos utilizados en las actividades																						
Magnitud y parámetros asociados		G1				G2				G3				G4										
		T	V	L	P	H	R	T	V	L	P	H	R	T	V	L	P	H	R					
Act. 1	Presente para elección de la estación	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
	Uso de unidades	1	1	1	1	1		2	2	2	2			3					4	4	4	4	4	4
	Nombre del instrumento	1	1	1	1	1	1	2	2		2			3					4	4	4	4		4
	Características medida (rango y precisión)	1	1	1	1	1		2											4	4	4	4	4	4
	Relación con el lugar	1	1	1	1	1																		
Act. 2	Relación de la magnitud con las partes de la estación	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3			3	4	4	4		4	4
	Prueba de funcionamiento	1	1				1	2	2	2	2		2	3	3	3		3	4	4	4	4	4	4
	Prueba en ubicación	1					1	2	2	2		2							4	4				
	Validación otras fuentes	1																						
	Uso para contraargumento de otras estaciones	1																						

Esta herramienta, permite realizar un análisis desde dos perspectivas. En primer lugar, es posible estudiar las diferencias entre los grupos, permitiendo deducir qué grupos han alcanzado un mayor número de referencias a las distintas magnitudes. Por otro

lado, también es posible analizar que magnitudes meteorológicas han estado más presentes dentro de la secuencia. Antes de comenzar con este análisis es necesario aclarar, que en esta herramienta solo se han tenido en cuenta las referencias explícitas a cada una de las magnitudes y parámetros asociados expuestos en la tabla 3.8 y 3.9. Esto supone que afirmaciones como “hemos comprobado los datos con otras estaciones”, no tendrán cabida aquí. Sí se considera válido afirmar que se ha comprobado que la medida de la temperatura “ha sido comprobada con otras fuentes”.

### **5.2.1. Comparación de los argumentos referentes a magnitudes entre los grupos en la secuencia**

Al realizar una comparación entre los grupos, la tendencia observada es la misma que en los análisis previos a este. Se observa que los grupos 1 y 4 destacan sobre los grupos 2 y 3 en la actividad 1, y el grupo 3 muestra mejores destrezas argumentativas en la actividad 2, siendo el grupo 3 el que hace un desempeño menor en cuanto a argumentos relacionados con los parámetros físicos.

En la actividad 1: Todos los grupos tienen presentes las seis magnitudes para elegir la estación, excepto el grupo 3, que no menciona la humedad en toda la secuencia. El uso de unidades es generalizado para los grupos 1 y 4, sin embargo el grupo 2 solo la usa para tres magnitudes y el grupo 3 únicamente para una magnitud. El nombre de los instrumentos de medida es utilizado para todas las magnitudes por el grupo 1, para cinco de ellas por el grupo 4, por 3 de ellas para el grupo 2 y solo para una magnitud en el grupo 3. Los rangos y precisiones son utilizados por el grupo 1 y 4 en todas las ocasiones, solo en una ocasión el grupo 2, y en ninguna ocasión por el grupo 3. Finalmente, en cuanto a la relación de las magnitudes físicas con el lugar donde va a ser instalada, solo el grupo 1 ha hecho referencia a ello para todas las magnitudes excepto para la temperatura.

Ya en la actividad 2, el grupo 1 es el único que para una de las magnitudes, la temperatura, ha validado los datos concretos con otras fuentes. Este mismo grupo junto con el grupo 2, utilizan esta misma magnitud como contra-argumento para otros grupos. En el resto de magnitudes han sido tenidas en cuenta, como máximo para probar las ubicaciones. Estos grupos han medido la magnitud para probar la ubicación al menos para 2 variables cada uno (en el caso del grupo 2, con tres magnitudes distintas: temperatura, viento y radiación; el grupo 1 para temperatura y radiación; y el grupo 4 para temperatura y viento). La prueba de funcionamiento de los instrumentos ha sido llevada a cabo por cada grupo al menos con tres magnitudes (el grupo 1 con tres magnitudes, el grupo 2 con 5 magnitudes, el grupo 3 con tres magnitudes y el grupo 4 con 6 magnitudes). Respecto a la interrelacionar el instrumento de medida con la propia estación, el grupo 1 y 2 relacionan los seis instrumentos con la estación, el grupo 4 con todas excepto con el barómetro, y el grupo 3 solo el anemómetro, el pluviómetro y el medido de la radiación solar.

### 5.2.2. Análisis de la presencia de las magnitudes en la argumentación dentro de la secuencia

En referencia al uso de las variables a lo largo de la secuencia, se observa que la temperatura, el viento y la lluvia han sido las más mencionadas y trabajadas en toda la secuencia. Por otro lado, la presión, la humedad y la radiación han quedado en un segundo plano. Dentro de estas tres últimas magnitudes, la radiación ha destacado sobre la presión y la humedad. Esto llama la atención pues la presión es una magnitud que suele ser más trabajada y conocida entre el alumnado. Sin embargo, dado que era una magnitud cuya medida apenas cambiaba en la manipulación de la estación no se ha usado. En el lado opuesto se encuentran la temperatura, el viento y la lluvia, destacando la temperatura sobre todas las demás. Esta es la única magnitud que ha sido utilizada como contraargumento en dos ocasiones, mientras que ninguna otra magnitud ha sido utilizada o mencionada a tal fin. De igual forma, es la única magnitud de la que todos los grupos han utilizado su unidad de medida y el nombre del instrumento, y cuyo rango y precisión ha sido mencionado por tres grupos.

El viento ha sido la segunda magnitud que más presente ha estado en la secuencia. Los cuatro grupos han mencionado sus unidades de medida, y tres de ellos el nombre del instrumento de forma correcta (el grupo 3 en varias ocasiones habla de barómetro para referirse al anemómetro y viceversa, lo que se interpreta como desconocimiento de cuál es cuál). Esta magnitud también ha estado muy presente en la elección de la ubicación, de forma que todos los grupos han sabido distinguir el instrumento correspondiente dentro de la estación y dos de ellos han hecho pruebas de ella en las ubicaciones que proponían.

La lluvia es la siguiente magnitud, sin embargo, las menciones que se hacen de esta son más bajas que para temperatura y lluvia. En este caso, las unidades son nombradas solo por tres grupos, y el nombre del instrumento solo por dos grupos. Estos mismos grupos son los que hacen referencia al rango y precisión de esta magnitud. Sin embargo, el instrumento ha sido identificado dentro de la estación por todos los grupos, aunque solo tres hayan hecho pruebas de su funcionamiento y ninguno de ellos pruebas en su ubicación.

La siguiente magnitud que ha estado más presente ha sido la radiación solar. Esta ha estado presente para la elección de la estación por todos los grupos y también todos los grupos han relacionado el instrumento dentro de la estación y han hecho pruebas de su funcionamiento. Sin embargo, solo el grupo 4 utiliza sus unidades, el rango y la precisión, y junto con el grupo 1, menciona el nombre del instrumento como “panel solar”. Las pruebas en ubicación de esta magnitud han sido realizadas y mencionadas en la secuencia por el grupo 1 y 2.

Después de estas magnitudes, es la presión la magnitud que ha estado presente, aunque en ningún caso se ha hecho prueba de ubicación, y solo dos grupos han hecho pruebas de funcionamiento específicas para ello. Las unidades, el nombre del instrumento si son utilizados por tres grupos, por dos de ellos se habla de rango y

precisión, y solo en una ocasión relaciona la magnitud con las características climatológicas del lugar donde va a ser instalada.

Finalmente, la humedad apenas ha estado presente dentro de la secuencia. Aunque el grupo 1 y 4 en la primera parte de la actividad hayan nombrado las unidades y su rango de precisión, en la actividad 2, no ha estado presente más allá de las pruebas de funcionamiento y tan solo realizadas por el grupo 4.

### **5.3. Comparación de los resultados de argumentación y validación**

Tras analizar los resultados obtenidos sobre la argumentación con la herramienta 1 y la herramienta 2, es necesario incluir un breve comentario sobre la relación de estos resultados entre sí, y también con los obtenidos con la evaluación de la argumentación dentro desde la perspectiva de la indagación. La tendencia de las puntuaciones de los grupos es similar con cada una de los tres métodos utilizados para analizar los resultados. Esta tendencia similar en cada una de las herramientas puede ser interpretada en favor de la fiabilidad de los datos obtenidos en la investigación. Por ello, además de contar con los distintos instrumentos de recogida de datos, realizar análisis desde perspectivas distintas y obtener resultados concordantes, aportan validez a los resultados extraídos y pueden servir como triangulación de dichos resultados.

## 6. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA CIENTÍFICA

Tras analizar la argumentación en la secuencia se pasa a realizar un estudio del desarrollo de la competencia científica a partir de las sub-competencias y los contenidos científicos. Para la realización de este análisis se han presentado en el capítulo 4, las herramientas específicas para analizar cada una de ellas.

### 6.1. Competencias científicas

Para evaluar la competencia científica se ha diseñado, a partir de la bibliografía, una herramienta que separa las tres sub-competencias científicas en tres dimensiones diferentes. A su vez, se ha atendido a la demanda cognitiva para evaluar dichas competencias. De esta forma, cada grupo puede alcanzar un nivel de profundidad del conocimiento según la demanda cognitiva que requiera para alcanzarlo. En la tabla 3.23 se presenta la tabla 2.20 adaptada del capítulo III, que sirve para recoger los niveles obtenidos por cada uno de los grupos en cada una de las competencias:

Tabla 3.23. Herramienta para analizar el desarrollo de las competencias científicas.

			EVALUACION DE LAS COMPETENCIAS CIENTÍFICAS					
			Demanda cognitiva					
			Recordar (1p)	Comprender (2p)	Aplicar (3p)	Analizar (4p)	Evaluar (5p)	Crear (6p)
Competencias	C1. Explicar fenómenos científicamente	Conocimiento científico del problema		G2	G1, G4			
		Modelos o representación explicativa de un conocimiento e implicaciones para la sociedad y las personas	G3, G2		G1, G4			
		Predicciones, hipótesis y relaciones causales o correlaciones simples			G3	G4, G2		G1
	C2. Evaluar y diseñar la investigación	Objetivos de un estudio y metodología		G3		G1, G2	G4	
		Cuestiones investigables	G3		G4	G2, G1		
		Trabajo de los científicos			G2, G3	G1	G4,	
	C3. Interpretar Datos y pruebas científicamente	Datos y representación		G3			G4, G2	G1
		Validez de datos		G3	G2, G4	GP, G1		
		Argumentos y pruebas		G3		G2	G4	G1

Es importante mencionar, que para la elaboración de los distintos gráficos que analizan los resultados obtenidos, a cada una de las tres competencias científicas se les ha denotado como:

- C1: Explicar fenómenos científicamente
- C2: Evaluar y diseñar una investigación
- C3: Interpretar datos y pruebas científicamente

Aclarado este punto, se pasa a exponer los resultados obtenidos por cada uno de los grupos.

#### **6.1.1. Resultados obtenidos por cada uno de los grupos**

Los datos obtenidos por cada uno de los grupos se representan en una figura que muestra en escala de colores la profundidad de conocimiento (puntos de la demanda cognitiva) alcanzada en la sub-competencias. En estas tablas se presenta la tabla 3.10 codificada, de forma que cada una de las filas correspondientes a cada competencia (C1, C2, C3), corresponde a cada dimensión correspondiente en la tabla 3.10.

Es importante comentar que para la representación de estos resultados, solo se tienen en cuenta las puntuaciones máximas alcanzadas por el grupo, es decir, si se alcanza la máxima demanda cognitiva, 6p, se sumarán a su contador solo 6 puntos. Los puntos previos hasta llegar al máximo nivel no serán contados (a diferencia de la forma de contar para la indagación). Esto supone que para cada una de las competencias, la puntuación máxima es de 18 puntos. De esta forma se podrá ver el alcance de cada uno de los grupos según cada dimensión de las tres competencias.

Así los resultados de los cuatro grupos corresponden a la figura 3.19:



		GRUPO 1						
Competencias	C1	0	1	2	3	0	0	0
		0	1	2	3	0	0	0
		0	1	2	3	4	5	6
	C2	0	1	2	3	4	0	0
		0	1	2	3	4	0	0
		0	1	2	3	4	0	0
	C3	0	1	2	3	4	5	6
		0	1	2	3	4	0	0
		0	1	2	3	4	5	6

		GRUPO 3						
Competencias	C1	0	1	0	0	0	0	0
		0	1	0	0	0	0	0
		0	1	0	0	0	0	0
	C2	0	1	2	0	0	0	0
		0	1	0	0	0	0	0
		0	1	2	3	0	0	0
	C3	0	1	2	0	0	0	0
		0	1	2	0	0	0	0
		0	1	2	0	0	0	0

		GRUPO 2						
Competencias	C1	0	1	2	0	0	0	0
		0	1	0	0	0	0	0
		0	1	2	3	4	0	0
	C2	0	1	2	3	4	0	0
		0	1	2	3	4	0	0
		0	1	2	3	0	0	0
	C3	0	1	2	3	4	5	0
		0	1	2	3	0	0	0
		0	1	2	3	4	0	0

		GRUPO 4						
Competencias	C1	0	0	2	3	0	0	0
		0	1	2	3	0	0	0
		0	1	2	3	4	0	0
	C2	0	1	2	3	4	5	0
		0	1	2	3	0	0	0
		0	1	2	3	4	5	0
	C3	0	1	2	3	4	5	0
		0	1	2	3	0	0	0
		0	1	2	3	4	5	0

Figura 3.19. Resultados obtenidos en las competencias científicas por cada uno de los grupos

Esta figura permite observar el desarrollo de cada grupo en cada una de las tres dimensiones en las que se ha dividido cada sub-competencia. A partir de estos resultados, se ha realizado un análisis desde la perspectiva de la puntuación obtenida en cada una de las competencias y también un análisis de las puntuaciones de cada grupo en cada competencia.

### 6.1.2. Análisis de resultados por grupos

En primer lugar se realiza un análisis de los resultados agrupados en competencias. Se han representado los resultados ponderados al tanto por ciento. Esto nos permite analizar en porcentaje los resultados obtenidos para cada una de las competencias. Esta representación de los resultados corresponde a la figura 3.6:

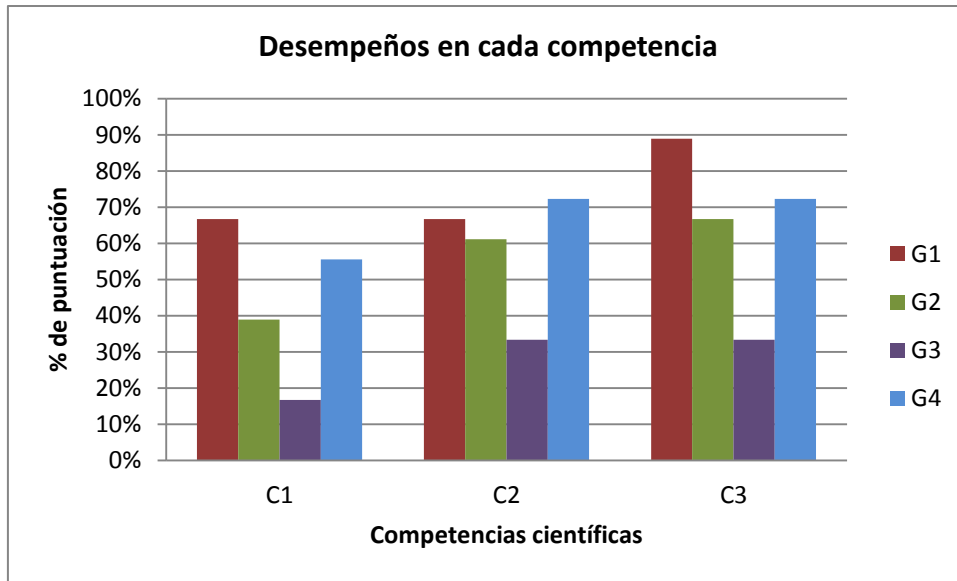


Figura 3.20. Desempeño de cada competencia en los grupos

A partir de esta representación se puede observar que el grupo 1 y 4, en la línea con lo expuesto anteriormente, son los grupos que mejores resultados han obtenido. El grupo 1 ha obtenido el mejor resultado para la competencia 1 y 3, siendo el grupo 4 el que mejor resultado ha tenido en la segunda competencia. El grupo 3, ha obtenido una puntuación relativamente baja en la competencia 1 frente al grupo 1 y 4, sin embargo para las competencias 2 y 3, su resultado se ha acercado a estos grupos. El grupo con menos desarrollo en la competencia científica para esta secuencia ha sido el grupo 3.

Estos resultados concuerdan con los desempeños de los grupos en las prácticas científicas de indagación y argumentación, analizadas en este capítulo. Ahora bien, es necesario realizar un análisis de los desempeños en las distintas competencias, para observar si, como se planteaba inicialmente, la SEA favorece el desarrollo de las competencias que hemos llamado 2 y 3, es decir, aquellas relacionadas con el diseño de una investigación y la interpretación de datos y resultados, de forma científica.

### 6.1.3. Análisis de resultados por competencias

A continuación se representan los resultados, ponderados a la puntuación máxima en %, obtenido por cada grupo en cada una de las competencias (Figura 3.21).

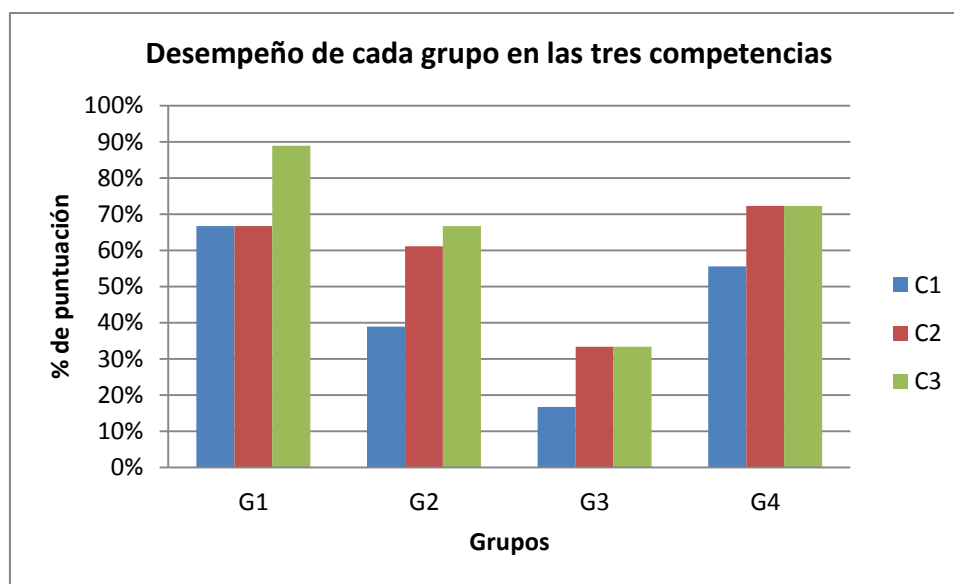


Figura 3.21. Porcentaje de puntuación obtenido por los grupos en cada competencia.

El primer análisis que se puede extraer de esta figura, es que las competencia 1 no está en ningún caso más desarrollada que las competencias 2 y 3. Estas competencias (2 y 3) han sido más desarrolladas por tres de los cuatro grupos. El grupo restante, ha obtenido mejores resultados para la competencia 3, y los mismos para la competencia 1 y 2.

El desarrollo mayor en las competencias de carácter más práctico se observa con nitidez en el grupo 2, grupo 3 y grupo 4, destacando especialmente el cambio existente entre estas competencias en el grupo 2. En el grupo 1, las competencias 1 y 2 han sido desarrolladas de forma similar, sin embargo este grupo ha sido el que mayor desarrollo ha tenido para la competencia 3.

También se observa que el desarrollo de la competencia 3, dedicada al análisis de pruebas, es la más desarrollada en dos de los grupos, y en los otros dos, de forma similar a la competencia 2. Se puede interpretar que entre las tres competencias establecidas, la secuencia favorece especialmente la competencia 3.

Finalmente, para poder visualizar proporcionalmente el desarrollo de cada competencia dentro de cada grupo se ha elaborado la figura 3.22. En esta figura se puede ver el peso que ha tenido el desarrollo de cada competencia dentro de cada uno de los grupos:

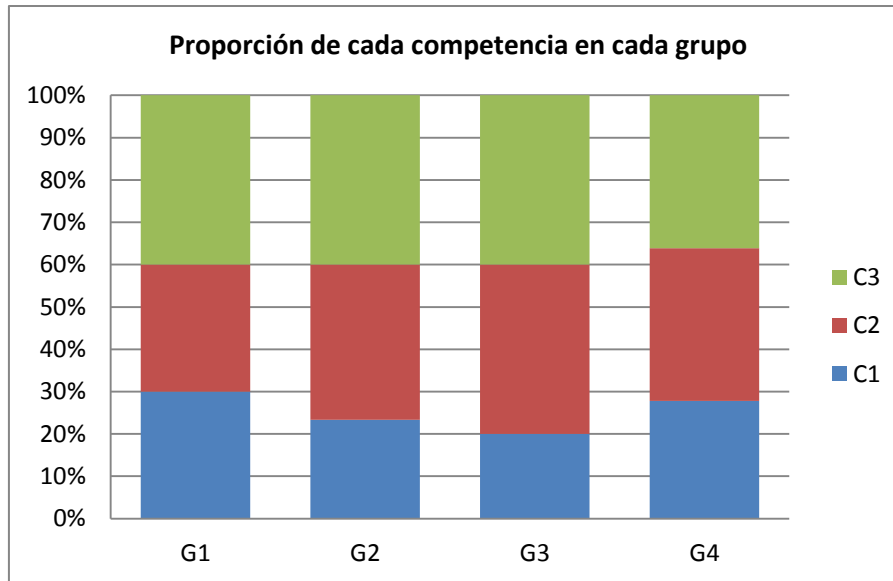


Figura 3.22. Proporción de los grupos en cada competencia.

En el caso de que todas las competencias se desarrollasen de forma similar en la secuencia, se debería observar que las columnas estarían repartidas en tres intervalos equivalentes de un 33% aproximadamente. Sin embargo para la competencia 1, en el mejor de los casos, se ha alcanzado un 30%. En el resto de los casos la proporción de desarrollo de este competencia frente a las otras dos, es inferior. Esto nos permite afirmar que la SEA ha favorecido el desarrollo de las competencias 2 y 3 frente a la competencia 1. También se observa que es la competencia 3 la que más ha sido trabajada con la secuencia según los resultados obtenidos por el alumnado.

## 6.2. Contenidos científicos

Para analizar los contenidos científicos que han sido necesarios en el desarrollo de la SEA, se ha desarrollado una herramienta, justificada y elaborada a partir de la bibliografía sobre la cuestión, que agrupa los contenidos científicos en tres modalidades: de contenido, procedimental y epistémico. A su vez, en cada tipo de conocimiento científico se han tenido en cuenta tres dimensiones asociadas a esta SEA, fundamentalmente en aquellos relacionados con los conocimientos de contenido. Este tipo de conocimiento se ha centrado en las magnitudes físicas trabajadas en la investigación. Por otro lado, y al igual que se ha hecho con las competencias científicas, se ha tenido en cuenta la demanda cognitiva requerida para utilizar en mayor o en menor medida los distintos conocimiento. Así se establecen 6 niveles de demanda cognitiva. La herramienta para analizar eso se ha presentado en la tabla 2.21 del capítulo III. A continuación se muestra esta tabla adaptada para recoger los niveles alcanzados por cada grupo (tabla 3.24).

Tabla 3.24. Herramienta para analizar el uso de los contenidos científicos

		EVALUACION DE LOS CONTENIDOS CIENTIFICOS						
		Demanda cognitiva						
		Recordar (1p)	Comprender (2p)	Aplicar (3p)	Analizar (4p)	Evaluar (5p)	Crear (6p)	
Conocimiento	C1. De contenido	Magnitudes físicas fundamentales asociadas al problema		G3			G2, G4	G1
		Leyes y teorías físicas asociadas a las magnitudes	G3	G1, G4, G2				
		Sobre meteorología		G3, G2		G1, G4		
	C2. Procedimental	Variables y control de variables		G3			G4	G2, G1
		Medición, incertidumbres, replicabilidad y representación de datos		G3		G4	G1, G2	
		Diseño experimental		G3			G1, G2, G4	
	C3. Epistémico	Naturaleza de la ciencia y la tecnología (observaciones, objetivos, compromisos...)			G3		G2	G1, G4
		Toma de datos y error. Influencia en el conocimiento		G3			G2	G1, G4
		Uso de la ciencia y la tecnología para abordar problemas		G3		G2	G4, G1	

Al igual que se ha hecho con las competencias científicas, para los siguientes gráficos que se exponen, a cada uno de los tres conocimientos científicos se les ha denotado como:

- C1: Conocimiento del contenido
- C2: Conocimiento procedimental
- C3: Conocimiento epistémico

Teniendo esto en cuenta, se puede pasar a analizar los resultados

### 6.2.1. Resultados obtenidos por cada uno de los grupos

El uso que cada grupo ha hecho de los distintos conocimientos científicos se representa en la figura 3.23. En esta se muestra con escala de colores la demanda cognitiva con la que ha sido usado cada uno de los contenidos científicos que han sido analizados:

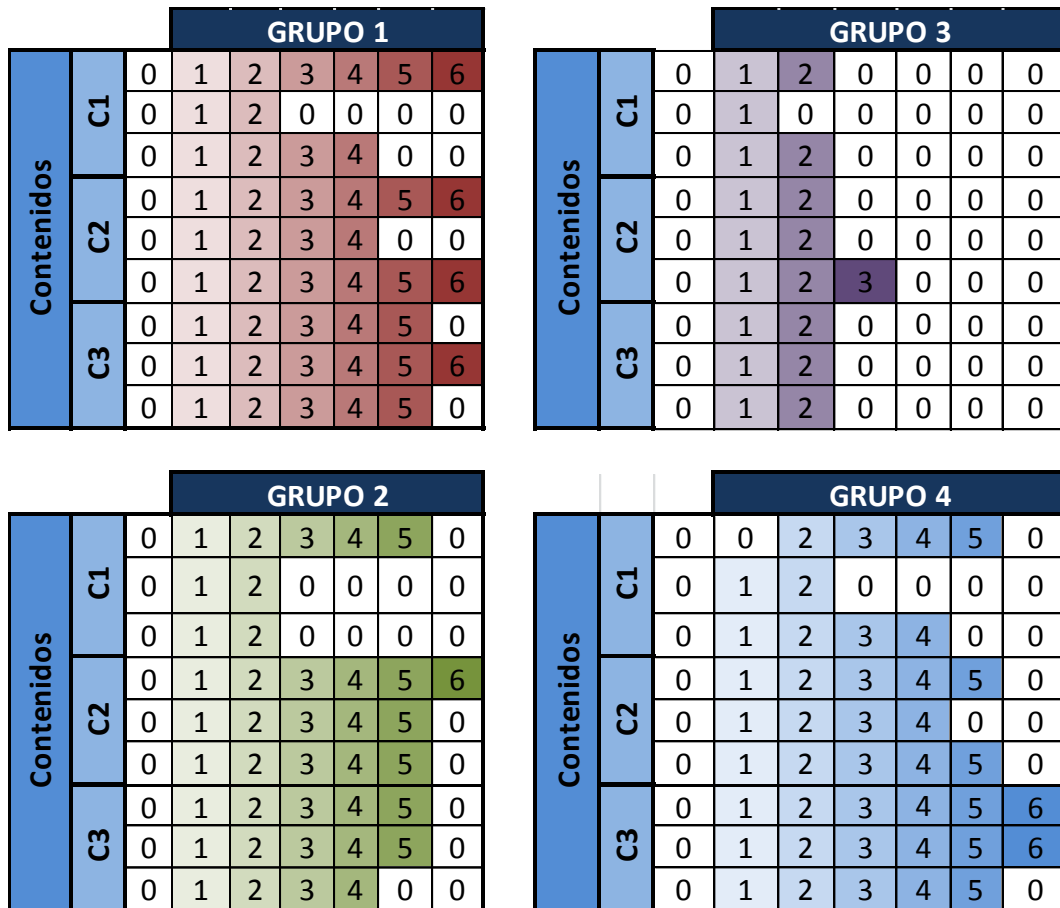


Figura 3.23. Uso que cada grupo ha hecho de los conocimientos científicos establecidos

Esta figura permite observar el uso que cada grupo ha hecho en la categorización de los contenidos científicos establecida. A partir de estos resultados se procede a realizar un análisis equivalente al de las competencias científicas. De esta forma se realiza una comparativa entre los grupos y entre los contenidos.

### 6.2.2. Análisis de desarrollo por grupos

En primer lugar se va a realizar una comparativa de los tipos de conocimientos que cada grupo ha desarrollado en mayor o menor medida. Al igual que para las competencias científicas, estos resultados han sido establecidos teniendo en cuenta el nivel máximo de demanda cognitiva que cada grupo haya alcanzado, sin que se incluyan los alcances previos. La representación del uso de estos conocimientos se ha realizado porcentualmente, lo que permite comparar en qué medida se ha hecho uso de cada conocimiento científico, en el que el 100% supone usar dicho conocimiento al máximo nivel de demanda cognitiva. Estos resultados se muestran en la figura 3.24:

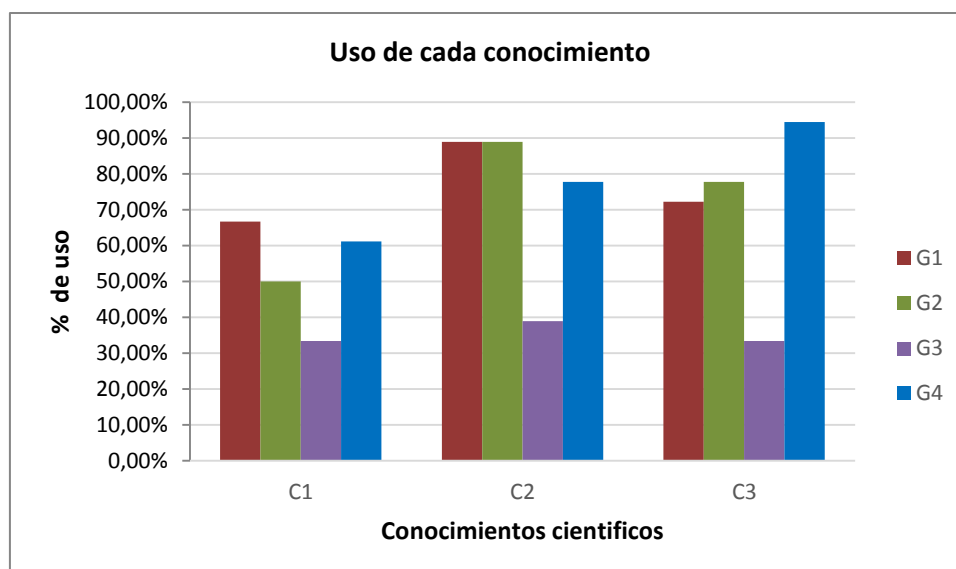


Figura 3.24. Uso de cada conocimiento en los grupos

Con esta representación se observa que el uso de conocimientos científicos ha sido similar entre los grupos 1, 2, y 4. Para los conocimientos del contenido (C1) destacan los grupos 1 y 4 frente a los grupos 2 y 3. Sin embargo en cuanto a los conocimientos procedimentales (C2), son los grupos 1 y 2 los que han hecho un uso mayor, aunque el grupo 4 ha obtenido una puntuación similar. El grupo 4 sin embargo ha sido el grupo que en mayor medida ha usado el conocimiento epistémico (C3). A su vez, aunque los grupos 1 y 2 han hecho un uso menor, no han hecho un uso excesivamente al del grupo 4. En el lado opuesto se encuentra el grupo 3. Este grupo ha hecho un uso relativamente pobre de los tres tipos de conocimiento científico.

Observando estos resultados desde la perspectiva global de la SEA, se observa una tendencia similar a la que se viene estableciendo hasta ahora, en la que destacan el grupo 1 y 4. Sin embargo, el uso de los conocimientos científicos 2 y 3 por parte del grupo 2 lo ha colocado entre los grupos de mayor rendimiento en este aspecto.

La cuestión que es necesario analizar ahora es conocer si qué tipo de conocimientos científicos fomenta la secuencia diseñada.

### 6.2.3. Análisis de desarrollo por contenidos

Para analizar este aspecto se han representado porcentualmente el uso que se ha hecho de cada conocimiento en cada uno de los grupos (Figura 3.25):

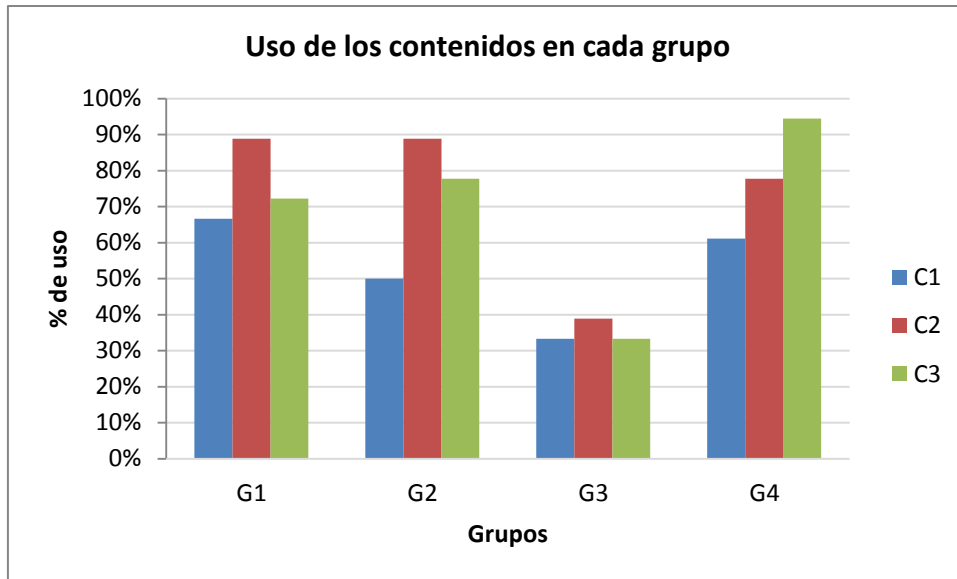


Figura 3.25. Uso de cada conocimiento en los grupos

Con esta representación de los resultados se puede observar que la tendencia de tres de los cuatro grupos es usar en mayor medida los conocimientos 2 y 3 frente al conocimiento 1. Los grupos 1, 2 y 4 tienen mayores resultados para estos conocimientos procedimentales y epistémicos que en el conocimiento del contenido. El conocimiento procedimental es del que un mayor uso se ha hecho por parte de tres de los grupos, siendo el grupo 4 el único grupo que ha mostrado un mayor uso del conocimiento epistémico. Por otro lado, entendiendo el 100% como el uso de mayor rango que se puede hacer de cada conocimiento, se observa que los grupos 1, 2 y 4 superan el tercer cuartil, estando por encima del 75%. El único grupo que no muestra esta tendencia es el grupo 3. En este caso, el conocimiento más utilizado ha sido el procedimental, pero los conocimientos de contenido y epistémico han sido similares.

Finalmente, para observar proporcionalmente el uso que cada grupo ha hecho de cada uno de los tipos de conocimientos, se ha elaborado la figura 3.26. En este gráfico se observa la peso porcentual que cada contenido ha tenido en los grupos:



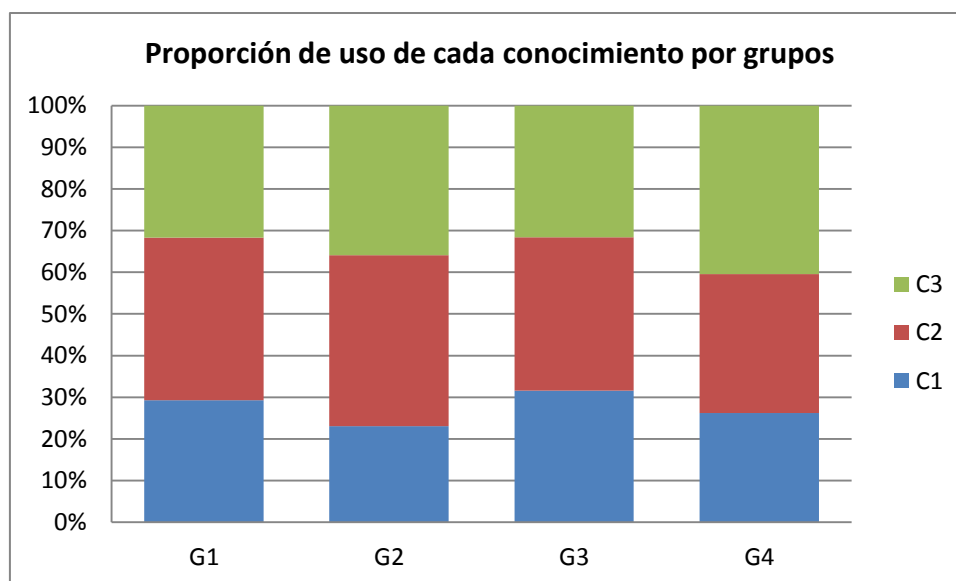


Figura 3.26. Uso proporcional de cada conocimiento por grupos

Al igual que ocurría con las tres competencias científicas, si el uso de los conocimientos científicos fuese proporcionalmente equivalente, cada uno de ellos debería suponer en torno a las 33%. Se observa en la figura, que tan solo en el caso del grupo 3 se acerca a este porcentaje pero sin superarlo. Con el resto de los grupos esta circunstancia no se da. Por otro lado, es el conocimiento procedimental el más destacado, seguido por el epistémico. Estos datos, permiten afirmar que la SEA ha favorecido el uso de los conocimientos procedimental y epistémico frente al conocimiento del contenido, con los cuatro grupos con los que se ha llevado el estudio.

### 6.3. Comparativa en el desarrollo de las competencias y los contenidos científicos

Tras realizar un análisis de los resultados obtenidos para las competencias científicas y los contenidos científicos es necesario incluir un breve comentario sobre la relación entre estos. Tal y como se confirma en el marco teórico desarrollado para este trabajo, el desarrollo de las competencias científicas 2 y 3, es decir, la de evaluar y diseñar una investigación científica y la de análisis y uso de datos, los contenidos de los que mayor uso se va a hacer son los contenidos 2 y 3 (a su vez procedimental y epistémico). Como decíamos, tras realizar este análisis se confirma esta tendencia, ya que tanto las competencias 2 y 3 han sido las más desarrolladas, como los contenidos 2 y 3 los más utilizados. Esto además de dar pie a establecer una discusión de los resultados que concuerda con la teoría (y que será abordada en el siguiente capítulo de este trabajo), también permite interpretar la concordancia de los resultados como un síntoma saludable de la fiabilidad de los datos desde la perspectiva del estudio de caso. Así, esta comparativa entre contenidos y conocimientos científicos también ha podido resultar válida como triangulación de los datos obtenidos para la investigación y que han sido analizados hasta este momento.

## 7. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INDIVIDUAL POSTERIOR POR CUESTIONARIO

Después de exponer y analizar los resultados extraídos de la implementación de la SEA se llevó a cabo un evaluación de los aprendizajes de forma individual mediante un cuestionario. Para esta evaluación se elaboró un cuestionario que fue validado por grupos de expertos, tal y como se ha comentado en el capítulo 4. Este cuestionario lo realizaron todos los alumnos y alumnas que participaron en la SEA, exceptuando una persona que optó por abandonar los estudios de bachillerato.

En este cuestionario se planteaban situaciones inicialmente distintas a las que originalmente se había planteado para el proyecto de la estación meteorológica. Cada una de estas situaciones se solicita resolver un problema que puede tener más de una solución válida, es decir, problemas abiertos. A su vez, cada problema se enmarca en una de las magnitudes físicas trabajadas durante la secuencia, en los que se analiza si los alumnos y alumnas han generalizado los aprendizajes.

El análisis de resultados que se ha realizado de este cuestionario es de carácter cualitativo. En este análisis se ha utilizado cada una de las situaciones propuestas y se ha analizado desde una perspectiva global sin distinguir entre los miembros de cada grupo y después realizando una comparación de los desempeños de los individuos con el desempeño que su grupo obtuvo dentro de la secuencia. En cada una de estas perspectivas, se han analizado los aprendizajes relacionados con las magnitudes físicas implicadas, el uso de los argumentos en la resolución de las situaciones planteadas en el cuestionario, la generalización de los conocimientos y la capacidad de recontextualización de dichos conocimientos en situaciones distintas a la que inicialmente se planteaban en la SEA.

Con estos tres enfoques, se pretende poder analizar la generalización de los aprendizajes alcanzados por el alumnado con su participación en la secuencia.

### 7.1. Resultados y análisis de cada situación planteada en el cuestionario

En primer lugar se procede a realizar un análisis de los resultados de los cuestionarios sobre las magnitudes físicas. Con ello, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de las situaciones planteadas en el cuestionario, en la que se asocia una magnitud a cada situación. Sobre estos resultados se realiza el análisis comparando los aprendizajes que se reflejan en los resultados del cuestionario con los resultados que cada grupo obtuvo en torno a las magnitudes de la secuencia.

#### 7.1.1. Análisis de los aprendizajes sobre la temperatura

La “situación 1” del cuestionario se centra en analizar los aprendizajes sobre la temperatura (ver [Anexo II](#)). El problema se contextualiza en una hipotética situación real en la que el alumnado no debe salir al patio si la temperatura es inferior a 2°C o superior a 34°C. De forma similar, pero sin indicar temperaturas concretas ocurre para visitar el laboratorio. Para ello deben elegir un termómetro para cada situación (no se

especifica si tiene que ser o no el mismo) y elegir una ubicación para cada uno de ellos. Se pide justificar la elección y por qué se desechan el resto de opciones.

Se aporta un catálogo de 8 termómetros distintos en los que se indica el rango, la precisión, el funcionamiento y el tipo de sonda. De estos termómetros se consideran adecuados por su rango de temperaturas el termómetro 7 y 8, aunque el termómetro 8 sería el óptimo porque podríamos conocer las temperaturas por debajo de 0º y no solo hasta el 0ºC. Para uso en interior podrían valer los termómetros 1, 2, 4, 7 y 8, aunque de nuevo se considerarían óptimos el 7 y el 8. Solamente los termómetros 3, 5 y 6 no serían válidos para las dos situaciones propuestas.

Los resultados obtenidos por cada alumno/a se representan en la tabla 3.25, agrupados en cuatro colores que corresponden a cada uno de los grupos. La columna G.A. indica el Grupo.Alumno y la columna *Term.* Indica el termómetro elegido para exterior e interior. Las restantes columnas indican la justificación, la ubicación propuesta y si hay alusión a los termómetros que no han sido utilizados.

Tabla 3.25. Resultados del cuestionario sobre la temperatura.

G.A	Term.		Justificación		Ubicaciones	Alusión a otros termómetros
	Ext	Intr	Ext	In.		
G1.1	8	1	No justifica	No justifica	No propone	No Alude
G1.2	7	8	Alude a precisión máxima, rango de 0º a 50º, sonda de ambiente	No justifica	El exterior colocarlo en el poste de la canasta de baloncesto; el laboratorio no propone	Alude a características poco adecuadas pero no especifica
G1.3	7		Alude a precisión máxima, rango de 0º a 50º y sonda ambiente. Este termómetro es válido para las dos situaciones		Ambas ubicaciones deben ser en alto. En el laboratorio que no influya "nada". En exterior que no influya ningún elemento	No alude
G1.4	7	2	Alude a sonda ambiente, rango suficiente, más preciso	Alude a rango suficiente y fácil colocación	El exterior debe colocarse en un muro. El interior debe colocarse lejos de otros experimentos	Alude a todos los termómetros: el 3 porque es de infrarrojos, el 5 y 6 por ser de contacto, el 4 por poco preciso y el 8 por rango demasiado alto
G2.1	8		Rango "razonado" para el exterior y precisión "aceptable" para tener un "error mínimo"		Ext: Zona elevada y con un viento mínimo Int: Zona elevada y alejado de las ventanas	No alude
G2.2	8		Porque la temperatura no subirá de 50ºC ni descenderá menos de -30ºC		No propone	No alude
G2.3	7		Porque sirve para exterior e		No propone	No tienen sonda

			interior, tiene sonda ambiente, es el más preciso y tiene un rango suficiente		ambiente ni son de alta precisión	
<b>G3.1</b>	7		El rango cumple con las temperaturas dadas	No propone	No alude	
<b>G3.2</b>	7		Sus características son adecuadas	No propone	No alude	
<b>G3.3</b>	7	3	No justifica	No se necesita gran precisión pero si alto rango	La ubicación exterior debe ser en altura	No alude
<b>G3.4</b>	7	8	Gran precisión y rango en temperatura ambiente	No justifica	Ext: Donde no corra riesgo de ser estropeado por personas	No propone
<b>G4.1</b>	7	4	No justifica	No justifica	Lugares protegidos	No alude
<b>G4.2</b>	7	3	Está dentro del rango necesitado	<i>“Porque en el laboratorio se necesitan medir temperaturas extremas”</i>	No propone	No alude
<b>G4.3</b>	7	1	Cumple con el rango dado	Se adecua a las necesidades	No propone	No alude
<b>G4.4</b>	7	1	Cumple con el rango	No justifica	Ext: “donde no vaya a dar la sombra” Int: No propone	No alude

A continuación, se realiza un análisis general de los resultados del cuestionario para esta magnitud y después una comparativa entre los resultados de los integrantes de cada grupo y los resultados alcanzados por el grupo en la implementación de la SEA.

#### Análisis global

Al analizar estos resultados se puede observar que todo el alumnado ha elegido los termómetros 7 u 8 para medir la temperatura en el exterior. Ambos termómetros son válidos para la situación que se plantea en el problema, dado que se necesitan conocer la temperatura cuando sube de 34°C o cuando baja de 2°C, y estos termómetros tiene un rango de medición de entre 0 y 50°C. Las justificaciones para su elección han estado centradas principalmente en la validez del rango. En otros casos, se especifica que además de tener un rango válido para el problema, es más preciso que otros termómetros (se entiende que hacen referencia a otros termómetros que también tienen el rango válido). Finalmente algunos alumnos mencionan la “sonda para ambiente”. El factor de la sonda no fue trabajado en ningún momento dentro de la secuencia y se ha introducido en el cuestionario para evaluar si se hace uso de este nuevo factor o no, en comparación con los factores que deberían conocer. En cuanto a la ubicación de su localización 7 alumnos de los 15, proponen un lugar para su ubicación, aportando algún tipo de justificación. Entre estas justificaciones destacan la colocación en zonas elevadas y solo en una ocasión se habla de que debe ser una zona en la que no se tenga sol y sombra de forma alterna.

En cuanto a la elección para el termómetro interior, no hay una tendencia clara para su elección. En este caso, entre todos los alumnos se llegan a proponer 6 termómetros (de los 8 del catálogo) para colocar en el interior del laboratorio. Las justificaciones para esta elección varían según la elección. En algunos casos se ha atendido al enunciado de la situación propuesta, y se alude a la medición de la temperatura ambiente, por lo que se eligen termómetros adecuados a tal fin (en algunas ocasiones se propone el mismo que para la medición exterior). Sin embargo, dos alumnos proponen el termómetro que mayor rango de medidas realiza “porque en el laboratorio se necesitan tomar medidas extremas”. Esta justificación es válida según la interpretación que ellos hacen, que es usar un termómetro para los experimentos realizados en el laboratorio y no para medir el ambiente. Solo uno de los alumnos propone un termómetro porque su instalación es más sencilla.

Los únicos termómetros que por sus características no podrían ser válidos para la medición de la temperatura ambiente son el termómetro 5 y 6, y en ningún caso han sido escogidos por el alumnado.

Si se comparan los resultados para los termómetros exterior e interior, se observa que la elección del termómetro exterior sigue una tendencia clara (termómetro 7 y 8), mientras que en los termómetros interiores esta tendencia no está presente (se proponen 6 termómetros distintos de los 8 posibles). Por otro lado, en el diseño del cuestionario se prestó atención a las ilustraciones de los termómetros, vigilando que los termómetros propuestos no pudiesen asimilarse a este instrumento dentro de la estación. De esta forma, hay cierta garantía que la elección del termómetro exterior se ha producido por los datos que se aportan en él y no por su representación fotográfica. Esto no ocurre con los termómetros interiores. Como se ha mencionado en uno de los casos, un alumno justifica que el termómetro tiene soporte, extrayendo esta característica de la ilustración que acompaña al termómetro.

Por otro lado, en la elección del termómetro para el laboratorio, aunque las elecciones óptimas podrían ser el termómetro 7 y 8 (elegidos por 8 alumnos de los 15), en ningún caso se han propuesto termómetros que no sean válidos para interior (exceptuando la interpretación de dos alumnos en la elección del termómetro 3).

En esta situación se ofrecía la posibilidad de aludir a los termómetros que no han sido escogidos. Esta acción podría relacionarse con el criterio de argumentación vinculado a la alusión a la posición contraria. En este sentido, además de justificar la elección propia aportando pruebas de la elección, 3 de los 15 alumnos, han hecho alusión a las características menos favorables del resto de termómetros. Estas alusiones contienen alusiones a los rangos y la precisión en dos ocasiones, mientras que una de estas alusiones es poco concreta.

#### Comparativa grupo-individuo

Después de este análisis de los aprendizajes relacionados con la temperatura de todo el alumnado en su conjunto, es conveniente realizar una comparativa entre los desempeños logrados por los alumnos de cada grupo para esta magnitud, frente a los

desempeños de su grupo en el desarrollo de la SEA. Los resultados del cuestionario no ofrecen la misma fiabilidad que los resultados de la secuencia, dado que esta es analizada desde varias perspectiva, varios instrumentos de recogida de datos y durante varios meses de trabajo, sin embargo, van a permitir analizar si las tendencias se mantienen (lo que sería un indicador positivo en la implementación de la SEA) o por el contrario no existe vinculación entre resultados (lo que supondría un indicador negativo en los aprendizajes alcanzados con la secuencia).

Si recordamos los aprendizajes relacionados con la temperatura en la secuencia (Tabla 3.21 de este capítulo), los grupos 1 y 2 fueron los que mayor alcance consiguieron, seguidos de cerca por el grupo 4, y siendo el grupo 3 el que menos alcance consiguió. En cuanto a la calidad de la argumentación los grupos más destacados fueron el grupo 1 y el grupo 4, aunque en la actividad 2, el grupo 2 también realizó un desempeño similar a los grupos 1 y 2, principalmente en los parámetros físicos (Tabla 3.20 de este capítulo). Esta tendencia parece mantenerse en el cuestionario. La diferencia no está tanto en la elección del termómetro exterior, sino en la elección del interior y sobre todo en las justificaciones. En el grupo 1, tres de los cuatro alumnos argumentan la elección del termómetro exterior aludiendo a los rangos y presiones, y dos de ellos justifican también la elección del interior por los mismos motivos. A su vez, tres de los alumnos proponen ubicaciones, y dos de ellos aluden a porqué no han elegido los otros termómetros. En el caso del grupo 2, los tres alumnos proponen los termómetros 7 y 8 para ambas ubicaciones, los tres justifican su decisión aludiendo a rangos y temperaturas, pero solo uno de ellos propone ubicaciones y otro de ellos alude a la posición contraria. El siguiente grupo en alcance sería el grupo 4, aunque la elección del termómetro interior es menos acertada que el grupo 3. Sin embargo, tres participantes justifican la elección del termómetro exterior y dos el interior aludiendo a rangos y precisiones, y dos proponen una ubicación. En el caso del grupo 3, dos miembros justifican la elección aludiendo a rangos y precisiones (uno de ellos alude de forma genérica) y dos proponen una ubicación. Ni el grupo 3 ni el grupo 4 aluden a posiciones contrarias. Esta comparativa entre los grupo permite afirmar que en el caso de trabajar la temperatura, han destacado los grupo 1 y 2 frente al 3 y 4, y aunque el 4 ha mostrado un mejor desempeño en el cuestionario su diferencia con el grupo 3 no es tan clara como el desempeño que mostró en la secuencia. Ahora bien, la tendencia global de los aprendizajes es similar, lo que puede suponer una señal de la validez de los resultados.

### **7.1.2. Análisis de los aprendizajes sobre el viento**

La “situación 2” del cuestionario se contextualiza en la necesidad de instalar un anemómetro en el patio para valorar si hay mucho o poco viento (ver Anexo II). Para ello deben elegir un anemómetro entre un catálogo de cuatro anemómetros. También se plantea la posibilidad de colocar un anemómetro en clase (dada la situación del Covid y las ventanas abiertas). Se pregunta sobre para qué podría servir y si sería útil dentro del aula.

Entre los anemómetros propuestos, los óptimos son el anemómetro 4 y el anemómetro 3, porque miden adecuadamente en un rango de temperaturas que abarcan temperaturas por debajo de 0°C y superiores a 50°C, además de tener rangos de medición del viento que abarcan las necesidades de la zona (entre estos dos anemómetros se considera óptimo el anemómetro 4, ya que tiene un menor rango de medición 0-180km/h frente al 0-250km/h del anemómetro 3, su precisión es menor y no se estima posible que los vientos alcancen los 180km/h en la zona). El anemómetro 3 sería válido en cuanto a rango y precisión de medida del viento, pero no es eficaz fuera del rango de temperatura de entre 0 y 50°C. Por último, el anemómetro 1 tiene un rango de medición del viento demasiado pequeño, pero una alta precisión, por lo que este anemómetro se consideraría ideal para medir en un espacio interior.

Los resultados de esta parte del cuestionario se muestran en la tabla 3.26. La columna *Anem.* Indica el los anemómetros escogidos.

Tabla 3.26. Resultados del cuestionario sobre el viento

G.A	Anem	Justificación	Ubicaciones	Utilidad interior
G1.1	3/1	El rango del tres es válido para el exterior En el interior no se necesita un rango tan alto	No propone	Sería muy útil para conocer "cómo de limpio está el aire de la clase y cuanto se renueva el aire por el virus"
G1.2	4	"porque puede medir entre una temperatura de -30°C y 70°C" y entre los posibles tiene la mayor precisión	"Zona más alta del patio"	No ve la utilidad
G1.3	1	"porque su rango es de 0 a 25km/h y es el más preciso"	"Donde no haya muchas paredes"	"medir alguna corriente de viento"
G1.4	2	"es el más preciso, con un rango de temperatura válido y sirve para medir velocidades de viento peligrosas"	"Un lugar alto donde no interfieran los edificios"	"se podría usar para medir a velocidad del viento ya que algunos días hay viento en clase, pero no sería útil"
G2.1	4	"los rangos más agresivos de Zaragoza suelen ser como máximo de 180km/h y el rango de ese anemómetro se ajusta a esto, la precisión es buena, aunque no afecta tanto como el rango en este caso"	No propone	"sería más útil conocer la temperatura que el viento dentro de clase"
G2.2	4	"tiene mayor precisión"	"en la parte superior del edificio donde no afecte ningún agente externo que tenga influencia en el viento"	No alude
G2.3	3	"por el rango de velocidades y también de	"La ubicación perfecta sería en el patio, en un	No alude

		temperatura”	sitio sin objetos, ni paredes a los lados para que no interfieran en los datos”	
<b>G3.1</b>	2	“es útil para el problema”	No propone	No es útil porque no hay viento dentro de clase
<b>G3.2</b>	3/1	Ext: “su rango de velocidad es muy elevado” Int: “ya su precisión es menor”	No propone	No alude
<b>G3.3</b>	3	“mide en temperaturas extremas y el rango del viento es muy alto y no se necesita gran precisión”	No propone	No alude
<b>G3.4</b>	4/1	Ext: “tiene mayor precisión, el rango es suficiente y es eficaz para temperaturas en esta zona” Int: “para el interior usaría el 1 porque es muy preciso y su rango es acorde a los vientos dentro de clase”	No propone	“sería útil para conocer corrientes entre clases”
<b>G4.1</b>	4	No justifica	“en la azotea porque allí no está protegido”	“Ayudaría por la ventilación para el covid”
<b>G4.2</b>	4	“se sitúa dentro de las características de temperatura del lugar”	“lugar donde no haya muchas paredes y pueda medir bien”	Sí sería útil, “ya que cuanto más aire entre más limpio el ambiente”
<b>G4.3</b>	4/1	“se adecúa en el rango de velocidades y es el más preciso”	No propone	No alude
<b>G4.4</b>	4	Se elige por medir en un rango alto de temperatura, medir un rango alto de velocidades y ser más preciso que el 3”	No propone	“sería útil para saber la corriente de aire y ventilar los aerosoles en época Covid”

### Análisis global

Al analizar los resultados se observa que para el viento, los cuatro anemómetros del catálogo han sido escogidos en alguna ocasión, aunque son los anemómetros 3 y 4 las mejores opciones, y el 4 la opción óptima. Esta última opción ha sido escogida en ocho de las quince ocasiones, mientras que el anemómetro 3 se ha escogido cuatro veces. De las tres ocasiones restantes, en dos ocasiones se ha escogido la opción 2 y en una ocasión la opción 1. Recordemos que esta última opción es la única que no es válida para medir en el exterior por su escaso rango de medida. Respecto a la justificación de la elección del anemómetro exterior, todos los alumnos con la excepción de uno, han justificado su elección. De estas justificaciones existentes, cuatro de ellas aluden a las tres características ofrecidas: mide un rango de velocidades adecuado al lugar, mide en



un rango de temperaturas necesario y entre los posibles, se escoge el más preciso. Otro alumno utiliza los mismos argumentos, pero ha elegido el anemómetro 2, que mide entre temperaturas de 0 y 50°C. En cinco ocasiones se justifica aludiendo al rango de velocidades o a la precisión como justificación de la elección. Las dos ocasiones restantes, las justificaciones son genéricas y del tipo “es útil para el problema”. En cuanto a la elección de una ubicación para el anemómetro, no se propone en ocho ocasiones. De las restantes siete, en todas ellas se hace referencia a que no debe haber “agentes” o “factores externos” como pueden ser paredes, edificios u obstáculos que interfieran en la medición de la velocidad del viento, y por ello en cuatro ocasiones se mencionan lugares altos como puede ser la azotea del colegio.

Respecto a la posibilidad de instalar un anemómetro en el interior de las aulas, se ha intentado ofrecer la posibilidad de que el alumnado vincule la ventilación de las clases en época de pandemia, con el uso de un anemómetro como indicador si hay corrientes de aire en el aula que permitan la ventilación. Esto supondría una aplicación del conocimiento. En este sentido, en cinco ocasiones no se ha hecho alusión a la cuestión, en tres ocasiones se ha considerado que no es útil, en tres ocasiones se ha considerado útil para medir corrientes de viento, pero sin relacionar con el Covid, y en cuatro ocasiones se ha vinculado explícitamente el uso del anemómetro para conocer la ventilación en las aulas. De las siete ocasiones que se ha considerado útil, en tres ocasiones se ha propuesto el anemómetro 1, y el resto no ha propuesto ningún anemómetro o hacía referencia al mismo que elegiría para el exterior. Ahora bien, en dos ocasiones no se ha mencionado la relación con la ventilación de las aulas, pero se propone el anemómetro 1 para medir en el interior. La justificación del anemómetro 1 se centra en que no se necesita un rango de velocidades tan alto y se necesitaría una mayor precisión.

Si se realizan las comparaciones entre la elección de un anemómetro para el interior y otro para el exterior, se observa que la tendencia y justificación de la elección exterior sigue una tendencia similar. En los casos en los que además se aluce al rango de temperatura eficaz para medir, se da muestra que se ha relacionado con el rango de temperaturas de la zona (entendiendo que pueden llegar a ser negativas). Esto supone una interrelación de las magnitudes trabajadas. Por otro lado, no todos los alumnos han visto la opción de usar este instrumento como posible indicador de concentración de aerosoles en el aula debido a las corrientes de viento. Se puede entender que estos alumnos no han sido capaces de extrapolar ese conocimiento a una situación distinta. En el resto de caso, se ha visto que el alumnado ha podido recontextualizar su aprendizaje en una situación distinta. Finalmente, tanto aquellos que han visto utilidad, como otros que no, varias personas han propuesto un anemómetro para interior, relacionando con la necesidad de un rango de velocidad del viento menor y una mayor precisión para esta situación. En ese sentido, de nuevo han usado su conocimiento para llevarlo a una situación distinta más allá de elegir un anemómetro para el exterior.

### Comparativa grupo-individuo

Los aprendizajes alcanzados en relación con la magnitud del viento dentro de la SEA tuvieron una relevancia similar en todos los grupos. En la primera actividad, destacó el grupo 1 y 4, pero en la segunda actividad, el trabajo con esta variable fue bastante similar en los cuatro grupos (Véase Tabla 3.21). Esta situación parece ser similar en la “situación 2” del cuestionario. En primer lugar son los grupos 2 y 4 los que obtienen unos resultados más acertados. Los tres miembros del grupo 2 optan por la elección de los anemómetros 2 y 4 (en dos ocasiones por el cuatro), además los tres miembros de este grupo justifican su elección y en uno de los casos utilizando las tres pruebas de las que disponían. Al mismo tiempo, dos miembros proponen una ubicación que describe las características del lugar. En el grupo 4, todos los miembros proponen el anemómetro 4, justificando en tres de ellos y en dos de los casos utilizando las tres pruebas disponibles. En cuanto a la ubicación, dos de los miembros proponen y justifican parcialmente. En el caso de los grupos 1 y 3, los resultados del cuestionario en la elección del anemómetro exterior son muy similares. En el grupo 3 se ha elegido en una ocasión el 4, en dos ocasiones el 3 y una de ellas el 2, y en todos los casos se justifica la elección. En el grupo 1, cada equipo ha elegido un anemómetro distinto y también se justifica en todos los casos. Aunque tras este comentario, se entiende que el resultado del grupo 3 es mejor que el del grupo 1 (recordemos que los anemómetros 3 y 4 son válidos, aunque el 4 es el óptimo), la diferencia ha estado en que tres de los cuatro miembros del grupo 1 proponen una ubicación y sin embargo, ningún miembro del grupo 3 propone ubicación para sus elecciones. Al realizar esta comparativa entre los grupos y los miembros de los grupos, se puede observar que, efectivamente, la tendencia de los aprendizajes de la SEA, parece repetirse en el cuestionario.

Si se analiza la argumentación en esta pregunta del cuestionario, se puede afirmar que es similar en todos los casos, los argumentos más destacados son los del grupo 4 y el grupo 1. El grupo 2 también realiza al menos un argumento que engloba todas las pruebas. Sin embargo podría decirse que la sorpresa viene dada por el grupo 3, dado que tres de sus miembros utilizan argumentos basados en pruebas.

Finalmente, si se analizan los resultados desde la óptica de su uso en contextos distintos, se observa que tres de los miembros del equipo cuatro ven útil usar un anemómetro dentro del aula, aplicado a la situación de pandemia actual. Esta generalización del conocimiento en este grupo, encaja con los desempeños de este grupo dentro de la propia actividad y también en el desarrollo de esta parte de la secuencia. Esto podría entenderse como una señal positiva sobre el alcance de los aprendizajes de la SEA, pues en otro caso, la tendencia del aprendizaje de los grupos no encajaría con la de sus miembros. En el caso del grupo 2, aunque su desempeño en el problema ha sido positivo, no se da dicha recontextualización. Tampoco se da para el grupo 3. En el caso del grupo 1 se da parcialmente, dado que un participante si realiza esta conexión, y dos de ellos asocian el instrumento a un uso idéntico al exterior, pero aplicado al interior, eso sí, sin contextualizar. En este caso, podría

afirmarse que los resultados asociados a otras magnitudes, también influyen en esta. Por ejemplo, ha sido necesario utilizar conocimientos relacionados con la temperatura para hacer una elección idónea del anemómetro. La falta de estos conocimientos puede interferir en realizar dicha generalización de conocimiento. Es decir, para que pueda realizarse esta generalización de los conocimientos, no es posible desarrollar cada magnitud por separado, sino que, aunque se desarrollen destrezas mayores o menores en cada una de ellas, la construcción global de todas es la que te ofrece la posibilidad de hacer una generalización.

### 7.1.3. Análisis de los aprendizajes sobre la presión

La “situación 3” se plantea como un problema de salud de una persona que sufre dolores de cabeza debido a la presión (a más presión sufre mayor dolor) (Ver [Anexo II](#)). Esta persona tiene que decidir entre mudarse a 2º piso o a un piso 90. Ella desconoce si esto afecta a su problema de salud. El alumno debe aconsejarla a tomar una decisión. Esta situación también propone un cálculo numérico relacionado con la presión.

Para este problema, la respuesta que se espera en torno a la recomendación es que se proponga el piso 90, ya que si la protagonista sufre más dolor cuando aumenta la presión, esta debe vivir en lugar más alto posible para que la presión sea menor. Por otro lado se ha ofrecido la posibilidad de realizar cálculos numéricos. Para ello se ha proporcionado la fórmula para calcular la presión hidrostática debida a la columna de aire que hay por encima. Esto puede suponer un problema, ya que se prevé que el alumnado sustituirá directamente en la fórmula por la altura y eso supondrá un resultado numérico que indica una mayor presión a mayor altura. Dada esta circunstancia se quiere observar cómo se justifica dicho resultado y en su caso si se plantea alguna alternativa a su resolución 8 (tabla 3.27).

Tabla 3.27. Resultados del cuestionario sobre la presión

G.A	Piso	Justificación	Cálculo numérico
G1.1	90	“a más altura menos presión, por tanto recomendaría el piso 90, ya que habrá menos presión”	No hay
G1.2	90	“menos presión en el piso 90”	Hay cálculo numérico pero sin razonamiento
G1.3	90	“a mayor altura, menos presión”	No hay
G1.4	90	“a más altura, menor la presión”	No hay
G2.1	90	“Si el problema es la presión está claro que a mayor altura hay menos presión, sin embargo hay que aclarar que los cambios de presión podrían afectarle más por lo que vivir en el piso 90 y tener que bajar todos los días podría causarle más migrañas que simplemente vivir en 2º piso. Aun así si busca menos presión, que viva en el 90”	Hace los cálculos y detecta que sus resultados no pueden estar bien, porque sale la presión mayor en el punto más alto. No encuentra el error, pero alude a que la densidad del aire tiene que ser obligatoriamente menor a más altura
G2.2	2	“si hay mayor altura, hay mayor presión”	No hay
G2.3	90	“a mayor altura, menor presión, pero a lo	Hay cálculos pero no se usan las

		mejor el cambio el cambio de presión no es suficiente para sus migrañas”	unidades adecuadas”
<b>G3.1</b>	-	No debe afecta un piso u otro	No hay
<b>G3.2</b>	90	“a más altura, menos presión”	No hay
<b>G3.3</b>	2	“es mejor el segundo piso por que habrá menos presión atmosférica” (alude a los cálculos que ha realizado)	Realiza los cálculos, pero no identifica donde está el error de estos cálculos
<b>G3.4</b>	90	“a más altura, menor presión”	Hay cálculos, pero sin aludir qué es cada cosa ni usar unidades
<b>G4.1</b>	-	No sabe	No hay
<b>G4.2</b>	90	“mientras más alto, menos presión”	No hay
<b>G4.3</b>	90	“mientras más cerca del suelo, más presión hay”	No hay
<b>G4.4</b>	90	“tendrá más migrañas cerca del mar porque hay mayor columna de aire por encima y entonces, mayor presión”	Hay cálculos pero detecta el error. Afirma no poder hacer el cálculo porque la densidad del aire cambia con la altura

### Análisis global

Los resultados del cuestionario referentes a la presión son bastantes claros. De los 15 participantes, 12 contestan que debe vivir en el piso 90, 1 de ellos que debe vivir en el 2 piso, otro que la presión no afecta y una persona que no sabe contestar. De los 13 participantes que optan por esta opción, todos ellos argumentan aludiendo a “a más altura, menos presión”. En los casos en los que se ha propuesto un segundo piso, la justificación es la misma, pero interpretada de forma inversa: “a más altura, más presión”. En cuanto a esta respuesta, no cabe un análisis mucho más profundo, pudiendo afirmarse que la justificación ante el problema ha sido adecuada. Sin embargo, resulta de interés analizar la respuesta de uno de los miembros del grupo 2. Este alumno alude a una hipotética situación, en la que asumiendo que si la migraña aumenta cuando aumenta la presión, la persona debe vivir en el piso 90, plantea la posibilidad de que la migraña no venga originada tanto por la presión sino por los cambios de presión. En este sentido recomendaría a la persona a vivir en el segundo piso para no sufrir diariamente los cambios tan bruscos que puedan producirse debidos a tener que subir y bajar continuamente al piso 90.

Por otro lado, es necesario analizar los casos en los que se han realizado cálculos numéricos. Seis de los participantes realizan cálculos numéricos con la fórmula propuesta, sin embargo, cuatro de ellos o no usan bien las unidades o realizan los cálculos pero no se alude a ellos (solo hay alusión de una persona que justifica la elección del 2º piso como mejor opción, porque allí la presión es menor). Sin embargo, en dos casos se identifica algún tipo de error en dichos cálculos, pues el resultado de estos no concuerda con la respuesta que teóricamente conocen. En este sentido, estas dos personas identifican el problema en la densidad del aire, y afirman que no es posible calcular la presión de esa forma dado que la densidad del aire es menor cuando aumenta la altura.

En la figura 3.27, se expone un fragmento de estas respuestas:

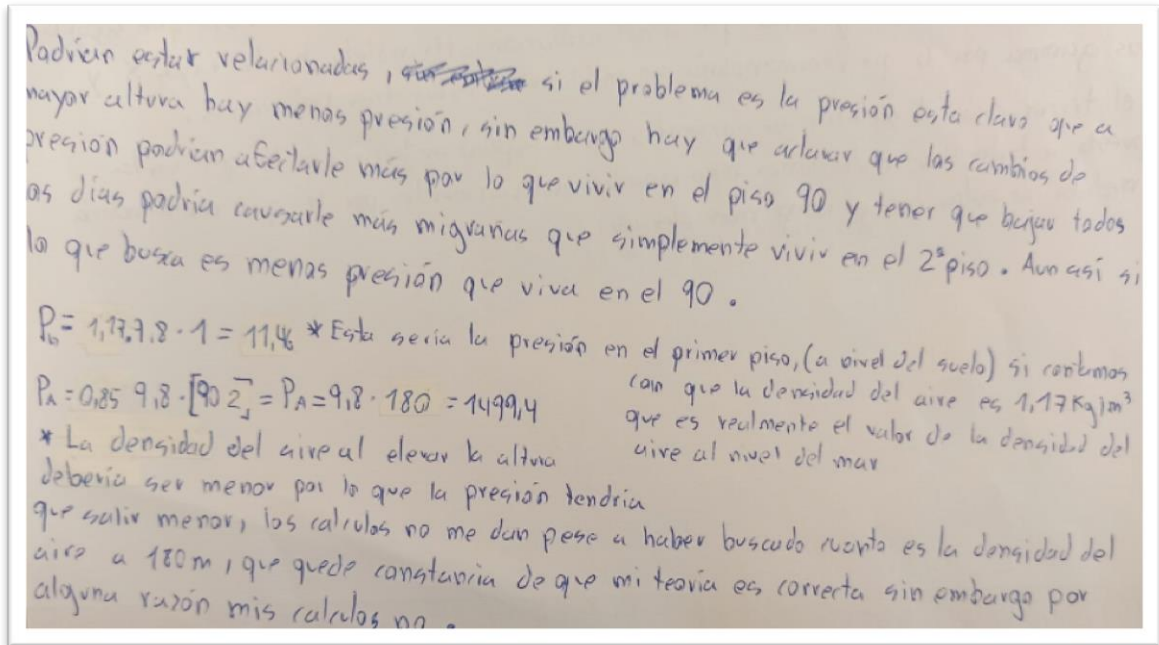


Figura 3.27: Respuesta de un alumno a la pregunta sobre presión en el cuestionario

La presión ha sido una de las variables que menos fue utilizada en la implementación de la SEA. De esta forma, no se planteó en el cuestionario una pregunta que excediera en demasía la dificultad para responder por parte del alumnado. Sin embargo, no se esperaba una respuesta con una tendencia tan clara tanto en la decisión como en su justificación en respuestas positivas. Esto nos lleva a pensar que la respuesta ha sido tan clara debido a que dentro del trabajo con la estación meteorológica, la presión apenas fue trabajada y el único aspecto que descubrió el grupo 2, es que variaba con la altura. Factor que intentaron comprobar, que no consiguieron, pero que mostraron gráficamente en la exposición de sus resultados. En la figura 3.28 se muestra la diapositiva que uso el grupo 2 para comentar tal circunstancia:



Figura 3.28: Diapositiva utilizada por el grupo 2 en la sesión número 8 de la secuencia

La edición de la foto no es buena, aunque explícita con claridad la referencia a la diferencia de medidas entre ambas ubicaciones. Se ha incluido la imagen por su posible vinculación con los resultados de los grupos en la situación dedicada a la presión.

#### Comparativa grupo-individuo

Si se analizan los resultados de los grupos en sus desempeños relacionados con la presión se observa que los grupos 1 y 2 son los que mejor desempeño tuvieron. A estos les sigue el grupo 4 y finalmente el grupo 3. Estos resultados son similares a los obtenidos para esta magnitud en la secuencia. Así, dos de las personas del grupo 3, responden erróneamente, una persona del grupo 4 y una persona del grupo 2.

#### **7.1.4. Análisis de los aprendizajes sobre la lluvia**

En la “Situación 3” planteada, una agricultora necesita conocer la lluvia diaria a lo largo de un mes. Se pide al alumnado que le indique como construir uno (Ver Anexo II). Además se pregunta sobre el funcionamiento del pluviómetro de la estación meteorológica.

En este caso, en cuanto al procedimiento de fabricación de un pluviómetro no se espera una respuesta unívoca y concreta por parte del alumnado, sino un procedimiento que principalmente tenga en cuenta las variables básicas de las que se compone la medida de un pluviómetro, es decir la relación entre el volumen de agua de lluvia por unidad de área. Respecto a su relación con la estación meteorológica, la pregunta que se realiza excede a lo que los grupos necesitaron en el uso del factor lluvia, dado que se pregunta sobre el funcionamiento del pluviómetro de la estación. El funcionamiento de este se basa en el cálculo de la masa de agua que cae por unidad de área, convirtiendo esa medida en volumen/área.

A continuación se exponen las respuestas de los alumnos agrupadas en fabricación de un pluviómetro y funcionamiento del pluviómetro de la estación (Tabla 3.28):

Tabla 3.28. Resultados del cuestionario sobre la lluvia

<b>G.A</b>	<b>Procedimiento de fabricación</b>	<b>Pluviómetro de la estación</b>
<b>G1.1</b>	“colocaría un bidón que traiga las medidas, lo dejaría a la intemperie y se irá llenando, y ella en un cuaderno que apunte cuánto se va llenando”	No alude
<b>G1.2</b>	“le diría que cogiera un vaso y observamos el tiempo que tarda en llenarse para así calcular el volumen de agua y el tiempo”	No recuerda como medía
<b>G1.3</b>	“puede coger un cubo ara medir la recogida de agua”	“funcionaba cuando registraba la caída de agua”
<b>G1.4</b>	“con un tarro de mayonesa que tenga las unidades”	“se puede medir en $dm^3$ ”
<b>G2.1</b>	“utilizaría un recipiente transparente de área conocida en cuyo exterior marcaría rayas de un milímetro. Para	“No recuerdo las unidades de la estación, pero sí que el pluviómetro

	saber cuánto ha llovido en un tiempo determinado solo hay que ver cuántos milímetros cúbicos hay dentro del recipiente y mediante una regla de tres calcular los que han caído por metro cuadrado”	estaba formado por dos partes, un embudo para recoger el agua y un recipiente para acumularla y posteriormente saber cuánto ha llovido por peso”
<b>G2.2</b>	“debe colocar un recipiente con un embudo, cuanto más tiempo esté sometido a la lluvia, mayor capacidad deberá tener”	No alude
<b>G2.3</b>	“un tarro con medidor, como de cocina, para indicar cuántos ml hay de contenido y un cronómetro al lado para ver cuánta lluvia cae por hora en el tarro. Mide en mililitros, litros o $dm^3$ ”	“media recogiendo agua con una superficie____ y medía e muchas unidades”
<b>G3.1</b>	“No sabe cómo se puede fabricar”	No recuerda
<b>G3.2</b>	“pondría un vaso para ver cuánto se llena y así medir la cantidad de lluvia que hay en “x” tiempo”	“la estación medía con una especie de embudo, cuando cae el agua depende de la cantidad de agua que obtenga una palanca (situada al fondo) bajaba más o menos”
<b>G3.3</b>	“podría hacerlo con un vaso cualquier marcando las medidas” Se mide en $ml/m^2$	No alude
<b>G3.4</b>	Yo utilizaría un recipiente de cocina y lo colocaría en una zona libre y sin moverlo. Cuando deje de llover lo mides para que no se evapore”	No alude
<b>G4.1</b>	“no lo sé”	No alude
<b>G4.2</b>	“se podría construir un pluviómetro con un recipiente en el que marcamos las cantidades que nosotros generamos, cada día que llueve se llenará hasta cierta marca, así solo se miran las marcas”	“la estación medía en $litro/m^2$ ”
<b>G4.3</b>	“colocamos un bidón con medidas por $m^3$ y apuntamos cuánto se va llenando a lo largo del mes”	No alude
<b>G4.4</b>	Un cubo y cada día mide el volumen que se ha acumulado y lo divide por la superficie”	“El pluviómetro hacía algo similar pero entraba y salía inmediatamente”

### Análisis global

Al analizar las propuestas del alumnado sobre la fabricación de un pluviómetro, se observa que lo más común, seis alumnos, ha sido hacer referencia a un recipiente que tenga las medidas de volumen, como “un tarro de cocina”, o en su caso se trazan, para observar la cantidad de agua recogida, pero sin aludir a la relación de esta cantidad de agua por la unidad de superficie. Esta relación solo es establecida por tres participantes, de forma que además de proponer medir el volumen lo relación con el área del recipiente que recoge dicho volumen. En dos ocasiones el alumnado no ha sabido proponer una forma de fabricar un pluviómetro. Finalmente, entre los cuatro alumnos restantes han hecho referencia a medir el volumen de agua que cae, pero en lugar de establecer una relación con el área en el que cae, han hecho la relación con el tiempo que tarda la lluvia en caer. Esta relación no tratada en el desarrollo de la secuencia en ningún momento.

Por otro lado, en cuanto al funcionamiento del pluviómetro de la estación meteorológica, la respuesta más común ha sido el desconocimiento de la forma en la que se mide la lluvia en la estación meteorológica (8 personas). Otros dos alumnos hacen referencia a que la medición de la estación era instantánea, y en tres ocasiones las respuestas han estado vinculadas a las unidades de medida de la estación. Los dos alumnos restantes son los únicos que han intuido el funcionamiento del pluviómetro de la estación. En uno de los casos se hace referencia a una palanca situada al fondo del recipiente para recoger el agua de lluvia, que bajaba más o menos con la cantidad de agua que había. En el segundo caso, directamente se relaciona la forma de medir con el peso del agua, ya que la palanca bajaba por el peso del agua.

#### Comparativa grupo-individuo

Durante el desarrollo de la SEA, los desempeños relacionados con la medida de las precipitaciones fueron desiguales entre la actividad 1 y 2. En la primera actividad los grupos destacados fueron el 1 y el 4, aunque de nuevo el grupo 2 estuvo cerca del nivel del grupo 4, y el grupo 3 tuvo un desempeño inferior al resto. Sin embargo en la actividad 2, en referencia a la lluvia fue el grupo 1 el que peor puntuación obtuvo, teniendo la misma puntuación los grupos 2, 3 y 4. Los desempeños dentro del cuestionario muestran unos resultados más parecidos a la actividad 2 que a la actividad 1 de la secuencia. Los tres alumnos que han relacionado volumen con superficie corresponden al grupo 2, 3 y 4. El mismo alumno del grupo 2 ha relacionado la medición del pluviómetro de la estación con el peso del agua de lluvia, y otro alumno del grupo 3 (distinto al que ha relacionado volumen y área), identifica la palanca que baja más o menos según la cantidad de agua. Sin embargo, este alumno del grupo 3 es el único que propone un funcionamiento para el pluviómetro. En los grupos 1 y 4, dos de los alumnos no saben como funcionaba el pluviómetro, y solo un alumno del grupo 2, no sabe de dicho funcionamiento. En alusión a las unidades de medida del pluviómetro de la estación hacen alusión algún alumno del grupo 1, 2 y 4, mientras que del grupo 3, a excepción de la propuesta de construcción del pluviómetro que relaciona volumen y área, ningún miembro alude a las unidades del pluviómetro de la estación. Esto puede significar que el trabajo con las unidades de medida se trabajó más en la actividad 1, en la que los grupos 1, 2 y 4 tuvieron mejor desempeño, y han sido los grupos que han trabajado las unidades. Sin embargo, en la actividad 2, se trabajaron aspectos más relacionados con el instrumento de medida. En esta actividad, como hemos dichos, tuvieron mejor desempeño los grupos 2, 3 y 4, que justo coinciden con el mejor desempeño en el cuestionario en relación a las propuestas de resolución más prácticas. Esto nos puede llevar a pensar que la actividad 1 sirve como introducción teórica, aunque se lleve a cabo de forma práctica, para la actividad práctica (actividad 2).

#### **7.1.5. Análisis de los aprendizajes sobre la radiación**



En la “situación 5” se necesita medir la radiación solar en tres situaciones distintas: a nivel del mar, en un avión a 9km de altura y en un satélite a 35000km de altura (Ver Anexo II). Se pregunta al alumnado sobre si el medidor de radiación debe ser igual o distinto en cada situación y qué factores tendrían en cuenta para su elección

Con esta pregunta se ha intentado analizar la relación entre los aprendizajes sobre radiación alcanzados con la SEA y su aplicación o relación con otros conocimientos. Con ello, se pretende que los alumnos y alumnas sepan relacionar las características que debe tener un medidor de radiación según las distintas características del lugar donde va a ser utilizado. Para realizar el análisis se presentan los resultados del cuestionario en dos columnas: en una se indica si han elegido el mismo medidor para las tres situaciones propuestas, y en la segunda columna la justificación de su respuesta (Tabla 3.29).

Tabla 3.29. Resultados del cuestionario sobre la radiación

G.A	Mismo medidor	Justificación
G1.1	No	Justifica diciendo que necesitan soportar distinta radiación solar
G1.2	No	“me fijaría en qué condiciones hay en cada caso para poder medir en cada uno de los casos pertinentes”
G1.3	No sabe	No alude
G1.4	No	“ya que la altura es diferente y sería necesario saber la cantidad de radiación máxima y mínima” (en cada caso)
G2.1	No	“En el primer caso con un medidor de radiación que fuese capaz de detectar los rayos ultravioleta principalmente, que son los más perjudiciales en las playas, nos serviría para saber los riesgos a los que se expone la gente” “a esa altura el avión tendría que soportar muchas más radiaciones que al nivel del mar ya que no tiene una atmósfera, ni la capa de ozono protegiendo el avión de ninguna radiación. Diría que recibirá radiación desde ultravioleta a rayos X y rayos gamma, por lo recomendaría un medidor de esas tres radiaciones” “en el tercer caso el satélite se encuentra en el espacio exterior por lo que está expuesto a todas las radiaciones, por lo que recomendaría un medidor de estas con un rango más elevado”
G2.2	No	“Usaría distinto tipo de medidor ya que los factores cambian por lo que el medidor debería cambiar”
G2.3	No alude	Habría que fijarse en el rango de radiación y cuánto soporta [el máximo] para funcionar eficazmente. También habría que fijarse en otros factores como las velocidades altas o las temperaturas más bajas o altas”
G3.1	No alude	No alude
G3.2	No	“son situaciones muy diferentes. A la hora de elegirlo me fijaría en las características necesarias para cada situación”
G3.3	No alude	No alude
G3.4	No	“en el espacio la radiación y la presión son muy diferentes a los de una playa. Los materiales deben ser específicos para cada situación”.
G4.1	No	“ya que la radiación es mucho mayor a más altura, debido a que a menos capas [de atmósfera], menor protección”
G4.2	No	“ya que las diferentes capas de la atmósfera dejan pasar diferente tipo de radiación según su longitud de onda. Cuánto más abajo llegan las ondas, mayor es su longitud de onda”
G4.3	No	“el rango de radiación que capta tiene que ser distinto, el satélite estará expuesto

		a más radiación que el avión. Además el tipo de radiación que llega al mar es distinto que el que recibirá el satélite”
<b>G4.4</b>	No	“en el primer caso no debe superar altas temperaturas y no se necesita mucha precisión” “el de la avión debe tener más rango porque está más cerca del sol por lo que recibe más radiación. También debe ser eficaz a temperatura muy bajas, por estar a gran altura y sus materiales deben ser resistentes al viento, porque van a mucha velocidad” “El medidor del satélite debe tener un rango mayor porque incide mayor radiación solar. También debe tener un rango de temperaturas bajas, por estar a gran altura”.

### Análisis global

En el análisis de análisis de las respuestas del cuestionario en torno a la radiación, solo 4 participantes no responden a la pregunta frente a los once alumnos restantes que responden que no usarían el mismo medidor para cada una de las situaciones propuestas. Si se analiza exclusivamente estas respuestas se puede afirmar que no hay respuestas erróneas, dado que no podría utilizarse el mismo medidor de radiación y en su caso, si fuese el mismo, habría que especificar nítidamente que el rango de medida de este debe ser muy amplio para poder abarcar las radiaciones tanto al nivel del mar como a en la atmósfera. Por ello, hay que analizar las justificaciones que se realizan para esta respuesta. De las once respuestas, cuatro de ellas justifican su elección aludiendo a las características distintas que soportaría cada medidor, por lo que tendría que ser diferente, sin embargo ninguna de las cuatro respuestas alude a características específicas de las situaciones, por tanto se justifica la respuesta de forma genérica. Por otro lado, en dos ocasiones los alumnos concretan afirmando que la radiación solar en cada una de las situaciones será distinta, por lo que el medidor debe ser distintas (en uno de estos casos se alude a la influencia de las longitudes de onda intervinientes, afirmando que los medidores deben ser distintos porque las longitudes de onda mayores penetran más en la atmósfera). En cuatro ocasiones, también se justifican aludiendo a la diferencia de radiación entre una situación y otra, aunque se menciona explícitamente la necesidad de un rango mayor para conforme los medidores se sitúan a más altura, justificando esta necesidad por el filtro de radiación que supone la atmósfera. Así, concluyen que a mayor altura el rango de radiaciones es más elevado que a menos altura, y por eso deben utilizarse medidores distintos. Los tres alumnos que restan, justifican su elección aludiendo al mismo factor, la diferencia en el rango de radiación provocada por el filtro de la atmósfera. Sin embargo cada uno de estos alumnos aporta más variables a su justificación. En uno de los casos se alude a cada una de las situación (playa-avión-satélite), en la que para medir la radiación en la playa utilizaría un medidor centrado en la radiación UVA, por ser la más peligrosa y advertir a la población, en el caso del avión al estar en una capa mucho más alta de la atmósfera y posiblemente fuera de la protección de la capa de ozono, necesitaría un medidor que abarcara a otro tipo de radiaciones que van desde los ultravioleta a los rayos gamma, y finalmente en el tercer caso utilizaría un medidor con un rango mucho más elevado que abarcara todas las radiaciones. Los otros alumnos, además del rango de radiación incluye entre sus variables para elegir el

detector de radiación el rango de temperaturas en el que mide, dado que pueden variar mucho entre la superficie de la Tierra (temperaturas altas) y fuera de la atmósfera (temperaturas bajas). Además estos alumnos incluyen entre los factores a tener en cuenta la velocidad a la que pueda medir el detector (en un caso se alude directamente a la velocidad y en el otro caso a que deben ser medidores “resistentes al viento porque van a mucha velocidad”).

Estos resultados se pueden analizar en primer lugar en lo referente a la argumentación y también a la generalización del conocimiento o recontextualización. En cuanto a la argumentación, se observa que hay una justificación con pruebas concretas en siete de las once respuestas aludiendo a los rangos de los medidores, relacionando los aprendizajes de la SEA con otros conocimientos que pueden vincularse al tema como es la atmósfera. Por otro lado, entre estas 7 respuestas, además de esta vinculación entre conocimientos relacionados con la SEA y otros ajenos, se ha podido observar la interrelación de los conocimientos o conceptos trabajados dentro de la propia SEA, de forma que para el medidor de radiación se han tenido en cuenta otras magnitudes que pueden influir en el instrumento de medida como la temperatura y el viento con el que tienen que medir. Así, se podría afirmar que en cuanto a la radiación se ha podido observar una relación de los aprendizajes de la SEA con factores externos a esta, como la combinación entre estos para justificar respuestas concretas.

#### Comparativa grupo-individuo

En el análisis comparativo entre los resultados de los miembros de cada grupo con los resultados obtenidos por su grupo en el trabajo de la variable relacionada, comenzamos comentando los resultados obtenidos durante la SEA. En este caso se observan diferencias entre las actividades 1 y 2. En la actividad 1, en cuanto a la radiación se observó el grupo 4 fue el grupo que mejores desempeños alcanzó en cuanto a este variable. Sin embargo, en la actividad 2, los grupos que mejores resultados obtienen son el grupo 1 y 2, aunque los grupos 3 y 4 obtuvieron resultados relativamente cercanos a estos. Si se comparaban con los resultados obtenidos en el cuestionario, se observa que los grupos 2 y 4 con los que han alcanzado un mejor desempeño y a su vez han favorecido la generalización de los aprendizajes y su relación con otros contextos. En este sentido, los resultados del grupo 2 en la actividad 2 concuerdan con los resultados del cuestionario centrando el análisis en la actividad 2. Sin embargo, en el caso del grupo 4, el mejor desempeño fue alcanzando en la actividad 1, aunque en la actividad 2 no obtuvo un desempeño especialmente bajo. Por otro lado, el grupo 3 en la actividad 1 tuvo un desempeño muy bajo en general, y en el caso de la radiación, el desempeño para la actividad 2 estuvo en valores intermedios. Finalmente, el grupo 1, obtuvo un desempeño relativamente bajo para la radiación en la actividad 1, justo al contrario que en la actividad 2. En este sentido, los alcances obtenidos en la SEA y en el cuestionario para los grupos 2, 3 y 4, son similares y por tanto encajan. En el caso del grupo 1, los resultados no concuerdan de una forma tan directa como para los otros grupos.

## **7.2. Valoración global del cuestionario**

Si realiza un comentario general que relacione los resultados o desempeños mostrados en el cuestionario de forma individual, se puede observar que con carácter general, los resultados de los individuos encajan con los resultados de los grupos a los que pertenecían. En este sentido, la concordancia de estos datos entre la SEA y el cuestionario llevado a cabo más de un año después puede servir como síntoma de validez de los datos tomados (y también de los resultados) en la SEA. Estos resultados encajan desde el punto de vista del trabajo realizado con cada una de las magnitudes que han tenido en juego dentro de la SEA, y también con el trabajo realizado respecto a la argumentación. En aquellas cuestiones en las que ha sido necesario argumentar y usar pruebas, se ha observado que los alumnos han hecho uso de estas en mayor o menor medida según los miembros de cada grupo, concordando también estos desempeños con los desempeños alcanzados en argumentación dentro de la SEA. Finalmente en cuanto a la generalización de los aprendizajes y la recontextualización de los resultados, de nuevo se ha observado que los participantes de los grupos que mejor desempeño obtuvieron en la SEA son aquellos que más generalizaciones y relaciones con otros conocimientos han hecho en las respuestas al cuestionario.

## 8. ANÁLISIS DE RESULTADOS CON EL GRUPO DE VALIDACIÓN

La última parte dedicada a la exposición de los resultados y el análisis de estos se centra en la implementación parcial de la SEA al curso siguiente con un grupo, llamado, de validación. Este grupo constó de dos personas, también de 1º de bachillerato que cursaban la materia de Cultura Científica. Como se ha especificado en el punto 3.8.5 correspondiente al capítulo 4 de este trabajo, la implementación de la SEA para este grupo se inició con la actividad 2: conocer la estación, ponerla en funcionamiento y elegir una posible ubicación para instalarla. Por otro lado, al ser el único grupo que la ha llevado a cabo, no se ha podido llevar a cabo la actividad del debate, pero si que se ha analizado los resultados obtenidos en la indagación correspondiente a la actividad 2, el uso y aprendizajes relacionados con las magnitudes físicas utilizadas y finalmente el desarrollo de las competencias y contenidos científicos. De esta forma, en este apartado se exponen los aprendizajes de este grupo desde estas perspectivas.

Finalmente, antes de dar comienzo a exponer los resultados de este grupo de validación es necesario dejar constancia de que los resultados de este grupo de validación no deben tener la misma relevancia del resto de resultados, pues aunque el procedimiento de la investigación ha sido exactamente el mismo que con los grupos con los que se ha implementado la SEA original, el control del investigador no ha tenido un carácter tan exhaustivo.

Con ello, se pasan a exponer y comentar los resultados del grupo de validación para la actividad 2 de indagación, el uso de argumento y trabajo con las distintas magnitudes y el desarrollo de la competencia científica:

### 8.1. Resultados de los resultados de la actividad 2

Para analizar los resultados de este grupo en la actividad 2 se ha utilizado la misma herramienta que ha sido utilizada para el resto de grupos para esta actividad. Los resultados de cada uno de los ítems de este grupo se representan en la tabla 3.30:

Tabla 3.30. Puntuaciones obtenidas por el grupo de validación en cada uno de los ítems propuestos para cada una de las etapas de la actividad 2.

Actividad 2											
Etapas	Destrezas		Profundidad de conocimiento							T	T
			0	1	2	3	4	5	6		
E.1 Planteamiento investigación	Identificación de problemas		0	1	2					3	21
	Formulación de hipótesis		0	1	2	3	4	0		10	
	Búsqueda de información		0	1	2	3	4			10	
E2. Planificación de la investigación	Identificación de variables	Reconocer tipos	0	1	2					3	37
		Tecnológicas	0	1	4					5	
		Físicas	0	1	2	5	10			18	
	Planificación de la investigación	Largo plazo	0	1	2	3	0			10	
		Cada sesión	0	1	2	3	0			6	
E3. Datos	Observación y toma de datos	Funcionamiento	0	1	2	3	0	0		6	72
		Instrumentos	0	1	2	3	4	4	0	14	

		Ubicación	0	1	2	3	4	6	6	22	
	Interpretación de resultados	Sobre datos		1	2	3	4	5	0	15	
		Validación	0				4	5	6	15	
E4. Conclusiones	Conclusión-argumentación	Referencia a pruebas	0	1	2	3	4	5	6	21	31
		Desventajas	0	1	2	3	4	0	0	10	
		Posición contraria	0	0	0	0	0	0	0	0	
E5. Comunicación de resultados	Presentación de resultados	claridad	0	1						1	22
		Gráficos e imágenes	0	1	2	3	4	5		15	
		Lenguaje	0	1	2	3	0	0		6	
E6. Reflexión	Reflexión	Ciencia y tecnología	0	1	2	3				6	9
		Autovaloración	0	1	2	0				6	
		Total	0	19	35	44	46	30	18	<b>192</b>	

Por otro lado, para proceder con el análisis de la puntuación obtenida por este grupo, se ha representado los datos obtenidos por los grupos con los que se implementó la SEA original incluyendo también los resultados obtenidos por el grupo de validación. Esto permitirá observar el desempeño de este grupo frente al resto de grupos (Figura 3.29);

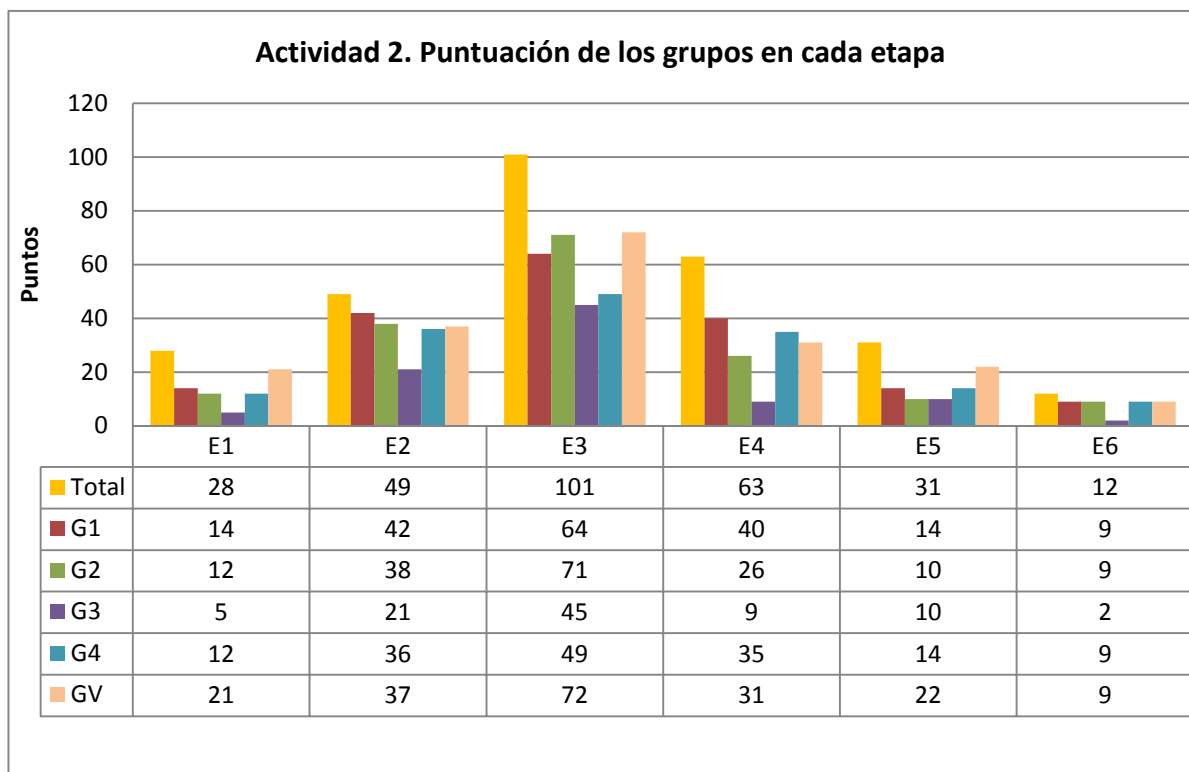


Figura 3.29. Resultados de las puntuaciones de los grupos en la actividad 2 incluyendo el grupo de validación.

En esta figura, se representan los resultados máximos que puede obtener cada uno de los grupos (columna amarilla), frente a los resultados del retos de grupos, entre los que se incluye el grupo de validación (última columna de cada agrupación de columnas, correspondiente al color rosáceo). En un primer análisis se puede observar

que las puntuaciones obtenidas por el grupo de validación en cada una de las etapas son similares a las obtenidas por los grupos que mejor desempeño tuvieron en el desarrollo de la actividad 2. No obstante este grupo ha sido el que mejor puntuación ha obtenido en tres de las etapas: planteamiento de la investigación, observación y toma de datos y la dedicada a la comunicación de los resultados.

No obstante, antes de un análisis en mayor profundidad, se han representado los resultados de este grupo en un gráfico poligonal con sus datos ponderados al %. También se incluyen los resultados del resto de grupos para poder hacer la comparación con estos grupos. Estos resultados corresponden a la figura 3.30:

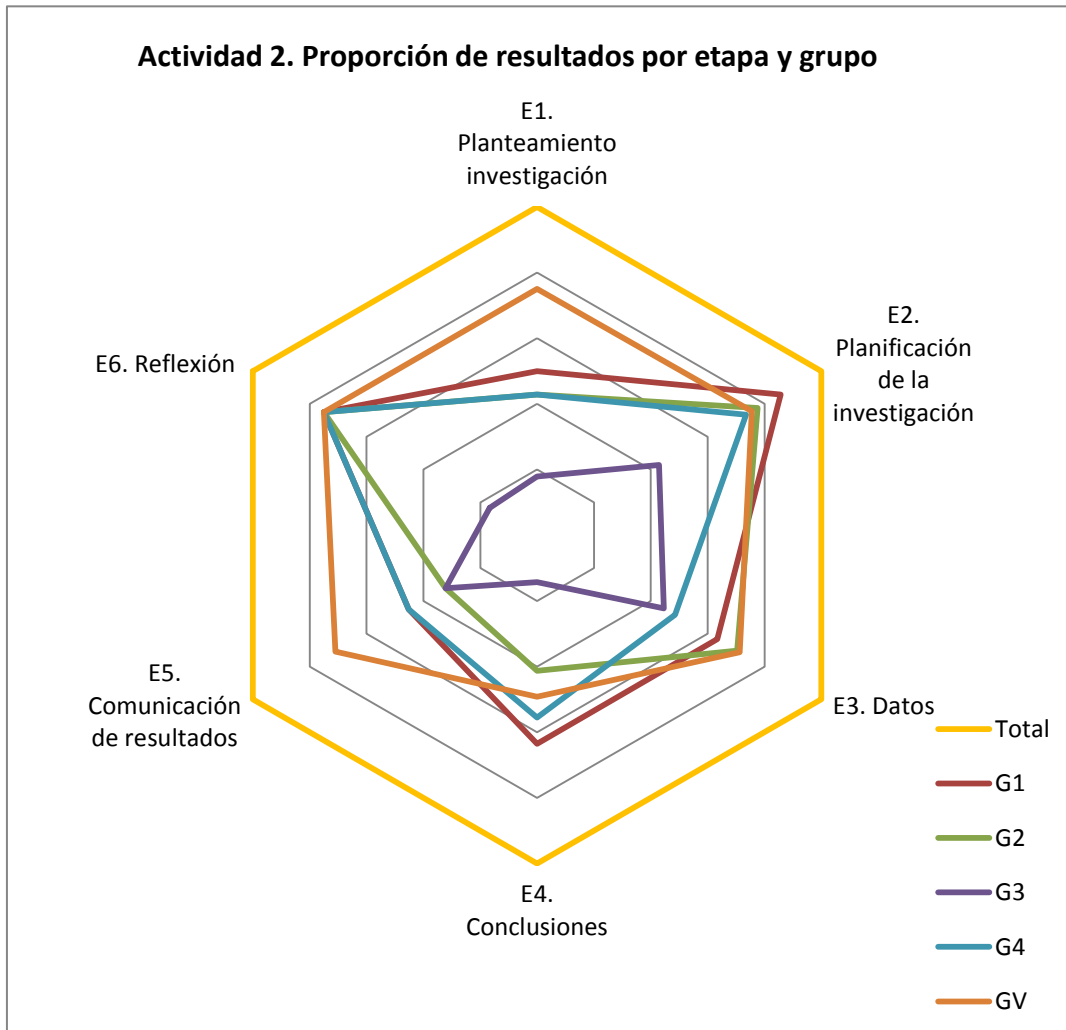


Figura 3.30. Representación proporcional de la puntuación en la actividad 2 para todos los grupos incluyendo el Grupo de Validación.

Al igual que en la figura 3.10, los vértices del hexágono muestran el porcentaje máximo que se puede alcanzar en cada una de las etapas de la actividad, correspondiendo las figuras interiores a la de los grupos, siendo la de color rosada, la correspondiente al grupo de validación.

Este análisis se ha centrado únicamente en los resultados correspondientes al grupo de validación. En primer lugar, lo que más llama la atención de los desempeños de este grupo en la actividad es que siguen una tendencia proporcional similar en todas las etapas. De esta forma a excepción de la etapa en la que se trabaja en mayor medida la argumentación y las conclusiones, en el resto de etapas las puntuaciones son proporcionalmente similares. Además, estas puntuaciones o desempeños están en cada una de las etapas entre las puntuaciones más altas de todos los grupos a excepción de la etapa dedicada a la argumentación. En este caso la puntuación es inferior, porque este grupo no ha tenido oportunidad de argumentar haciendo uso de la posición contraria, sin embargo, en cuanto a la referencia a pruebas ha obtenido una de las puntuaciones más altas entre todos los grupos.



Para analizar los desempeños en cada etapa de manera más pormenorizada, se comentan su desarrollo en cada etapa de la actividad:

**Etapa 1. Planteamiento de la investigación:** El grupo de validación ha obtenido la mejor puntuación entre todos los grupos. La principal diferencia con el resto de grupos no ha estado tanto en la identificación de problema como investigable ni en la formulación de hipótesis, sino en la búsqueda de información. Este grupo asume que “en el manual se da por hecho que ya sabes qué es y para qué sirve una estación” y por eso “solo te explica para que sirve”. Este grupo utilizó “la página del fabricante” para entrar en un foro donde “se conecta todo el mundo que tiene una estación así”. Después de esta página, buscaron la información de cada una de las partes por separado”. Con esta búsqueda este grupo ya partió con ventaja frente al resto de los grupos, que no fueron mucho más allá del manual de la estación.

**Etapa 2. Planificación de la investigación:** En la segunda etapa, el grupo de validación obtuvo puntuaciones menores que los grupos 1 y 2, aunque estuvo muy cerca de estos. En cuanto a las variables tecnológicas este grupo prueba la distancia máxima de conexión entre la pantalla y la estación estableciendo que “tenía que estar a unos 50 metros” de separación” y con esta relación comenzaron a buscar ubicaciones. Donde más destaca el grupo es en la identificación de variables físicas. Este grupo habla de todas las variables físicas, exceptuando la humedad, aunque mencionan el “punto de rocío” pero sin explicar qué es exactamente. Para cada magnitud hacen mención a algún condicionante para la magnitud como “no debe estar cerca de fuentes de calor”, “no debe estar cerca de aparatos eléctricos” o “no debe haber obstáculos para el viento”. En cuanto a la planificación de la investigación, asumen que ellos cuentan con una estación meteorológica y plantean el desarrollo del proyecto “primero aprendiendo como funciona y sacando la información, luego vemos que funciones y luego ya buscamos un sitio”. Al estar dos personas, no hacen exactamente un reparto del trabajo, pero si planifican cada sesión.

**Etapa 3. Observación y toma de datos:** En esta etapa el grupo de validación obtiene la máxima puntuación junto con el grupo 2 con el que se implementó la SEA. En esta etapa hicieron varias pruebas: “sacamos la estación por la ventana, probamos el viento y la radiación solar... comprobamos que los datos que recogía la estación se parecieran a los datos de otras estaciones cercanas en un rango de 5km como mucho”. Ante esta comparación afirman que “las medidas no eran exactamente iguales pero eran errores pequeños”.

Las estaciones de las que hablan son estaciones que los usuarios conectan a una aplicación móvil para que otros usuarios puedan ver los datos. Este grupo de alumnos conectó la estación a esta aplicación y hacía comprobaciones de sus mediciones con otras estaciones. En la figura 3.31, se muestra una captura de pantalla de la aplicación a la que los alumnos conectaron la estación para comparar los datos.

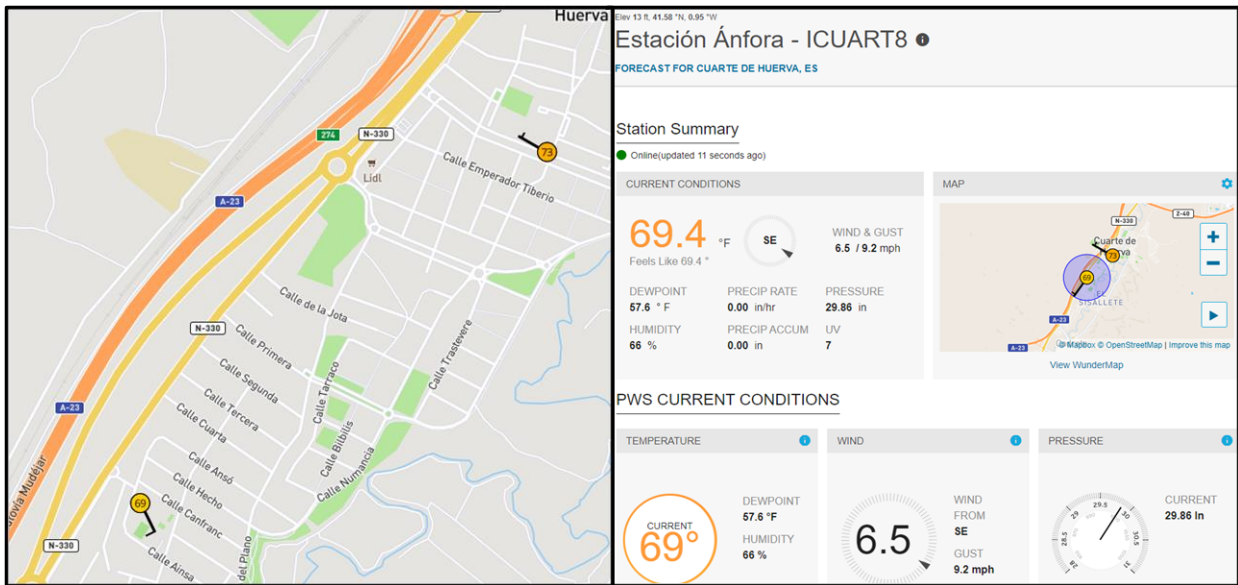


Figura 3.31: La primera imagen muestra dos estaciones meteorológicas: una corresponde a la estación del centro y otra estación cercana al centro que los alumnos utilizaban para comparar datos. En la segunda imagen se muestra los datos a tiempo real que muestra la estación instalada: <https://www.wunderground.com/dashboard/pws/ICUART8>

Con estas comprobaciones, detectaron algunos errores y tuvieron que “montar y desmontar varias veces la estación... Finalmente hicimos comprobaciones con la app del móvil que dice el tiempo que hace con otras estaciones y vimos que todo iba bien, excepto una anomalía”. La anomalía a la que hacen mención fue la identificación un pico excesivamente elevado en las medidas de la radiación. Este pico de radiación hizo al alumnado diseñar dos experiencias para comprobar el posible origen de este pico, que como hipótesis marcaron en un rayo de una tormenta. Para diseñar los experimentos buscaron forma de generar efectos que podrían asemejarse a un rayo, diseñando tres experiencias: en primer lugar usar un foco de 1000W sobre el medidor de radiación para aumentar la cantidad de luz; en segundo lugar encender varias cerrillas al mismo tiempo intentando recrear el “estado plasma” que se produce en el seno de un rayo; y en tercer lugar usar un flash profesional para conseguir un efecto similar. En la figura 3.32 se adjuntan fotografías de estas pruebas realizadas por el equipo de validación:



Figura 3.32. Las dos fotografías superiores muestran los experimentos con el flash y con el foco, mientras que las imágenes inferiores muestran el análisis de la anomalía y la presentación de su estudio

A pesar de las pruebas realizadas, el equipo de validación no logró dar con unos resultados que validaran su hipótesis. Posteriormente a estas pruebas, tras unos días en los que se produjeron tormentas, el grupo comprobó con medidas de otras estaciones, encontrando en una estación cercana un pico en la radiación similar al que se había producido en su estación. Esto les llevó a afirmar dos posibles explicaciones: se debía a una subida de tensión originada en la red eléctrica y ajena a fenómenos meteorológicos o se debía a la hipótesis inicial planteada y su origen era un rayo.

**Etapa 4. Conclusiones y argumentación:** En la etapa dedicada a la argumentación, el grupo de validación no pudo rebatir la elección de su ubicación, por lo que no pudo hacer uso de la posición contraria directamente a ningún grupo. Sin embargo, sí que recurrió a los datos que había tomado. En su caso, no necesitó de tomar datos de forma manual, y utilizó la aplicación de la estación para extraer los gráficos necesarios. Para validar estos datos mostró en la presentación los datos obtenidos por la estación meteorológica más cercana. En este sentido, su argumentación si estuvo basada en pruebas. Por otro lado, estas mismas pruebas le llevaron a detectar desventajas en su elección, dado que la anomalía que descubrieron en la radiación, finalmente los llevó a identificar que cerca de la ubicación que habían elegido había un poste muy alto que identificaron en primer lugar como un pararrayos, y que posteriormente verificaron usando los planos del colegio. Esto les llevó a modificar esta ubicación de forma justificada e iniciar con un nuevo proceso de toma de datos.

**Etapa 5. Comunicación de resultados:** En comunicación de los resultados, es el grupo con mayor alcance si se compara con los grupos originales con los que se implementó la secuencia. La principal diferencia es el uso de gráficos con los datos que mide la estación que ha extraído de la web. Además de mostrar los gráficos hace referencia a

ellos correctamente. La puntuación baja en el uso de unidades, pues no hace referencia a todas ellas y cuando se le pregunta por alguna de ellas, no muestra seguridad en su respuesta y no siempre responde acertadamente.

**Etapas 6. Reflexión:** En la reflexión posterior el grupo también tiene un alcance similar a otros grupos. En lo que respecta a su autovaloración no propone aspectos que podría mejorar en los siguientes pasos. Sin embargo, logra conectar de forma adecuada con otros aprendizajes y usos que podría hacer de la estación. Un planteamiento que proponen es relacionar “lo que medimos con la estación con la contaminación atmosférica” o “usarla para relacionar el tiempo atmosférico con la vida que hay en los ríos”. Esta última propuesta la relacionan con otro proyecto que se trabaja desde la asignatura en la que el alumnado estudio la contaminación de un río cercano (el río Huerva) a partir de toma de muestras.<sup>4</sup>

Tras este análisis por etapas del grupo de validación y su comparación con el resto de grupos, se procede a identificar dentro de los niveles de desempeño en indagación establecidos. Para comparar su alcance con el del resto de grupos, se presentan todos conjuntamente en la figura 3.33:

Grupo 1	Grupo 2	Grupo3	Grupo 3
183	166	92	155
Indagador inseguro	Indagador incipiente	Precientífico	Indagador incipiente
<b>Grupo Validación</b>			
<b>192 - Indagador inseguro</b>			

Figura 3.33: Niveles de desempeño en indagación alcanzados por los grupos originales de implementación de la SEA y el grupo de validación

Con ello se puede establecer que el grupo de validación ha sido el grupo que mejor desempeño en indagación ha mostrado en la actividad 2, alcanzando el nivel de indagador inseguro, por lo que las habilidades que ha desarrollado son:

- Identifica el problema como un problema de investigación científica pero los interrogantes planteados son ambiguos
- Plantea una hipótesis que encaja con el problema de investigación desde un primer momento e identifica la mayoría de las variables, los factores asociados a su medida y las relaciona con la climatología de la zona.
- Planifica un diseño experimental para algunas variables tendiendo presentes los factores tecnológicos y las características de la ubicación.
- Argumenta las decisiones utilizando algunas pruebas de las que dispone, identifica desventajas en su elección sin refutarlas y hace referencia a la posición contraria utilizando pruebas.

<sup>4</sup> Este grupo finalmente llevó a cabo esta propuesta en el tercer trimestre. Tomo pruebas de microorganismos en el río y analizó si estaban más o menos presentes según el tiempo atmosférico de ese día, concluyendo que en los días lluviosos se encontraban más muestras que en días no lluviosos.

- Presenta los resultados utilizando un lenguaje científico adecuado para las magnitudes, las unidades de medidas y el instrumento de medida, utiliza imágenes o gráficos de elaboración propia para ilustrar la presentación y alude a los datos extraídos pero sin realizar una representación de dichos datos.
- Establece relación entre su labor dentro en la actividad y los resultados obtenidos, identifica los problemas encontrados pero sin proponer solución, identifica en la actividad el carácter científico de ésta aludiendo a ejemplos concretos y la relaciona con otros contextos científicos.

### 8.2. Análisis de la argumentación

Además de la indagación dentro de la actividad 2, la práctica de la argumentación con el grupo de validación ha sido analizada desde el punto de vista del uso que ha realizado con las distintas magnitudes trabajadas en el problema. Por ello con este grupo, tan solo se han analizado los resultados de argumentación enmarcados en la herramienta 2.

#### 8.2.1. Herramienta 2. Análisis de magnitudes

Los resultados obtenidos para la actividad 2 usando esta herramienta se presentan en la tabla 3.31. En esta tabla se muestra el uso que cada grupo, incluido el de validación, ha hecho con las distintas magnitudes implicadas en la SEA:

Tabla 3.31. Resultados de la herramienta 2 incluyendo el grupo de prueba

Magnitud y parámetros asociados		Temperatura	Viento	Pluviosidad	Presión	Humedad	Radiación
		GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO
Act. 2	Relación con la estación	1 2 4 V	1 2 3 4 V	1 2 3 4 V	1 2 V	1 2 4 V	1 2 3 4 V
	Prueba de funcionamiento	1 2 3 4 V	1 2 3 4 V	2 3 4 V	2 4 V	4 V	1 2 3 4 V
	Prueba de ubicación	1 2 4 V	2 4 V	2 V	V	V	1 2 V
	Validación otras fuentes	1 V	V	V	V	V	V
	Uso como contraargumento	1					

Tras exponer estos resultados y centrar el análisis en el grupo de validación, se observa que su desempeño ha sido de los más altos en cada de las variables. La única variable en la que el grupo 1 obtiene un resultado mejor es con la magnitud, en la que este grupo hizo uso como contraargumento en el debate y el grupo de validación no obtuvo opción a ello. En el resto de magnitudes ha sido el grupo que mejor desempeño a mostrado. En todos los casos se llega al apartado de validación de otras fuentes, dado que la principal diferencia que ha mostrado el grupo de validación con el resto de grupos es que ha validado cada una de las magnitudes con estaciones cercanas,

haciendo comparativas de gráficos entre su estación y otras estaciones. Sin embargo, al no trabajarse la actividad 1, por ejemplo se pudo observar que el grupo de validación no utilizó las unidades de medida correctas. Se puede deducir que esto se debe a que esta actividad sirvió para asentar los conocimientos teóricos básicos sobre cada una de las magnitudes y que en la segunda actividad se hace uso de dicho conocimientos de una forma más prácticas.

Por último, cabe mencionar que estos resultados encajan con los alcances obtenidos por el grupo de validación en la evaluación de la indagación, siendo uno de los grupos que mejor desempeño ha mostrado en varias etapas de la actividad 2.

### 8.3. Análisis del desarrollo de la competencia científica

Para el grupo de validación también se ha llevado a cabo un análisis del desarrollo de la competencia científica para el grupo de validación. Para ello, las herramientas utilizadas tanto para las competencias científicas como para los conocimientos científicos han sido las mismas que para el resto de grupos.

A continuación se pasa a analizar los resultados obtenidos por el grupo de validación en comparación con el resto de grupos.

#### 8.3.1. Competencias científicas

En primer lugar se muestran los resultados obtenidos para cada sub-competencia científica y los tres sub-apartados en los que se dividió. Los resultados del grupo de validación se muestran en la figura 5.34:

Competencias		GRUPO VALIDACIÓN							
		0	1	2	3	4	5	6	
C1		0	1	2	3	0	0	0	
		0	1	2	3	4	0	0	
		0	1	2	3	4	5	6	
C2		0	1	2	3	4	5	6	
		0	1	2	3	0	0	0	
		0	1	2	3	4	5	0	
C3		0	1	2	3	4	5	6	
		0	1	2	3	4	0	0	
		0	1	2	3	4	5	6	

Figura 5.34: Resultados del grupo de validación para las competencias científicas

Estos resultados se han representado de forma que se pueda hacer un análisis comparativo del grupo de validación con el resto de grupos y también el desempeño de los grupos en cada una de las competencias. Estos resultados se han mostrado en origen para los grupos con los que se implementó la SEA, pero ahora se incluye el grupo de validación.

En primer lugar se exponen los resultados de los grupos agrupados en cada una de las competencias (figura 3.35):

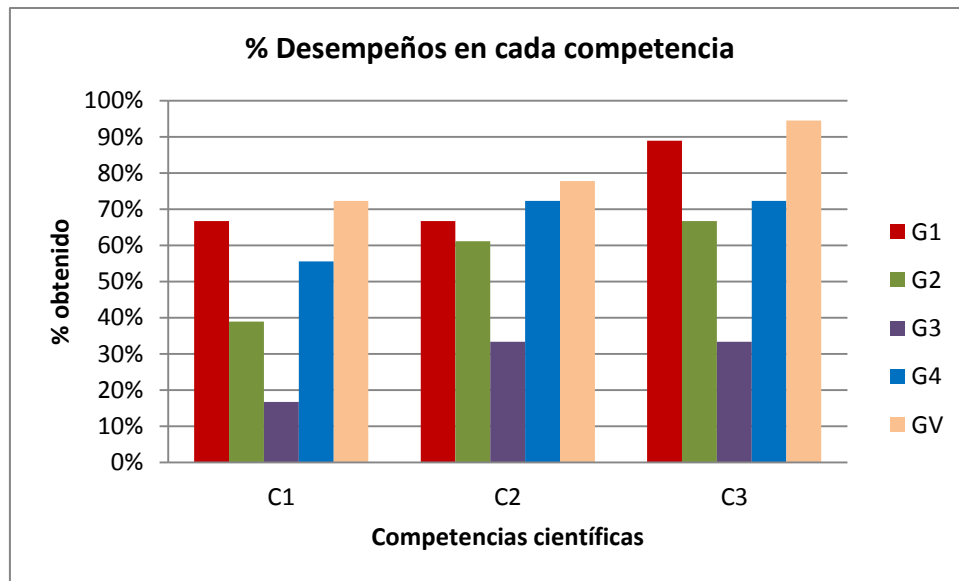


Figura 3.35: Desempeño en cada competencia de los grupos

En esta figura se observa que en el desarrollo de la competencia científica el grupo de validación es el más alto para las tres competencias. A pesar de que en el análisis de la indagación en la actividad 2 para este grupo, no fuese el grupo más destacado en cada una de las etapas, cuando se evalúan las competencias científicas, se puede afirmar que es el científicamente más competente. Sobre todo se debe a la validación que ha hecho de los datos obtenidos experimentales y de las distintas pruebas que ha realizado y a las que el otro grupo no llegó a acceder. Esto queda reflejado en las competencias 2 y 3, centradas en diseñar una investigación y usar e interpretar los datos obtenidos.

Respecto al desarrollo de cada competencia en cada uno de los grupos, los resultados se observan en la figura 3.36:

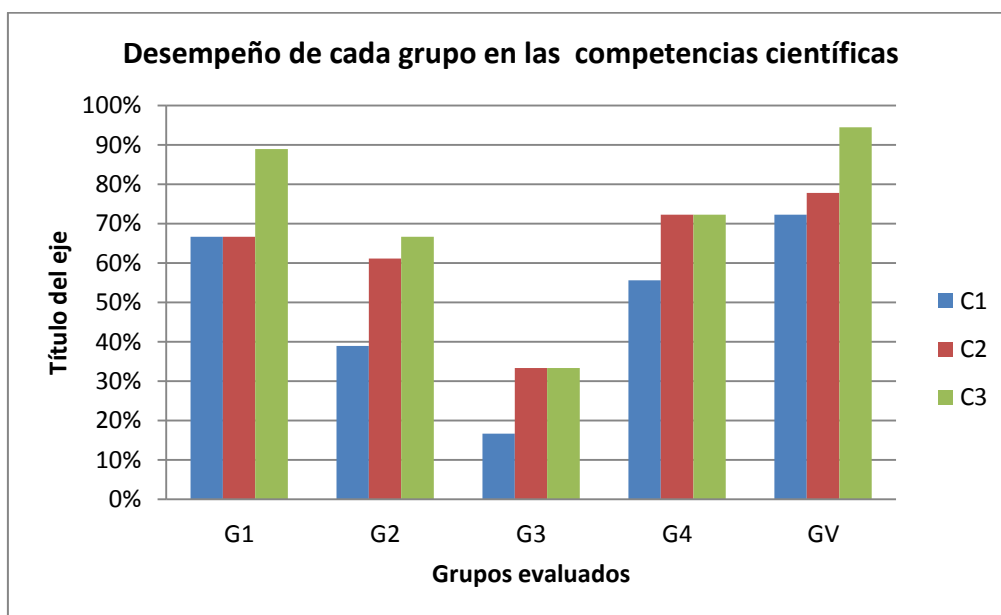


Figura 3.36: Desarrollo de las competencias científicas en cada uno de los grupos, incluyendo el grupo de validación

Estos resultados ya fueron evaluados para el resto de grupos, pero se muestran de nuevo junto con el grupo de validación para observar que la tendencia para este grupo es similar a la del resto de los grupos, en los que las competencias 2 y 3, muestran un desarrollo mayor que la competencia 1. En este sentido, este grupo cumple con las predicciones previas con las que fue diseñada la secuencia, dado que las competencias de carácter más práctico han sido desarrolladas en mayor medida.

**8.3.2. Conocimiento científico**

De la misma forma que se ha realizado con las competencias científicas se han evaluado el alcance de los aprendizajes relacionados con los contenidos para el grupo de validación. Los resultados obtenidos para los contenidos se representan en la figura 3.37:

		GRUPO VALIDACIÓN						
		0	1	2	3	4	5	6
Contenidos	C1	0	1	2	3	4	5	6
		0	1	2	0	0	0	0
		0	1	2	3	4	5	0
	C2	0	1	2	3	4	5	6
		0	1	2	3	4	5	6
		0	1	2	3	4	5	0
	C3	0	1	2	3	4	5	6
		0	1	2	3	4	5	6
		0	1	2	3	4	5	0

Figura 3.37. Resultados obtenidos por el grupo de validación para los tres contenidos científicos

A partir de estos resultados obtenidos en cada uno de los conocimientos puestos en juego, se hace el análisis para los conocimientos del grupo de validación comparado con los resultados del resto de grupos.

En primer lugar se presentan los resultados agrupados en cada uno de los conocimientos (figura 3.38):



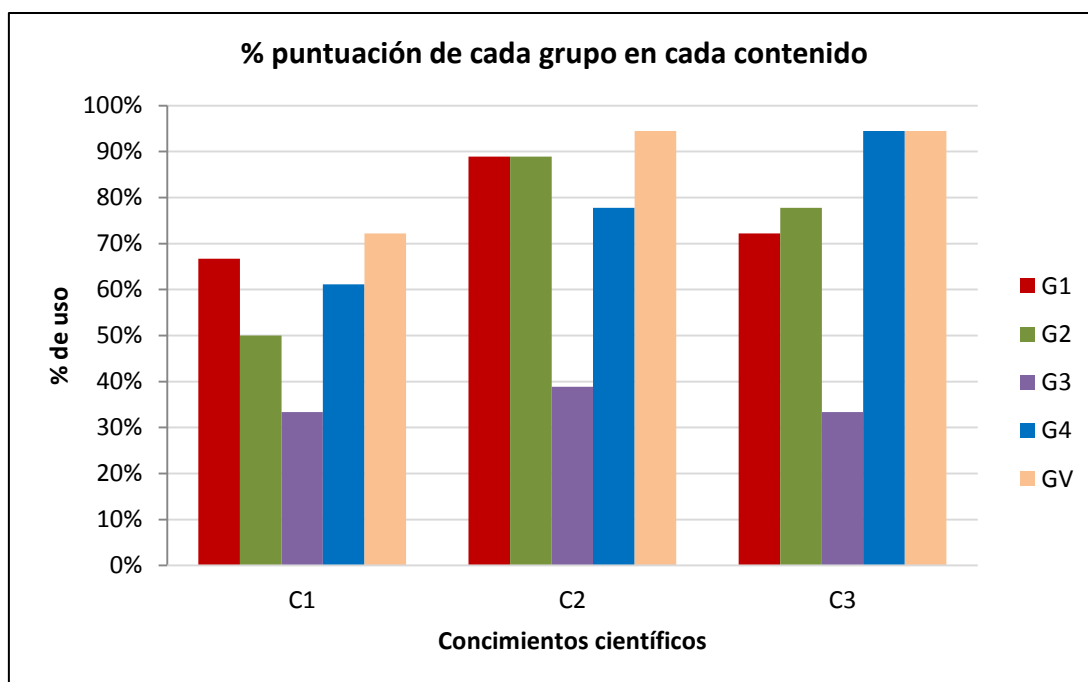


Figura 3.38: Uso de cada conocimiento en los grupos

En comparativa con el resto de grupos, se observa que el grupo de validación es el grupo que mayor uso hace de los contenidos 1 y 2, y porcentualmente obtiene los mismos resultados que el grupo 4 para el conocimiento 3. Estos resultados encajan con el desempeño del grupo en la actividad 2. En torno al conocimiento 2 (conocimiento procedimental), el grupo de validación ha sido el grupo de mayor alcance dado que ha sido el que ha diseñado distintas pruebas y de una forma más detallada y específica.

Por otro lado, si se representan los resultados agrupados por conocimientos los resultados son los siguientes (Figura 5.39):

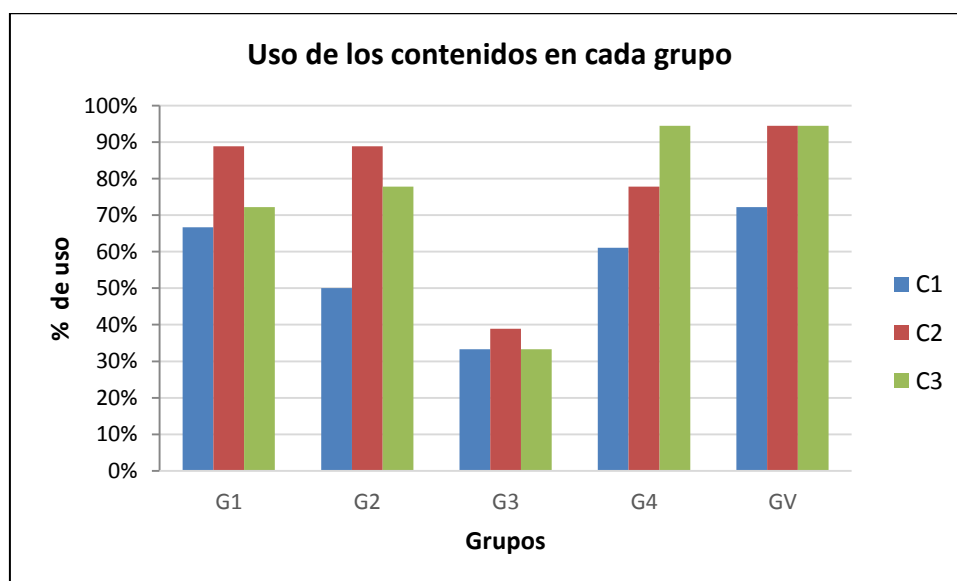


Figura 3.39: Uso de cada conocimiento en los grupos incluyendo el grupo de validación

Si se observan los resultados del grupo de validación para cada uno de los conocimientos, se observa que los conocimientos más desarrollados son los conocimientos procedimentales y epistémicos, frente al conocimiento del contenido. De esta forma, al igual que ocurre con las competencias científicas, el desarrollo de los contenidos científicos destacan los conocimientos de carácter menos teórico. Esto encaja con el propósito inicial en el diseño de la SEA y se ha podido observar que se ha cumplido durante el desarrollo de inicial de la SEA y en su implementación posterior con el grupo de validación

## **9. DE ANÁLISIS DE RESULTADOS A DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo se han expuesto los resultados obtenidos en la implementación de la SEA, la evaluación posterior llevada a cabo con ayuda de un cuestionario y finalmente los resultados alcanzados por el grupo de validación. En su exposición se ha prestado especial importancia a mostrar la forma concreta con la que se han extraído los datos y a proceder a su análisis de la forma objetiva según las herramientas que se han detallado en el capítulo III.

Durante esta exposición, en múltiples ocasiones ha surgido la necesidad de establecer conexiones o directamente extraer conclusiones. Sin embargo, con la intención de ser neutro ante el lector que afronta la lectura de esta exposición de los datos y a su vez, poder establecer un debate entre las ideas extraídas por el propio lector y el investigador, quien redacta este trabajo, dicha discusión y las respectivas conclusiones se han dejado para un capítulo final. El siguiente capítulo afronta el objetivo de establecer esta discusión y extraer dichas conclusiones.



## **CAPÍTULO V**

# **DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES**



## **1. INTRODUCCIÓN**

Con la presentación y el análisis de todos los resultados obtenidos de la implementación de la secuencia, se ha entrado en la última fase de la investigación basada en el diseño, el análisis en retrospectiva. Tras esta exposición es necesario afrontar una reflexión sobre estos resultados para finalmente poder extraer las conclusiones sobre el diseño e implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje. Esta reflexión parte de una discusión en la que se analizan los resultados obtenidos en la experiencia de aula, a la luz de la fundamentación teórica sobre la que ha sido construida la secuencia.

La discusión de los resultados se estructura en torno a los tres bloques de objetivos que pretenden dar respuesta a la pregunta general de investigación de este trabajo. Estos bloques son: los resultados en la práctica de indagación, los resultados en la práctica de argumentación y los resultados en el desarrollo de la competencia científica.

Una vez realizada la discusión de estos resultados, se exponen las conclusiones que se han podido extraer en cada uno de estos bloques y con ellas, se dará respuesta a la pregunta general de investigación.





## 2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS EN LA PRÁCTICA DE INDGACIÓN

Con la presentación y el análisis de todos los resultados obtenidos de la implementación de la secuencia, se ha entrado en la última fase de la investigación basada en el diseño, el análisis en retrospectiva. Tras esta exposición es necesario afrontar una reflexión sobre estos resultados para finalmente poder extraer las conclusiones sobre el diseño e implementación de la secuencia de enseñanza-aprendizaje. Esta reflexión parte de una discusión en la que se analizan los resultados obtenidos en la experiencia de aula, a la luz de la fundamentación teórica sobre la que

La secuencia diseñada e implementada en esta investigación ha estado fundamentada en la metodología de aprendizaje basado en la indagación (IBSE). Las implicaciones educativas de esta metodología no siempre están claras por la gran variedad de tipos de IBSE que existen (Brown *et al.*, 2006), por ello se recuerda brevemente los fundamentos sobre los que se ha diseñado la secuencia. El diseño de ésta se ha realizado según las características de la indagación guiada, aunque también tiene algunas características propias de la indagación abierta (Bevins & Price, 2016). Las etapas en las que se ha estructurado la secuencia en su totalidad y cada una de las actividades, han seguido el modelo propuesto por Pedaste *et al.* (2015). Finalmente, ha sido evaluada con una herramienta de elaboración propia pero fundamentada en las herramientas propuestas por Ferrés-Gurt *et al.* (2014), validadas mediante su aplicación en otros trabajos como el de Crujeiras-Pérez & Cambeiro (2018).

Para realizar la discusión de resultados de esta secuencia respecto al aprendizaje por indagación, se han seguido los 6 criterios de clasificación propuestos por Aguilera *et al.* (2018) en su análisis de las implicaciones educativas de las publicaciones científicas sobre aprendizaje por indagación en España entre el año 2007 y 2017.

### **Desarrollo de competencias**

El primer criterio de análisis sobre las implicaciones educativas de la indagación se centra en el desarrollo de las competencias de tipo transversal. Dentro de estas competencias se encuentra el desarrollo de autonomía del alumnado.

El desarrollo de esta competencia dentro de la secuencia ha tenido un papel fundamental, ya que la toma de decisiones del alumnado está ligada a dicha competencia, y estas decisiones han sido claves en la actividad, para la compra de la estación y la elección de la ubicación. Por otro lado, se observa que los desempeños dentro de la actividad han aumentado entre la actividad 1 y 2, mientras que el tipo de guía del profesorado ha sido similar para tres de los grupos. Esto se puede entender como una mejora en el grado de autonomía del alumnado dentro de la actividad. A su vez, es el propio alumnado el que en ocasiones ha expresado verbalmente sentirse “eufórico” por conseguir objetivos de forma autónoma. En este sentido el fomento de la autonomía dentro de la actividad verifica lo descrito en los trabajos de Cortés-Gracia & Gómez (2007), Crujeiras-Pérez *et al.* (2013) y García-Carmona (2008).

El aprendizaje por indagación también fomenta la cooperación entre al alumnado (Abril *et al.*, 2014; Cortés-Gracia & Gómez, 2007; Domènech-Casal & Ruiz-España, 2017; Franco-Mariscal, 2015; García-Carmona, 2008, 2009; Marzo & Monferrer, 2015). En la secuencia implementada se ha observado el desarrollo de la cooperación en dos ámbitos. Primeramente, ha existido cooperación dentro de cada grupo, observada a través del reparto de tareas dentro de la actividad y la propuesta de hipótesis y forma de resolver el problema dentro del grupos por varios de sus miembros. En segundo lugar, también se ha observado que la secuencia ha favorecido el desarrollo de la cooperación entre los grupos, dado que en la actividad 1 los grupos no cooperaban entre sí, tomando la actividad como un “concurso” que debían ganar al ser su estación elegida. Sin embargo, en la actividad 2, los grupos compartían entre ellos la información que diariamente iban consiguiendo, existiendo una cooperación general entre todos los grupos.

Dentro de las competencias, la indagación favorece las habilidades relacionadas con la metodología científica (Guisasola *et al.*, 2011; Domènech-Casal, 2013, 2014c, 2015; Domènech-Casal & Ruiz-España, 2017; Franco-Mariscal, 2015; M. J. García *et al.*, 2014; Romero-Ariza, 2017). En el caso de nuestra investigación, el desarrollo de la metodología científica ha ocupado un lugar clave. En primer lugar porque dos de los objetivos fundamentales eran desarrollar las prácticas científicas de la indagación y la argumentación. Los resultados sobre la práctica de la argumentación se desarrollarán en un apartado propio, más adelante. Desde el punto de vista de la indagación, las metodologías científicas han estado presentes en cada una de las etapas de la secuencia. De esta forma, prácticas propias de la ciencia como el planteamiento de hipótesis, la identificación de variables, el diseño de experimentos, la toma de datos, la interpretación de los datos, la argumentación y la comunicación de resultados se han trabajado a lo largo de toda la secuencia. En la actividad 1 de la secuencia, han destacado la identificación de las variables relacionadas con la elección de la estación meteorológica y la argumentación en la elección de dicha estación. Así, se han identificado las magnitudes físicas que debe medir una estación y también características propias de la toma de datos relacionada con los instrumentos, como son los rangos de medida y su precisión. Por otro lado, en el debate posterior, los grupos han tenido que usar las pruebas recabadas en la búsqueda de información para justificar su elección. Este debate ha puesto en juego la necesidad de usar terminología científica, por lo que también se ha favorecido el desarrollo de la competencia lingüística, tal y como se recogen en otros trabajos de la bibliografía (Domènech-Casal, 2015; García-Carmona, 2008; Marzo & Monferrer, 2015). La presencia de la metodología científica se ha desarrollado en mayor medida en la actividad 2, dado que en esta actividad ha sido necesario diseñar experimentos científicos con los que recabar datos para poder elegir la ubicación óptima para la estación meteorológica. En el diseño de estos experimentos influían factores relacionados con las distintas magnitudes, por lo que ha sido necesario un control de las variables por parte del alumnado, la sucesiva toma de datos e interpretación de estos. Esto puede interpretarse como una consecuencia positiva de usar una estación meteorológica

como instrumento científico que permite desarrollar métodos propios de la ciencia dentro de una secuencia de aprendizaje basada en la indagación.

### **Emociones, motivación y actitudes**

Esta investigación no ha abordado el análisis de las emociones y la motivación del alumnado dentro de la secuencia, por lo que no se puede realizar una discusión en detalle de esta implicación educativa que parece ser un denominador común en esta metodología (Cortés-Gracia & Gómez, 2007; Werner *et al.*, 2007; de las Heras-Pérez & Jiménez-Pérez, 2011; Domènech-Casal, 2014c, 2015; Jaén *et al.*, 2014; García-Carmona, 2008; Greca *et al.*, 2017; Kasseboehmer & Ferreira, 2013; López-Gay *et al.*, 2015; Manso & Ezquerro, 2013; Marzo & Monferrer, 2015; Roldán *et al.*, 2017; Romero-Ariza, 2017; Tortosa, 2013). Sin embargo, sin llevar a cabo este análisis, se ha observado en distintos momentos de la secuencia que tres de los cuatro grupos han expresado el aumento de su interés hacia la actividad y en general hacia la ciencia. Los tres grupos han hecho referencia a su preferencia de llevar a cabo una actividad en la que ellos toman las decisiones y llevan a cabo el proyecto de principio a fin. A su vez, uno de estos grupos ha aludido expresamente al uso de la estación meteorológica como un instrumento con el que se pueden hacer diferentes tipos de experimentos. Este grupo (grupo 2), ha mostrado unas destrezas mayores en la actividad 2 que en la 1, siendo el propio grupo el que justifica esta mejora por su aumento de interés al poder manipular la estación meteorológica. Por otro lado, el grupo de validación también ha demostrado elevar su motivación hacia la ciencia con el desarrollo parcial de la secuencia, realizando pruebas y experimentos que iban más allá de lo propiamente propuesto en la secuencia. A su vez, esto ha puesto en juego actitudes positivas hacia la ciencia, como por ejemplo intentar utilizar los datos de la estación meteorológica para llevar a cabo otras investigaciones. Así, se puede afirmar que la secuencia llevada a cabo por indagación parece aumentar la motivación en tres de los cuatro grupos en los que se ha implementado y también en el grupo de validación. Estos resultados concuerdan con las implicaciones positivas de la indagación (Bevins & Price, 2016) y la mejora de la motivación (Areepattamannil, 2012 y McConney *et al.*, 2014) de los autores mencionados.

### **Adquisición y transferencia de conocimiento**

Una de las implicaciones educativas más presentes en el aprendizaje basado en la indagación es la mejora de la adquisición de contenidos al usar dicha metodología (Martínez-Aznar & Varela-Nieto, 2009; Crujeiras-Pérez *et al.*, 2013; Domènech-Casal, 2013, 2014a, 2014b, 2015; García-Carmona, 2008; Greca & Jerez-Herrero, 2017; Martínez-Chico *et al.*, 2015; Pedaste *et al.*, 2015; Roldán *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2015). Según los resultados obtenidos en esta investigación se puede afirmar que la secuencia ha favorecido y mejorado la adquisición de conocimientos en el alumnado. La SEA fue diseñada para mejorar la adquisición fundamentalmente de conocimientos procedimentales y epistémicos, y de así ha ocurrido en su implementación. El alumnado ha demostrado la adquisición de conocimientos procedimentales al tener que diseñar por él mismo experiencias que le permitieran elegir de forma adecuada

una ubicación para la estación meteorológica. El uso de la estación meteorológica también ha permitido que el alumnado elabore diseños experimentales en los que se han utilizado prácticas propias de la ciencia como la toma de medidas y la interpretación de los datos. Por otro lado, también ha quedado patente el aprendizaje en lo referente al conocimiento epistémico de la ciencia, de forma que el alumnado ha podido acercarse a las metodologías propias de la ciencia y los científicos tener que tomar las decisiones de forma autónoma para dar con la solución a un problema dado y también contextualizando situaciones de su vida diaria a la realidad del trabajo científico como pueden ser los “mapas del tiempo”. Finalmente, el alumnado también ha demostrado sus aprendizajes en el marco de los conocimientos del contenido relacionados con las magnitudes y los factores asociados a su medida. No obstante es necesario comentar que para alcanzar estos aprendizajes la guía por parte del profesor ha sido fundamental, como afirma Holliday (2004), Kirschner *et al.* (2006) y Mayer *et al.* (2004).

El cuestionario de evaluación realizado un año después de la implementación de la secuencia, recogía preguntas que aglutinaban las tres modalidades de conocimiento. En dicho cuestionario el alumnado ha demostrado desempeños similares a los mostrados en la secuencia de enseñanza. Este factor, unido a la transferencia de ideas y conocimientos de un contexto a otro que ha sido necesaria para responder a alguna de las situaciones planteadas en el cuestionario, prueba de que el aprendizaje alcanzado por parte del alumnado puede considerarse como un aprendizaje significativo, al igual que ocurre en los trabajos de (De Freitas & Laburú, 2014; de las Heras-Pérez & Jiménez-Pérez, 2011; Domènech-Casal, 2014b; Solbes & Tuzón, 2014; Tortosa, 2013).

El aprendizaje basado en la indagación también ha demostrado el favorecimiento de la participación activa del alumnado (Guisasola *et al.*, 2011; Werner *et al.*, 2007; Jaén *et al.*, 2014; García-Carmona, 2009; Solbes & Tuzón, 2014). En esta investigación la participación activa ha quedado patente en 3 de los grupos 4 grupos con los que la SEA se implementó en primera instancia y también con el grupo de validación con el que se implementó después. Esta participación se evidencia tanto por el trabajo diario de los grupos, como por los desempeños mostrados en las herramientas de evaluación de aprendizajes utilizadas. El grupo restante, apenas mostró interés en la primera actividad de la secuencia, no obstante, su interés por la actividad mejoró en la segunda actividad de la secuencia como ha quedado patente en los desempeños mostrados en dicha actividad.

### **Naturaleza e imagen de la ciencia**

Se las secuencias llevadas a cabo por indagación, se han encontrado factores que favorecen la imagen de la ciencia y la producción científica al alumnado (Caamaño, 2011, 2012; Kasseboehmer & Ferreira, 2013; Tovar-Gálvez, 2009). En el desarrollo de la investigación se han encontrado pruebas que demuestran que la secuencia implementada por indagación ha acercado la producción científica al alumnado. Un ejemplo de este acercamiento se ha dado cuando un grupo ha relacionado la actividad

con la forma en la que se toman los datos “de los mapas del tiempo”. Esto demuestra respectivamente que las actividades de indagación pueden favorecer la opinión del alumnado sobre la ciencia (Vázquez & Manassero, 2008) y fomentar una actitud positiva hacia el propio aprendizaje de la ciencia (Krüger & Formichella, 2015)

### **Profesorado**

Hay distintas implicaciones educativas relacionadas con la práctica del profesorado en las secuencias que siguen una metodología basada en la indagación (Aguilera *et al.*, 2018). Entre otras, se ha detectado que el rol del profesorado durante el proceso de indagación es esencial (Carbonero *et al.*, 2011; Ferrés-Gurt, 2017; Romero-Ariza, 2017). En esta investigación se ha detectado que el papel del profesor/investigador ha sido clave para que uno de los grupos pudiera mejorar sus desempeños en el desarrollo de la secuencia. Dicho grupo demostró destrezas en indagación muy poco desarrolladas, por lo que se justificó la necesidad de que este grupo recibiera una guía más dirigida, por parte del profesor/investigador. Este pudo ser uno de los factores que favoreciera un mejor rendimiento en cuanto a la práctica de la indagación en la actividad 2.

### **Dificultades del alumnado**

Con la implementación de la secuencia también se han detectado dificultades en el alumnado. En primer lugar, al comienzo de la secuencia el alumnado, aunque comprende los objetivos de las actividades, no tiene un modelo claro de la forma en la que tiene que llevarla a cabo y así aplicar las dinámicas propias de la indagación. Prueba de ello son las primeras propuestas de compra de las estaciones meteorológicas no aptas para las condiciones necesarias para la toma de medidas. Por otro lado, en las primeras etapas de la actividad 2, el alumnado no realiza una planificación de la actividad en detalle y va identificando variables a medida que avanza la actividad, resolviendo en algunos casos la situación por el sistema de prueba y error. Esta forma de proceder cambia una vez el alumnado ha identificado todas las variables del problema, momento en el que diseñan experimentos para buscar una ubicación óptima para la estación. Las dificultades en el alumnado relacionadas con la dificultad para tener un modelo claro de los procedimientos a realizar en las actividades de indagación también han sido detectados en otras experiencias de implementación de actividades por indagación (Cortés-Gracia & Gómez, 2007; Crujeiras-Pérez & Jiménez-Aleixandre, 2015; González-Rodríguez & Crujeiras, 2016).

En el aprendizaje basado en la indagación también se han identificado como debilidades del alumnado la expresión oral y escrita ante situaciones problemáticas (Cortés-Gracia & Gómez, 2007; López-Gay *et al.*, 2015). En esta investigación no ha sido tanto la expresión oral o escrita en la que han tenido problemas, pero sí en la representación de los datos obtenidos experimentalmente. De los 4 grupos con los que se implementó la secuencia en un primer momento, en ningún caso se han representado los datos obtenidos de las medidas gráficamente a pesar de contar con datos para ello. El grupo de validación si ha mostrado los resultados de sus medidas

con ayuda de la *app* a la que consiguieron conectar la estación meteorológica. En este sentido, la representación de los datos de forma tabulada o gráfica debe ser un aspecto a mejorar en el diseño de la secuencia a partir de una guía por parte del profesorado que incida más en este aspecto. Finalmente, en la interpretación de los resultados extraídos, el alumnado tuvo problemas para extraer conclusiones principalmente en la primera actividad, en la que a pesar de conocer factores ambientales y climáticos de la zona relacionados con los rangos de las magnitudes medibles por la estación, hicieron propuestas de estaciones que no cumplían con dichas características. Esta dificultad para extraer resultados y emitir hipótesis correctas, también ha sido identificada en otros trabajos (Ansón & Bravo, 2017).

### 3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS EN LA PRÁCTICA DE ARGUMENTACIÓN

La secuencia que ha sido diseñada e implementada y sobre la que se ha llevado a cabo la investigación, ha tenido como uno de sus objetivos, trabajar la práctica científica de la argumentación. La argumentación se considera un aspecto clave en la enseñanza de las ciencias y es una de las tres prácticas científicas que deben trabajarse en la formación en ciencias de los alumnos (Driver *et al.*, 2000; Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008; Muñoz-Campos *et al.*, 2020). Para analizar los resultados del desarrollo de la argumentación dentro de la secuencia se han utilizado dos herramientas específicas: una de ellas para evaluar la calidad de la argumentación; y la otra para estudiar la presencia de argumentos o alusiones a las magnitudes físicas implicadas en la secuencia.

#### Calidad de la argumentación

La herramienta utilizada para evaluar la calidad de la argumentación en este trabajo ha sido una adaptación de la propuesta por Osborne *et al.* (20016) que a su vez ha sido adaptada y utilizada en otros trabajos (Felton *et al.*, 2009; Sadler & Donnelly, 2006; Uskola *et al.*, 2021). Para evaluar la calidad de la argumentación, además de establecer los criterios de calidad de justificación, desventaja y posición contraria y 5 niveles de calidad, se han estudiado los argumentos diferenciando parámetros físicos y tecnológicos.

Los resultados obtenidos en la investigación en cuanto a la calidad de la argumentación difieren entre la actividad 1 y la actividad 2. En la actividad 1, la calidad de la argumentación ha sido baja, y debido a este bajo desempeño en argumentación, el nivel más bajo en la calidad de la argumentación ha sido la tendencia, estando todos los grupos en dicho nivel al menos en una ocasión tanto en criterios físicos como tecnológicos. Estos resultados demuestran que la capacidad argumentativa en las aulas de nuestro país sigue siendo relativamente baja (García *et al.*, 2019; Solbes *et al.*, 2010). Sin embargo, esta tendencia cambia en la actividad 2. En esta actividad todos los grupos utilizan argumentos de mayor calidad, debido al uso de pruebas. Estos resultados demuestran que la actividad 2 ha favorecido la argumentación en cuánto a la justificación de la opción elegida (en la actividad 1 de la estación y en la actividad 2 de la ubicación de la estación). La posibilidad de usar datos y pruebas también ha sido la causa de que en la actividad 2, la argumentación sobre los parámetros físicos ha predominado frente a la justificación según los parámetros tecnológicos, presentes en mayor medida en la actividad 1. Esto nos lleva a pensar que, la realización de las actividades prácticas o propias de la ciencia como el diseño experimental y la toma e interpretación de datos, permiten mejorar la calidad de la argumentación y conectar los argumentos con los parámetros físicos implicados.

Por otro lado, en ambas actividades se ha hecho alusión a la desventaja de la elección propia y alusión a la posición contraria, aunque de nuevo, la actividad 2 ha favorecido este último criterio, indicador de calidad de la argumentación. A su vez ha permitido al alumnado participar en la toma de decisiones sociales a partir del desarrollo de la argumentación como afirma Jiménez-Aleixandre (2011), en este caso a partir de la exposición de la elección de cada grupo para después llegar a consenso en elegir la mejor opción. A su vez esto permite afirmar que secuencias como la implementada pueden facilitar que las toma de decisiones basada en argumentos, y con ello revertir esta dificultad encontrada a menudo entre el alumnado (Uskola *et al.*, 2021).

### **Argumentación y magnitudes físicas**

El desarrollo de la argumentación dentro de la secuencia también se ha estudiado según el uso que los grupos han hecho de los parámetros físicos a lo largo de toda la secuencia. Para su estudio se establecieron las 6 magnitudes fundamentales que mide una estación meteorológica: temperatura, viento, lluvia, presión, humedad y radiación. Los resultados muestran que el uso de la estación meteorológica ha favorecido que el alumnado use pruebas y argumente en base a estas magnitudes, lo que ha facilitado la comprensión de dichas magnitudes y de los factores que influyen en su medida con una estación meteorológica.

Los resultados de la investigación muestran que el uso de la estación meteorológica ha favorecido que el alumnado haga un mayor uso de las magnitudes relacionadas con la temperatura, el viento y la lluvia frente al resto de magnitudes. La magnitud de la temperatura ha sido la más presente en la secuencia y la que más en cuenta ha tenido el alumnado para elegir la ubicación de la estación. esto podría deberse a que la temperatura es la magnitud más conocida por parte del alumnado antes de comenzar la actividad tal y como mostraban las ideas previas. Por otro lado, también ha influido que dicha variable sufría cambios notables en su medida en función de la ubicación, lo que permitía al alumnado detectar dichos cambios. La presencia de la temperatura a lo largo de la actividad ha podido favorecer algunos aprendizajes sobre dicha magnitud. La prueba de ello se encuentra en las destrezas mostradas por el alumnado en el cuestionario de evaluación posterior. En este cuestionario, todos los alumnos han seguido una misma tendencia, eligiendo los mismos termómetros para medir en el exterior, cumpliendo estos con los requisitos establecidos en la situación planteada. Sin embargo, esta tendencia se rompe cuando hay que elegir termómetros para medir la temperatura en el interior, aspecto no trabajado en esta secuencia. En este caso los alumnos no eligen los mismos termómetros, aunque en ningún caso eligen un termómetro para el interior que no pueda cumplir con la función requerida. Esto puede implicar que la secuencia ha favorecido el aprendizaje relacionado con la medida de la temperatura en los exteriores y que dichos aprendizaje han sido utilizados para medir la temperatura en interiores, aunque no de forma tan eficaz



como lo ha hecho para el exterior, al no haberlo trabajado de forma explícita en la secuencia.

Algo similar ha ocurrido con las medidas de la velocidad y dirección del viento. Estas medidas han sido muy utilizadas por parte del alumnado. En primer lugar, al igual que con la temperatura, los datos mostrados por la estación meteorológica variaban considerablemente, facilitando que el alumnado opere con esta magnitud. Se piensa que otro factor importante para la presencia de pruebas relacionadas con el viento, ha sido que los instrumentos de medida destacan sobre el resto de instrumentos en la propia estación, haciendo que todos los grupos los identifiquen. Por otro lado, para comprobar que las medidas tomadas por la estación en relación a la dirección del viento han hecho que el alumnado haga uso de los puntos cardinales dentro de la secuencia. Algunos grupos han utilizado su teléfono móvil como brújula para colocar la estación de forma que la dirección del viento coincidiera entre los datos mostrados por la estación y la brújula de su teléfono móvil. Esto implica que el uso de la estación meteorológica también ha facilitado el uso de herramientas adicionales a esta para poder llevar a cabo la actividad. Los aprendizajes relacionados con la medida de la velocidad y la dirección del viento también han sido demostrados por el alumnado en el cuestionario de evaluación posterior. Las destrezas mostradas en dicho cuestionario por el alumnado en torno a esta variable, muestra que mayoritariamente todos los alumnos han escogido anemómetros válidos para la situación planteada a excepción de un alumno. En esta elección además han tenido que interrelacionar la magnitud de la temperatura con la medida del viento, dado que la forma de medir de los anemómetros estaba condicionada a dicha magnitud. Al mismo tiempo, en la justificación de la elección se usan argumentos que remiten a los conocimientos adquiridos en la secuencia como son los rangos de medida de instrumento en relación a las condiciones climáticas de la zona. Respecto a la transferencia de conocimientos de un contexto a otro, se ha establecido la posible utilidad de un anemómetro para medir corrientes de viento en el interior y con ello establecer la presencia de coronavirus en el ambiente. En definitiva, se ha observado que el uso de la estación meteorológica ha puesto en juego conocimientos relacionados con la medición del viento facilitando su comprensión al alumnado.

La estación meteorológica también ha permitido desarrollar habilidades relacionadas con los diseños experimentales o la toma de datos controlada, siendo la medida de la lluvia otra de las magnitudes que más ha favorecido estas prácticas científicas y el uso de los datos obtenidos como argumentos. Para medir la pluviosidad el alumnado diseñó experiencias en las que añadía cantidades controladas de agua para saber si la estación medía adecuadamente. Así, utilizaba recipientes con las unidades de medida, e iba echándolos en el pluviómetro, comprobando si la estación medía o no medía adecuadamente. Estos aprendizajes también tienen su reflejo en el cuestionario de evaluación, ya que varios de los alumnos recuerdan las unidades de medida de la

pluviosidad y también consiguieron detectar el modo de funcionamiento del pluviómetro de la estación.

Por otro lado, llama la atención las pocas alusiones a la magnitud de la presión, cuando a priori (junto con la temperatura) es una de las magnitudes más conocidas por el alumnado. Se piensa que ello se debe a que las variaciones de presión apenas se reflejan en las medidas de la estación. Esto permite establecer la relación directa entre la facilidad del alumnado para trabajar con magnitudes con cambios de relevantes en la medida, ya que en caso contrario no prestan atención a dicha magnitud. Sin embargo, uno de los grupos analizó la influencia de la presión en la ubicación de la estación y aunque no hizo uso de las medidas, sí que concluyó en la variación de la presión con la altura, mostrándolo en su presentación de resultados. Creemos que esto pudo tener influencia en el resto de grupos, dado que en el cuestionario de evaluación, mayoritariamente el alumnado responde correctamente a la situación planteada y lo justifica de forma adecuada. Esto nos permite afirmar, que en ocasiones los resultados mostrados un grupo de compañeros tienen una incidencia positiva de relevancia en el resto de alumnos, como se ha podido observar en este caso.

La estación meteorológica elegida por el alumnado también media la radiación solar, siendo esta magnitud muy trabajada en la actividad 2 de la secuencia. El alumnado ha hecho distintas pruebas con las medidas de radiación, poniendo el medidor al sol y a la sombra para ver las diferencias. El grupo que más trabajó dicha magnitud fue el grupo de validación, ya que tal y como se ha comentado en los resultados, observó un pico de radiación, lo que le llevó a diseñar distintas experiencias para intentar encontrar explicación a dicha medida. Por otro lado, el desempeño mostrado en el cuestionario en torno a esta variable también ha sido satisfactorio dado que mayoritariamente el alumnado ha identificado la necesidad de usar distintos medidores de radiación según la altura de la atmósfera a la que nos encontremos. A su vez, se ha observado una traslación de conocimiento en cuanto a la radiación ya que se ha establecido conexiones entre la radiación solar y su disminución conforme dicha radiación penetra en la atmósfera. En este sentido, el uso de la estación también ha favorecido los aprendizajes relacionados con esta magnitud física y su traslación de un contexto a otro.

Finalmente, la humedad apenas ha sido trabajada en toda la secuencia, por lo que se puede afirmar en este sentido, que pesar de estar presente en algunos momentos de la secuencia o que en un determinado momento un grupo llegase a mostrar las unidades de medida de ésta, el uso de la estación meteorológica no ha favorecido el aprendizaje de factores relacionados con dicha magnitud, al menos para la edad y conocimientos del alumnado con el que se ha implementado la secuencia.

En definitiva, la estación meteorológica ha favorecido la utilización los aprendizajes relacionados con las magnitudes físicas mencionadas y también el uso de pruebas que

aluden a estas. De esta forma se ha observado que la secuencia ha favorecido el uso de pruebas en su dimensión práctica (Eixeras *et al.*, 2009; Kelly & Takao, 2002). Por otro lado, también se ha observado la dificultad del alumnado para hacer uso de las pruebas para argumentar, a pesar de contar con dichas pruebas, tal y como afirma Bravo *et al.* (2009). Sin embargo, a lo largo de la secuencia, tanto la calidad de la argumentación como el uso de pruebas ha mejorado en el alumnado como ha quedado reflejado en los datos expuestos.

#### 4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS EN LA COMPETENCIA CIENTÍFICA

La investigación también ha evaluado la calidad de la SEA desde el punto de vista de cómo afecta al desarrollo de la competencia científica. Para ello se ha analizado el desarrollo de las sub-competencias (que directamente hemos llamado competencias científicas tal y como se hace en OCDE (2016a)) y también el desarrollo y uso de los conocimientos científicos asociados al problema.

##### **Desarrollo de las competencias científicas**

La formación científica viene determinada en tres competencias científicas (OCDE, 2016a, 2019). Estas competencias son: explicar fenómenos científicamente; evaluar y diseñar una investigación científica; e interpretar datos y pruebas. La secuencia que analiza esta investigación fue diseñada trabajar en mayor medida la competencia segunda y tercera. Para su evaluación, se ha diseñado una herramienta a partir de la propuesta realizada en PISA 2015, en la que se incluye un factor relacionado con la demanda cognitiva necesaria para dar respuesta a las preguntas (Rosales Ortega *et al.*, 2020). Esta evaluación para poder observar en qué medida se desarrollan las competencias a lo largo de la secuencia tanto para los cuatro grupos con los que se implementó la actividad como con el grupo de validación.

Los resultados obtenidos para ambas actividades tanto en los grupos con los que se implementó la SEA original como con el grupo de validación que la SEA ha favorecido el desarrollo de las competencias segunda y tercera frente a la primera competencia, tal y como se había establecido en su diseño. Tal y como afirma Sanmartí (2020), el desarrollo de las prácticas científicas está vinculado a la búsqueda de pruebas, la discusión sobre su validez o la reconstrucción de dichas pruebas. Este aspecto ha quedado demostrado en los resultados de esta investigación. Por otro lado y aunque en menor medida, la primera competencia científica, explicar fenómenos científicamente, también ha sido desarrollada a lo largo de la secuencia. En este sentido, se puede afirmar que la utilización de la estación meteorológica ha facilitado como instrumento científico ha facilitado el desarrollo de las tres competencias científicas, destacando la competencia científica de carácter más práctico, como son la evaluación y diseño de una investigación o la interpretación de datos y pruebas científicamente. A su vez, también se ha comprobado que la utilización del aprendizaje basado en indagación, haciendo uso de la estación, ha facilitado el desarrollo de dichas competencias tal y como afirma Bevins & Price (2016).

##### **Desarrollo de contenidos científicos**

Para desarrollar las tres competencias científicas, también se establecen tres modalidades de conocimiento científico (OCDE, 2016a). Los conocimientos establecidos son: de contenido, procedimental y epistémico. El uso de cada uno de estos conocimientos no es exclusivo de cada competencia, ahora bien, el desarrollo de

la segunda y tercera competencia necesita de un mayor uso de los conocimientos segundo y tercero a su vez. En esta línea, también se espera que se dé un mayor desarrollo y uso de los conocimientos procedimental y epistémico dentro de la secuencia.

Los resultados muestran que todos los grupos, incluido el grupo de validación han hecho un mayor uso de los conocimientos procedimental y epistémico en el desarrollo de la secuencia. El conocimiento procedimental se entiende como un conocimiento de las pruebas (Gott *et al.*, 2008; Millar, 1995), y el uso que se puede hacer de ellas (OCDE, 2016a). La obtención de datos y el uso de estos como pruebas ha estado presente en varios momentos de la secuencia demostrando el desarrollo de este desempeño en el uso del conocimiento procedimental. El conocimiento epistémico requiere de la comprensión de las preguntas, de hipótesis o de los argumentos dentro de la ciencia (Rosales Ortega *et al.*, 2020), facilitando la construcción de conocimiento científico (Duschl, 2007). En este sentido, el alumnado ha necesitado emitir hipótesis, obtener datos para verificarlaS y después argumentar dichos resultados. Esto les ha permitido acercarse a la forma de trabajo de los científicos y a conocer en primera persona algunos de los métodos propios de la ciencia. Con ello, se puede afirmar que el uso de la estación meteorológica dentro de una actividad de indagación guiada ha favorecido el desarrollo de los conocimientos científicos procedimental y epistémico, frente al conocimiento del contenido.

Finalmente, decir que desde el punto de vista de la investigación basada en el diseño tanto los resultados obtenidos para el desarrollo de las competencias científicas como para los conocimientos científicos responden a los objetivos que planteaba el diseño de la SEA para el desarrollo de las prácticas científicas de indagación y argumentación.

### **Transferencia de conocimientos entre contextos**

Aunque a lo largo de la discusión de los resultados se ha hecho alusión a la transferencia de resultados de un contexto a otro, se estima oportuno incluir un breve comentario al respecto. Los resultados han mostrado como en algunos momentos dentro de la propia implementación de la secuencia el alumnado ha trasladado su conocimiento de un contexto a otro, lo que es representativo de la generalización de aprendizajes. Al mismo tiempo, la evaluación por cuestionario ha permitido observar como parte del alumnado ha hecho generalización del conocimiento trabajado en la secuencia a otros contextos. Esto encaja con lo propuesto por Gilbert (2006) y King & Richie (2012), en relación a la facilidad del alumnado a hacer uso del conocimiento de un contexto a otro cuando el conocimiento ha sido alcanzado de forma contextualizada. Cuando estos conocimientos son encontrados dentro de un contexto, también facilita al alumnado observar la presencia de la ciencia en su contexto diario (Chamizo & Izquierdo, 2005) y aumentando el interés por la ciencia (Gilbert, 2006), como ha ocurrido en la secuencia por ejemplo con los “mapas del tiempo” o el uso del

anemómetro para conocer la concentración de partículas “covid” en un aula. Así, podemos afirmar que esta secuencia ha facilitado el aprendizaje y ha concienciado al alumnado de la importancia de la ciencia como afirma (Caamaño, 2011) y ha cumplido con el objetivo con el que fue diseñada, utilizar el enfoque propuesto por Litwin (2008) de contextualizar una situación, descontextualizarla y volver a recontextualizarla.

## 5. CONCLUSIONES

En esta memoria se presenta un trabajo de investigación que ha consistido en una Investigación Basada en el Diseño (IBD). Esta metodología consiste en el análisis pormenorizado de todo lo relativo al diseño, implementación y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje (SEA). El instrumento utilizado para generar la actividad y sobre la que desarrollar la secuencia ha sido una estación meteorológica.

Con la metodología de la investigación y el uso de la estación meteorológica como instrumento, se planteó analizar los beneficios educativos que implican la combinación de ambos factores para el desarrollo de las prácticas científicas de la indagación y la argumentación. Por ello, la evaluación de la validez de la SEA para alcanzar dichos objetivos se ha llevado a cabo a partir de ambas prácticas científicas. A su vez, la calidad de la SEA también ha sido evaluada desde el punto de vista de su utilidad para desarrollar la competencia científica.

Los resultados de esta evaluación de la calidad de la SEA, es decir, la evaluación de su diseño e implementación son los que podrán dar respuesta a la pregunta general de investigación.

### **¿Puede una estación meteorológica servir como herramienta para la enseñanza de las prácticas científicas de indagación y argumentación en educación secundaria? ¿Cómo y en qué medida?**

Para poder dar respuesta a esta pregunta, es necesario conocer si la investigación ha cumplido con los objetivos específicos que planteaba en su diseño inicial. Estos objetivos fueron agrupados en tres bloques relacionados con el desarrollo de la práctica de indagación, la práctica de la argumentación y la competencia científica. Es por ello, que las conclusiones que se extraen de este trabajo se exponen agrupadas según estos mismos criterios.

#### **Validez de la secuencia para desarrollar la práctica científica de indagación**

Los datos obtenidos en la investigación confirman que la SEA ha favorecido la práctica de la indagación en el alumnado. En primer lugar, la utilización de la metodología de enseñanza basada en indagación ha desarrollado destrezas y habilidades propias de la práctica científica de la indagación. En segundo lugar, el uso de una estación meteorológica como tópico generador ha facilitado el desarrollo de esta práctica científica facilitando que los alumnos plantearan hipótesis, identificaran variables, realizaran observaciones y toma de datos, o la interpretación de esos datos.

Para llegar a esta conclusión se han analizado los desempeños del alumnado en las distintas etapas de la secuencia de enseñanza. A este respecto, se ha detectado que la elección de una estación meteorológica para su compra ha servido como actividad

introdutoria para el alumnado en la que han podido encontrar las variables implicadas en el problema, las características de la medición de estas y su relación con el clima de su zona. Por otro lado, la elección de la ubicación para la estación ha desarrollado prácticas de carácter procedimental, permitiendo al alumnado realizar sus propios diseños experimentales para la toma de datos y su posterior interpretación. También se han detectado algunas dificultades en el alumnado. Una de las dificultades se ha encontrado en la situación de desorientación en la que se encuentra el alumnado al comienzo de este tipo de actividades, por lo que la labor de guía del profesor resulta clave en todo el proceso, aunque según en esta investigación, la primera etapa de la secuencia es de vital importancia para su correcto desarrollo. Otra dificultad encontrada ha sido el bajo desempeño del alumnado a la hora de representar los datos experimentales obtenidos (ya sea en forma de tabla o gráfico). A pesar de estas dificultades, los alumnos han mostrado los desempeños esperados según los estudios mostrados en el marco teórico.

Tras analizar los resultados y compararlos con los expuestos en los trabajos recogidos en la fundamentación teórica, se puede afirmar que la secuencia llevada a cabo utilizando la metodología basada en la indagación usando una estación meteorológica como tópico generador, ha favorecido el desarrollo de la práctica científica de la indagación.

### **Validez de la secuencia para desarrollar la práctica científica de la argumentación**

Los resultados de la IBD muestran que la secuencia diseñada e implementada favorece la práctica científica de la argumentación también. Aplicar la metodología basada en indagación en una actividad en la que el alumnado debe tomar decisiones de forma autónoma ha hecho que éste se vea obligado a buscar datos, y comprobarlos para argumentar de manera justificada sus decisiones a lo largo de toda la secuencia. También ha sido posible clasificar la calidad de los argumentos del alumnado siguiendo estos criterios y estableciendo distintos niveles de desempeño en argumentación a partir de los cuales se ha analizado la calidad de la argumentación. En este sentido, se ha observado que el alumnado encuentra dificultad en la elaboración de argumentos de calidad, aunque las destrezas mostradas en la práctica de la argumentación han mejorado entre la actividad 1 y la actividad 2 de la secuencia, por lo que se puede interpretar que el diseño e implementación de la secuencia ha sido causa de dicha mejora. Por otro lado, al tener que instalar y usar la estación meteorológica, se han analizado la calidad de la argumentación para los parámetros físicos y también para los parámetros tecnológicos, concluyendo que la calidad de los argumentos ha sido similar para ambos tipos de parámetros.

La práctica de la argumentación dentro de la secuencia también ha sido analizada a partir de la utilización que el alumnado ha hecho de las magnitudes físicas implicadas en el problema y los factores asociados a su medida. Este análisis ha permitido



identificar las magnitudes que más ha trabajado el alumnado y a las que más ha hecho referencia a lo largo de toda la secuencia.

Así, de esta IBD se puede concluir que el uso como instrumento de la estación meteorológica ha favorecido los aprendizajes relacionados con las magnitudes físicas cuya variación era apreciable en el instante de la medida y aquellas cuyo instrumento de medida era fácilmente identificable dentro de la propia estación.

#### **Validez de la secuencia para desarrollar la competencia científica**

Esta investigación también ha abordado la validez de la SEA para desarrollar la competencia científica. Dicha evaluación se ha realizado atendiendo a las sub-competencias científicas (explicar fenómenos científicamente; diseñar y evaluar una investigación científica; y la de interpretar los datos y pruebas científicamente) y las modalidades de conocimiento científico (de contenido; procedimental; y epistémico). Por otro lado, también se han analizado la generalización de los aprendizajes del alumnado a otros contextos.

Los resultados analizados muestran que todos los grupos con los que se ha implementado la secuencia han mostrado mejores rendimientos en las sub-competencias científicas de diseñar y evaluar una investigación científica y en la de interpretar datos y pruebas científicamente, frente a la de explicar fenómenos científicamente, por lo que se puede concluir que la secuencia ha favorecido dichas sub-competencias, tal y como se esperaba que ocurriera. Las sub-competencias científicas que han tenido un mayor desarrollo en la secuencia tienen asociados la tipología de conocimientos, procedimental y epistémico, frente al conocimiento de contenido, más asociado a la sub-competencia de explicar fenómenos científicamente. Así, se esperaba que el alumnado hiciera un uso mayor de los conocimientos, procedimental y epistémico frente al conocimiento de contenido. Sin embargo, esto no implica que el alumnado solo haya desarrollado estas sub-competencias y haya hecho uso de estos contenidos, dado que los resultados muestran los desempeños para esta sub-competencia y el contenido que le puede ser asociado.

Finalmente se ha analizado si los aprendizajes del alumnado han servido para hacer una generalización a otros contextos y a su vez si dichos aprendizajes han perdurado en el tiempo. Se puede concluir que los alumnos y alumnas que fueron miembros de los grupos que mejores desempeños tuvieron, son los que mejores desempeños han mostrado. Al mismo tiempo, se ha observado que parte del alumnado ha re-contextualizado sus aprendizajes a situaciones distintas. Esto implica que, en este alumnado perduran los aprendizajes alcanzados en la secuencia y por otro lado ha sido capaz de hacer una generalización de dichos aprendizajes, por ejemplo, relacionándolos con aspectos de su vida diaria o derivando en otras investigaciones paralelas como ha sido el caso del grupo de validación.

Todo ello, nos lleva a concluir que, esta investigación basada en el diseño favorece el desarrollo de la competencia científica y sirve para desarrollar las prácticas científicas de indagación y de argumentación con alumnos de educación secundaria no obligatoria (Bto).

## **CAPÍTULO VI**

# **BIBLIOGRAFÍA**



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abril, A. M. A., Romero-Ariza, M., Quesada, A. Q., & García, F. J. (2014). Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), 22-33.

Abril Gallego, A. M., Romero Ariza, M., Quesada Armenteros, A., & García, F. J. (2013). Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 11(1), pp-22.

Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., & Aragón, M. del M. (2016). La controversia Pasteur vs. Pouchet sobre la generación espontánea: Un recurso para la formación inicial del profesorado en la naturaleza de la ciencia desde un enfoque reflexivo. *Ciência & Educação (Bauru)*, 22(4), 913-933. <https://doi.org/10.1590/1516-731320160040006>

*Aciertas | Aprendizaje de las Ciencias por Indagación en Redes Transversales Colaborativas*. (2021).

Adelman, C., Jenkins, D., & Kemmis, S. (1984). Rethinking case study. En J. Bell, *Conducting small-scale Investigations in Educational Management*. Harper and Row.

Aguilar, S., & Barroso, J. (2015). La triangulación de datos como estrategia en investigación educativa. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 47, 73-88.

Aguilera, D., Martín-Páez, T., Valdivia-Rodríguez, V., Ruiz-Delgado, Á., Williams-Pinto, L., Vílchez-González, J. M., & Perales-Palacios, F. J. (2018). La enseñanza de las ciencias basada en indagación. Una revisión sistemática de la producción española. *Revista de Educación*, 381, 259-274.

Alake-Tuenter, E., Biemans, H. J. A., Tobi, H., Wals, A. E. J., Oosterheert, I., & Mulder, M. (2012). Inquiry-Based Science Education Competencies of Primary School Teachers: A literature study and critical review of the American National Science Education Standards. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2609-2640. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.669076>

Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of educational psychology*, 103(1), 1.

Alghamdi, A. H., & Li, L. (2013). Adapting Design-Based Research as a Research Methodology in Educational Settings. *International Journal of Education and Research*, 1(10), 1-12.

Álvarez, C., & San Fabián, J. (2012). La elección del estudio de caso en investigación educativa. *Gazeta de Antropología*, 28(1).

Alves-Mazzotti, A. (2006). Usos e abusos dos estudos de caso. *Cadernos de pesquisa*, 36(129), 637-651.

- Ametller, J., Leach, J., & Scott, P. (2007). Using perspectives on subject learning to inform the design of subject teaching: An example from science education. *Curriculum Journal*, 18, 479-492. <https://doi.org/10.1080/09585170701687928>
- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, 8(2), 71-82. <https://doi.org/10.1076/chin.8.2.71.8724>
- Anderson, R. D. (2007). Inquiry as an organizing theme for science curricula. En *Handbook of Research on Science Education* (pp. 808-830). Routledge.
- André, M. E. D. A. (1998). *Etnografía da prática escolar* (2ª). Papyrus Editora.
- Ansón, J. A., & Bravo, B. (2017). Resultados e implicaciones de una propuesta para promover el desarrollo de las destrezas científicas en un aula de Biología de bachillerato. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 132-151.
- Areepattamannil, S. (2012). Effects of Inquiry-Based Science Instruction on Science Achievement and Interest in Science: Evidence from Qatar. *Journal of Educational Research - J EDUC RES*, 105, 134-146. <https://doi.org/10.1080/00220671.2010.533717>
- Arnal, J., Del Rincón, D., & Latorre, A. (1994). *Investigación educativa. Fundamentos y metodología*. Labor.
- Avargil, S., Herscovitz, O., & Dori, Y. J. (2012). Teaching thinking skills in context-based learning: Teacher's challenges and assessment knowledge. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 207-225.
- Martínez-Aznar, M. M., & Varela Nieto, M. P. (2009). La resolución de problemas de energía en la formación inicial de maestros. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 343-360.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-based research: Putting a stake in the ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1-14. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301\\_1](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1)
- Barrow, L. H. (2006). A brief history of inquiry: From Dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265-278.
- Becker, J. P., & Shimada, S. (1997). *The Open-Ended Approach: A New Proposal for Teaching Mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics, 1906 Association Drive, Reston, VA 20191-1593.
- Bell, J. (2002). *Cómo hacer tu primer trabajo de investigación. Guía para investigadores en educación y ciencias sociales*. Gedisa.
- Bell, P. (2004). On the Theoretical Breadth of Design-Based Research in Education. *Educational Psychologist*, 39(4), 243-253. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep3904\\_6](https://doi.org/10.1207/s15326985ep3904_6)

- Bevins, S., & Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education*, 38(1), 17-29. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1124300>
- Biddle, B., & Anderson, D. (1989). Teoría, métodos, conocimientos e investigaciones sobre la enseñanza. En M. Wittrock (Ed.), *La investigación en la enseñanza I* (pp. 93-148). Paidós.
- Bisquierra, R. (2014). *Metodología de investigación educativa*. La Muralla.
- Blanco-López, Á., España-Ramos, E., & Franco-Mariscal, A. J. (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Apice*, 1(1), 107-115.
- Bonache, J. (1999). El estudio de casos como estrategia de construcción teórica: Características, críticas y defensas. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 3, 123-140.
- Bravo, B., Puig, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2009). Competencias en el uso de pruebas en argumentación. *Educación Química*, 20(2), 137-142. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30020-X](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30020-X)
- Bredderman, T. (1983). Effects of activity-based elementary science on student outcomes: A quantitative synthesis. *Review of Educational Research*, 53(4), 499-518. <https://doi.org/10.2307/1170219>
- Brocos, P., & Jiménez Aleixandre, M. P. (2020). El impacto ambiental de la alimentación: Argumentos de alumnado de Magisterio y Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(1), 127-145.
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327809jls0202_2)
- Brown, P. (2008). A Review of the Literature on Case Study Research. *Canadian Journal for New Scholars in Education*, 1(1), 1-13.
- Brown, P. L., Abell, S. K., Demir, A., & Schmidt, F. J. (2006). College science teachers' views of classroom inquiry. *Science Educator*, 784-802.
- Bybee, J. (2006). From usage to grammar: The mind's response to repetition. *Language*, 82(4) 711-733.
- Caamaño, A. (1992). Los trabajos prácticos en ciencias experimentales: Una reflexión sobre sus objetivos y una propuesta para su diversificación. *Aula de innovación educativa*, 9, 61-68.
- Caamaño, A. (2011). Enseñar Química mediante la contextualización. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 69, 21-34.

Caamaño, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 70, 83-92.

Caamaño, A. (2018). Enseñar química en contexto: Un recorrido por los proyectos de química en contexto desde la década de los 80 hasta la actualidad. *Educación química*, 29(1), 21-54. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63686>

Cabreiro López, B., & Fernández Morante, M. C. (2004). Estudio de casos. En F. Salvador Mata, J. L. Rodríguez Diéguez, & A. Bolívar Botia, *Diccionario enciclopédico de didáctica*. Aljibe.

Cañal, P., & García, S. (1987). La nutrición vegetal, un año después. Un estudio de caso de 7º de EGB. *Investigación en la Escuela*, 1(3), 55-60.

Caracuel González, M., Lupión Cobos, T., & Blanco López, Á. (2021). Decisiones y justificaciones entre natural versus no natural en el consumo de un producto alimentario por estudiantes de 14-15 años. Un estudio piloto. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1203-1203. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1203](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1203)

Carbaug, D. (2007). Cultural discourse analysis: Communication practises and intercultural encounters. *Journal of Intercultural Communication Research*, 36(3), 167-182.

Carbonero, M., Martín Antón, L., & Reoyo, N. (2011). El profesor estratégico como favorecedor del clima de aula. *European Journal of Education and Psychology*, 4, 133-142. <https://doi.org/10.1989/ejep.v4i2.83>

Chamarz, K. (2006). *Constructing grounded theory: A practical guide through qualitative analysis*. Sage.

Chamizo, J., & Izquierdo, M. (2005). Ciencia en contexto: Una reflexión desde la filosofía. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 46, 9-17.

Chaverra, B. E., Gaviria, F., & González, E. V. (2019). El estudio de caso como alternativa metodológica en la investigación en educación física, deporte y actividad física. Conceptualización y aplicación. *Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF)*, 35, 422-427.

CherryHolmes, C. H. (1992). (Re)clamación de pragmatismo para la educación. *Revista de educación*, 297, 227-262.

Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001009>

Cobern, W. W., Schuster, D., Adams, B., Applegate, B., Skjold, B., Undreiu, A., Loving, C. C., & Gobert, J. D. (2010). Experimental comparison of inquiry and direct instruction in science. *Research in Science & Technological Education*, 28(1), 81-96.



- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. Routledge.
- Coller, X. (2000). *Estudio de Casos*. Centro de Investigaciones Sociológicas.
- Comisión Europea. (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. Publications Office of the European Union.
- Cortés-Gracia, Á. L., de la Gándara, M., Calvo, J. M., Martínez, M. B., Ibarra, J., Arlegui de, J., & Gil-Quílez, M. J. (2012). Expectativas, necesidades y oportunidades de los maestros en formación ante la enseñanza de las ciencias en la Educación Primaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 30(3), 156-176.
- Cortés-Gracia, Á. L., & de la Gándara, M. (2007). La construcción de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: Una experiencia didáctica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 25(3), 435-450.
- Couso, D. (2014). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: Una reflexión crítica. *XXVI Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales*.
- Couso, D. (2020). Aprender ciencia escolar implica construir modelos cada vez más sofisticados de los fenómenos del mundo. En *Enseñando Ciencia con Ciencia* (FECYT&Fundación Lilly). Penguin Random House.
- Couso, D., Jiménez, M. P., López-Ruiz, J., Mans, D., Rodríguez, C., Rodríguez, J. M., & Sanmartí, N. (2011). *Informe ENCIENDE: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España*. Rubes Editorial.
- Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of research in science teaching*, 44(4), 613-642.
- Crujeiras-Pérez, B., & Cambeiro, F. (2018). Una experiencia de indagación cooperativa para aprender ciencias en educación secundaria participando en las prácticas científicas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1201.
- Crujeiras-Pérez, B., Gallástegui-Otero, J. R., & Jiménez Aleixandre, M. P. (2013). Indagación en el laboratorio de química. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 74, 49-56.
- Crujeiras-Pérez, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2015). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: Articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 33(1), 63-84.
- Crujeiras-Pérez, B., & Puig, B. (2014). Trabajar la naturaleza de la ciencia en la formación inicial del profesorado planificando una investigación. *Educació Química*, 17, 55-61.

- Da Silva, J. R. S., Barbosa Nunes, F. P., Bonandi Spelta, L. M. P., Brzezinski Prestes, M. E., & Ursi, S. (2012). Ensino por pesquisa: Análise de uma proposta para estudantes do Curso de Ciências Biológicas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(1).
- De Freitas, A. de, & Laburú, C. E. (2014). Significados de fotossíntese produzidos por alunos do ensino fundamental a partir de conexões estabelecidas entre atividade investigativa e multimodos de representação. *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 13(3), 242-266.
- De las Heras-Pérez, M. Á., & Jiménez-Pérez, R. (2011). La enseñanza del ser vivo en primaria a través de una secuencia de estrategias indagatorias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 67, 71-78.
- De Pro Bueno, A., & Rodríguez Moreno, J. (2010). Aprender competencias en una propuesta para la enseñanza de los circuitos eléctricos en Educación Primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 0385-0404.
- Denzin. (1978). *The Research Act: A Theoretical Introduction to Sociological Methods*. McGraw-hill.
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Research*, 32(1), 5-8.
- Dewey, J. (1938). *Logic, the theory of inquiry*. H. Holt and Co.
- Díaz, M., & Poblete, A. (2001). Contextualizando los problemas matemáticos en el aula. *Números*, 45, 33-41.
- Domènech-Casal, J. (2013). Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: Un itinerario para la mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 31, 249-262.
- Domènech-Casal, J. (2014a). Indagación en el aula mediante actividades manipulativas y mediadas por ordenador. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 76, 17-27.
- Domènech-Casal, J. (2014b). ¿Cómo lo medimos? Siete contextos de indagación para detectar y corregir concepciones erróneas sobre magnitudes y unidades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 398-409.
- Domènech-Casal, J. (2014c). Una secuencia didáctica en contexto sobre evolución, taxonomía y estratigrafía basada en la indagación y la comunicación científica. *Alambique, didáctica de las Ciencias Experimentales*, 78.
- Domènech-Casal, J. (2015). Eppur si muove: Una secuencia contextualizada de indagación y comunicación científica sobre el sistema astronómico Sol-Tierra. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 328-340.
- Domènech-Casal, J. (2016). *Gene Hunting*: Una secuencia contextualizada de indagación alrededor de la expresión génica, la investigación in silico y la ética en la

comunicación biomédica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 342-358.

Domènech-Casal, J., & Ruiz-España, N. (2017). Mission to stars: Un proyecto de investigación alrededor de la astronomía, las misiones espaciales y la investigación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 98-114.

Dori, Y., Avargil, S., Kohen, Z., & Saar, L. (2018). Context-based learning and metacognitive prompts for enhancing scientific text comprehension. *International Journal of Science Education*, 40(10), 1198-1220.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)

Duit, R., Gropengiesser, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. En H. E. Fischer, *Developing standards in research on science education* (pp. 1-9). Taylor & Francis.

Duit, R., Gropengiesser, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction-A framework for improving teaching and learning science. En D. Jorde & J. Dillon, *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective* (pp. 13-37). Sense Publishers.

Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education*. Teachers College Press.

Duschl, R. A. (2007). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic and social learning goals. *Research in Education*, 32, 268-291.

Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39-72. <https://doi.org/10.1080/03057260208560187>

Easterby, M., Thorpe, R., & Lowe, A. (1991). *Management research: An introduction*. Sage Publications.

Easterday, M., Rees Lewis, D., & Gerbe, E. (2014). *Design-based process: Problems, phases, and applications*, in *Proceedings of International Conference of Learning Sciences* (E. Polman, E. A. Kyza, D. K. O'Neill, I. Tabak, W. R. Penuel, S. Jurow, K. O'Connor, T. Lee, & L. D. Amico (International Society of the Learning Sciences, Boulder, CO), Eds.; pp. 317-324).

Eirexas, F., Jiménez Aleixandre, M. P., Gallástegui, J. R., & Puig, B. (2009). O proxecto «Mind the Gap»: A indagación e o uso de probas na aula. *Boletín das ciencias*, 22(68), 99-100.

Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy Management Review*, 14(4), 532-550.

- Elliot, J. (1993). *El cambio educativo desde la investigación-acción*. Morata.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Argumentation in science education. *Perspectives from classroom-Based Research*. Dordrecht: Springer.
- Felton, M., García-Mila, M., & Gilabert, S. (2009). Deliberation versus dispute: The impact of argumentative discourse goals on learning and reasoning in the science classroom. *Informal Logic*, 29(4), 417-446.
- Fensham, P. (2001). Science content as problematic—Issues for research. En P. Reiska (Ed.), *Research in Science Education—Past, present, and future* (pp. 27-41). Kluwer Academic Publishers.
- Fernández, C., & Yoshida, M. (2004). *Lesson study. A Japanese approach to improving mathematics learning and teaching*. Erlbaum.
- Ferrés-Gurt, C., Sanmartí, N., & Marbà, A. (2015). ¿Cómo evaluar los trabajos de indagación del alumnado? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 80, 1001-1011.
- Ferrés-Gurt, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 410-426.
- Ferrés-Gurt, C., Marbà-Tallada, A., & Sanmartí, N. (2014). Trabajos de indagación de los alumnos: Instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37.
- Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Morata.
- Flyvbjerg, B. (2006). Five Misunderstandings About Case-Study Research. *Qualitative Inquiry*, 12(2), 219-245.
- Forbes, D., Creamer, M., Bisson, J. I., Cohen, J. A., Crow, B. E., Foa, E. B., Friedman, M. J., Keane, T. M., Kudler, H. S., & Ursano, R. J. (2010). A guide to guidelines for the treatment of PTSD and related conditions. *Journal of Traumatic Stress*, 23(5), 537-552. <https://doi.org/10.1002/jts.20565>
- Franco-Mariscal, A.-J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 33, 231. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1645>
- Frick, R. W. (1998). Interpreting statistical testing: Process and propensity, not population and random sampling. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 30(3), 527-535. <https://doi.org/10.3758/BF03200686>
- Furió-Más, C., Domínguez-Sales, M. C., & Guisasola, J. (2012). Diseño e implementación de una secuencia de enseñanza para introducir los conceptos de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 30(1), 113-129.

- Furió-Más, C., Guisasola, J., Almudí, J., & Ceberio, M. (2003). Learning the Electric Field Concept as Oriented Research Activity. *Science Education*, 87, 640-662. <https://doi.org/10.1002/sce.10100>
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of educational research*, 82(3), 300-329.
- Galeano, M. (2004a). *Diseño de proyectos en la investigación cualitativa*. Universidad Eafit.
- Galeano, M. (2004b). *Estrategias de investigación social cualitativa. El giro de la mirada*. La Carreta.
- Gallardo-Gil, M., Fernández-Navas, M., Sepúlveda-Ruiz, M. P., Serván, M. J., Yus, R., & Barquín, J. (2010). PISA y la competencia científica: Un análisis de las pruebas de PISA en el Área de Ciencias. *Relieve*, 16(2), 1-17.
- García, M., Cascarosa Salillas, E., & Pozuelo, J. (2019). El debate en ciencias: Gana el equipo que mejor argumente. *ReiDoCrea: Revista electrónica de investigación Docencia Creativa*, 8(3), 15-20. <https://doi.org/10.30827/Digibug.54424>
- García, M. J., Guirao, P. E., & Egea, P. P. M. (2014). Indagar sobre la pérdida de biodiversidad desde el consumo alimentario ciudadano. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 78, 43-50.
- García-Carmona, A. (2008). Relaciones CTS en la educación científica básica II: Investigando los problemas del mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 26, 389-402.
- García-Carmona, A. (2009). Aprendiendo hidrostática mediante actividades de investigación orientada: Análisis de una experiencia con alumnos de 15-16 años. *Enseñanza de las Ciencias*, 27, 273-286.
- García-Carmona, A., & Criado, A. (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, 87-102.
- Garritz, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas; Vol.: 28 Núm.: 3, 28*. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v28n3.4>
- Giere, R. (2001). A New Framework for Teaching Scientific Reasoning. *Argumentation*, 15, 21-33. <https://doi.org/10.1023/A:1007880010975>
- Gil, D., Carrascosa, J., & Martínez-Torregosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Horsori.
- Gil Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias: Revista de investigación y experiencias didácticas*, 11(2), 197-212.

- Gil Pérez, D., Dumas Carré, A., Caillot, M., Martínez Torregrosa, J., & Ramírez Castro, L. (1988). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la Escuela*, 6, 3-20.
- Gil Pérez, D., & Martínez Torregrosa, J. (1987). Los programas-guía de actividades: Una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12.
- Gil Pérez, D. (1990). *Un modelo de resolución de problemas como investigación*. Ministerio de Educación y Ciencia.
- Gil Pérez, D., Guisasola, J., Moreno, A., Cachapuz, A., Pessoa De Carvalho, A. M., Martínez Torregrosa, J., Salinas, J., Valdés, P., González, E., Gené Duch, A., Dumas-Carré, Tricárico, H., & Gallego, R. (2002). Defending Constructivism in Science Education. *Science & Education*, 11, 557-571.
- Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976. <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>
- Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education* (Vol. 9). Springer.
- Carré, A., Tricárico, H., & Gallego, R. (2002). Defending Constructivism in Science Education. *Science & Education*, 11(6), 557-571. <https://doi.org/10.1023/A:1019639319987>
- Godoy, A. V., Segrra, C. I., & Di Mauro, M. F. (2014). Una experiencia de formación docente en el área de Ciencias Naturales basada en la indagación escolar. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(3), 381-397.
- Goetz, J., & LeCompte, M. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Morata.
- González Riaño, X. A. (1994). *Interferencia lingüística y escuela asturiana*. Academia de la Lingua Asturiana.
- González-Rodríguez, L., & Crujeiras, B. (2016). Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 143-160.
- Gott, R., Duggan, S., Millar, R., & Lubben, F. (1995). Progression in investigative work in science. En *Subject Learning in the Primary Curriculum*. Routledge.
- Gott, R., Duggan, S., & Roberts, R. (2008). *Concepts of evidence and their role in open-ended practical investigations and scientific literacy*. Sociology: UK.
- Goytia, E., Besson, I., Gasco, J., & Domenech-Casal, J. (2015). Evaluar habilidades científicas: Indagación en los exámenes, ¿una vía para cambiar la práctica didáctica en el aula? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 79, 1001-1011.

- Greca, I. M., & Jerez-Herrero, E. (2017). Propuesta para la enseñanza de Ciencias Naturales en Educación Primaria en un aula inclusiva. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 385-397. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2017.v14.i2.07](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.07)
- Greca, I. M., Meneses Villagrà, J. A., & Diez Ojeda, M. (2017). La formación en ciencias de los estudiantes del grado en maestro de Educación Primaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 231-256.
- Guba, J. (1989). Criterios de credibilidad en la investigación naturalista. En J. Gimeno & A. Pérez (Eds.), *La enseñanza, su teoría y su práctica* (pp. 148-165). Akal.
- Guisasola Aranzabal, J., Ceberio Garate, M., Almudí García, J. M., & Zubimendi Herranz, J. L. (2011). La resolución de problemas basada en el desarrollo de investigaciones guiadas en cursos introductorios de física universitaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(3), 439-452.
- Guisasola Aranzabal, J., Zubimendi Herranz, J. L., Almudí García, J. M., & Ceberio Gárate, M. (2007). Propuesta de enseñanza en cursos introductorios de física en la universidad, basada en la investigación didáctica: Siete años de experiencia y resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 091-106.
- Guisasola, J., Ametller, J., & Zuza, K. (2021). Investigación basada en el diseño de Secuencias de Enseñanza-Aprendizaje: Una línea de investigación emergente en Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1801-1801. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1801](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1801)
- Guisasola, J., Furió, C., & Zuza, K. (2008). Science Education based on developing guided research. En M. V. Thomase (Ed.), *Science Education in Focus* (pp. 55-85). Nova Science Publisher.
- Guisasola, J., Zubimendi, J., & Zuza, K. (2010). How much have students learned? Research-based teaching on electrical capacitance. *Physical review special topics-Physics education research*, 6. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020102>
- Guisasola, J., Zuza, K., Ametller, J., & Gutierrez-Berraondo, J. (2017). Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 020139. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020139>
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53(11), 465-467.
- Hamel, J., Dufour, S., & Fotin, D. (1993). *Case study methods*. Sage Publications.
- Harlen, W. (2010). *Principles and Big Ideas of Science Education*. Association for Science Education. <https://www.ase.org.uk/bigideas>

- Hattie, J. (2010). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement* (Reprinted). Routledge.
- Heras Montoya, L. (1997). *Comprender el espacio educativo. Investigación etnográfica sobre un centro escolar*. Aljibe.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta). Mc Graw Hill/ Interamericana Editores.
- Heron, P. R. L., & McDermott, L. C. (1998). Bridging the Gap Between Teaching and Learning in Geometrical Optics: The Role of Research. *Optics and Photonics News*, 9(9), 30-36. <https://doi.org/10.1364/OPN.9.9.000030>
- Hino, K. (2007). Toward the problem-centered classroom: Trends in mathematical problem solving in Japan. *ZDM*, 39, 503-514. <https://doi.org/10.1007/s11858-007-0052-1>
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and. *Educational psychologist*, 42(2), 99-107.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722>
- Hogan, K., & Maglienti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 663-687. <https://doi.org/10.1002/tea.1025>
- Holliday, W. G. (2004). A balanced approach to science inquiry teaching. En L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 201-217). Kluwer Academic Publishers.
- Hookway, C. (2000). Pragmatism: Commosense and limits of Science. En F. M. W. Stone & J. Wolff, *The proper Ambition of Science* (Vol. 2, pp. 103-121).
- Informe Rocard. (2007). *Educación científica «ahora»: El informe Rocard*. Subdirección General de Información y Publicaciones.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (1998). Diseño curricular: Indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 203-216.
- Jiménez Aleixandre, M. P. (2011). 10 Ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. *Educatio Siglo XXI*, 29(1), 363-366.
- Jiménez Aleixandre, M. P., & Pereiro, C. (2002). Knowledge producers or Knowledge consumers? Argumentation and decision making about enviornmental management. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1171-1190.



- Jiménez Aleixandre, M. P., & Bustamante, J. D. de. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: Cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 21(3), 359-370.
- Jiménez Aleixandre, M. P., & Puig, B. (2010). Argumentación y evaluación de explicaciones causales en ciencias: El caso de la inteligencia. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 16, 11-18.
- Jiménez, V. E., & Comet, C. (2016). Los estudios de casos como enfoque metodológico. *ACADEMO Revista de Investigación en Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(2).
- Juuti, K., & Lavonen, J. (2006). Design-Based Research in Science Education: One Step Towards Methodology. *Nordic Studies in Science Education*, 2(2), 54-68. <https://doi.org/10.5617/nordina.424>
- Kasseboehmer, A. C., & Ferreira, L. H. (2013). O método investigativo em aulas teóricas de Química: Estudo das condições da formação do espírito científico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(1), 144-168.
- Kawalkar, A., & Vijapurkar, J. (2013). Scaffolding Science Talk: The role of teachers' questions in the inquiry classroom. *International Journal of Science Education*, 35(12), 2004-2027. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.604684>
- Kelly, A. E. (2003). Research as design. *Educational researcher*, 32(1), 3-4.
- Kelly, G. J., & Duschl, R. A. (2002). Toward a research agenda for epistemological studies in science education. *annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, LA*.
- Kelly, G. J., & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 83(3), 115-130.
- Kenyon, L., Kuhn, L., & Reiser, B. J. (2006). Using students' epistemologies of science to guide the practise of argumentation. En S.A. Barab, K.E. Hay, & T.D. Hickey, *Proceedings of the 7th International Conference of the Learning Sciences* (pp. 321-327). Lawrence Erlbaum.
- Kidder, L., & Judd, C. (1986). *Research Methods in Social Relations* (5ª). CBS College Publishing.
- King, D., & Ritchie, S. M. (2012). Learning science through real-world contexts. En *Second international handbook of science education* (pp. 69-79). Springer.
- Kirschner, P., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why unguided learning does not work: An analysis of the failure of discovery learning, problem-based learning, experiential learning and inquiry-based learning. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Kortland, K. (1996). An STS case study about students' decision making on the waste issue. *Science Education*, 80(6), 673-689. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199611\)80:6<673::AID-SCE3>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199611)80:6<673::AID-SCE3>3.0.CO;2-G)

Kortland, K., & Klaassen, K. (Eds.). (2010). *Designing Theory-Based Teaching-Learning Sequences for Science Education: Proceedings of the symposium in honour of Piet Lijnse at the time of his retirement as Professor of Physics Didactics at Utrecht University*. CDBeta press.

Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practise*, 41(4), 212-218.

Krüger, N., & Formichella, M. M. (2015). Más allá de los logros cognitivos: La actitud hacia la escuela y sus determinantes en España según PISA 2009. *Revista de Educación*, 367(1), 10-35.

Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. *Science Education*, 60(3), 299-312. <https://doi.org/10.1002/sce.20395>

Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of educational research*, 86(3), 681-718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>

Leach, J., Ametller, J., Hind, A., Lewis, E., & Scott, P. (2006). Implementing and evaluating teaching interventions. En M. Ratcliffe, *Improving teaching and learning in science: Towards evidence-based practise* (pp. 79-99). RoutledgeFalmer.

Leach, J., & Scott, P. (2002). Designing and Evaluating Science Teaching Sequences: An Approach Drawing upon the Concept of Learning Demand and a Social Constructivist Perspective on Learning. *Studies in Science Education*, 38(1), 115-142. <https://doi.org/10.1080/03057260208560189>

Lederman, N. G. (2006). Nature of science: Past, present and future. En S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 831-879). Lawrence Erlbaum.

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.

Lijnse, P.L., & Klaassen, C. W. J. M. (2004). Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? *International Journal of Science Education*, 26(5), 537-554. <https://doi.org/10.1080/09500690310001614753>

Lijnse, P. L. (1994). *Trends in European research in science education*. Second European Summerschool: Tessaloniki.

Lijnse, P. L. (1995). «Developmental research» as a way to an empirically based «didactical structure» of science. *Science Education*, 79(2), 189-199.

Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell, P. E. (2004). *Internet environments for science education*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

López-Gay, R., Jiménez Liso, M. R., & Martínez-Chico, M. (2015). Enseñanza de un modelo de energía mediante indagación y uso de sensores. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 80, 38-48.

Lucero, M., Valcke, M., & Schellens, T. (2013). Teachers' Beliefs and Self-Reported Use of Inquiry in Science Education in Public Primary Schools. *International Journal of Science Education*, 35(8), 1407-1423. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.704430>

Magnusson, S., Palincsar, A., & Templin, M. (2004). *Community, Culture, And Conversation In Inquiry Based Science Instruction*. En Scientific Inquiry and Nature of Science (pp.131-155). [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_7)

Mandl, H., & Koop, B. (2006). Situated learning; Theories and models. En P. Nentwig & D. Waddington, *Making it relevant: Context based learning of science*. Waxmann Verlag.

Manso, J., & Ezquerro, Á. (2013). Proyectos de investigación a través de la creación de audiovisuales: Propuesta de actuación con alumnos del Programa de Diversificación Curricular. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(1), pp-54.

Martínez Bonafé, J. (1988). El estudio de casos en la investigación educativa. *Investigación en la escuela*, 6, 41-20.

Martínez Carazo, P. (2006). El método de estudio de caso. Estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento y Gestión*, 20, 165-193.

Martínez-Aznar, M. M., Rodríguez-Arteche, I., & Gómez-Lesarri, P. (2017). La resolución de problemas profesionales como referente para la formación inicial del profesorado de física y química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 162-180.

Martínez-Chico, M., Jiménez Liso, M. R., & López-Gay, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 149-166.

Martínez-Chico, M., López-Gay, R., & Jiménez-Liso, M. R. (2014). La indagación en las propuestas de formación inicial de maestros: Análisis de entrevistas a formadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), 591-608. <https://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1376>

Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry. *The science teacher*, 69(2), 34.

Marzo, A., & Monferrer, L. (2015). Pregúntate, indaga ya la vez trabaja algunas competencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 198-211. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2015.v12.i1.14](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.14)

- Massot, I., Dorio, I., & Sabirón, F. (2012). Estrategias de recogida de información y análisis de la información. En R. Bisquerra (Ed.), *Metodología de la investigación educativa* (3ª, pp. 329-366). La Muralla.
- Mathison, S. (1988). Why triangulate? *Educational Researcher*, 17(2), 13-17.
- Maxwell, J. A. (1996). *Qualitative Reserach Design: An interactive Approach*. Sage Publications.
- Maxwell, J. A. (1998). Designing a Qualitative Study. En L. Bickman & D. J. Rog (Eds.), *Handbook of Applied Social Research Methods* (pp. 69-100). Sage Publications.
- Maxwell, J. A. (2004). Causal Explanation, Qualitative Research, and Scientific Inquiry in Education. *Educational Researcher*, 33(2), 3-11. <https://doi.org/10.3102/0013189X033002003>
- Mayer, J. D., Salovey, P., & Caruso, D. R. (2004). AUTHORS' RESPONSES: «A Further Consideration of the Issues of Emotional Intelligence». *Psychological Inquiry*, 15(3), 249-255. [https://doi.org/10.1207/s15327965pli1503\\_05](https://doi.org/10.1207/s15327965pli1503_05)
- McConney, A., Oliver, M. C., Woods-McConney, A., Schibeci, R., & Maor, D. (2014). Inquiry, engagement, and literacy in science: A retrospective, cross-national analysis using PISA 2006. *Science Education*, 98(6), 963-980. <http://dx.doi.org/10.1002/sce.21135>
- McDermott, L. C. (1991). Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap. *American Journal of Physics*, 59(4), 301-315. <https://doi.org/10.1119/1.16539>
- McDermott, L. C., Shaffer, P. S., & Physics Education Group at University Whasington. (1996). *Physics by Inquiry* (Jhon Wiley&Sons). Inc.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2018). *Conducting educational design research*. Routledge.
- Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535. <https://doi.org/10.1080/09500690310001614762>
- Merriam, S. B. (1988). *Case study research in education a qualitative approach*. Jossey-Bass.
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative Research: A Guide to Design and Implementation*. Jossey-Bass.
- Miles, M., & Huberman, A. (1994). *Qualitative Data Analysisi. An expanded Sourcebook* (2ª). Sage.
- Millar, R. (1995). Investigating in the school science laboratory: Conceptual and procedural knowledge and performance. *Research Papers in Education*, 9(2), 207-248.

- Millar, R. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the future*. King's college.
- Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction—what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Moen, T. (2006). Reflections on the narrative research approach. *International Journal of Qualitative Methodology*, 5(4). <https://doi.org/10.1177/160940690600500405>
- Moreira, M. A. (2000). Invesgiación en enseñanza: Aspectos metodológicos. En *Actas de la I Escuela de Verano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias* (pp. 13-51). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos.
- Moreira, M. A. (2002). Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Texto de apoyo nº 14. En *Actas del PIDECE* (pp. 25-55). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos.
- Morse, J. M., & Chung, S. E. (2003). Toward Holism: The significance of Methodological Pluralism. *International Journal of Qualitative Methods*, 2(3), 12.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Open University Press.
- Muñoz Campos, V., Franco-Mariscal, A. J., & Blanco-López, Á. (2020). Integración de prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización en un contexto de la vida diaria. Valoraciones de estudiantes de secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3201. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020.v17.i3.3201](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3201)
- Murphy, C., Neil, P., & Beggs, J. (2007). Primary science teacher confidence revisited: Ten years on. *Educational Research*, 49(4), 415-430. <https://doi.org/10.1080/00131880701717289>
- Needham, R., & Hill, P. (1987). *Teaching Strategies for Developing Understanding in Science. Children's Learning in Science Project*. University of Leeds. Centre for Studies in Sience and Mathematics Education.
- Neiman, G., & Quaranta, G. (2006). Los estudios de caso en la investigación sociológica. En I. Vasilachis de Gialdino (Ed.), *Estrategias de investigación cualitativa* (pp. 213-234). Gedisa.
- NGSS. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. <https://doi.org/10.17226/18290>
- Nieveen, N. (2009). *Formative evaluation in educational design research* (T. Plomp & N. Nieveen, Eds.; pp. 89-101). Enschede.
- Nohda, N. (2000). Teaching by open-approach method in Japanese mathematics classroom. En T. Nakahara & M. Koyama (Eds.), *Proccedings of the 24th Conference of*

*the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 1, pp. 39-53). PME, Hiroshima University.

NRC. (1996). *National Research Council (NRC). 1996. Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academies Press.

NRC. (2000). *National Research Council (NRC). 2000. Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academies Press.

NRC. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. <https://doi.org/10.17226/13165>

OCDE. (2009). *El programa PISA de la OCDE. Qué ES y Para Qué Sirve*. Santillana.

OCDE. (2016a). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematics and Financial Literacy*. OECD Publishing.

OCDE. (2016b). *PISA 2015. Resultados clave*. OECD publishing.

OCDE. (2019). *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework [PISA]*. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>.

Ofsted. (2011). *Successful Science. An Evaluation of Science Education in England 2007-2010*. Ofsted.

Ogborn, J. (2012). *Curriculum Development in Physics: Not quite so fast!* Keynote Address, World Conference on Physics Education, Istanbul.

Oppermann, M. (2000). Triangulation—A methodological discussion. *International Journal of Tourism Research*, 2(2), 141-153. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-1970\(200003/04\)2:2<141::AID-JTR217>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-1970(200003/04)2:2<141::AID-JTR217>3.0.CO;2-U)

Orden ECD/489/2016. (s. f.). *Orden ECD/489/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de Educación Secundaria Obligatoria y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón*. Consejería de Educación de Aragón.

Orden ECD/494/2016. (2016). *Orden ECD/494/2016, de 26 de mayo, por la que se aprueba el currículo de Bachillerato y se autoriza su aplicación en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Aragón*. Consejería de Educación de Aragón. <https://educa.aragon.es/en/-/normativa-eso-bachillerato>

Osborne, J. (2014). *Best Practices in Exploratory Factor Analysis*.

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020. <https://doi.org/10.1002/tea.20035>

Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science. *Science*, 328(5977), 463-466. <https://doi.org/10.1126/science.1183944>

Osborne, J., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S.-Y. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821-846. <https://doi.org/10.1002/tea.21316>

Navarro Pastor, M. (2011). Enseñanza y aprendizaje de astronomía diurna en primaria mediante «secuencias problematizadas» basadas en «mapas evolutivos». *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 29(2), 163-174. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v29n2.508>

Patton, M. (1990). *Qualitative Evaluation and Research Methods*. Sage.

Paul, J. (1996). Between Method Triangulation. *The International Journal of Organizational Analysis*, 4(2), 135-153.

Pavón Martínez, F., & Martínez-Aznar, M. M. (2014). La metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI): Una propuesta indagativa para desarrollar la competencia científica en alumnos que cursan un programa de diversificación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(3), 469-492. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1290>

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

Pedrinaci, E. (2006). Ciencias para el mundo contemporáneo: Una materia para la participación ciudadana? *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 49, 9-19.

Pedrinaci, E. (2012). El ejercicio de una ciudadanía responsable exige disponer de cierta competencia científica. En E. Pedrinaci, A. Caamaño, P. Cañal, & A. de Pro Bueno, *11 preguntas sobre competencia científica y 11 ideas clave para responderlas* (1ª). Graó: Barcelona.

Pedrinaci, E. (2013). Alfabetización en ciencias de la Tierra y competencia científica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 21(2), 208-214.

Pedrinaci, E., Caamaño i Ros, A., Cañal, P., & Pro Bueno, A. de. (2012). *El desarrollo de la competencia científica: 11 ideas clave*. Graó: Barcelona.

Pérez, J. (2000). La triangulación analítica como recurso para la validación de estudios de encuesta recurrentes e investigaciones de réplica en Educación Superior. *Relieve*, 12(2).

Pérez, R., Galán, A., & Quintanal, J. (2012). *Métodos y diseños de investigación en educación*. Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Pérez Serrano, G. (1994). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes II. Técnicas y análisis de datos*. La Muralla.

Pérez Serrano, G. (1999). Reflexiones sobre la investigación en educación social y animación sociocultural. En G. Pérez Serrano (Ed.), *Modelos de investigación cualitativa en educación social y animación sociocultural* (pp. 21-56). Narcea.

Pérez Serrano, G. (2008). *Investigación cualitativa. Retos e interrogantes I. Métodos* (5ª). La Muralla.

Pettigrew, A. (1990). Longitudinal field research on change theory and practise. *Organization Science*, 1, 267-291.

Philips, D. (2006). Assessing the quality of design research proposals: Some philosophical perspectives. *Educational design research*, 93-99.

Pozo, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Ediciones Morata.

Pozuelo Muñoz, J., & Cascarosa Salillas, E. (2018). Inmersión en el mundo de la nanociencia a través de una experiencia de indagación guiada con alumnos de Educación Secundaria. *ReiDoCrea: Revista electrónica de investigación Docencia Creativa*, 7, 376-387.

Puig, B., & Jiménez Aleixandre, M. P. (2008). *What do 9th grade students consider as evidence for or against claims about genetic differences in intelligence between black and white «races»?* University of Utrecht.

Ragin, C., & Becker, H. (1992). *What is a case? Exploring the foundations of social inquiry*. Cambridge University Press.

Reeves, T. C. (2006). Design research from a technology perspective. En J. van de Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research* (pp. 52-66).

Rodríguez, C. S., Lagarón, D. C., & Casulleras, R. P. (2013). Indagació basada en la modelització: Un marc per al treball pràctic. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 25, 35-43.

Rodríguez, G., Gil, J., & García, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Ediciones Aljibe.

Roldán, A. I., Ulloa, D., Vargas, L., Chura, Z., & Pacheco, L. F. (2017). *Comparación entre recorridos guiados tradicionales y recorridos guiados indagatorios en el Museo Nacional de Historia Natural, La Paz-Bolivia*.

Romero Ariza, M., Aguirre, D., Quesada, A., Abril, A. M., & Javier García, F. (2016). ¿Lana o metal? Una propuesta de aprendizaje por indagación para el estudio de las propiedades térmicas de materiales comunes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(2).

Romero Ariza, M., & Quesada, A. (2015). Is the science taught useful to explain daily phenomena? A qualitative study with pre-service teachers. En *ICERI2015 Proceedings* (pp. 2150-2156). LATED Academy.



- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 14(2), 286-299. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2017.v14.i2.01](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.01)
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161-197. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- Rosa, C. W. da, & Alves Filho, J. de P. (2014). Estudo da viabilidade de uma proposta didática metacognitiva para as atividades experimentais em física. *Ciência & Educação*, 20, 61-81. <https://doi.org/10.1590/1516-731320140010005>
- Rosales Ortega, E. M., Rodríguez Ortega, P. G., & Romero Ariza, M. (2020). Conocimiento, demanda cognitiva y contexto en la evaluación de la alfabetización científica en PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(2), 2302. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2020.v17.i2.2302](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2302)
- Ruthven, K., Laborde, C., Leach, J., & Tiberghien, A. (2009). Design tools in didactical research: Instrumenting the epistemological and cognitive aspects of the desing of teaching sequences. *Educational Research*, 38(5), 329-342.
- Sadler, T. D., & Donnelly, L. A. (2006). Socioscientific Argumentation: The effects of content knowledge and morality. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1463-1488. <https://doi.org/10.1080/09500690600708717>
- Sandoval, W., & Millwood, K. (2010). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition and Instruction*, 23, 23-55. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci2301\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci2301_2)
- Sanmartí, N. (2020). Qué sabemos de la importancia del valor del error y de su gestión para el aprendizaje. En *Enseñando Ciencia con Ciencia* (FECYT&Fundación Lilly). Penguin Random House.
- Sanmartí, N., & Izquierdo, M. (2003). *Aprender ciències tot aprenent a escriure ciència*. Edicions 62.
- Sanmartí, N., & Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: Del contexto a la acción. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 1(1), 3-16.
- Sanmartí, N., & Hinojosa, J. (2015). La autorregulación metacognitiva como medio para facilitar la transferencia en mecánica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(2), 249-263. [http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2015.v12.i2.02](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i2.02)
- Savall Alemany, F., Doménech, J., Guisasola, J., & Martínez Torregrosa, J. (2016). Identifying student and teacher difficulties in interpreting atomic spectra using a quantum model of emission and absorption of radiation. *Physical Review Physics Education Research*, 12. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010132>

- Savall Alemany, F., Guisasola Aranzábal, J., Rosa Cintas, S., & Martínez-Torregrosa, J. (2019). *Problem-based structure for a teaching-learning sequence to overcome students' difficulties when learning about atomic spectra*. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020138>
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning. *Research in Science Education*, 36(1), 111-139. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-3917-8>
- Schroeder, C. M., Scott, T. P., Tolson, H., Huang, T.-Y., & Lee, Y.-H. (2007). A meta-analysis of national research: Effects of teaching strategies on student achievement in science in the United States. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 44(10), 1436-1460.
- Schwab, J. (1966). *The teaching of Science*. Harvard University Press.
- Shymansky, J. A., Hedges, L. V., & Woodworth, G. (1990). A reassessment of the effects of inquiry-based science curricula of the 60's on student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(2), 127-144. <https://doi.org/10.1002/tea.3660270205>
- Silva, V. M., Rico, E. P., Souza, D., & OLIVEIRA, D. (2015). Impacto do uso de estratégias investigativas sobre as emoções e a motivação dos alunos e as suas concepções de ciência e cientista. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 17-34.
- Simons, H. (2011). *El estudio de caso. Teoría y práctica*. Morata.
- Slavin, R. E., Lake, C., Hanley, P., & Thurston, A. (2014). Experimental evaluations of elementary science programs: A best-evidence synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 870-901. <https://doi.org/10.1002/tea.21139>
- Solbes, J., Guisasola, J., & Tarín, F. (2009). Teaching Energy Conservation as a Unifying Principle in Physics. *Journal of Science Education and Technology*, 18(3), 265-274. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9149-3>
- Solbes, J., Ruiz, J., & Furió, C. (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique, didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63(1), 65-75.
- Solbes, J., & Tuzón, P. (2014). Indagación y modelización del núcleo atómico y sus interacciones. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 78, 34-42.
- Stake, R. E. (1994). Case studies. En N. K. Denzin & Y. S. Lincoln, *Handbook of qualitative research* (pp. 236-247). Sage Publications.
- Stake, R. E. (2005). *Investigaciones con estudio de caso*. Morata.
- Strauss, A., & Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa: Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Facultad de Enfermería de Antioquía.

- Tamir, D. P., Nussinovitz, R., & Friedler, Y. (1982). The design and use of a Practical Tests Assessment Inventory. *Journal of Biological Education*, 16(1), 42-50. <https://doi.org/10.1080/00219266.1982.9654417>
- Taylor, S., & Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Paidós.
- Tellis, W. (1997). Application of a Case Study Methodology. *The Qualitative Report*, 3(3), 1-19.
- Tiberghien, A. (1996). Construction of prototypical situations in teaching the concept of energy. En J. Welford, J. Osborne, & T. Scott, *Research in science education in Europe* (pp. 100-114). The Falmer Press.
- Tobin, K., & Tippins, D. (1993). Constructivism: A paradigm for the practise of science education. *The practise of constructivism in science education*, 3-21.
- Toma, R. B., Greca, I. M., & Meneses-Villagr a, J.  . (2017). Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la metodología de indagación. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 14(2), 441-457.
- Tortosa, M. (2013). Aprendizaje sobre disoluciones reguladoras de pH mediante indagación guiada utilizando sensores. *Enseñanza de las ciencias*, 31(1), 0189-0211.
- Toulmin, S. (2003). *Regreso a la razón*. Ediciones Península.
- Tovar-Gálvez, J. C. (2009). La dinámica de las Ciencias como modelo didáctico: Propuesta para el aprendizaje del concepto reacción química y la generación de actitudes hacia la ciencia, desde el estudio de la organización espacial del laboratorio y del manejo de residuos químicos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), 490-504.
- Trochim, W. (1989). Outcome pattern matching and program theory. *Evaluation and Program Planning*, 12, 355-366.
-  ltay, N., &  alik, M. (2012). A thematic review of studies into the effectiveness of context-based chemistry curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 686-701.
- Uskola, A., Burgoa, B., & Maguregi, G. (2021). Integración del conocimiento científico en la argumentación sobre temas científicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1101. [http://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1101](http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1101)
- Vallejo, R., & Finol, M. (2009). La triangulación como procedimiento de análisis para investigaciones educativas. *Revista electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social*, 4(7), 117-133.

van de Akker, J. (1999). Principles and methods of development reserach. En J. van de Akker, N. Nieveen, R. M. Branch, K. L. Gustafon, & T. Plomp (Eds.), *Design methodology and developmental research in education and training* (pp. 1-14). Kluwer Academic Publishers.

Vázquez-Alonso, A., & Manassero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: Un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 274-292.

Vázquez-Alonso, A., & Manassero, M. A. (2018). El conocimiento epistémico en la evaluación de la competencia científica en PISA 2015. *Revista de Educación*, 380, 103-128.

Velasco, H., & Díaz de Rada, A. (2006). *La lógica de la investigación etnográfica. Un modelo de trabajo para etnógrafos de escuela*. Trotta.

Verdú Carbonell, R., & Martínez-Torregrosa, J. (2004). *La estructura problematizada de los temas y cursos de física y química como instrumento de mejora de su enseñanza y aprendizaje* [Universitat de València. Facultat de Ciències Físiques].

Vílchez-González, J. M., & Bravo, B. (2015). Percepción del profesorado de ciencias de educación primaria en formación acerca de las etapas y acciones necesarias para realizar una indagación escola. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 185-202. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1529>

Walker, R. (1983). La realización de estudios de caso en educación. Ética, teoría y procedimientos. En W. B. Dockrell & D. Hamilton, *Nuevas reflexiones sobre la investigación educativa* (pp. 42-82). Narcea.

Walton, J. (1992). Making theoretical case. En Ragin & Becker, *What is a case. Exploring the Foundations of Social Inquiry* (pp. 121-137). Cambridge University Press.

Webb, E. J., Campbell, D. T., Schwartz, R. D., & Sechcrest, L. (1966). *Unobstrusive Measures: Nonreactive research in the Social Sciences*. Rand McNally.

Weinstein, T., Boulanger, F. D., & Walberg, H. J. (1982). Science curriculum effects in high school: A quantitative synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 19(6), 511-522. <https://doi.org/10.1002/tea.3660190610>

Werner, C., Becker, A. & Pecatti, C. (2007). Atividades experimentais nas séries iniciais: Relato de uma investigação. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 263-274.

Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112-143. <https://doi.org/10.1002/sce.10044>

Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). *Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations*. 27.

- Wong, D., & Pugh, K. (2001). Learning science: A Deweyan perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 317-336. [https://doi.org/10.1002/1098-2736\(200103\)38:3<317::AID-TEA1008>3.0.CO;2-9](https://doi.org/10.1002/1098-2736(200103)38:3<317::AID-TEA1008>3.0.CO;2-9)
- Woods-McConney, A., Oliver, M., McConney, A., Schibeci, R., & Maor, D. (2014). Science Engagement and Literacy: A retrospective analysis for students in Canada and Australia. *International Journal of Science Education*, 36. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.871658>
- Yacuzzi, E. (2005). *El estudio de caso como metodología de investigación: Teoría, mecanismos causales, validación*. Universidad de CEMA.
- Yin, R. (1982). Studying the implementation of public programs. En W. Williams (Ed.), *Studying Implementation: Methodological and Administrative issues* (pp. 36-72). Chatham House.
- Yin, R. (2003). *Applications of Case Study Research*. Sage Publications.
- Yin, R. (2006). Case study methods. En J. L. Green, G. Camilli, & P. B. Elmore, *Complementary methods in education research* (pp. 111-122). AERA.
- Yin, R. (2014). *Case Study Research. Design and methods*. Sage Publications.
- Yin, R. (2017). *Case Study Research and Applications*. Sage Publications.
- Zuza, K., Almudí, J., Leniz, A., & Guisasola, J. (2014). Addressing students' difficulties with Faraday's law: A guided problem solving approach. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10, 010122. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.010122>
- Zuza, K., De Cock, M., van Kampen, P., Kelly, T., & Guisasola, J. (2020). Guiding students towards an understanding of the electromotive force concept in electromagnetic phenomena through a teaching-learning sequence. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 020110. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020110>
- Zuza, K., Garmendia, M., Barragués, J.-I., & Guisasola, J. (2016). Exercises are problems too: Implications for teaching problem-solving in introductory physics courses. *European Journal of Physics*, 37(5), 055703. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/5/055703>



# **ANEXOS**





**ANEXO I: Análisis bibliográfico realizado en Aguilera *et al.* (2018)**

1	Abril, A. M., Romero-Ariza, M., Quesada, A., & García, F. J. (2014). Creencias del profesorado en ejercicio y en formación sobre el aprendizaje por investigación. <i>Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias</i> , 11(1), 22-33.
2	Ansón, J. A., & Bravo, B. (2017). Resultados e implicaciones de una propuesta para promover el desarrollo de las destrezas científicas en un aula de Biología de bachillerato. <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , 16(1), 132-151.
3	Aragüés, A., Gil-Quílez, M. J., & de la Gándara, M. (2014). Análisis del papel de los maestros en el desarrollo de actividades de indagación en el practicum de primaria. <i>Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales</i> , 28, 135-151.
4	Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. <i>Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> , 69, 21-34.
5	Caamaño, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? Los trabajos prácticos investigativos. <i>Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> , 70, 83-91.
6	Cortés-Gracia, A. L., & de la Gándara, M. (2007). La constitución de problemas en el laboratorio durante la formación del profesorado: una experiencia didáctica. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 25(3), 435-450.
7	Crujeiras, B., Jiménez-Alexandre, M. P., & Gallástegui, J. R. (2013). Indagación en el laboratorio de química. <i>Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> , 74, 49-56.
8	Crujeiras, B., & Jiménez-Alexandre, M. P. (2015). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 33(1), 63-84.
9	Crujeiras, B. (2017). Análisis de las estrategias de apoyo elaboradas por futuros docentes de educación secundaria para guiar al alumnado en la indagación. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 14(2), 473-486.
10	De Freitas, A., & Laburú, C. E. (2014). Significados de fotossíntese produzidos por alunos do ensino fundamental a partir de conexões estabelecidas entre atividade investigativa e multimodos de representação. <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , 13(3), 242-266.
11	De las Heras, M. Á., & Jiménez-Pérez, R. (2011). La enseñanza del ser vivo en primaria a través de una secuencia de estrategias indagatorias. <i>Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> , 67, 71-78.
12	Domènech-Casal, J. (2013). Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 31(3), 249-262.
13	Domènech-Casal, J. (2014a). Indagación en el aula mediante actividades manipulativas y mediadas por ordenador. <i>Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> , 76, 17-27.
14	Domènech-Casal, J. (2014b). Una secuencia didáctica en contexto sobre

	evolución, taxonomía y estratigrafía basada en la indagación y la comunicación científica. <i>Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> , 78, 51–59.
15	Domènech-Casal, J. (2014c). ¿Cómo lo medimos? Siete contextos de indagación para detectar y corregir concepciones erróneas sobre magnitudes y unidades. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 11(3), 398–409.
16	Domènech-Casal, J. (2015). Eppure si muove : una secuencia contextualizada de indagación y comunicación científica sobre el sistema astronómico Sol-Tierra. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 12(2), 328–340.
17	Domènech-Casal, J. (2016). Gene Hunting : una secuencia contextualizada de indagación alrededor de la expresión génica, la investigación in silico y la ética en la comunicación biomédica. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 13(2), 342–358.
18	Domènech-Casal, J., & Ruiz-España, N. (2017). Mission to stars : un proyecto de investigación alrededor de la astronomía, las misiones espaciales y la investigación científica. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 14(1), 98–114.
19	Ferrés-Gurt, C., Sanmartí, N., & Marbà-Tallada, A. (2015). ¿Cómo evaluar los trabajos de indagación del alumnado? <i>Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> , 80, 1–10.
20	Ferrés-Gurt, C., Marbà-Tallada, A., & Sanmartí, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 12(1), 22–37.
21	Ferrés-Gurt, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 14(2), 410–426.
22	Franco-Mariscal, A. J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 33(2), 231–252.
23	García-Carmona, A. (2008). Relaciones CTS en la educación científica básica. II. Investigando los problemas del Mundo. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 6(3), 389–402.
24	García-Carmona, A. (2009). Aprendiendo Hidrostática mediante actividades de investigación orientada: análisis de una experiencia con alumnos de 15-16 años. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 27(2), 273–286.
25	García-Carmona, A., & Criado, A. M. (2013). Enseñanza de la energía en la etapa 6- 12 años: un planteamiento desde el ámbito curricular de las máquinas. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 31(3), 87–102.
26	Garriz, A. (2010). La enseñanza de la ciencia en una sociedad con incertidumbre y cambios acelerados. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 28(3), 315–326.
27	. Godoy, A. V., Segra, C. I., & Di Mauro, M. F. (2014). Una experiencia de formación docente en el área de Ciencias Naturales basada en la indagación escolar. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 11(3), 381–397.
28	González-Rodríguez, L., & Crujeiras, B. (2016). Aprendizaje de las reacciones

	químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 34(3), 143–160.
29	Goytia, E., Besson, I., Gasco, J., & Domènech-Casal, J. (2015). Evaluar habilidades científicas. Indagación en los exámenes ¿Una vía para cambiar la práctica didáctica en el aula? <i>Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> , 79, 1–11.
30	Greca, I. M., & Jerez-Herrero, E. (2017). Propuesta para la enseñanza de Ciencias Naturales en Educación Primaria en un aula inclusiva. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 14(2), 385–397.
31	Greca, I. M., Meneses, J. A., & Diez, M. (2017). La formación en ciencias de los estudiantes del grado en maestro de Educación Primaria. <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , 16(2), 231–256.
32	Guisasola, J., Zubimendi, J. L., Almudí, J. M., & Ceberio, M. (2007). Propuesta de enseñanza en cursos introductorios de física en la universidad, basada en la investigación didáctica: siete años de experiencia y resultados. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 25(1), 91–105.
33	Guisasola, J., Ceberio, M., Almudí, J. M., & Zubimendi, J. L. (2011). La resolución de problemas basada en el desarrollo de investigaciones guiadas en cursos introductorios de física universitaria. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 29(3), 439–452.
34	Jaén, M., Esteve, P., & Moreno, P. P. (2014). Indagar sobre la pérdida de biodiversidad desde el consumo alimentario ciudadano. <i>Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> , 78, 43–50.
35	Kasseboehmer, A. C., & Ferreira, L. (2013). O método investigativo em aulas teóricas de Química : estudo das condições da formação do espírito científico. <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , 12(1), 144–168.
36	López-Gay, R., Jiménez-Liso, M. R., & Martínez-Chico, M. (2015). Enseñanza de un modelo de energía mediante indagación y uso de sensores. <i>Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> , 80, 38–48.
37	Manso, J., & Ezquerro, Á. (2014). Proyectos de investigación a través de la creación de audiovisuales: propuesta de actuación con alumnos del Programa de Diversificación Curricular. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 11(1), 54-67.
38	Martínez-Aznar, M. M., & Varela-Nieto, M. P. (2007). La resolución de problemas de energía en la formación inicial de maestros. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 27(3), 343–360.
39	Martínez-Chico, M., Jiménez-Liso, M. R., & López-Gay, R. (2014). La indagación en las propuestas de formación inicial de maestros : análisis de entrevistas a los formadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 32(3), 591–608.
40	Martínez-Chico, M., López-Gay, R., & Jiménez-Liso, M. R. (2014). ¿Es posible diseñar un programa formativo para enseñar ciencias por Indagación basada en Modelos en la formación inicial de maestros? Fundamentos, exigencias y aplicación. <i>Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales</i> , 28, 153–173.

41	Martínez-Chico, M., Jiménez Liso, M. R., & López-Gay, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 12(1), 149–166.
42	Martini, V., Pacheco, E., Souza, D., & Losch, D. (2015). Impacto do uso de estratégias investigativas sobre as emoções e a motivação dos alunos e as suas concepções de ciência e cientista. <i>Revista Eletrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , 14(1), 17–34.
43	Marzo, A., & Monferrer, P. (2015). Pregúntate, indaga y a la vez trabaja algunas competencias. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 12(1), 198–211.
44	Pastor, M. (2011). Enseñanza y aprendizaje de astronomía diurna en Primaria mediante “secuencias problematizadas” basadas en “mapas evolutivos”. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 29(2), 163–174.
45	Martínez-Aznar, M. M. (2014). La metodología de resolución de problemas como investigación (MRPI): una propuesta indagativa para desarrollar la competencia científica en alumnos que cursan un programa de diversificación. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 32(3), 469–492.
46	Roldán, A. I., Ulloa, D., Vargas, L., Chura, Z., & Pacheco, L. F. (2017). Comparación entre recorridos guiados tradicionales y recorridos guiados indagatorios en el Museo Nacional de Historia Natural, La Paz-Bolivia. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 14(2), 367–384.
47	Romero-Ariza, M., Aguirre, D., Quesada, A., Abril, A. M., & García, F. J. (2016). ¿Lana o metal? Una propuesta de aprendizaje por indagación para el estudio de las propiedades térmicas de materiales comunes. <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , 15(2), 297–311.
48	Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 14(2), 286–299.
49	Santos, J. R., Barbosa, F., Bonandi, L. M., Brzezinski, M. E., & Ursi, S. (2012). Ensino por pesquisa: análise de uma proposta para estudantes do Curso de Ciências Biológicas. <i>Revista Eletrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , 11(2), 253–272.
50	Solbes, J., & Tuzón, P. (2014). Indagación y modelización del núcleo atómico y sus interacciones. <i>Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales</i> , 78, 34–42.
51	Toma, R. B., Greca, I. M., & Meneses, J. Á. (2017). Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la metodología de indagación. <i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i> , 14(2), 442–457.
52	Tortosa, M. (2013). Aprendizaje sobre disoluciones reguladoras de pH mediante indagación guiada utilizando sensores. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 31(1), 189–211.

53	Tovar-Gálvez, J. C. (2009). La dinámica de las Ciencias como modelo didáctico : propuesta para el aprendizaje del concepto reacción química y la generación de actitudes hacia la ciencia, desde el estudio de la organización espacial del laboratorio y del manejo de residuos químicos. <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , 8(2), 490–504.
54	Vílchez, J. M., & Bravo, B. (2015). Percepción del profesorado de ciencias de educación primaria en formación acerca de las etapas y acciones necesarias para realizar una indagación escolar. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 33(1), 185–202.
55	Werner, C., Becker, Á., & Pecatti, C. (2007). Atividades experimentais nas séries iniciais : relato de uma investigação. <i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i> , 6(2), 263–274.

## Anexo II: Cuestionario de generalización y validación de aprendizajes

### SITUACIÓN 1

La dirección del centro ha decidido que cuando las temperaturas sean mayores a 34 °C o menores de 2 °C, los alumnos y alumnas no saldrán al patio del colegio en el recreo. Para eso, necesitamos que nos ayudes a elegir un termómetro que mida la temperatura en el patio.

De igual manera, cuando las temperaturas sean extremas, los alumnos no acudirán al laboratorio, por lo que también necesitamos realizar mediciones fiables de la temperatura de ese espacio.

Con ayuda del catálogo que se adjunta te pedimos que, de forma razonada y justificada, elijas un termómetro y una ubicación concreta al aire libre (en el patio) y en un lugar cerrado (en el laboratorio). Explica por qué has elegido ese termómetro y también por qué desechas cada uno del resto de termómetros.

### SITUACIÓN 2

Debido a la preocupación que han mostrado las familias, en días de mucho viento, el alumnado más pequeño no saldrá al patio del colegio en el recreo. Para valorar si hay mucho viento o poco, necesitamos que nos ayudes a elegir un anemómetro y su ubicación para medir la velocidad del viento en el patio.

Con ayuda de un catálogo te pedimos que, de forma razonada y justificada, elijas un anemómetro y una ubicación concreta en el patio.

Por otro lado, ahora que tenemos las ventanas abiertas en las clases, ¿serviría de algo colocar un anemómetro en clase? ¿Qué tipo de información nos podría dar y para que la podríamos usar en la situación que vivimos actualmente? ¿Sería útil este instrumento dentro de un aula?

### SITUACIÓN 3

María sufre migrañas (fuertes dolores de cabeza), directamente relacionados con la presión atmosférica, porque a más presión, mayores dolores de cabeza tiene. Ahora se va a mudar a un rascacielos, y tiene que elegir vivir en un 2º piso o en un piso 90. Ella está preocupada porque no sabe si su decisión va a afectar a sus migrañas.

¿Estará relacionada la decisión que tome María con sus migrañas? Si es así, ¿cómo? ¿Qué decisión le animarías a tomar?

¿Te atreves a comparar numéricamente la presión atmosférica a esas dos alturas?

Datos:  $P_{atm} = d_{aire} \cdot g \cdot h$ , donde:  $d_{aire}$  es la densidad del aire ( $d_{aire} = 1 \text{ kg/m}^3$ );  $g$  es la gravedad ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) y  $h$  la altura (metros)

#### SITUACIÓN 4

Marta es agricultora en Zaragoza y para programar sus cultivos necesita averiguar la cantidad de lluvia recogida en su campo a lo largo de un mes.

Pero no dispone de pluviómetro, ni tiene recursos para comprar uno.

¿Podrías indicarle cómo construir uno? Una vez construido, debes darle todas las indicaciones necesarias para que Marta sepa medir la cantidad de lluvia, incluidas las unidades en las que se mide esa variable.

Para ayudarte, piensa en el pluviómetro de la estación meteorológica con la que trabajasteis en el instituto. ¿Sabrías especificar cómo media esa instalación?

*Datos: Si necesitas conocer o usar algún dato concreto, puedes preguntar al profesor/a*

#### SITUACIÓN 5

En los tres casos siguientes es muy importante medir la radiación solar:

A nivel del mar, porque la radiación solar afecta a las personas y a la salud de su piel. Conocer la cantidad de radiación permite fabricar cremas protectoras frente a una parte de esa radiación.

También necesitamos saber la radiación que recibe un avión (vuelan a alturas en torno a los 90 km), ya que el material con el que se fabrica debe ser resistente a esa radiación.

Y lo mismo ocurre con los materiales de fabricación de un satélite ubicado a 35.000 km sobre la superficie terrestre.

Necesitamos colocar medidores de radiación en cada una de las tres situaciones:

¿Usarías el mismo tipo de medidor en cada situación? ¿en qué te fijarías a la hora de elegir un medido para cada caso? Intenta especificar con el mayor detalle posible cómo sería tu medidor de radiación en cada caso.

# CATÁLOGO TERMÓMETROS

## TERMÓMETRO 1

RANGO: 0 °C / 120°C  
 PRECISIÓN: 2°C  
 TIRA BIMETÁLICA  
 SIN SONDA



## TERMÓMETRO 2

RANGO: 0 °C / 120°C  
 PRECISIÓN: 2°C  
 TIRA BIMETÁLICA  
 SIN SONDA



## TERMÓMETRO 3

RANGO: -80 °C / 600°C  
 PRECISIÓN: 5°C  
 INFRARROJOS  
 SIN SONDA



## TERMÓMETRO 4

RANGO: 0 °C / 100°C  
 PRECISIÓN: 2°C  
 EXPANSIÓN DE GAS  
 SONDA DE AMBIENTE



## TERMÓMETRO 5

RANGO: -50 °C / 145°C  
 PRECISIÓN: 0,5°C  
 SONDA DE CONTACTO  
 TERMISTOR



## TERMÓMETRO 6

RANGO: 34°C / 44°C  
 PRECISIÓN: 0,1°C  
 SONDA DE CONTACTO  
 ANALÓGICO



## TERMÓMETRO 7

RANGO: 0 °C / 50°C  
 PRECISIÓN: 0,5°C  
 SONDA PARA AMBIENTE  
 TERMISTOR



## TERMÓMETRO 8

RANGO: -30 °C / 50°C  
 PRECISIÓN: 1°C  
 SIN SONDA  
 EXPANSIÓN DE LÍQUIDO





# CATÁLOGO ANEMÓMETROS

## ANEMÓMETRO 1

RANGO: 0 Km/h / 25km/h  
PRECISIÓN: 0,1 km/h  
Rango de temperaturas de funcionamiento eficaz:  
(entre 0°C y 50°C)

## ANEMÓMETRO 2

RANGO: 0 Km/h / 150 km/h  
PRECISIÓN: 0,5 km/h  
Rango de temperaturas de funcionamiento eficaz:  
(entre 0°C y 50°C)

## ANEMÓMETRO 3

RANGO: 0 Km/h / 250 km/h  
PRECISIÓN: 2 km/h  
Rango de temperaturas de funcionamiento eficaz:  
(entre -50°C y 80°C)

## ANEMÓMETRO 4

RANGO: 0 Km/h / 180 km/h  
PRECISIÓN: 0,5 km/h  
Rango de temperaturas de funcionamiento eficaz:  
(entre -30°C y 70°C)

## Anexo III: Producciones del alumnado a lo largo de la secuencia.

61

## WALDBECK HALLEY Estación meteorológica profesional

La estación meteorológica tiene sensor tanto interior como exterior y mediciones 6 en 1. Puede medir simultáneamente la temperatura, la presión atmosférica, precipitación, viento, radiación UV y luz, y está alimentada con pilas. La estación también cuenta con conexión wifi que proporciona los datos con la aplicación Wandergroup.

• Equipamiento:

Esta está equipada con una veleta, un sensor de velocidad del viento, un sensor de luz ultravioleta, un termopigro solar, un barómetro, un colector de lluvia y una célula interior.

Los datos que recoge son enviados en directo al receptor interior.

Lleva un sensor interior que mide adicionalmente la temperatura y humedad del interior (casa).

• Precisión:

La estación hace predicciones precisas

- ↳ Máxima distancia de conexión: 100 metros
- ↳ Temperatura:  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+60^{\circ}\text{C}$
- ↳ Estación exterior con luz led
- ↳ Estación interior con pantalla en el transmisor.
- ↳ Medidas estación exterior:  $40 \times 20 \times 41,5$  cm
- ↳ Medidas estación interior:  $2 \times 5,7 \times 5,3$  cm
- ↳ Medidas transmisor interior:  $4,2 \times 12,2$
- ↳ Peso aproximada: 1,2 Kg
- ↳ Viene:
  - estación exterior
  - estación interior
  - el transmisor
  - el set de montaje
  - el cable de corriente

PRECIO
140'99 €
+ entrega gratis
tiene una rebaja del 30%

Propuesta inicial para la compra estación meteorológica de uno de los grupos

Nos dividimos en diferentes grupos (2) unos estaban en una sala con el panel de control, donde teníamos controlaban todos los datos. Sin embargo otros estaban en el jardín de la guardería para ayudar a tomar datos. Nos comunicábamos a través de una llamada. Empezamos tomando los datos básicos, en principio la fuerza del viento, que como resultado fue 1/4 en dirección (260° oeste), temperatura unos 15°, nivel de luz 13612 w/m<sup>2</sup>, la lluvia tuvo un porcentaje 67%. (aquí nos ayudamos con una botella de agua, ya que no llovía), presión unos 1013,1 HPA, 0 rayos ultravioletas

⊕ Como no había mucho tiempo, separamos constantemente y el resultado es 1819 pero va variando

Este experimento fue fallido, tomamos bien los datos pero no entendimos las instrucciones, lo cuales tenemos esperanzas de repetirlo otro día, ya que es una experiencia fuera de lo común y que ~~no se puede hacer~~ entendida, y porque la cual, le ayuda a preguntar cuestiones y seguir investigando.

Anotaciones de uno de los grupos en el desarrollo de las sesiones

## REFLEXIÓU

El trabajo de meteorología consiste en ir cogiendo datos sobre la estación meteorológica, y apuntarlos, ya sea para ver si está bien calibrada, o si es para ver los la temperatura que hay.

El 1º día que hicimos meteorología, intentamos poner ver donde poner la estación, y creemos que lo encontramos. También intentamos ver como funcionar, pero no supimos, hasta, hasta entonces no hemos tenido otra clase de meteorología.

Este proyecto, yo creo que es importante para la sociedad, ya que nos va advirtiendo de las subidas de temperatura de por el calentamiento global, también nos puede advertir si viene una tormenta.

Yo diría que es un proyecto bastante extraño, ya que nunca había visto que ningún centro así haya algo como esto. Este proyecto si que se conseguía, ~~ya aunque no se creo que dadas las gar aunque pero aunque no lo consigas aunque para cursos posteriores tendrán que ya tendrán el gran parte del proyecto hecho.~~

Reflexión de un alumno participante en la actividad



La estación meteorológica instalada en el centro



Pantalla donde se muestran los datos de la estación meteorológica