



Facultad de Ciencias Humanas y Sociales

**Las actitudes hacia la ciencia
en la Educación STEM en niños y niñas
de 10 a 14 años.
Diseño y validación
de un instrumento de medida**

Autora: Olga Martín Carrasquilla
Directora: Isabel Muñoz San Roque
Codirectora: Elsa Santaolalla Pascual

Madrid
Septiembre 2020

“Los resultados de los proyectos deben ser el punto de inicio, desde la reflexión, la valoración y la conclusión para nuevas búsquedas: lo mejor, lo fallido, los puntos y acciones fuertes y débiles: dónde, cuándo, cómo, con qué y por qué.”

Amparo Escamilla, 2015

*A mi padre
que supo pintar de colores mi vida*

AGRADECIMIENTOS

Inicio estas páginas de agradecimientos con la certeza de que este trabajo no hubiera sido posible sin la ilusión, el esfuerzo y las críticas constructivas de todas las personas que me han acompañado en esta gran aventura. La finalización de esta investigación es solo el punto de partida camino del cambio e innovación que espero recorrer en compañía de todas ellas.

No resulta fácil recoger el sentimiento de agradecimiento que poseo mientras escribo las últimas páginas de esta tesis que, en su parte final, ha coincidido con la pandemia por la COVID-19 y que ha puesto de manifiesto nuestra fragilidad como especie.

Mi agradecimiento a Isabel Muñoz por aceptar la dirección de la tesis y orientarme en la construcción de esta investigación. Por su confianza sostenida, por el interés con el que ha revisado todo el trabajo y su capacidad para guiar mis ideas. Gracias a Elsa Santaolalla, con la que tanto comparto en lo profesional y en lo personal. Gracias por su apoyo incondicional, por su generosidad, por su arrojo para embarcarse en cualquier aventura relacionada con la enseñanza, por su orientación y rigurosidad y por su dedicación y disponibilidad más allá de lo académico. Gracias a ambas por respetar mis tiempos y resolver mis dudas y porque vuestra dirección ha dejado espacio para la reflexión y el debate.

Gracias a Amparo Escamilla, por enseñarme a contemplar y valorar la enseñanza de una manera nueva, por sus acertados diagnósticos y por servirme de inspiración en muchas de las tareas que abordo. Por enseñarme con cariño y firmeza el valor del rigor científico, por haberme dado la oportunidad de aprender de su experiencia y su sabiduría tanto en lo profesional como en lo personal. Gracias porque no he podido tener mejor mentora.

Gracias a Ruth Fraile por su paciente escucha y su corazón abierto, por su apoyo firme en todas las circunstancias, por las muchas horas de conversaciones compartidas, por su generosidad y disponibilidad continua, por su amistad sincera y profunda, por ser la combinación perfecta de verdad, entusiasmo y delicadeza. Gracias Ruth, por contagiarme tu pasión por la vida.

Gracias a Belén Urosa por la ilusión y el entusiasmo que transmite en todo momento y por ser mi maestra en el campo de la investigación. A Rosa Salas, gracias por la confianza que siempre ha depositado en mí y por mostrarme lo que significa trazar proyectos en equipo. Gracias a Nerea López por ayudarme a constatar que enseñar y aprender son dos verbos que se conjugan juntos y a Vicente Hernández por hacerme contemplar las limitaciones como un reto.

Me gustaría seguir mencionando con nombre y apellidos a todos los compañeros y compañeras de viaje... aunque si lo hiciera necesitaría muchos anexos... Por ello, doy las gracias a la Universidad Pontificia Comillas, a mis compañeros de doctorado (en especial a Ana y a Janina) y a todo el claustro de profesores y profesoras del Departamento de Educación, Métodos de investigación y Evaluación. Gracias, compañeros y compañeras por las conversaciones improvisadas en los pasillos y por mostrarme la puesta en valor de aquellas dimensiones de la práctica docente que hablan de la dedicación, la generosidad y la entrega al alumnado.

Gracias, a todos mis alumnos y mis alumnas, los que tuve y tendré, son el norte de la brújula de mi crecimiento profesional y un estímulo constante para mi aprendizaje.

Gracias a los auténticos protagonistas de esta investigación todos los niños y las niñas que han participado en esta propuesta. Gracias a los equipos directivos de los centros y a la dirección del Campus Tecnológico de la Universidad Pontificia Comillas por permitirnos acceder a su alumnado.

Gracias a mis amigos por la vida compartida.

Y, por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido para mi familia. A mis padres a los que debo todo lo que soy, por darme la vida y dedicarme la suya, por su fuerza y su valentía. Por compartir auténticas y verdaderas lecciones de vida hasta el final...

A mis hijos Pablo, Claudia y Lucas por cambiar a cada momento el curso de mi propia historia...

Por último, a mi marido, por ayudarme a encontrar el camino y amarrarse con fuerza a la vida.

Olga Martín Carrasquilla

ÍNDICE

Introducción.	48
---------------	----

PARTE I. MARCO TEÓRICO

Capítulo 1. ENFOQUE COMPETENCIAL Y EDUCACIÓN STEM

1.1. Consideraciones iniciales.	58
1.2. Fundamentación sociológica: de la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.	62
1.3. Alfabetización STEM.	66
1.3.1. Argumentos para la alfabetización STEM.	71
1.4. El enfoque competencial y la Educación STEM.	78
1.4.1. Las competencias: concepto y características.	78
1.4.2. Referentes del enfoque competencial: Proyectos y documentos internacionales.	87
1.4.3. El enfoque competencial y PISA.	103
1.4.4. Las competencias en la normativa española.	108
1.5. Las competencias en el ámbito STEM.	116
1.5.1. La competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (CTIM) en el marco europeo.	116
1.5.2. La competencia matemática y la competencia en ciencia y tecnología en la LOMCE.	120

1.5.3. Fundamentos para el desarrollo de la competencia matemática y la competencia en ciencia.	125
1.5.3.1. La competencia matemática: conceptualización y dimensiones.	127
1.5.3.2. La competencia científica.	145
1.5.4. La ingeniería en la Educación STEM: necesidad de inclusión y desarrollo en los currículos escolares en edades tempranas.	157
1.6. Enfoques metodológicos STEM.	163
1.6.1. La resolución de problemas y las prácticas de tecnología.	164
1.6.2. El aprendizaje por indagación.	164
1.6.3. El proceso de diseño en ingeniería.	168
1.7. Claves para favorecer el desarrollo de la Educación STEM: el aprendizaje basado en proyectos.	171
1.8. Perspectiva dialógica entre el enfoque competencial y la Educación STEM.	176
1.8.1. Carácter integrador y holístico del enfoque STEM.	177
1.9. Consideraciones finales.	183
 Capítulo 2. LAS ACTITUDES HACIA LA CIENCIA EN LA EDUCACIÓN STEM	
2.1. Aproximación al concepto de actitud.	190
2.1.1. Concepción estructural de las actitudes: componentes.	194

2.1.2. Funciones de las actitudes.	198
2.2. Modelos teóricos sobre el cambio de las actitudes.	201
2.2.1. La teoría de la acción razonada y la teoría de la conducta planificada.	204
2.2.1.1. Factores de la conducta en la teoría de la acción razonada y de la conducta planificada.	206
2.2.2. De la teoría de la acción razonada a la teoría de la acción planificada.	216
2.3. Actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.	220
2.3.1. Sentido y finalidad del constructo actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.	223
2.3.2. Variables que influyen en las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.	229
2.3.2.1. El sexo y las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.	230
2.3.2.2. La edad y las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.	240
2.3.2.3. El rendimiento, el nivel socioeconómico y la autoeficacia en la Educación STEM.	241
2.3.3. El alumnado en el desarrollo de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.	244
2.3.3.1. Desarrollo psicológico del alumnado de diez a catorce años: concepto y factores.	245
2.3.3.2. Pubertad y adolescencia.	247

2.3.3.3. Desarrollo cognitivo. El pensamiento formal abstracto.	248
2.3.3.4. Desarrollo social.	252
2.3.3.5. Identidad personal, autoconcepto y autoestima.	253
2.3.3.6. Los factores emocionales.	254
2.3.3.7. Metacognición y desarrollo.	256
2.3.3.8. Desarrollo psicológico, factores de diversidad y estrategias didácticas.	258
2.3.4. La familia en la construcción de actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.	260
2.3.5. El papel del profesorado y las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.	264
2.4. Las actitudes hacia la ciencia: proyectos de referencia y normativa legal.	271
2.4.1. Las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM según la OCDE.	271
2.4.2. Las actitudes hacia la ciencia en la normativa española: sentido e interés en el marco de la Educación STEM.	276
2.4.3. Las actitudes en las asignaturas relacionadas con la Educación STEM en la Educación Primaria y Secundaria Obligatoria.	280
2.5. La investigación sobre las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM: estado de la cuestión.	286

2.5.1. Revisión de escalas para el estudio de las actitudes hacia la ciencia en edades tempranas.	296
2.5.2. La investigación en España de las actitudes hacia la ciencia en edades tempranas.	299
2.6. Consideraciones finales.	304

PARTE II. MARCO METODOLÓGICO

Capítulo 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL INSTRUMENTO ACTITUDES HACIA LA CIENCIA EN LA EDUCACIÓN STEM (ACESTEM)

3.1. Justificación teórica y objetivos de investigación.	310
3.1.1. Proceso de investigación.	313
3.1.2. Objetivos e hipótesis.	315
3.2. Metodología de la investigación.	317
3.2.1. Proceso de elaboración y diseño del instrumento.	318
3.2.2. Descripción de las muestras.	325
3.3.2.1. Primera muestra: alumnado de centros educativos.	326
3.3.2.2. Segunda muestra: estudiantes en un campus tecnológico.	332

3.3. Procedimiento y desarrollo de la investigación.	337
3.4. Consideraciones finales.	338

**Capítulo 4. DISEÑO Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO ACTITUDES
HACIA LA CIENCIA EN LA EDUCACIÓN STEM (ACESTEM)**

4.1. Validación del contenido y análisis del cuestionario en su versión original.	344
4.1.1. Valoraciones de los datos sociodemográficos.	350
4.1.2. Valoraciones de los ítems relacionados con cada dimensión.	350
4.1.2.1. Interés profesional por la ciencia.	351
4.1.2.2. Gusto por la ciencia.	353
4.1.2.3. Utilidad percibida de la ciencia.	355
4.1.2.4. Autoeficacia.	358
4.1.2.5. Acciones de los referentes importantes para el alumnado.	361
4.1.3. Valoraciones generales.	362
4.2. Análisis de la fiabilidad y de la estructura factorial del instrumento.	366
4.2.1. Análisis de la fiabilidad del instrumento.	366
4.2.2. Análisis de la estructura factorial del instrumento.	371

4.3. Validación mediante el análisis factorial confirmatorio (AFC).	381
4.4. Consideraciones finales.	388

Capítulo 5. ANÁLISIS DE LOS DATOS

5.1. Análisis de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en el alumnado (muestra 1).	394
5.1.1. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la edad.	395
5.1.2. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de los cursos en la etapa educativa.	398
5.1.3. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo.	404
5.1.4. Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la profesión del padre y de la madre.	405
5.1.5. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del autoconcepto académico y de la autopercepción académica.	411
5.2. Análisis de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en el alumnado (muestra 2).	415
5.2.1. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la edad.	415

5.2.2. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de los cursos en la etapa educativa.	418
5.2.3. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo.	422
5.2.4. Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la profesión del padre y de la madre.	423
5.2.5. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del autoconcepto académico y de la autopercepción académica.	427
5.3. Consideraciones finales.	429

Capítulo 6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS, SÍNTESIS Y VALORACIÓN FINAL

6.1. Discusión de los resultados.	434
6.1.1. Relaciones entre la edad y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.	434
6.1.2. Relaciones entre la etapa educativa y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.	439
6.1.3. Relaciones entre el sexo y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.	445
6.1.4. Relaciones entre la profesión de los padres y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.	449

6.1.5. Relaciones entre el autoconcepto académico, la autopercepción académica y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.	456
6.2. Síntesis y valoración final.	458
6.2.1. El estudio teórico.	459
6.2.2 El estudio empírico.	463
6.3. Limitaciones y prospectiva del estudio.	473
6.4. Propuestas educativas de actuación.	475
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	482
ANEXOS	558
Anexo 1. Cuestionario Three-Dimensions of Student Attitude Towards Science (TDSAS) de Zhang y Campbell (2011).	558
Anexo 2. Cuestionario Asian Student Attitudes Toward Science Class Survey (ASATSCS) de Wang y Berlin (2010).	560
Anexo 3. Cuestionario School Science Attitude Survey (SSAS) de Kennedy, Quinn y Taylor (2016).	562
Anexo 4. Cuestionario Behaviors, Related Attitudes, and Intentions toward Science (BRAINS) de Summers y Abd-El-Khalick (2018).	563

Anexo 5. Versión española del TOSRA realizada por Navarro, Förster, González y González-Pose (2016).	565
Anexo 6. Carta con el protocolo para la valoración de expertos y cuestionario.	569
Anexo 7. Comunalidades.	578
Anexo 8. Matriz de componentes.	580

ÍNDICE DE TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICOS

Índice de Tablas

Tabla 1.1	
<i>Definiciones de alfabetización</i>	68
Tabla 1.2	
<i>Definiciones de competencia en el ámbito profesional</i>	81
Tabla 1.3	
<i>Definiciones de competencia en el ámbito educativo</i>	82
Tabla 1.4	
<i>Revisión sintética de la evolución de las competencias clave en el marco europeo</i>	95
Tabla 1.5	
<i>Relación entre las propuestas de competencias establecidas en España y en la Unión Europea</i>	111
Tabla 1.6	
<i>Elementos relacionados con la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (CTIM)</i>	118
Tabla 1.7	
<i>Elementos constitutivos de la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (Orden ECD/65/2015)</i>	121
Tabla 1.8	
<i>Principios rectores para la Educación matemática</i>	127
Tabla 1.9	
<i>Estándares de contenidos matemáticos</i>	130

Tabla 1.10	
<i>Estándares de procesos matemático</i>	131
Tabla 1.11	
<i>Relación entre los procesos matemáticos (fila superior) y las capacidades matemáticas fundamentales (columna de más a la izquierda)</i>	141
Tabla 1.12	
<i>Comparación entre los estándares de procesos (NCTM 2000) y las competencias matemáticas (Niss, 2002; OCDE, 2015)</i>	144
Tabla 1.13	
<i>Capacidades y subcapacidades según et ál. (2007)</i>	149
Tabla 1.14	
<i>Capacidades que desarrollan las diferentes competencias que se requieren para la competencia científica según PISA 2015/2018</i>	153
Tabla 1.15	
<i>Capacidades que integran la competencia científica</i>	156
Tabla 1.16	
<i>Fases y subfases del marco de aprendizaje basado en la investigación sintetizado</i>	166
Tabla 1.17	
<i>Pasos de los modelos del proceso de diseño de ingeniería</i>	169

Tabla 1.18	
<i>Enseñanza/aprendizaje basado en problemas, en proyectos y en casos</i>	173
Tabla 2.1	
<i>Definiciones del término actitud</i>	191
Tabla 2.2	
<i>Actitudes específicas hacia las ciencias en el cuestionario de los alumnos (PISA, 2015)</i>	274
Tabla 2.3	
<i>Instrumentos recomendados por Munby (1983)</i>	290
Tabla 2.4	
<i>Información resumida sobre los puntajes de las rúbricas dentro de cada categoría de actitud científica.</i>	292
Tabla 2.5	
<i>Instrumentos analizados por Summers y Abd-El-Khalick (2018)</i>	293
Tabla 2.6	
<i>Ítems del SSAS y su traducción al castellano y método de medida</i>	299
Tabla 2.7	
<i>Comparación de las categorías de la escala TOSRA con la clasificación de Klopfer</i>	303

Tabla 3.1	
<i>Instrumentos analizados y sus dimensiones</i>	320
Tabla 3.2	
<i>Estructura dimensional de la escala de ACESTEM</i>	324
Tabla 3.3	
<i>Distribución de ítems positivos y negativos en cada una de las dimensiones</i>	324
Tabla 3.4	
<i>Estructura del cuestionario</i>	325
Tabla 3.5	
<i>Distribución de la muestra 1 según el curso y la titularidad del centro</i>	327
Tabla 3.6	
<i>Distribución de la muestra 1 según el curso y el sexo del alumnado</i>	328
Tabla 3.7	
<i>Distribución de la muestra 1 según la profesión del padre y de la madre</i>	329
Tabla 3.8	
<i>Distribución de la muestra 1 según el sexo del alumno y el lugar ocupado dentro de la clase si se tienen en cuenta las notas</i>	330
Tabla 3.9	
<i>Distribución de la muestra 1 según el sexo del alumno y cómo se consideran como estudiantes</i>	331

Tabla 3.10	
<i>Distribución de la muestra 2 según el curso y la titularidad del centro</i>	333
Tabla 3.11	
<i>Distribución de la muestra 2 según el curso y el sexo del alumnado</i>	334
Tabla 3.12	
<i>Distribución de la muestra 2 según la profesión de los padres (madre y padre)</i>	335
Tabla 3.13	
<i>Distribución de la muestra 2 según el sexo del alumno y el lugar ocupado dentro de la clase si se tienen en cuenta las notas</i>	336
Tabla 3.14	
<i>Distribución de la muestra 2 según el sexo del alumno y cómo se consideran como estudiantes</i>	336
Tabla 4.1	
<i>Caracterización de los expertos que participaron en la consulta</i>	346
Tabla 4.2	
<i>Puntuación media y desviación típica en cuanto a relevancia y claridad otorgada a cada ítem por cada uno de los jueces expertos que participaron en la prueba de validación</i>	347

Tabla 4.3

Puntuación media y desviación típica en cuanto a relevancia y claridad de cada uno de los jueces expertos que participaron en la prueba de validación 349

Tabla 4.4

Valoración de expertos. Dimensión: Interés profesional por la ciencia 351

Tabla 4.5

Modificaciones introducidas en la dimensión Interés profesional por la ciencia 352

Tabla 4.6

Valoración de expertos. Dimensión: Gusto por la ciencia 353

Tabla 4.7

Modificaciones introducidas en la dimensión Gusto por la ciencia 354

Tabla 4.8

Valoración de expertos. Dimensión: Utilidad percibida de la ciencia 355

Tabla 4.9

Modificaciones introducidas en la dimensión Utilidad percibida de la ciencia 357

Tabla 4.10

Valoración de expertos. Dimensión: Autoeficacia 358

Tabla 4.11	
<i>Modificaciones introducidas en la dimensión Autoeficacia</i>	360
Tabla 4.12	
<i>Valoración de expertos. Dimensión: Acciones de los referentes importantes para el alumnado</i>	361
Tabla 4.13	
<i>Modificaciones introducidas en la dimensión Acciones de los referentes importantes para el alumnado</i>	362
Tabla 4.14	
<i>Dimensiones e ítems de la segunda versión del cuestionario ACESTEM</i>	364
Tabla 4.15	
<i>Correlación de cada ítem con la suma de las puntuaciones en los ítems restantes de la escala y el coeficiente de fiabilidad de la escala si el ítem fuese eliminado</i>	367
Tabla 4.16	
<i>Distribución por ítems del alfa de Cronbach</i>	369
Tabla 4.17	
<i>Esfericidad de Bartlett y el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)</i>	371
Tabla 4.18	
<i>Varianza total explicada</i>	372
Tabla 4.19	
<i>Matriz rotada</i>	374

Tabla 4.20	
<i>Distribución por ítems del alfa de Cronbach</i>	375
Tabla 4.21	
<i>Varianza total explicada</i>	377
Tabla 4.22	
<i>Matriz rotada</i>	378
Tabla 4.23	
<i>Ítems seleccionados para el AFC tras el AFE</i>	380
Tabla 4.24	
<i>Índices de bondad de ajuste para los AFC del ACESTEM</i>	383
Tabla 4.25	
<i>Factores, ítems y alfa de Cronbach del cuestionario definitivo (N = 295)</i>	385
Tabla 4.26	
<i>Distribución por ítems del alfa de Cronbach en el factor 1 (Gusto por la ciencia)</i>	386
Tabla 4.27	
<i>Distribución por ítems del alfa de Cronbach en el factor 2 (Interés profesional por la ciencia)</i>	387
Tabla 4.28	
<i>Distribución por ítems del alfa de Cronbach en el factor 3 (Autoeficacia)</i>	387

Tabla 4.29

<i>Distribución por ítems del alfa de Cronbach en el factor 4 (Utilidad percibida de la ciencia)</i>	388
--	-----

Tabla 5.1

<i>Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad (N=404)</i>	396
---	-----

Tabla 5.2

<i>Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad de las chicas (N=209)</i>	397
---	-----

Tabla 5.3

<i>Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad de los chicos (N=195)</i>	397
---	-----

Tabla 5.4

<i>Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el curso (N=405)</i>	398
--	-----

Tabla 5.5

<i>Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la etapa educativa (Educación Primaria y Secundaria Obligatoria)</i>	399
---	-----

Tabla 5.6

<i>Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la etapa educativa</i>	401
---	-----

Tabla 5.7

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de las chicas en función de la etapa educativa 403

Tabla 5.8

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo 405

Tabla 5.9

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del de la profesión del padre. 406

Tabla 5.10

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la profesión de la madre 407

Tabla 5.11

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de las chicas en función de la profesión del padre 408

Tabla 5.12

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de las chicas en función de la profesión de la madre 409

Tabla 5.13

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la profesión del padre (N=198) 410

Tabla 5.14	
<i>Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la profesión de la madre (N=198)</i>	410
Tabla 5.15	
<i>Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el lugar que crees que ocuparías dentro de la clase si tuvierais en cuenta las notas (N=408)</i>	412
Tabla 5.16	
<i>Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el lugar que crees que ocuparías dentro de la clase si tuvierais en cuenta las notas en la muestra de los chicos (N=198)</i>	412
Tabla 5.17	
<i>Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el lugar que crees que ocuparías dentro de la clase si tuvierais en cuenta las notas en la muestra de las chicas (N=210)</i>	413
Tabla 5.18	
<i>Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la consideración como alumno (N=408)</i>	414

Tabla 5.19

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la consideración como alumno en la muestra de los chicos (N=198) 414

Tabla 5.20

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la consideración como alumna en la muestra de las chicas (N=210) 415

Tabla 5.21

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad (N=255) 416

Tabla 5.22

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad de las chicas (N=89) 417

Tabla 5.23

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad de los chicos (N=165) 417

Tabla 5.24

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el curso (N=254) 418

Tabla 5.25

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la etapa educativa (Educación Primaria y Secundaria Obligatoria) 419

Tabla 5.26	
<i>Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la etapa educativa</i>	420
Tabla 5.27	
<i>Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de las chicas en función de la etapa educativa</i>	421
Tabla 5.28	
<i>Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo</i>	422
Tabla 5.29	
<i>Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la profesión del padre</i>	423
Tabla 5.30	
<i>Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la profesión de la madre</i>	424
Tabla 5.31	
<i>Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de las chicas en función de la profesión del padre</i>	425
Tabla 5.32	
<i>Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de las chicas en función de la profesión de la madre</i>	425

Tabla 5.33

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la profesión del padre 426

Tabla 5.34

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la profesión de la madre 427

Tabla 5.35

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el curso (N=254) 428

Tabla 5.36

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la consideración como alumno (N=254) 428

Tabla 5.37

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la consideración como alumno en la muestra de los chicos (N=165) 429

Tabla 5.38

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la consideración como alumna en la muestra de las chicas 429

Tabla 6.1

Objetivos específicos de la investigación e hipótesis asociadas 465

Índice de Figuras

Figura 1.1	
<i>Representación visual de las ocho competencias matemáticas</i>	135
Figura 1.2	
<i>Elementos de la competencia científica PISA 2006</i>	151
Figura 1.3	
<i>Interrelación de elementos en PISA 2015</i>	155
Figura 1.4	
<i>Marco de aprendizaje basado en la investigación (fases generales, subfases y sus relaciones)</i>	167
Figura 1.5	
<i>El plano inclinado de la integración STEM.</i>	179
Figura 1.6	
<i>Representación de las integraciones de las disciplinas STEM</i>	180
Figura 2.1.	
<i>Representación esquemática del modelo de la acción razonada y de la conducta planificada</i>	217
Figura 2.2	
<i>Factores y variables de actitud identificadas en los instrumentos analizados</i>	
	289

Índice de Gráficos

Gráfico 4.1

Gráfico de sedimentación 373

Gráfico 4.2

AFC con 21 ítems 384

LISTADO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

ABP. Aprendizaje Basado en Proyectos

ACOLA. *Australian Council of Learned Academies*

ASEE. *American Society for Engineering Education*

ASSASS. *Arabic Speaking Students' Attitudes toward Science Survey*

ATSSA. *Attitude Toward Science in School Assessment*

BRAINS. *Behaviors, Related Attitudes, and Intentions toward Science*

CARS. *Changes in Attitude About the Relevance of Science*

CEDEFOP. Centro Europeo para el Desarrollo de la Formación Profesional

CMSI. Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información

CNIE. Centro Nacional de Innovación e Investigación Educativa

COSCE. Confederación de Sociedades Científicas de España.

CRECE. Comisiones de Reflexión y Estudio de la Ciencia en España.

CSCS. *Children's Science Curiosity Scale*

CTIM. Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas

DeSeCo. Definición y Selección de Competencias Básicas.

DIY. *Do it yourself*

ENCIENDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar.

ESO. Educación Secundaria Obligatoria

ESRC. *Economic and Social Research Council*

ESSA. *Every Student Succeeds Act*

IBL. *Inquiry-Based Learning*

IBSE. *Inquiry-Based Science Education*

IEA. *Internacional Association for Educational Achievement* (Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo)

IM. *Integrative Model*

INEM. Instituto Nacional de Empleo

IOSTE. *International Organization for Science and Technology Education*

ITEEA. *International Technology and Engineering Educators Association*

KOM. *Competencies and the Learning of Mathematics*

LOE. Ley Orgánica de Educación

LOMCE. Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa

MATS. *My Attitudes Toward Science*

mATSI. *Modified Attitudes Toward Science Inventory*

NAEP. *National Assessment of Educational Progress*

NCES. *National Center for Education Statistics*

NCTM. *National Council of Teachers of Mathematics*

NGSS. *Next Generation Science Standards*

NIMH. *National Institute of Mental Health*

NRC. *National Research Council.*

NRCNA. *National Research Council of the National Academies*

NSF. *National Science Foundation Act*

NSTA. *National Science Teachers Association*

OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

OECD. *Organisation for Economic Co-operation and Development.*

OIT. Organización Internacional del Trabajo o de los Trabajadores

PAC. Protocolo de Actitudes relacionadas con la Ciencia (PAC)

PANA. Proyecto de Actitudes hacia las ciencias en Niños y Adolescentes

PARRISE. *Promoting Attainment of Responsible Research & Innovation in Science Education.*

PBL. *Problem Based Learning (Aprendizaje Basado en Problemas)*

PISA-ERA. Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos-*Electronic Reading Assesment*.

PISA. *Programme for International Student Assessment* (Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos)

PjBL. *Project-Based Learning* (Aprendizaje Basado en Proyectos)

PRIMAS. *Promoting inquiry-based learning (IBL) in Mathematics and Science Across Europe*

PROFILES. *Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science* (Reflexión Profesional Enfocada en el Aprendizaje por Indagación y en la Educación mediante la Ciencia)

RD. Real Decreto

ROSE. *The Relevance of Science Education* (Relevancia de la Educación Científica)

RRI. *Responsible Research and Innovation* (Investigación e Innovación responsables)

S-SSAS. *Spanish School Science Attitude Survey*

SAI II. *Science Attitude Inventory II*

SAILS. *Strategies for Assessment of Inquiry Learning in Science*

SAS. *Science Attitude Scale*

SMET. *Science, Mathematics, Engineering, Technology*

SMTSL. *Students' Motivation Toward Science Learning Questionnaire*

SOS. *Science Opinion Survey*

SSAS. *School Science Attitude Survey*

STAQ-R. *Simpson-Troost Attitude Questionnaire as Revised*

STEAM. *Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*

STEM. *Science, Technology, Engineering, Mathematics*

STL. *Standards for Technological Literacy*

STREAM. *Science, Technology, Reading/wRiting, Engineering, Arts, Mathematics*

STREAMS. *Science, Technology, Reading/wRiting, Engineering, Arts, Mathematics, Social Studies*

TIC. Tecnologías de la Información y la Comunicación

TIMSS. *Trends in International Mathematics and Science Study* (Estudio Internacional del Rendimiento en Matemáticas y Ciencias)

TOSRA. *Test of Science Related Attitudes* (TOSRA)

TPB. *Theory of Planned Behavior*

TRA. *Theory of Reasoned Action*

UE. Unión Europea

UNESCO. *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)

VASS. *Views about Science Survey*

WASP. *Attitudes Toward Science Protocol* (WASP)

INTRODUCCIÓN

La exigencia de una preparación activa por parte de la ciudadanía para enfrentar el desafío que suponen los acelerados cambios que en el marco social, cultural, tecnológico y económico se han producido en las últimas décadas constituye el punto de partida de nuestra investigación centrada en el análisis de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM (acrónimo inglés de *Science, Technology, Engineering y Mathematics*) en niños y niñas de los 10 a los 14 años.

Una investigación que se apoya en el estudio del significado del enfoque competencial y que intenta enriquecer, con sus indagaciones, los que podrían constituir elementos y claves de la Educación STEM: propósitos, capacidades, conocimientos, actitudes, enfoques metodológicos y prácticas STEM.

La Educación STEM, cuya enseñanza se articula a través de la resolución de problemas del mundo real, supone la integración de las formas de hacer, pensar y hablar de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en sus múltiples formas. La reconocemos como una necesidad de aprendizaje para todos que favorece la participación activa de las personas en la sociedad, preparándolas para la toma de decisiones fundamentadas que les permitan aportar soluciones a los retos científico-tecnológicos del momento; contribuye al desarrollo de las dimensiones indagadoras, creativas, reflexivas y críticas de los ciudadanos y posibilita la evolución de habilidades relacionadas con la resolución de problemas, el pensamiento crítico y reflexivo, la cooperación y la creatividad.

Precisamente la atracción por la Educación STEM unida a la preocupación por una realidad que apunta a la existencia de un declive en el interés de los estudiantes (sobre todo, por parte del alumnado femenino y el de orígenes socioeconómicos humildes) por las ciencias, las matemáticas y la tecnología nos obligan a plantearnos una revisión

profunda del dominio afectivo-actitudinal. Diferentes investigaciones sitúan el origen del desánimo académico y de las decisiones relacionadas con no continuar estudios STEM en el futuro en las actitudes negativas hacia las ciencias y las matemáticas, adquiridas a lo largo de toda la escolaridad.

Las actitudes forman parte de la construcción de la cultura científica y juegan un papel decisivo en el desarrollo del interés, atención y respuesta hacia la ciencia y la tecnología por parte de los estudiantes. Son esenciales para conseguir comprometerlos con cuestiones científicas y tecnológicas al apoyar la adquisición y la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos a la resolución de problemas en contextos reales que generan conexiones entre la escuela y la comunidad. Por ello y con el objetivo de estudiar las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM desarrollamos una investigación que incorpora una aproximación tanto teórica como empírica al problema y que nos debe permitir analizar las creencias y percepciones relativas a la competencia científica (autoeficacia), la utilidad percibida hacia la ciencia y la intención profesional futura así como las reacciones afectivas que los niños y las niñas de edades comprendidas entre 10 y 14 años manifiestan en forma de gusto y disfrute hacia la ciencia. Nos centramos en este tramo de edades (de 10 a 14 años) ya que las aspiraciones por un itinerario relacionado con la Educación STEM comienzan a construirse durante la infancia y porque es en estas edades cuando los niños y las niñas desarrollan un sentido de quiénes son como estudiantes de ciencias y de matemáticas y se producen los progresos de la inteligencia operatoria lógico-formal que inciden en la formación de la identidad personal y en la construcción de actitudes e intereses hacia la ciencia. De esta manera, diseñamos una escala que por sus características psicométricas mide de manera objetiva,

fiable y válida las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM de estudiantes españoles entre 10 y 14 años.

Desde el punto de vista aplicado, nuestro trabajo puede aportar datos útiles para determinar las creencias que pueden ser reforzadas o minimizadas y que afectan a las decisiones relevantes de comportamiento del alumnado.

Considerando los aspectos anteriores explicamos qué pretende y qué plantea cada capítulo.

En primer lugar, abordamos el marco teórico de este trabajo de investigación estructurado en dos capítulos.

En su desarrollo, comenzamos el primer capítulo con una reflexión acerca de los condicionantes sociales culturales, tecnológicos y económicos que han generado nuevos escenarios en la manera de construir el conocimiento. Justificamos, como necesidad de aprendizaje *para todos*, la Educación STEM al favorecer la participación activa de las personas en la sociedad, posibilitar el acceso continuo al conocimiento, al aprendizaje y al desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo y los valores.

Desde aquí configuramos las notas de identidad del enfoque competencial como respuesta a los cambios que la sociedad del conocimiento plantea y a los desafíos que exige. Analizamos aspectos que consideramos claves esenciales del mismo como son su concepto, características y finalidades. Reflexionamos sobre su auténtico valor a partir del análisis normativo (LOMCE) y de las diferentes investigaciones y proyectos de la Comisión europea y la OCDE.

Dado que los elementos constituyentes de la competencia matemática y la competencia en ciencia, tecnología e ingeniería contribuyen de forma decisiva a la construcción del marco de referencia del enfoque competencial y que los objetivos STEM requieren el desarrollo de las competencias citadas les dedicamos un tratamiento especial.

También son objeto de estudio, en este capítulo, los enfoques metodológicos asociados a la Educación STEM que tienen su punto de encuentro a través del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

Por último, establecemos vínculos entre el enfoque competencial y la Educación STEM resaltando que comparten los fundamentos base para el aprendizaje (aprendizaje significativo y transferencia del conocimiento) y como entre las prioridades de ambos está establecer conexiones entre el contexto académico en el que se enseña y el contexto real en el que vivimos.

El segundo capítulo se ocupa de acercarnos a la comprensión del significado, componentes, características y funciones de las actitudes. Con el objetivo de explicar cuál es la naturaleza de estas, cómo se forman y su incidencia en la conducta de las personas proporcionamos una visión general de la teoría de la acción razonada y la teoría de la conducta planificada de Fishbein y Ajzen así como de los constructos que las organizan y de los elementos que las configuran.

Tratamos de clarificar cuál es el sentido y la finalidad del constructo actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM, resaltando su papel en el desarrollo del interés y el compromiso que tenemos hacia cuestiones relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas. Estudiamos algunos de los factores o variables más

significativas (el sexo, la edad, el rendimiento, el nivel socioeconómico y la autoeficacia) que condicionan e influyen en las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

Ilustrativo resulta, asimismo el análisis que realizamos de los papeles que el alumnado, la familia y el profesorado desempeñan en el desarrollo de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

Además, con el objetivo de mostrar en qué medida los proyectos de referencia y la normativa legal constituyen un *buen equipaje* de partida para el desarrollo de las actitudes en el marco de la Educación STEM estudiamos cómo se contemplan estas en proyectos como PISA, en el marco europeo y en las prescripciones oficiales del currículo LOMCE.

Por último, analizamos los instrumentos diseñados para estudiar las actitudes hacia la ciencia en el periodo de los 10 a 14 años que creemos que son la base y el fundamento de nuestra investigación. Este último apartado lo consideramos esencial ya que enriquece el conocimiento del que partimos para la elaboración de una escala acerca de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

El bloque metodológico abarca los capítulos 3, 4, 5 y 6 y nos permite estudiar de forma empírica la actitud del alumnado hacia la ciencia en la Educación STEM.

En el tercer capítulo se identifican las claves del proceso que ha seguido la investigación práctica desarrollada, los objetivos y las hipótesis que planteamos así como la metodología seguida en nuestro estudio. Explicamos los pasos seguidos para la construcción del instrumento que utilizamos en la toma de datos y describimos las muestras de nuestro estudio.

A continuación, en el cuarto capítulo, delineamos el proceso de elaboración de la escala para medir las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM (ACESTEM), confirmando la estructura del constructo y comprobando la existencia de cuatro factores o dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia), tras realizar el análisis factorial exploratorio y el confirmatorio.

La presentación de los resultados encontrados en nuestra investigación que dan respuesta a los objetivos planteados, los presentamos en el capítulo quinto.

En el sexto capítulo discutimos los resultados más relevantes obtenidos en la investigación, extraemos conclusiones y elementos de discusión desde una posición abierta al debate que nos permita generar nuevos caminos para la estimulación y mejora de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM. Además, exponemos las principales limitaciones surgidas a lo largo del proceso de investigación, así como la perspectiva de futuro resultante de las mismas.

Para concluir, sugerimos algunas acciones a desarrollar que impactarían positivamente en la calidad de la enseñanza y en las actitudes hacia la ciencia para conseguir una Educación STEM *para todos*.

Capítulo 1.

ENFOQUE COMPETENCIAL Y EDUCACIÓN STEM

“La vida no debe ser vivida sin compromiso. El *Homo sapiens* se ha distinguido de todas las demás especies, desde los tiempos más remotos, por la manera en la que ha hecho frente a los formidables peligros que ponían en riesgo su propia existencia. Los que los jóvenes de hoy deben superar son de naturaleza bien distinta: no son ni la intemperie, ni el acecho de los depredadores, sino problemas de enorme relevancia y compleja solución, como es el de su integración en una sociedad siempre en caótico y acelerado desarrollo.”

Discurso de investidura como Doctora “Honoris
Causa” de la Excma. Sra. Rita Levi-Montalcini (2008)

CAPÍTULO 1. ENFOQUE COMPETENCIAL Y EDUCACIÓN STEM

1.1. Consideraciones iniciales.

1.2. Fundamentación sociológica: de la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.

1.3. Alfabetización STEM.

1.3.1. Argumentos para la alfabetización STEM.

1.4. El enfoque competencial y la Educación STEM.

1.4.1. Las competencias: concepto y características.

1.4.2. Referentes del enfoque competencial: Proyectos y documentos internacionales.

1.4.3. El enfoque competencial y PISA.

1.4.4. Las competencias en la normativa española.

1.5. Las competencias en el ámbito STEM.

1.5.1. La competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (CTIM) en el marco europeo.

1.5.2. La competencia matemática y las competencias básicas en ciencia y tecnología en la LOMCE.

1.5.3. Fundamentos para el desarrollo de la competencia matemática y la competencia en ciencia.

1.5.3.1. La competencia matemática: conceptualización y dimensiones.

1.5.3.2. La competencia científica.

1.5.4. La ingeniería en la Educación STEM: necesidad de inclusión y desarrollo en los currículos escolares en edades tempranas.

1.6. Enfoques metodológicos STEM.

1.6.1. La resolución de problemas y las prácticas de tecnología.

1.6.2. El aprendizaje por indagación.

1.6.3. El proceso de diseño en ingeniería.

1.7. Claves para favorecer el desarrollo de la Educación STEM: el aprendizaje basado en proyectos.

1.8. Perspectiva dialógica entre el enfoque competencial y la Educación STEM.

1.8.1 Carácter integrador y holístico del enfoque STEM.

1.9. Consideraciones finales.

1.1. Consideraciones iniciales

El crecimiento del interés en la educación científica, tecnológica, de ingeniería y matemáticas (STEM¹) es el catalizador de esta investigación cuyo marco teórico comienza con el reconocimiento de la Educación STEM² como impulsora clave en el avance de las sociedades (Han, Capraro y Capraro, 2015).

Gonzalez y Kuenzi (2012) elaboran una guía para determinar cuáles son los principales problemas de la Educación STEM y los programas de política educativa existentes en los Estados Unidos. Relacionan la actual Educación STEM con dos hechos legislativos decisivos que se produjeron en la década de 1950: la creación de la Fundación Nacional de Ciencia mediante la ley que lleva el mismo nombre (*National Science Foundation Act of 1950*) y la promulgación de la Ley de Educación de la Defensa Nacional de 1958 (*National Defense Education Act of 1958*). La ley de 1958 se aprobó como respuesta al lanzamiento por parte de la Unión Soviética del Sputnik y con el objetivo de aumentar el número de estudiantes que ingresaran en las disciplinas relacionadas con la Física y las Matemáticas. Más allá del lanzamiento del Sputnik, el modelo de educación estadounidense recibió fuertes críticas a finales de la década de 1940 y principios de la de 1950, haciéndole responsable del declive del nivel educativo, debido fundamentalmente al abandono de los asuntos formales de las disciplinas. La evidencia sugiere que el origen del término STEM se encuentra relacionado con los intereses de los

¹ La Fundación del Español Urgente (Fundéu) recomienda como equivalente del acrónimo inglés STEM, de *Science, Technology, Engineering y Mathematics*, la sigla CTIM, de los correspondientes Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Sin embargo, optamos por la denominación STEM al estar reconocido el acrónimo internacionalmente.

² La palabra STEM se traduce como tallo. Se relaciona con el hecho de que las disciplinas implicadas compartan un tallo o tronco común desde el que se ramifican.

Estados Unidos para proteger su fuerza militar y mejorar la competitividad económica global (Gonzalez y Kuenzi, 2012).

En la década de 1990 la *National Science Foundation* (NSF) comenzó a usar el término SMET (acrónimo de las siglas en inglés de Ciencia [*Science*], Matemáticas [*Mathematics*], Ingeniería [*Engineering*] y Tecnología [*Technology*]) para referirse al ámbito profesional que incluye las diferentes disciplinas científico-tecnológicas, cambiándolo posteriormente a STEM³ por razones fonéticas. Según Friedman (2005) el acontecimiento que marcó la expansión del término fue la creación de un grado en Educación STEM en el Instituto Politécnico y Universidad Estatal de Virginia, conocido como Virginia Tech. En 2011 la necesidad de llevar STEM a los colegios se convierte en una prioridad nacional (*Sputnik Moment*) y comienza a desarrollarse la iniciativa 100Kin10⁴ con el objetivo de formar a cien mil profesores en las áreas STEM. Se presenta el Plan Federal Estratégico para la Educación STEM con la participación del Departamento de Educación, la NSF y el Instituto Smithsonian (*Committee on STEM Education, National Science and Technology Council*, 2013). Al tiempo el *National Research Council* (NRC) desarrolla el documento *Framework for K-12 Science Education* que analiza cómo conseguir acercar la ciencia a los estudiantes y dar mayor sentido a lo que aprenden (*National Reserach Council of the National Academies* [NRCNA], 2012). Se publican los nuevos estándares para la ciencia (*Next Generation Science Standars* [NGSS]) que tienen en cuenta las necesidades y los cambios del siglo

³ La Dra. Judith A. Ramaley, exdirectora de la División de Educación y Recursos Humanos en la *National Science Foundation* (NSF) reemplazó las siglas SMET por STEM (Purzer, Strobely Cardella, 2014) al corroborar que se parecía mucho a la palabra inglesa *smut* (tizón) (Sanders, 2009).

⁴ La iniciativa 100Kin10 surgió en 2011 y en la actualidad reúne a más de 280 instituciones académicas, organizaciones sin fines de lucro, empresas y agencias gubernamentales con el objetivo de formar y capacitar a 100.000 maestros STEM durante 10 años.

XXI y en diciembre de 2015 se firma la nueva ley de educación *The Every Student Succeeds Act* [ESSA] (ley para el éxito de cada estudiante) que no solo garantiza los fondos para el proceso de formación del profesorado en las áreas STEM, sino que se compromete a incrementar el acceso a STEM a poblaciones subatendidas, a crear y ampliar colegios especializados en STEM y a promover actividades STEM como actividades extracurriculares (*National Science Teachers Association* [NSTA], 2016).

El término STEM ha impregnado la esfera de la educación no solo en Estados Unidos sino también en el resto de países del mundo y ha ido ganando relevancia en el ámbito educativo, siendo objeto de reflexión, análisis e investigación tanto en documentos marco de política educativa, como en publicaciones especializadas o en foros de debate sobre educación y formación. En el estudio realizado por el Gobierno de Australia, *Australian Council of Learned Academies* (ACOLA⁵), para analizar las experiencias de otros países respecto a la situación de la Educación STEM bajo el título *STEM: Country Comparisons, International Comparisons of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education* (2013) se reconoce a la Educación STEM como la vía más sólida que garantiza un futuro próspero para todos los países y la necesidad de desarrollar iniciativas más incluyentes para el sexo femenino. La Comisión Europea, en su programa marco 2014-2020, promueve iniciativas y proyectos que apoyan a los ciudadanos de todas las edades en el desarrollo de actitudes positivas hacia la Educación STEM y en el desarrollo de conocimientos y habilidades que les permitan participar

⁵ ACOLA (*Australian Council of Learned Academies*) es una entidad que agrupa a las cuatro academias más importantes de Australia (*Australian Academy of the Humanities, Australian Academy of Science, Academy of the Social Sciences in Australia* y *Australian Academy of Technology and Engineering*). Realizan estudios para el gobierno australiano y desarrollan soluciones innovadoras a problemas globales complejos y necesidades nacionales emergentes.

activamente en el complejo mundo científico y tecnológico.

En la actualidad el interés por la aplicación integrada de aprendizajes de distinto tipo se ha puesto de relieve en la Educación STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*), STREAM (*Science, Technology, Reading/wRiting, Engineering, Arts, Mathematics*) y STREAMS (*Science, Technology, Reading/wRiting, Engineering, Arts, Mathematics, Social Studies*).

Yakman (2008) introduce en el acrónimo de STEM la A de “Arts” con el propósito de fomentar la interdisciplinariedad. Para la autora el concepto de artes se relaciona con cómo la sociedad se comunica, entiende e impacta con sus actitudes y costumbres en el pasado, presente y futuro. Incluye, entre otras disciplinas, el lenguaje, las artes liberales y las bellas artes. Establece como STEAM (STΣ@M) la ciencia y la tecnología, interpretadas a través de la ingeniería y las artes, basadas en el lenguaje de las matemáticas. A partir de STEAM diferentes autores resaltan la importancia que tiene la comunicación y el desarrollo de las habilidades relacionadas con la lectura y la escritura (*Reading and wRitting*), destacando el interés de convertir la Educación STEAM en STREAMS (Lefever-Davis y Pearman, 2015). Para algunos investigadores la “R” del STREAMS se relaciona con las habilidades metacognitivas de reflexión y reflexividad (*Reflection*) y la “S” con temáticas relacionadas con el medio ambiente y la sostenibilidad (Krug y Shaw, 2016).

En nuestro caso aunque reconocemos el importante papel que las artes tienen al conectar las ciencias con ámbitos artísticos que facilitan la comunicación, la comprensión de la realidad y hacen aflorar soluciones más creativas (Yakman y Lee, 2012) elegimos centrarnos en la Educación STEM, porque la dificultad de conceptualizar y diseñar planes

de estudio y propuestas STEM aumenta mediante la adición de las artes, que en gran medida no están definidas en cuanto a sus temas, prácticas y funciones pedagógicas dentro del ámbito STEM (Colucci-Gray, Burnard y Grayy Cooke, 2019).

1.2. Fundamentación sociológica: de la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento

El análisis de lo que significa la Educación STEM y del interés educativo que suscita exige clarificar los condicionantes sociales que revelan toda una evolución de la sociedad desde finales de los años 70 hasta la actualidad.

En 1976 Daniel Bell introduce la expresión *sociedad de la información y el conocimiento* en su libro *El advenimiento de la sociedad post-industrial* y analiza la nueva estructura social que se apoya en el progreso técnico y la difusión informativa y en la que predomina el sector terciario de producción y de empleo, caracterizado por una mayor automatización y el desarrollo de la electrónica y la cibernética. En su obra esgrime uno de los argumentos que fundamentan el desarrollo de la futura Educación STEM, la necesidad de disponer de ciudadanos que posean una combinación de habilidades, competencias y cualificaciones relacionadas con la ciencia, las matemáticas y la tecnología que les permitan contribuir de manera activa al desarrollo económico de los países ante el incremento tecnológico del sistema productivo. De esta manera Bell afirma:

El mayor problema para la sociedad post-industrial consistirá en disponer de la cantidad de personas preparadas profesional y técnicamente. Se presupone, a pesar de depresiones momentáneas, una demanda continuada en el futuro previsible, y esto

es único en la historia humana. La expansión de las industrias fundadas en la ciencia requerirá más ingenieros, químicos y matemáticos. Las necesidades de planificación social, en educación, medicina y asuntos urbanos, precisarán grandes cantidades de personas preparadas en ciencias sociales y biológicas. (1976, p. 272)

La expresión sociedad de la información y el conocimiento reaparece con fuerza en los años 90, en el contexto del desarrollo de Internet y de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). En 1995, se publica el Libro Blanco⁶ sobre la educación y la formación de la Comisión de las Comunidades Europeas en el que se reflexiona sobre las principales transformaciones que están ocurriendo en la sociedad y las consecuencias de estas sobre nuestros sistemas de educación y formación. Se explican cambios relacionados con la evolución demográfica, las transformaciones en los modos de consumo y los estilos de vida, las nuevas necesidades de conocimientos ligadas a las innovaciones tecnológicas, el advenimiento de la sociedad de la información y el desarrollo de una civilización científica y técnica. Se analiza cómo el progreso técnico y el uso de las nuevas tecnologías conducen a una proliferación y difusión informativa, muchas veces fragmentada, que favorece lo que Pozo (1996) define como el “zapping informativo” en donde el consumidor es el que debe darle sentido a lo que encuentra y se presenta “una cultura hecha de retazos de conocimientos, un collage que es necesario recomponer para obtener un significado” (1996, p. 45). Se reflexiona sobre la relación entre la economía y el conocimiento, relacionando este con la competencia: “(...) los países europeos ya no tienen elección. Para mantener su sitio y seguir siendo una referencia en el mundo, deben completar los progresos conseguidos en la integración

⁶ *Enseñar y aprender. Hacia la sociedad cognitiva* (Comisión Europea, 1995).

económica con una inversión más importante en saber y competencia” (Comisión Europea, 1995, p. 16). Además, como posibles respuestas a los cambios descritos se esbozan posibles soluciones relacionadas con el desarrollo personal de los ciudadanos: “el desarrollo de la cultura general y el desarrollo de la aptitud para el empleo y la actividad” (Comisión Europea, 1995, p. 26).

A finales de los años 90 cobra fuerza la expresión de “sociedad del conocimiento”. Waheed-Khan⁷ (2005), manifiesta que los conocimientos son importantes no sólo para el crecimiento económico, sino también para potenciar y desarrollar todos los sectores de la sociedad y que ese término incluye una dimensión de transformación social, cultural, económica, política e institucional, así como una perspectiva más pluralista y de desarrollo. Por ello, en la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI) afirma:

La noción de sociedades del conocimiento es más enriquecedora y promueve más la autonomía que los conceptos de tecnología y capacidad de conexión que a menudo constituyen un elemento central en los debates sobre la sociedad de la información. Las cuestiones relativas a la tecnología y la capacidad de conexión hacen hincapié en las infraestructuras y la gobernanza del universo de las redes. Aunque revisten una importancia fundamental evidente, no deberían considerarse como un fin en sí mismas. En otras palabras, la sociedad mundial de la información sólo cobra sentido si propicia el desarrollo de sociedades del conocimiento y se asigna como finalidad

⁷ Waheed-Khan fue Director General Auxiliar de la Oficina de Comunicaciones e Información de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

“ir hacia un desarrollo del ser humano basado en los derechos de éste”. (UNESCO, p. 29)

Siguiendo esta línea de reflexión, a principios del siglo XXI autores como, Torres Santomé (2008) ponen de manifiesto que nos encontramos sumidos en un periodo de grandes cambios y transformaciones en ámbitos como la cultura, el arte, la ciencia y el conocimiento, en la estructura y dinámicas de la población, en las tecnologías de la información y de la comunicación, en la economía, en las relaciones con el medio ambiente, laborales, sociales y políticas y en los valores éticos y estéticos. Estos cambios dibujan un nuevo escenario para el siglo XXI marcado por la revolución tecnológica de los sistemas de información y conocimiento que tiene como consecuencia la necesidad de delimitar nuevas orientaciones para la educación.

Nos encontramos, por tanto, en un momento de cambios en la producción de la información y en el acceso a la misma por lo que conviene distinguir ambas realidades en el ámbito educativo. Cebrián establece que información y conocimiento son dos campos interrelacionados, resaltando que “el dato por sí solo de poco sirve si no va acompañado de su adecuación, contextualización y justificación” (2009, p. 27). El conocimiento y la información están en constante evolución por lo que se hace necesario el diálogo entre ambos ya que no existe conocimiento sin información previa. Pozo relaciona el conocimiento, con “la capacidad de representar las propias representaciones y así modificarlas” (2008, p. 106), y Pérez Gómez realiza un certero análisis sobre la relación entre información y conocimiento, afirmando que:

El reto de la formación del sujeto contemporáneo se sitúa en la dificultad de transformar las informaciones en conocimiento, es decir, en cuerpos organizados de

proposiciones que ayuden a comprender mejor la realidad, así como en la dificultad para transformar ese conocimiento en pensamiento y sabiduría. (2008, p. 64)

Los cambios en el marco social, cultural, tecnológico y económico han generado nuevos escenarios de educación y relación. Se han producido transformaciones no solo en la forma de captar y recibir información sino en la manera de construir el conocimiento, lo que ha llevado a muchos investigadores a reflexionar sobre las nuevas necesidades de la escuela en el siglo XXI y en cómo conseguir que los sistemas de educación y formación se adapten a las demandas de la sociedad del conocimiento. Surge la necesidad de romper las barreras entre las disciplinas, desde una orientación que las integra en el mundo real para hacer frente a nuevas realidades, promoviendo experiencias de aprendizaje relevantes y auténticas (Vasquez, Sneider y Comer, 2013) como es el caso de la Educación STEM.

1.3. Alfabetización STEM

El concepto de sociedad del conocimiento inherente a los cambios que se están produciendo en el ámbito social, cultural, económico y político ha puesto de manifiesto la naturaleza cambiante de algunos conceptos esenciales como el de alfabetización que ya no es suficiente para dar cuenta de todas las necesidades de la sociedad actual (Marín, 2006).

La alfabetización entendida como un derecho que deriva del derecho a la educación de todos los individuos presente en la Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948) ha ido evolucionando y cambiando. De esta manera, han surgido nuevas alfabetizaciones como respuesta a las nuevas necesidades de los individuos provocadas

por las distintas formas de comunicación, por las diferentes funciones atribuidas a la lectura y a la escritura y al contexto socioeducativo (Hull, 2003). Barriga y Viveros lo ponen de manifiesto al afirmar que:

La evolución de las concepciones de la alfabetización por parte de la comunidad internacional así como los encargados de las políticas de educación se han ampliado y, más allá de contemplar simplemente a la alfabetización como la adquisición de competencias cognitivas básicas para leer y escribir, se han incluido definiciones que involucran distintas dimensiones relacionadas con la alfabetización y la cultura escrita, tales como el sujeto, su contexto y la sociedad. En algunos casos, se han propuesto conceptos que apuntan a una visión integral de estas dimensiones, lo cual habla de la complejidad y de la intención de integrar distintas visiones para buscar consensos. (2009, p. 9)

La UNESCO (2008) reconoce la alfabetización como un término que va más allá del concepto convencional como conjunto de competencias de lectura, escritura y cálculo, y la entiende como “un medio de identificación, comprensión, interpretación, creación y comunicación en un mundo cada vez más digitalizado, basado en textos, rico en información y en rápida mutación”. De esta manera contempla que la alfabetización implica un aprendizaje continuo que permite a las personas alcanzar sus objetivos, desarrollar su conocimiento y potencial, y participar plenamente en su comunidad y en la sociedad en general. Esta definición está unida a los cuatro pilares del aprendizaje de la UNESCO: aprender a saber, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser.

La alfabetización es deíctica y en las últimas décadas el uso del término se ha extendido a diferentes campos del conocimiento como las ciencias, la tecnología, la ingeniería o las matemáticas que se consideran integrantes de la Educación STEM (Tabla 1.1).

Tabla 1.1
Definiciones de alfabetización

Alfabetización	Organismo	Definición
Alfabetización científica (<i>Scientific literacy</i>)	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2019)	Incluye los conocimientos científicos y el uso que de esos conocimientos haga un individuo para identificar preguntas, adquirir nuevos conocimientos, explicar los fenómenos científicos y sacar conclusiones basadas en evidencias, sobre asuntos relacionados con la ciencia. ⁸
Alfabetización tecnológica	Junta de Gobierno de Evaluación Nacional (National Assessment Governing Board, 2010)	Capacidad para utilizar, comprender y evaluar tecnología, así como para entender los principios tecnológicos y estrategias necesarias para desarrollar soluciones y lograr metas.
Alfabetización en ingeniería	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2003)	Capacidad para aplicar de manera sistemática y creativa los principios científicos y matemáticos a fines prácticos, como el diseño, la fabricación y el funcionamiento de estructuras, máquinas, procesos y sistemas eficientes y económicos.
Alfabetización matemática (<i>Mathematical Literacy</i>)	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2019)	Capacidad de un individuo de identificar y entender el papel que las matemáticas tienen en el mundo, para hacer juicios bien fundamentados y poder usar e involucrarse con las matemáticas. ⁹

Nota: Elaboración propia

⁸ Según se define en OCDE (2006) *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy*.

⁹ Según se define en OCDE (2006) *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy*.

De la lectura de las definiciones de alfabetización de la Tabla 1.1 que las diferentes organizaciones realizan, extraemos como idea principal la importancia que se le da al conocimiento, a la comprensión, a la aplicación y la evaluación.

Pero ¿qué se entiende por alfabetización STEM?

Coincidimos con Toulmin y Groome (2007) en que la alfabetización STEM no significa lograr la alfabetización en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas por separado. STEM no es un acrónimo que represente cuatro áreas de conocimiento independientes, sino más bien, un acercamiento interdisciplinario a aprender, donde rigurosos conceptos académicos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas se aplican en contextos reales que generan conexiones entre la escuela, la comunidad, el trabajo y la empresa global (Tsupro, Kholer y Hallinen, 2009). La alfabetización STEM supone poner en diálogo los conocimientos, los procedimientos y las actitudes que caracterizan a cada una de las disciplinas para la creación de una metadisciplina basada en la integración de las otras (Kaufman, Moss y Osborn, 2003), en un nuevo todo donde el total es mucho más que la suma de las partes individuales; conlleva poseer conocimientos de STEM para aprender sobre las necesidades económicas, sociales y personales, yendo más allá de “aprender a conocer y aprender a hacer” para integrar “el aprender a vivir juntos y el aprender a ser”.

La construcción de una definición de alfabetización STEM mediante la adición de las cuatro líneas de alfabetización (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) definidas por separado diluye la esencia de cada una, descuida la sinergia de los cuatro aspectos y no tiene en cuenta las necesidades personales del individuo (Zollman, 2012). Lederman (1998) describe la alfabetización STEM como la capacidad de adaptarse y aceptar

cambios impulsados por el trabajo de las nuevas tecnologías, para anticipar los impactos de múltiples niveles de sus acciones, para comunicar ideas complejas de manera efectiva a una variedad de audiencias, destacando como aspecto esencial la búsqueda de soluciones medibles y creativas a problemas que hoy en día son inimaginables. Vasquez, Sneider y Comer (2013) lo relacionan con el hecho de que todos los estudiantes puedan actuar y progresar en un mundo tecnológico.

Balka define la alfabetización STEM como “la habilidad de identificar, aplicar e integrar conceptos de la ciencia, la tecnología y las matemáticas para comprender problemas complejos y para innovar en su solución” (2011, p. 7), aportando la idea del desarrollo de la creatividad como valor añadido a su propuesta.

Para Zollman (2012) la alfabetización STEM debe ir más allá del contenido, de los procesos, de satisfacer nuestras necesidades sociales y nuestras necesidades económicas e incluir el desarrollo de las necesidades personales que nos conviertan en ciudadanos responsables y participantes.

Por último, queremos destacar la aportación de Couso que sin renunciar a la inclusión de los conocimientos de las disciplinas implicadas de forma más o menos integrada incorpora de forma explícita referencias a las competencias transversales del siglo XXI (el pensamiento crítico, la competencia de trabajar en equipo y la de comunicar, así como la visión metacognitiva de aprender a aprender) y a los valores:

Estar alfabetizado en STEM es ser capaz de identificar y aplicar, tanto los conocimientos clave como las formas de hacer, pensar, hablar y sentir de la ciencia, la ingeniería y la matemática, de forma más o menos integrada, para comprender,

decidir y/o actuar delante de problemas complejos y para construir soluciones creativas e innovadoras, aprovechando las sinergias personales y las tecnologías disponibles, y de forma crítica, reflexiva y con valores. (2017, p. 24)

Esta definición pone de relieve que la alfabetización STEM es una necesidad de aprendizaje que favorece la participación activa de las personas en la sociedad, que posibilita acceder continuamente al conocimiento, al aprendizaje y al desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo y los valores. La Educación STEM no es para los estudiantes que destacan por sus habilidades en ciencia o en matemáticas sino para todos.

1.3.1. Argumentos para la alfabetización STEM

La globalización y la modernización de nuestra sociedad plantea nuevos retos globales, como por ejemplo, el balance entre el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental (Rychen y Salganik, 2006) que no solo requiere mano de obra cualificada en los sectores de las STEM y más desarrollo científico y tecnológico sino personas capaces de dar respuesta a estos desafíos (Osborne y Dillon, 2008), tomando decisiones de manera informada (European Commission, 2013).

Desde esta perspectiva creemos que el interés de la Educación STEM centrado en alcanzar una economía más competitiva se ha ido enriqueciendo con aportaciones que le han dado una dimensión más equitativa y de calidad. Surge de esta manera la necesidad de la alfabetización STEM para todos como un valor personal en sí mismo. Numerosos informes de política educativa de organismos internacionales reflejan que la educación científica, matemática y tecnológica debe ser parte esencial de la educación básica y general de todas las personas, afirmándose que la alfabetización y las aptitudes mínimas

de matemáticas y ciencias son fundamentales para seguir aprendiendo, y constituyen la puerta de entrada al empleo y la inclusión social (European Commission, 2012). Preparar a los futuros ciudadanos para tomar decisiones y aportar soluciones ante los retos científico-tecnológicos de nuestras sociedades es determinante para el progreso social y económico (Levinson y PARRISE Consortium, 2014).

Las consideraciones anteriores nos llevan a analizar la propuesta hecha por Sjøberg (1997) sobre los principales argumentos (cultural, práctico, democrático y cívico, y económico) que apoyan la necesidad de promover la alfabetización STEM.

En primer lugar, las disciplinas STEM forman parte de nuestro patrimonio cultural, influyendo en nuestra visión de la realidad y en nuestra manera de actuar. Desde el punto de vista práctico la toma de decisiones en muchos momentos de la vida diaria, o la resolución de pequeños retos cotidianos, precisa que los ciudadanos tengan formación científica y tecnológica. Además, dotarles de una base sólida en conocimientos relacionados con las disciplinas STEM es esencial para que puedan participar de manera fundamentada y con criterio en las discusiones y debates sociales existentes estrechamente ligados a los efectos de la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad (Osborne y Dillon, 2008). La necesidad de reducir la distancia entre la ciencia y la sociedad ha llevado a Horizonte 2020 a buscar un enfoque a escala europea, denominado Investigación e Innovación Responsables (*Responsible Research and Innovation* [RRI]) que implica la participación pública de la ciudadanía en todas las etapas de los procesos de investigación e innovación (European Commission, 2013). Se reconoce de esta manera el componente científico de la ciudadanía (*Sci-tizenship*), que incluye “los conocimientos, habilidades y actitudes del ámbito científico que el ciudadano debe dominar para el

desarrollo pleno de la ciudadanía” (Domènech-Casal, 2018a, p. 2). Se priorizan los conocimientos, las habilidades, las actitudes y las conductas necesarias para crear sociedades inclusivas y sostenibles, siendo la Educación STEM la base que sustenta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. En este sentido, la Declaración y Marco de Acción de Incheon (UNESCO) para la implementación del cuarto Objetivo para el Desarrollo Sostenible (ODS 4) relacionado con la educación de calidad, indica que el foco en la calidad y la innovación “va a requerir fortalecer STEM” y que “debe prestarse especial atención a proporcionar a las niñas y a las mujeres becas para estudiar las disciplinas STEM” (UNESCO, 2016, p. 25).

Por último, apoyando el argumento económico diferentes estudios prevén que la formación actual de profesionales STEM será insuficiente para los retos del futuro, tanto en cantidad (la oferta de profesionales de STEM no podrá satisfacer la demanda prevista) como en calidad y diversidad de perfiles, ya que se requerirá un mayor acceso a las profesiones STEM de perfiles sociales y personales tradicionalmente alejados de este área (European Commission, 2013). En la actualidad se están analizando algunos informes que generan alarma sobre la fuerza laboral STEM, tratando de aclarar el concepto de profesional STEM (por ejemplo, si se necesitan científicos o trabajadores científicos). Investigadores como Xue y Larson (2015) afirman que el mercado laboral STEM es heterogéneo y hay tanto escasez como excedentes de trabajadores STEM, dependiendo del segmento particular del mercado laboral que se estudie.

El análisis realizado por el Centro Europeo para el Desarrollo de la Formación Profesional (CEDEFOP, 2014) muestra que el empleo de profesionales STEM y profesionales asociados en la Unión Europea (UE) ha aumentado desde 2000 a pesar de la crisis

económica y se espera que la demanda crezca hasta 2025. Se estima que la demanda de profesionales STEM y asociados crezca un 8% entre 2013 y 2025, mientras que el pronóstico de crecimiento promedio para el resto de las ocupaciones será del 3%. Respecto a la previsión de empleo en los sectores relacionados con STEM se estima que aumentará un 6.5% entre 2013 y 2025, aunque con enormes diferencias entre los sectores (crecimiento cero en el sector farmacéutico, de un 8% en informática y un 15% en servicios profesionales). Según las previsiones de CEDEFOP, alrededor de dos tercios de las oportunidades de trabajo estimadas para las profesiones relacionadas con STEM reemplazarán a los trabajadores que se jubilan.

Sin embargo, en unos tiempos en los que la alfabetización STEM de la ciudadanía se muestra imprescindible, diferentes estudios a nivel europeo como el informe Rocard (2007), el Eurobarómetro y el informe del Proyecto Internacional para la Producción de Indicadores de Rendimiento de los Alumnos (PISA, 2009) y otros a nivel mundial (*The White House*, 2018; Wang y Degol, 2017) indican que existe un preocupante declive en el interés de los jóvenes por los estudios de ciencias y matemáticas tanto por la baja elección inicial, como por el frecuente abandono de los estudios debido a la enseñanza que se practica (Acevedo, 2005). Se reconoce una disminución general en el interés por la Educación STEM durante los años de escolaridad (DeWitt, Archer y Osborne, 2014; Holmes, Gore, Smith y Lloyd, 2018) y una brecha persistente en las aspiraciones de futuro en un campo STEM entre las niñas y los niños, teniendo estos últimos más probabilidades de seguir carreras STEM (Wang y Degol 2017).

En el informe Acción CRECE (Confederación de Sociedades Científicas de España [COSCE]) se afirma que:

La actitud de apertura ante la ciencia (en nuestro país) es más bien pasiva, sin correspondencia con el esfuerzo personal por interesarse e informarse acerca de la misma, y no ha ido acompañada de una visión de la ciencia como componente inexcusable de la cultura de la sociedad (2005, p. 125).

A nivel mundial, el Proyecto comparativo transnacional ROSE¹⁰ (2005) analiza la relevancia de la educación científica, prestando especial atención a las percepciones, opiniones, creencias, actitudes, valores, intereses, prioridades y planes para el futuro del alumnado respecto a la ciencia y la tecnología. Este proyecto pone de manifiesto que las ciencias sociales, las empresariales y económicas y la medicina son aceptadas entre los jóvenes con más interés que las ingenierías, las ciencias naturales y las matemáticas.

El estudio longitudinal realizado por Vázquez y Manassero (2008) sobre rendimiento y actitudes hacia la ciencia y tecnología (CyT) confirma empíricamente el desinterés hacia la ciencia escolar y la necesidad de generar curiosidad y motivar el aprendizaje mediante actividades interesantes y relevantes para el alumnado y la sociedad.

Por último, los resultados del último informe el Proyecto Internacional para la Producción de Indicadores de Rendimiento de los Alumnos (PISA), correspondiente a las pruebas realizadas en 2018, recoge que España en relación al informe anterior llevado a cabo en 2015, ha descendido diez puntos en ciencias, donde acumula 483 puntos, y cinco en matemáticas 481. En ciencias las puntuaciones son inferiores a la de la media de la OCDE

¹⁰ ROSE es el acrónimo *The Relevance of Science Education*. El Proyecto financiado por *The Research Council of Norway, The Ministry of Education in Norway y The University of Oslo* puede consultarse en la página web <https://www.uv.uio.no/ils/english/research/projects/rose/>

(489) y al total de la UE (490). También en matemáticas las puntuaciones son significativamente inferiores a las de la media OCDE (489) y al total UE (494).

Sin embargo, a pesar del descenso en la puntuación de matemáticas, queda patente la estabilidad en el rendimiento con ligeras diferencias a lo largo de los cuatro ciclos del decenio. Al contrario que en matemáticas, en el rendimiento en ciencias se observa un descenso estadísticamente significativo que los ha situado 5 puntos por debajo de la media alcanzada en el ciclo 2009. Estos datos son preocupantes ya que ponen de manifiesto una tendencia a la acomodación en la franja media-baja siendo además significativa la falta de excelencia.

Además de los datos aportados por los estudios anteriores la Oficina Europea de Estadística (Eurostat, 2016), en su último estudio sobre la educación terciaria (educación superior) indica diferencias de género en la participación en los estudios STEM. Casi un tercio (32.0%) del total del alumnado de educación terciaria de la Unión Europea realizaba en 2016 estudios en el ámbito de ciencias sociales, periodismo e información, educación comercial, administración o derecho, en los que las mujeres representan el 57.6% de los estudiantes; el 15.7% realizaba estudios relacionados con la ingeniería, la industria y la construcción, en los que casi las tres cuartas partes (74.1%) de todos los estudiantes eran hombres; el 13.4% lo representaban estudios relacionados con la salud y los servicios sociales, en los que casi tres cuartos (71.2%) del total de los estudiantes eran mujeres. Entre los demás ámbitos de educación en los que hay mayor presencia de mujeres están las ciencias de la educación (78%) mientras que el porcentaje de mujeres en artes y humanidades se elevó a casi dos tercios (64.5%). En cambio, en ciencias naturales, matemáticas, estadística y tecnologías de la información y la comunicación, la

proporción de hombres en el número total de estudiantes de educación terciaria fue del 61.1%.

Los datos que hemos ofrecido suscitan el interés político y social y sitúan la Educación STEM en el punto de mira. La mayoría de los estudios coinciden en que el desinterés por las disciplinas que forman parte de la Educación STEM se debe, en gran medida, a la enseñanza descontextualizada de la ciencia y la tecnología en la Educación Primaria y Secundaria. El modelo de enseñanza que predomina en las aulas es esencialmente factual y reproductivo, centrado en el currículo o en el profesorado como generador de conocimiento. Otros estudios e investigaciones (Abd-El-Khalick et ál., 2004; Anderson, 2002; Rabadán, 1998) coinciden en el mismo diagnóstico e indican la necesidad de avanzar hacia enfoques educativos de tipo investigativo entre los que se encuentra la indagación. Además, se asocia esta falta de interés con el descenso de vocaciones en el ámbito STEM por parte del alumnado femenino o de orígenes socioeconómicos humildes.

Por ello, se están realizando esfuerzos que contribuyan a la mejora de la Educación STEM como la promoción de proyectos de formación del profesorado en metodologías para la mejora de la calidad educativa, programas que involucren y comprometan a los centros de investigación, a las universidades y a las empresas a colaborar en acciones STEM o propuestas de programas a nivel europeo sobre STEM, como Scientix¹¹.

¹¹ Scientix con la financiación del programa de I+D Horizonte 2020 de la UE promueve y respalda la colaboración entre docentes, investigadores del ámbito de la enseñanza, legisladores y otros profesionales de la docencia de materias STEM. Desde su creación, la coordinación ha corrido a cargo de *European Schoolnet*, un consorcio de 30 ministerios de educación con sede en Bruselas, con el objetivo de innovar en la enseñanza y aprendizaje y reforzar la colaboración paneuropea de centros educativos y docentes.

1.4. El enfoque competencial y la Educación STEM

En el ámbito educativo y como respuesta a los cambios que la sociedad del conocimiento plantea y a los desafíos que exige, se elaboran proyectos y documentos que impulsan el enfoque competencial. Un enfoque en el que la competencia como saber que se aplica y adecúa a una diversidad de contextos tiene un carácter integrador de conocimientos, pero también de aptitudes prácticas y comportamentales y de componentes sociales y afectivos compartidos con la propuesta profundamente innovadora que supone la Educación STEM.

En este apartado nos ocuparemos de los aspectos bibliográficos que permiten conceptualizar las competencias, estableciendo vínculos con la Educación STEM, así como del análisis de los estudios, proyectos y documentos internacionales y europeos que han impulsado el enfoque competencial en permanente diálogo con la Educación STEM.

1.4.1. Las competencias: concepto y características

La aparición del término competencia viene respaldado desde el Proyecto DeSeCo (2002), Tuning (2003), el marco europeo (Recomendación 2006/962/CE) y el currículo establecido en España (LOMCE, 2013). En esta línea se han mostrado autores como Moya y Luengo (2011), Pérez Gómez (2007), Pro (2012), Rychen y Salganik (2006), Tobón, Rial, Carretero y García Fraile (2006) o Zabala y Arnau (2007).

Desde el punto de vista cronológico resulta interesante identificar los momentos clave que han servido de sustrato al desarrollo de un concepto en permanente evolución y revisión. Tobón señala cuatro momentos:

El primer momento, es la elaboración de sus bases por pedagogos e investigadores en el siglo XIX y primeras décadas del XX (como, por ejemplo, Montessori).

El segundo momento, se corresponde a las primeras elaboraciones teóricas aplicando explícitamente el concepto, como Chomsky en el área del lenguaje (décadas de los años 50 y 60) y McClelland en el ámbito de la psicología organizacional (década de los años 70).

El tercer momento, es la aplicación del concepto en procesos organizacionales y educativos a finales de los años 80 y en los años 90.

El cuarto momento, que es la articulación del concepto con lo social a través de las competencias ciudadanas a finales de los años 90 y su consolidación a finales de los años 90. (2010, p. 14)

Aproximarnos al sentido del concepto de competencia precisa tener en cuenta su carácter polisémico, tal y como lo reconocen autores como Coll (2007), Pérez Gómez, (2007), Pro (2012) o Tobón et ál. (2006). Concretamente Pro (2012) afirma que “dada la polisemia del término, su auténtico significado está por venir; lo iremos construyendo entre todos a medida que lo vayamos “usando” en nuestra práctica profesional” (p. 6).

Tobón et ál. (2006), realizan un análisis del concepto partiendo de su significado etimológico y semántico. De esta manera, señalan que el término competencia viene del latín *cum* y *petere* “capacidad para concurrir, coincidir en la dirección” (p. 93). Determinan que su significado “supone poder seguir el paso, capacidad de seguir en una trayectoria definida: una situación de comparación directa y situada en un momento

determinado” (p. 35). Definen las competencias como procesos complejos de desempeño con idoneidad en determinados contextos, teniendo como base la responsabilidad.

Estos autores destacan como componentes esenciales de la competencia tres características: complejidad, idoneidad y responsabilidad (Tobón et ál., 2006, pp. 42-44):

- Procesos complejos de desempeño porque se aborda el desempeño de manera integral, teniendo como referencia la realización de actividades y resolución de problemas de diferentes contextos (disciplinares, sociales, ambientales, científicos y profesionales). Implican compromiso, disposición a hacer las cosas con calidad y raciocinio, teniendo en cuenta los conocimientos factuales, conceptos, teorías, habilidades cognitivas y las habilidades procedimentales.
- La idoneidad se refiere a tener en cuenta indicadores de desempeño con el fin de determinar la calidad con la cual se realiza una actividad o se resuelve un problema.
- La responsabilidad significa que en toda actuación y en todo tipo de contexto, y ante cualquier finalidad que se tenga, el ser humano debe reflexionar si es apropiado o no, de acuerdo con sus valores y la sociedad, llevar a cabo la actuación, y una vez la ha llevado a cabo, evaluar las posibles consecuencias negativas, como los posibles perjuicios a sí mismo y a otras personas, corrigiendo y reparando sus errores, y aprendiendo a evitarlos en el futuro.

Zabala y Arnau (2007) parten del análisis de diversas definiciones de autores e instancias internacionales, tanto profesionales (Tabla 1.2) como educativas (Tabla 1.3), delimitando las señas de identidad comunes a todas ellas para afirmar que la competencia, en el ámbito

educativo, ha de identificar aquello que necesita cualquier persona para dar respuesta a los problemas con los que se enfrentará a lo largo de su vida.

Tabla 1.2
Definiciones de competencia en el ámbito profesional

Año	Autor	Definición
1973	McClelland	Forma de evaluar aquello que realmente causa un rendimiento superior en el trabajo.
1994	Tremblay	Un sistema de conocimientos, conceptuales y de procedimientos, organizados en esquemas operacionales y que permiten, dentro de un grupo de situaciones, la identificación de tareas-problemas y su resolución por una acción eficaz.
1995	Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (Real Decreto 797/1995)	La capacidad de aplicar conocimientos, destrezas y actitudes al desempeño de la ocupación de que se trate, incluyendo la capacidad de respuesta a problemas imprevistos, la autonomía, la flexibilidad, la colaboración con el entorno profesional y con la organización del trabajo.
1995	Instituto Nacional de Empleo (INEM)	Las competencias profesionales definen el ejercicio eficaz de las capacidades que permiten el desempeño de una ocupación, respecto a los niveles requeridos en el empleo. Es algo más que el conocimiento técnico que hace referencia al saber y al saber hacer. El concepto de competencia engloba no sólo las capacidades requeridas para el ejercicio de una actividad profesional, sino también un conjunto de comportamientos, facultad de análisis, toma de decisiones, transmisión de informaciones, etc., considerados necesarios para el pleno desempeño.
2000	Le Boterf	Competencia es la secuencia de acciones que combina varios conocimientos, un esquema operativo transferible a una familia de situaciones. (...) La competencia es una construcción, es el resultado de una combinación pertinente de varios recursos (conocimientos, redes de información, redes de relación, saber hacer).
2005	Lloyd McLeary (Cepeda)	La presencia de características o la ausencia de incapacidades que hacen a una persona adecuada o calificada para realizar una tarea específica o para asumir un rol definido.
2004	Organización Internacional del Trabajo o de los Trabajadores (OIT)	Capacidad efectiva para llevar a cabo exitosamente una actividad laboral plenamente identificada.

Nota: Tomada de Zabala y Arnau, 2007, pp. 32-35

Tabla 1.3
Definiciones de competencia en el ámbito educativo

Año	Autor	Definición
2001	Consejo europeo	La suma de conocimientos, destrezas y características individuales que permiten a una persona realizar acciones.
2002	Unidad Española de Eurydice-CIDE	Las capacidades, conocimientos y actitudes que permiten una participación eficaz en la vida política, económica, social y cultural de la sociedad.
2002	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)	Habilidad de cumplir con éxito las exigencias complejas, mediante la movilización de los prerrequisitos psicosociales. De modo que se enfatizan los resultados que el individuo consigue a través de la acción, selección o forma de comportarse según las exigencias.
2005	Monereo	Estrategia y competencia implican repertorios de acciones aprendidas, autorreguladas, contextualizadas y de dominio variable..., mientras que la estrategia es una acción específica para resolver un tipo contextualizado de problemas, la competencia sería el dominio de un amplio repertorio de estrategias en un determinado ámbito o escenario de la actividad humana. Por lo tanto, alguien competente es una persona que sabe «leer» con gran exactitud qué tipo de problema es el que se le plantea y cuáles son las estrategias que deberá activar para resolverlo.
2001	Perrenoud	Competencia es la aptitud para enfrentar eficazmente una familia de situaciones análogas, movilizand o a conciencia y de manera a la vez rápida, pertinente y creativa, múltiples recursos cognitivos: saberes, capacidades, microcompetencias, informaciones, valores, actitudes, esquemas de percepción, de evaluación y de razonamiento.

Nota: Tomada de Zabala y Arnau, 2007, pp. 37-41

Del análisis de las definiciones anteriores destacamos que para dar una respuesta eficaz a los problemas que se plantean en diferentes contextos es necesario utilizar recursos, mostrar disposición, dominar los procedimientos, habilidades y destrezas que implican la acción e integrar actitudes, procedimientos y conocimientos. En definitiva, intervenir de manera eficaz en los diferentes ámbitos de la vida mediante acciones en las que se

movilizan, al mismo tiempo y de manera interrelacionada, componentes actitudinales, procedimentales y conceptuales.

Bolívar y Moya (2007) señalan que las competencias suponen determinar los aprendizajes fundamentales que todo el alumnado debe adquirir, pero especialmente los que están en riesgo de vulnerabilidad social o exclusión. Vinculan las competencias al principio de equidad, destacando el valor que puede tener determinar aquellos contenidos y aprendizajes esenciales para desarrollarse personal y profesionalmente en el futuro y para poder participar en la vida social que permitan compensar las carencias con las que muchos acceden y se enfrentan a los contextos académicos.

Escamilla define la competencia como “un saber orientado a la acción eficaz, fundamentado en una integración dinámica de conocimientos y valores y desarrollado mediante tipos de tareas que permiten una adaptación ajustada y constructiva a diferentes situaciones en distintos contextos” (2008, p. 30). La autora analiza la definición destacando los siguientes aspectos:

- Saber que mira a la acción fundamentado en conocimientos teóricos e impregnado en principios y valores.
- Saber complejo porque es una forma de respuesta eficaz que requiere la movilización y construcción dinámica de múltiples elementos: saber hacer, saber cómo hacerlo, tener la voluntad de hacerlo y hacerlo de acuerdo a principios.
- Formación en términos de implicación activa y personal en un contexto social.

Escamilla (2009) explica que la vía imprescindible para la adquisición de las competencias está en el desempeño de tipos de tareas en las que se aplican destrezas en

contextos y situaciones determinadas. Estas tareas buscan favorecer la transferencia y permitir así la resolución de problemas en otros contextos y situaciones diferentes. En síntesis, ser competentes supone actuar de forma eficaz en diferentes contextos, ser capaz de utilizar el conocimiento como instrumento para la acción.

Pérez Gómez (2007), tomando como referencia el documento de DeSeCo, asocia el concepto de competencia a una pedagogía activa y de fuerte impronta constructivista. Subraya respecto al concepto de competencia que:

El concepto de competencias aquí defendido, como habilidad para afrontar demandas externas o desarrollar actividades y proyectos de manera satisfactoria en contextos complejos, implica dimensiones cognitivas y no cognitivas: conocimientos, habilidades cognitivas, habilidades prácticas, actitudes, valores y emociones. Es un concepto muy similar al defendido por Schön (1983, 1987) como característicos de los profesionales reflexivos: el conocimiento práctico. (p. 11).

Destaca el sentido del conocimiento práctico, teniendo en cuenta que supone un conocimiento *en* la acción, *para* la acción y *sobre* la acción. Este autor identifica las competencias como capacidades para afrontar demandas externas o desarrollar actividades y proyectos de manera satisfactoria en contextos complejos, teniendo en cuenta, por tanto, las dimensiones cognitivas, las habilidades prácticas, las actitudes, los valores y las emociones.

Asimismo, propone como características de las competencias:

- Carácter holístico e integrador, en tanto que los conocimientos, las capacidades, las actitudes, los valores y las emociones no pueden entenderse de manera

separada. Supone poner a dialogar la tipología de contenidos (conceptos, procedimientos, actitudes, valores y normas) para enfrentarse a la resolución de un determinado problema.

- **Carácter contextual** ya que las competencias se concretan y desarrollan vinculadas a los diferentes contextos de acción. Los contextos de aprendizaje se consideran un aspecto determinante de los procesos de aprendizaje ya que este se desarrolla en situaciones sociales concretas donde se utilizan las herramientas de la cultura de la comunidad. En este sentido las competencias reconocen la importancia de los diferentes contextos (académicos, sociales, familiares, profesionales) en los que se tendrán que resolver diferentes tipos de problemas (de conocimiento, de relación interpersonal, de planificación, de valoración) que pondrán en juego distintos tipos de contenidos (verbales, científicos, técnicos, artísticos o la combinación de estos). Se relaciona con la enseñanza situada que hace referencia a que aprender y hacer son acciones inseparables, planteando que los alumnos deben aprender en el contexto pertinente. Esta importancia de los contextos de aprendizaje desemboca en una enseñanza centrada en prácticas educativas auténticas “simplemente definidas como las prácticas ordinarias de la cultura” (Brown, Collins y Duguid, 1989, p. 34). Este aspecto aquí señalado se relaciona de manera sustancial con el aprendizaje significativo ya que solo una enseñanza situada permitirá al alumnado construir significados, dar sentido a lo aprendido y entender su ámbito de aplicación.
- **Dimensión ética** porque las competencias se alimentan de las actitudes, valores y compromisos que los sujetos van adoptando a la largo de la vida.

- Carácter creativo de la transferencia en cada contexto. La transferibilidad creativa supone reconocer los elementos singulares de cada situación y evaluar las posibilidades de adecuación de nuestros conocimientos, habilidades y actitudes a las nuevas exigencias (Pérez Gómez, 2007). Hace referencia a la posibilidad de transferir saberes teóricos y prácticos, de forma ajustada, a distintos problemas en diferentes contextos.
- Carácter reflexivo ya que las competencias suponen un proceso permanente de reflexión para armonizar las intenciones con las posibilidades de cada contexto. Una actuación competente requiere comprender la pluralidad de aspectos o dimensiones que entran en juego al afrontar la resolución de un problema y la necesidad de adaptar la respuesta, recrearla y no simplemente reproducir de forma mecánica destrezas aprendidas en situaciones previas. Las acciones competentes están basadas en la reflexión.
- Carácter evolutivo puesto que se desarrollan, perfeccionan, amplían, o se deterioran y restringen a lo largo de la vida por falta de esfuerzo, estímulos, oportunidades o condiciones favorables. El desarrollo de las competencias en términos de capacidad depende de factores relacionados con la dotación personal que se van manifestando de acuerdo a las características psicoevolutivas de las personas. Estas capacidades pueden ser impulsadas o frenadas según los estímulos educativos y la forma en que el sujeto los seleccione, procese, organice e integre (Mayer, 2000).

Escamilla (2014) establece las relaciones entre las competencias y las inteligencias determinando que estas son un medio para desarrollar las competencias y que el enfoque

competencial es un estímulo para el desarrollo de las inteligencias. Gardner se refiere a las inteligencias como “un potencial biopsicológico que se puede activar en un marco cultural para resolver problemas que tienen valor para una cultura” (2001, p. 45). Este mismo autor afirma:

Las representaciones mentales no están dadas al nacer ni se «congelan» por así decirlo, en el momento de su adopción. Según este punto de vista, se pueden reformar, recrear, reconstruir, transformar, combinar y alterar. En pocas palabras, están en nuestra mente y también en nuestras manos. (Gardner, 2004, p. 65)

Cada una de las características anteriormente descritas no se pueden entender de forma aislada y redefinen el sentido de las restantes.

Tras el análisis de las numerosas definiciones que interpretan y dan sentido al término competencia nos acercamos al pensamiento que sobre las competencias desarrollan los diferentes proyectos y documentos internacionales para posteriormente establecer vínculos entre el enfoque competencial y la Educación STEM.

1.4.2. Referentes del enfoque competencial: Proyectos y documentos internacionales

El interés educativo provocado por el enfoque competencial ha impulsado que distintas instancias y organismos internacionales desarrollen diversos tipos de investigaciones y proyectos para analizar sus características, significado y finalidades, para reflexionar y debatir sobre el auténtico valor de las competencias.

En marzo de 2000, el Consejo Europeo celebrado en Lisboa, marcó como objetivo estratégico para la Unión Europea: “llegar a ser la economía basada en el conocimiento

más competitiva y dinámica del mundo capaz de tener un crecimiento económico sostenible con más y mejores trabajos y con una mayor cohesión social”. Acordó que con el fin de reforzar el empleo, la reforma económica y la cohesión social como parte de una economía basada en el conocimiento, era precisa una estrategia global, dentro de la cual destacaba la necesidad de adaptación de los sistemas de educación y formación europeos a las demandas de la sociedad del conocimiento y a la necesidad de mejorar el nivel y calidad del empleo.

El Consejo invitó a los Estados Miembros, al Consejo y a la Comisión a que establecieran un marco europeo que definiera las nuevas destrezas básicas del aprendizaje a lo largo de la vida. Este marco debía incluir las tecnologías de la información, las lenguas extranjeras, la cultura tecnológica, el espíritu empresarial y las destrezas sociales (European Council 2000, párrafo 26).

En febrero de 2001, el Consejo Europeo de Estocolmo, elaboró un documento *The concrete future objectives of education and training systems* en el que se identificaban los objetivos estratégicos, concretados en otros trece, para los sistemas educativos y de formación de los países miembros. Estos se relacionaban con mejorar la calidad y la eficacia de los sistemas de educación y de formación, facilitar el acceso a la educación y a la formación y aumentar la flexibilidad de los sistemas de educación.

El Consejo Europeo de Estocolmo en marzo 2001 definió la mejora de las destrezas básicas, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y las matemáticas, las ciencias y la tecnología como áreas prioritarias. Las conclusiones de Estocolmo pedían que continuase el seguimiento de los futuros objetivos de los sistemas de educación y formación y que se presentase un programa de trabajo al Consejo Europeo, así, en febrero

de 2002, el Consejo Europeo de Barcelona elaboró un programa de trabajo para conseguir estos objetivos comunes en 2010.

El Consejo Europeo de Barcelona de marzo de 2002 señaló las lenguas extranjeras y la cultura digital como dos competencias que merecían mayor atención e invitaban a fomentar la dimensión europea en la educación y su inclusión en los trabajos sobre destrezas básicas para el 2004. Se establece un grupo de trabajo cuyos objetivos principales fueron definir qué eran las nuevas destrezas y cuál era la mejor manera de integrarlas en el currículum, mantenerlas y aprenderlas a lo largo de la vida.

Al tiempo diferentes documentos internacionales habían venido señalando, desde los años noventa, la conveniencia de crear un sistema europeo que permitiera comparar y difundir las definiciones de destrezas clave y las formas más apropiadas de adquirirlas, evaluarlas y certificarlas (*White paper on education and training*, European Comisión, 1996, Libro Blanco sobre la educación y la Formación). En este sentido, el proyecto de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) *Definición y Selección de Competencias (DeSeCo)*¹² proporcionó un marco teórico y conceptual que permitió definir y seleccionar competencias clave. Expone:

Vista desde fuera, una competencia puede ser definida como la habilidad que permite superar las demandas sociales o individuales, desarrollar una actividad, o una tarea.

Vista desde dentro, cada competencia es construida como una combinación de

¹² El Proyecto DeSeCo (Definition and Selection of Key Competencies) es auspiciado por la OCDE y coordinado por Dominique S. Rychen y Laura H. Salganik. El objetivo de DeSeCo ha sido la construcción de un amplio y comprensivo marco conceptual de referencia relevante para el desarrollo de competencias basadas en el individuo para una perspectiva de aprendizaje a lo largo de la vida, evaluar dichas competencias internacionalmente y desarrollar e interpretar los indicadores internacionalmente comparables (Rychen y Salganik, 2003, p. 2).

habilidades prácticas y cognitivas, conocimiento (incluyendo conocimiento tácito), motivación, valores, actitudes, emociones y otros componentes conductuales y sociales que hacen posible la realización de una determinada acción. (OCDE-DeSeCo, 2002, p. 8)

Entendemos que en esta forma de explicar las competencias, se resalta su carácter holístico al integrar y relacionar las demandas, los componentes cognitivos y no cognitivos y el contexto, en un complejo sistema de acción.

DeSeCo (2002) clasifica las competencias que cabe considerar esenciales o clave, *key competencies* en tres grupos:

- Competencias relacionadas con el uso de gran variedad de herramientas e instrumentos, desde lenguajes hasta conocimientos, que le permitan al individuo comprender e interactuar con el ambiente.
- Competencias relacionadas con interactuar en grupos socialmente heterogéneos cooperar y trabajar en equipo y resolver de forma pacífica y democrática los conflictos de la vida social.
- Competencias relacionadas con la capacidad de actuar de forma autónoma y responsable para crear proyectos personales y defender y afirmar los propios derechos, intereses, necesidades y límites.

Estas categorías, cada una con un enfoque específico, están interrelacionadas, y colectivamente, forman la base para identificar y mapear las competencias clave.

A raíz de los informes y análisis efectuados, la red europea Eurydice¹³ promovió en 2002 un estudio entre los países de la Unión Europea (UE) para conocer la interpretación que hace cada uno de ellos del concepto de competencia clave (reconocido como el conjunto de conocimientos, destrezas y actitudes esenciales para que todos los individuos puedan tener una vida plena como miembros activos de la sociedad) y las características con las que se asocia, remitiendo para ello un cuestionario cuyos resultados, publicados en 2003, describen detalladamente la situación.

Entre sus conclusiones se destaca el hecho de que la determinación de las competencias (clave) es más una cuestión de terminología que de concepto. Todos los países de la Unión Europea incluyen referencias implícitas o explícitas al desarrollo de competencias. Según dichos resultados, se pueden formar tres grupos de países:

- Los que hacen referencia implícita al desarrollo de unas competencias.
- Los que hacen referencia explícita al desarrollo de competencias.
- Los que hacen referencia implícita al desarrollo de unas competencias concretas.

En este tercer grupo la terminología utilizada es diferente, por ejemplo, en Portugal *Competencias esenciales* (competencias esenciales), en Inglaterra y Gales, *Key Skills* (competencias clave) y en Escocia *Core Skills* (competencias esenciales).

¹³ La Red Eurydice, creada en 1980 por la Comisión Europea, tiene como objetivo favorecer la cooperación europea en educación mediante el intercambio de información descriptiva sobre la organización y el funcionamiento de los sistemas educativos y las políticas nacionales y la elaboración de estudios sobre temas comunes a todos los sistemas educativos.

En noviembre de 2004, la Comisión Europea y su Dirección General de Educación y Cultura, bajo el entorno del *Programa Educación y Formación 2010* publicó un documento que definió, los ocho dominios de competencias clave que se consideran necesarios para todos/as en la sociedad del conocimiento. Este documento incluye una lista de las competencias clave que son necesarias para la realización personal, inclusión social y empleo en una sociedad del conocimiento. Además, son una “herramienta de referencia” para los encargados de la adopción de políticas y para los responsables de crear oportunidades de aprendizaje para personas en cualquier etapa del aprendizaje a lo largo de la vida, permitiéndoles adaptar el marco de forma apropiada a las necesidades de los estudiantes y a los contextos.

Por último, en diciembre de 2006 se publica en el Diario Oficial de la Unión Europea una Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, de fecha 18 de diciembre de 2006 (UE, 2006), donde se insta a los países miembros a desarrollar la oferta de las competencias clave en el contexto de sus estrategias de aprendizaje permanente para ir creando un marco educativo europeo de referencia. En esta Recomendación, las competencias se definen como una combinación conocimientos, actitudes, valores, emociones, motivaciones y aptitudes cognitivas y prácticas adecuadas al contexto.

Los objetivos esenciales del marco son:

- Proporcionar una lista global y equilibrada de las competencias clave que son necesarias para la realización personal, inclusión social y empleo en una sociedad del conocimiento.

- Servir como “herramienta de referencia” para los responsables de la formulación de políticas educativas y para los responsables de crear oportunidades de aprendizaje para personas en cualquier etapa del aprendizaje a lo largo de la vida, permitiéndoles adaptar el marco de forma apropiada a las necesidades de los estudiantes y a los contextos.

Las competencias clave que se determinan son:

1. Comunicación en lengua materna.
2. Comunicación en lenguas extranjeras.
3. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología.
4. Competencia digital.
5. Aprender a aprender.
6. Competencias sociales y cívicas.
7. Sentido de la iniciativa y espíritu de empresa.
8. Conciencia y expresión culturales.

El marco de referencia europeo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente destaca que todas las competencias clave se consideran igualmente importantes, aunque la competencia en las capacidades básicas fundamentales de la lengua, la lectura y la escritura, el cálculo y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se reconocen como el fundamento esencial para el aprendizaje. Además, sugiere que todas las actividades de aprendizaje se sustentan en la capacidad de

aprender a aprender. La definición de competencias clave resalta la necesidad de ser transferibles, y por tanto aplicables en muchas situaciones y contextos, y multifuncionales, en tanto que permitan resolver diferentes tipos de problemas y llevar a cabo diferentes tipos de tareas.

También se resalta la existencia de una serie de temas que intervienen en las ocho competencias clave como son el pensamiento crítico, la creatividad, la capacidad de iniciativa, la resolución de problemas, la evaluación del riesgo, la toma de decisiones y la gestión constructiva de los sentimientos.

En abril de 2008 el Consejo y la Comisión presentan el informe: *Facilitar el aprendizaje permanente para fomentar el conocimiento, la creatividad y la innovación* (Diario Oficial C 86 de 5.4.2008) en el que se incide especialmente en la necesidad de aumentar las capacidades, prestar especial atención a la orientación a lo largo de la vida, promover la excelencia en la enseñanza superior y las asociaciones entre la universidad y las empresas, y garantizar que todos los sectores de la educación y la formación desempeñan plenamente su función a la hora de fomentar la creatividad y la innovación. En esta línea el informe *Competencias clave para un mundo cambiante* (Diario Oficial C 117 de 6.5.2010) presentado al Consejo Europeo en mayo de 2010, define las competencias clave como necesarias para la plena realización personal, la ciudadanía activa, la cohesión social y la empleabilidad en la sociedad del conocimiento. Se consideran, por tanto, un prerrequisito para un rendimiento personal adecuado en la vida, en el trabajo y posterior aprendizaje.

Hemos mostrado una visión panorámica de los referentes del enfoque competencial en el marco de diferentes documentos internacionales. A modo de resumen adjuntamos la

Tabla 1.4 extraída del Centro Nacional de Innovación e Investigación Educativa (CNIIE, 2013) que muestra la construcción y evolución de las competencias clave.

Tabla 1.4

Revisión sintética de la evolución de las competencias clave en el marco europeo

Año	Organismo/Proyecto	Acción
1990	Conferencia Mundial de Jomtien	Se toma conciencia de la necesidad de una revisión conceptual de los contenidos del proceso de enseñanza-aprendizaje y se definen los contenidos básicos de aprendizaje para superar las desigualdades.
1996	UNESCO. Informe Delors	Establece los principios precursores de las competencias al definir los pilares básicos de una educación permanente para el siglo XXI: aprender a convivir; aprender a ser; aprender a conocer y aprender a hacer.
1997	Proyecto Cheers	Investigación sobre el desarrollo profesional después de finalizar los estudios superiores. Se especifican y señalan las competencias que se demandan en el mundo laboral.
1999	OCDE. Proyecto DeSeCo	Definición y Selección de Competencias Clave. Estudio en doce países para determinar las competencias clave. Define el término competencia e indica sus rasgos diferenciales.
2000	OCDE. Programa PISA	Señala la necesidad de contar con indicadores de evaluación fiables en el ámbito internacional.
2000	UNESCO. Foro Mundial sobre Educación, Dakar	Se define el derecho humano de beneficiarse de una formación concebida para responder a sus necesidades educativas fundamentales, en el sentido más amplio del término; una formación que incluye aprender para saber, para hacer, para vivir juntos y para ser.
2000	Consejo Europeo de Lisboa	Marca el objetivo estratégico para el año 2010 de llegar a ser una economía competitiva basada en el conocimiento y considera que para alcanzar este reto los sistemas de educación deben adaptarse a las demandas de la sociedad del conocimiento promocionando las destrezas básicas que van a permitir a los individuos seguir aprendiendo a lo largo de la vida. Se identifican las competencias para el acceso al aprendizaje en la sociedad del conocimiento.

Año	Organismo/Proyecto	Acción
2002	Eurydice	Estudio para revisar los currículos de la Educación General Obligatoria de los países miembros en el que se concluye que todos los países incluyen en sus currículos referencias implícitas o explícitas a las competencias.
2002	Consejo Europeo de Barcelona	Intenta promover la dimensión europea de la enseñanza y mejorar el dominio de las competencias introduciendo las lenguas extranjeras desde una edad muy temprana.
2003	Proyecto Tunning	Proyecto enmarcado en el proceso de convergencia y adaptación de títulos y planes de estudio para la creación de un Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). A partir de las competencias clave establece unas competencias específicas asociadas a las diferentes titulaciones y disciplinas de conocimiento.
2004	Comisión Europea. Programa de trabajo “Educación y Formación 2010”	Se dan las definiciones semánticas y operacionales de las competencias y los correspondientes conocimientos, destrezas y actitudes en cada uno de los ocho ámbitos.
2006	Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente	Se definen las competencias clave como una combinación de conocimientos, capacidades y actitudes apropiadas para el contexto. Las competencias clave son aquellas que necesitan todas las personas para su desarrollo y realización personales, así como para la ciudadanía activa, la inclusión social y el empleo.
2009	Consejo de mayo de 2009 sobre el Marco Estratégico para la cooperación europea en el ámbito de la educación y la formación	Se describen los objetivos que han de orientar las acciones educativas de los países miembros durante la década 2010- 2020.
2010	Comunicación de la Comisión Europea (2010) EUROPA 2020. Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador.	Se señalan las estrategias de trabajo para conseguir que se adquieran las competencias necesarias para participar en el aprendizaje permanente y en el mercado de trabajo.
2011	Red de la política europea sobre la aplicación de las competencias clave en la enseñanza escolar. Convocatoria de propuestas- EAC/13/11	La Comisión Europea abrió una convocatoria para crear una red europea de diversas organizaciones de los países que participasen en el programa de aprendizaje permanente. La red debía examinar y presentar recomendaciones sobre qué políticas pueden ayudar a los centros escolares a garantizar mejor el desarrollo de las competencias clave por los estudiantes.

Año	Organismo/Proyecto	Acción
2012	Proyecto KeyCoNet	Red de Política Europea sobre la aplicación y desarrollo de las competencias clave en la educación escolar. El proyecto analizará iniciativas para su implementación en varios países europeos.
	Documento de trabajo de la Comisión Europea sobre orientaciones normativas para la evaluación de las competencias clave en educación.	En este documento se hace un balance de los desarrollos normativos en esta materia y ofrece una visión general de las tendencias actuales en acciones europeas sobre la implantación y evaluación de las competencias clave.
	Eurydice. Desarrollo de las competencias clave en la escuela en Europa: datos y oportunidades políticas.	Análisis de las actuales políticas nacionales de apoyo a la adquisición de las competencias clave por parte de los jóvenes.

Nota: Tomada de CNIE, 2013, p. 13

En 2012 la Comisión europea elabora un documento¹⁴, destacando la necesidad de invertir en educación y formación para desarrollar las aptitudes de los ciudadanos que impulsen el crecimiento y la competitividad de Europa. Destacan como objetivos de la educación y la formación: la ciudadanía activa, el desarrollo personal y el bienestar. Se avanza sobre la idea de que, la educación en matemáticas y ciencias constituyen la puerta de entrada al *empleo* y la *inclusión social*.

Además, destaca que no solo se debe buscar la capacitación de un importante número de ciudadanos para convertirlos en mano de obra cualificada para sectores con un fuerte componente de tecnología e investigación, sino, sobre todo, alfabetizar al conjunto de los futuros ciudadanos (vayan a convertirse o no en profesionales de estas áreas), desarrollando aptitudes relacionadas con la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las

¹⁴ *Rethinking education: investing in skills for better socio-economic outcomes*. Strasbourg. Recuperado de <http://www.eqavet.eu/gns/library/policy-documents/policy-documents-2012.aspx>

matemáticas como argumento esencial para el desarrollo de la Educación STEM en los sistemas educativos europeos. Desde esta perspectiva más amplia, es necesario desarrollar la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, entre los estudiantes, nuestros futuros ciudadanos, ya que es determinante para el progreso social y económico de nuestra sociedad.

Por último, en 2018, en respuesta a los cambios que están experimentando la sociedad y la economía y a las diversas iniciativas implantadas en Europa reflejo de los debates sobre el futuro del trabajo y la educación, el Consejo europeo revisa y actualiza la Recomendación sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente de 2006. El objetivo es promover el desarrollo de las competencias para conseguir un Espacio Europeo de Educación, que podría “aprovechar plenamente el potencial de la educación y la cultura como motor para la creación de empleo, la justicia social y la ciudadanía activa, así como un medio de vivir la identidad europea en toda su diversidad”¹⁵. En el mismo se destaca que dado que las tecnologías tienen cada vez mayor relevancia en todos los ámbitos del trabajo y de la vida, las competencias emprendedoras, sociales y cívicas cobran más importancia para poder asegurar la resiliencia y la capacidad para adaptarse al cambio.

Se presta especial atención a:

mejorar las capacidades básicas, invertir en el aprendizaje de idiomas, perfeccionar las competencias digitales y emprendedoras, la pertinencia de los valores comunes

¹⁵ Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo, al Comité económico y social europeo y al Comité de las Regiones. Reforzar la identidad europea mediante la Educación y la Cultura. COM (2017) 673 final

en el funcionamiento de nuestras sociedades y la motivación a un mayor número de jóvenes para que inicien carreras profesionales relacionadas con las ciencias (Recomendación 2018/C 189/01, p. 3).

Las competencias clave se definen como:

una combinación de conocimientos, capacidades y actitudes y son aquellas que todas las personas precisan para su realización y desarrollo personales, su empleabilidad, integración social, estilo de vida sostenible, éxito en la vida en sociedades pacíficas, modo de vida saludable y ciudadanía activa (Recomendación 2018/C 189/01, p. 5).

Respecto a la definición anterior se han incorporado aspectos relacionados con “el estilo de vida sostenible, éxito en la vida en sociedades pacíficas y el modo de vida saludable” incluidos en la meta 4.7 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (2015) que destaca la necesidad de garantizar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y la adopción de estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad entre los géneros, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y de la contribución de la cultura al desarrollo sostenible, entre otros medios¹⁶.

¹⁶ Resolución de las Naciones Unidas, adoptada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015, «Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible».

Para finalizar y como elementos de análisis vinculados a la Educación STEM que podemos extraer del marco de referencia (Recomendación 2018/C 189/01), señalamos, acerca de las competencias clave, que:

- Todas se consideran igualmente importantes y entre las mismas se establecen vínculos al integrar capacidades transversales como “el pensamiento crítico, la resolución de problemas, el trabajo en equipo, las capacidades de comunicación y negociación, las capacidades analíticas, la creatividad y las capacidades interculturales” (p. 7).

Estas habilidades se consideran esenciales para el desarrollo de la Educación STEM ya que distintas investigaciones indican que los conocimientos disciplinarios de las asignaturas STEM son imprescindibles para su desarrollo (*National Research Council [NRC]*, 2007; Plucker, 1998; Taconis, Ferguson-Hessley y Broekkamp, 2001; Willingham, 2008). Las capacidades transversales recogidas en la Recomendación 2018/C 189/01 se desarrollan también en el documento *Exploring the Intersection of Science Education and 21st Century Skills: A Workshop Summary* (2010) elaborado por la *National Academy of Science*, bajo las denominaciones adaptabilidad, comunicaciones complejas y habilidades sociales, resolución de problemas no rutinarios, autogestión y auto desarrollo y pensamiento sistémico. La OCDE (2015) las organiza en dos grupos: cognitivas (pensamiento crítico, solución de problemas, investigación) y socioemocionales (perseverancia, autocontrol, socialización, respeto, solicitud, autoestima, confianza y optimismo).

La inclusión de las competencias y habilidades conocidas como “las 4 C”¹⁷ (comunicación, colaboración, capacidad de pensamiento crítico y creatividad) deben impartirse en el contexto de las materias fundamentales (entre las que se encuentran las disciplinas STEM) y los ámbitos temáticos del siglo XXI. El desarrollo del pensamiento crítico para adoptar decisiones responsables requiere el acceso a la información, su análisis y su síntesis y se relaciona no solo con la capacidad de buscar fuentes de calidad sino de evaluar su nivel de objetividad, fiabilidad y actualidad (Katz y Macklin, citados en McLoughlin y Lee, 2008). Relacionada con la capacidad anterior está la de resolución de problemas que supone la movilización del conocimiento y la determinación de recursos y estrategias que conlleva el trabajo en equipo y la cooperación. Todo lo anterior nos conduce a reflexionar sobre la creatividad como la capacidad de proponer ideas y soluciones nuevas, de aplicar maneras de pensar originales y llegar a respuestas innovadoras (Gardner, 2008). Una innovación que se da si las personas interactúan con los demás, trabajando en equipo y respetando las diferencias sociales y culturales.

- Se reconocen como herramientas esenciales para la generación de nuevos conocimientos y el desarrollo de capacidades, como la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la habilidad para cooperar, la creatividad, el pensamiento computacional o la autorregulación. En este caso además de las habilidades de las “4 C” se incluye como herramienta el pensamiento computacional, reconocido

¹⁷ La Alianza para las competencias del siglo XXI (*Partnership for 21st Century Learning [P21]*) constituye una coalición de dirigentes empresariales y educadores establecida en los Estados Unidos que propone un “Marco para el aprendizaje del siglo XXI” en el que se determinan competencias y habilidades fundamentales para el éxito en el trabajo y la vida del siglo XXI.

como práctica de ciencia e ingeniería en los nuevos estándares de la ciencia, y en relación directa con la Educación STEM por su papel al orientar el análisis y la resolución de los problemas y que implica al resto de habilidades. Se le otorgan, por tanto, a los procesos de pensamiento implicados en la formulación de problemas y sus soluciones un papel relevante íntimamente relacionado con la creatividad, el pensamiento crítico y el desarrollo del razonamiento.

Destacamos el papel que se le otorga a la autorregulación entendida por Berk como “el proceso de controlar continuamente el progreso hacia una meta, comprobando los resultados y redirigiendo los esfuerzos ineficaces” (2006, p. 383). En este sentido y como veremos más adelante los referentes metodológicos de la Educación STEM como son la resolución de problemas en matemáticas, la indagación y la modelización en ciencia, el proceso de diseño en ingeniería y el *Design Thinking*, el fenómeno *Maker* o el *Learning by Design* en tecnología destacan el valor de la autorregulación al facilitar los procesos de planificación, supervisión y evaluación del proceso de aprendizaje en el ámbito STEM. La autorregulación supone autoconocimiento, toma de decisiones y voluntad de mejora.

- Reconocen la competencia para aprender a aprender como base para el desarrollo del aprendizaje, una competencia holística o integradora cuya construcción es compleja ya que su propio desarrollo, de acuerdo al principio de recursividad puede ser, al tiempo, causa y empuje de las restantes (Tobón, 2006). Aprender a aprender se identifica no solo como competencia sino como principio de

intervención que se desarrollará a lo largo de la vida en contextos formales, no formales e informales.

- Consideran capacidades básicas la lectoescritura, el cálculo y las capacidades digitales básicas.
- Resaltan la necesidad de “invertir en el aprendizaje de idiomas, perfeccionar las competencias digitales y emprendedoras, la pertinencia de los valores comunes en el funcionamiento de nuestras sociedades”.
- Subrayan el papel que el aprendizaje no formal e informal desempeña en el apoyo al desarrollo de capacidades interpersonales, comunicativas y cognitivas que facilitan “la transición de los jóvenes a la edad adulta, la ciudadanía activa y la vida laboral”.

La Recomendación 2018/C 189/01 nos ha proporcionado algunas pautas de interés respecto al enfoque competencial y la Educación STEM que se sigue mostrando dinámico y en construcción para dar paso al análisis del Proyecto Internacional para la Producción de Indicadores de Rendimiento de los Alumnos (PISA).

1.4.3. El enfoque competencial y PISA

El Proyecto de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)¹⁸ DeSeCo (Definición y Selección de Competencias)¹⁹ sirve de marco teórico y

¹⁸ La organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) o en su nombre original *The Organisation for Economic Cooperation and Development* (OECD), es una organización internacional con sede en París, que monitoriza y analiza la evolución económica de los países industrializados (Mattke, Epstein y Leatherman 2006).

¹⁹ El proyecto DeSeCo se encuentra estrechamente vinculado tanto al Proyecto INES para la determinación de indicadores de calidad en la educación, como al Proyecto PISA de evaluación de los estudiantes.

conceptual para la definición y selección de competencias clave que son la base de programas de evaluación como el Proyecto Internacional para la Producción de Indicadores de Rendimiento de los Alumnos (PISA).

PISA, creado en 1997 por los países miembros de la OCDE es un estudio internacional que tiene como objetivo evaluar el conocimiento y las destrezas que reflejan los cambios actuales de los currículos. Estas destrezas reflejan la capacidad de los estudiantes para continuar aprendiendo a lo largo de su vida al aplicar a contextos no escolares lo que han aprendido en la escuela, al valorar sus elecciones y al tomar sus decisiones. La formación se considera como un conjunto de competencias que se materializarán en destrezas para la vida adulta cuya adquisición es un proceso a lo largo de la vida, que tiene lugar no sólo a través del aprendizaje formal sino también en el mundo de relaciones del entorno sociofamiliar. No es solo una evaluación de competencias, sino que además pregunta a los estudiantes sobre sus motivaciones para el aprendizaje, sus sentimientos sobre sí mismos y sus estrategias de aprendizaje.

PISA engloba tres áreas de evaluación del rendimiento académico: competencia científica, competencia lectora y competencia matemática y en cada área, la evaluación se organiza en tres dimensiones correspondientes a las destrezas de proceso, el conocimiento y la comprensión y el contexto de aplicación. Además, en cada prueba se revisa otro tema relacionado con la educación.

La evaluación tiene lugar cada tres años y en cada uno de estos ciclos se estudia en profundidad un área de contenido «principal» a la que se dedican dos tercios del tiempo de las pruebas, las otras dos áreas ofrecen un perfil resumido de capacidades. En el año 2000 se evaluaron las estrategias de estudio, en el 2003 la resolución de problemas, en el

2006 la formación básica de técnicas de información y en 2009, se midieron las capacidades de comprensión lectora en formato electrónico, en un módulo llamado PISA-ERA (*Electronic Reading Assessment*) cuyos resultados se entregaron en 2011. En la evaluación de 2012 al módulo ERA se le sumó otro de Matemáticas en formato electrónico y en 2015, además de competencia científica se exploró la resolución colaborativa de problemas y se incluyó una evaluación opcional de la educación financiera de los jóvenes. La última edición de PISA en 2018 se centró en la competencia lectora en el entorno digital e incorporó la competencia global, como la capacidad de analizar asuntos globales e interculturales y valorar distintas perspectivas para emprender acciones por el bien común y el desarrollo sostenible (OCDE, 2018). También incluyó una evaluación de la educación financiera, que era opcional para los países y las economías y aspectos relacionados con las matemáticas y la ciencia.

De acuerdo con los Informes OCDE (2001, 2005, 2007, 2010, 2013, 2015 y 2018), PISA no está ligado a currículos nacionales concretos y las pruebas se centran en los jóvenes de 15 años en los principales países industrializados integrados en programas educativos de ámbito escolar o de formación profesional. Su objetivo es desarrollar comparaciones válidas entre los diferentes países y culturas.

PISA define el concepto de competencia, relacionándola con las habilidades prácticas y cognitivas, conocimientos, valores y actitudes para el bienestar personal, social y económico.

Desde la perspectiva DeSeCo el concepto de competencia tiene carácter holístico (Rychen y Salganik, 2006) ya que permite identificarlo desde una doble perspectiva, la funcional (resolución satisfactoria de tareas) y la estructural (a través de la configuración

de un “espacio” mental surgido de la combinación ordenada de distintos componentes, tanto cognitivos como no cognitivos) (Moya, 2007). Además, como rasgos diferenciales de las competencias Álvarez, Pérez y Suárez (2008) indican los siguientes:

- Constituyen un “saber hacer” esto es, un saber que se aplica.
- Son susceptibles de adecuarse a una diversidad de contextos.
- Tienen un carácter integrador, que incluye conocimientos, procedimientos y actitudes.

DeSeCo (2002) establece tres categorías de competencias claves interrelacionadas cada una con un enfoque específico y que constituyen la base para identificar y mapear las competencias clave. Estas tres categorías son:

- Competencias que permiten usar herramientas de forma interactiva. Se relaciona con el dominio de herramientas socioculturales como el lenguaje, símbolos e información, así como también con instrumentos físicos como los ordenadores que permitan interactuar con conocimientos. En este sentido, una herramienta no es un mediador pasivo sino un instrumento para un diálogo activo entre el individuo y su ambiente. El desarrollo de esta categoría permite identificar las siguientes habilidades:
 - Habilidad para usar el lenguaje, los símbolos y el texto de forma interactiva.
 - Habilidad para usar el conocimiento y la información de manera interactiva.
 - Habilidad para usar la tecnología de forma interactiva.

- Competencias que permiten interactuar en grupos heterogéneos, tales como relacionarse bien con otros, cooperar y trabajar en equipo, y manejar y resolver conflictos. El desarrollo de esta categoría permite identificar las siguientes habilidades:
 - Habilidad de relacionarse bien con otros.
 - Habilidad de cooperar.
 - Habilidad de manejar y resolver conflictos.

- Competencias que permiten actuar de manera autónoma, como comprender el contexto en que se actúa y decide y la habilidad de traducir las necesidades y los deseos en actos de voluntad. El desarrollo de esta categoría permite identificar las siguientes habilidades:
 - Habilidad para defender y afirmar sus propios derechos, intereses, límites y necesidades.
 - Habilidad definir y conducir planes de vida y proyectos personales.
 - Habilidad para actuar dentro de grandes escenarios y contextos amplios.

PISA introduce el concepto de competencia como la capacidad de los estudiantes de aplicar conocimientos y destrezas en materias clave al tiempo que plantean, resuelven e interpretan problemas en situaciones diferentes. Es interesante resaltar como PISA a través de sus pruebas ha provocado un cambio en la evaluación de los conocimientos ya que relaciona la competencia con la capacidad de utilizar lo aprendido para resolver problemas en contextos diferentes.

1.4.4. Las competencias en la normativa española

Hemos analizado el enfoque competencial en el marco europeo y las pruebas PISA. A continuación, analizaremos cómo se conceptualiza la competencia, primero básica en la Ley Orgánica (LOE) 2/2006, de 3 de mayo, de Educación y después clave en la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE), de cara a su repercusión en la Educación STEM que desarrollaremos más adelante.

Las competencias se incorporan a los currículos de Educación Primaria y de Educación Secundaria Obligatoria con la aprobación de la Ley 2/2006, Orgánica de Educación (LOE) y del Real Decreto de Enseñanzas Mínimas que la desarrolló en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) (RD 1631/06, BOE 5, viernes 5 de enero de 2007, en adelante RD 1631/06).

La identificación de las competencias, que adoptan la denominación de básicas en el currículo español, tiene como referentes el Proyecto DeSeCo y el documento *Educación y Formación 2010*²⁰. De esta manera las recomendaciones de la Unión Europea se adaptan a las circunstancias específicas y a las características del sistema educativo español, identificándose ocho competencias básicas:

1. Competencia en comunicación lingüística.
2. Competencia matemática.
3. Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico.

²⁰ Puesta en práctica del programa de trabajo “Educación y formación 2010” grupos de trabajo B “Competencias Clave” competencias clave para un aprendizaje a lo largo de la vida un marco de referencia europeo.

4. Tratamiento de la información y competencia digital.
5. Competencia social y ciudadana.
6. Competencia cultural y artística.
7. Competencia para aprender a aprender.
8. Autonomía e iniciativa personal.

En el Preámbulo de la LOE aparecen explícitas algunas ideas clave respecto a las competencias, reconociéndolas como uno de los componentes del currículo y estableciendo relaciones entre las mismas y el desarrollo de un aprendizaje permanente a lo largo de la vida.

De esta manera, el artículo 6.1 de la LOE (MEC, 2006) define el currículo como “el conjunto de objetivos, competencias básicas, contenidos, métodos pedagógicos y criterios de evaluación” de esta etapa educativa. Sin embargo, a pesar de que el art. 6.1 presenta las competencias como elemento prescriptivo para todos los niveles y etapas regulados por la Ley, en la evaluación solo se alude explícitamente a las etapas de Primaria y Secundaria Obligatoria. Más concretamente se establecen como referencia de promoción de ciclo en Educación Primaria, de la titulación al final de la Educación Secundaria Obligatoria, así como de las evaluaciones de diagnóstico en cuarto curso de Educación Primaria y en segundo de Educación Secundaria Obligatoria.

Por tanto, a partir de la aprobación de la LOE (2006), sus currículos, los Reales Decretos de Enseñanzas mínimas de Primaria y Secundaria Obligatoria y los Decretos y Órdenes de Currículo de las diferentes comunidades autónomas se identificaron las ocho

competencias básicas, con la excepción de Castilla la Mancha que reconoció nueve, dado que incorporó la competencia emocional.

Moya y Luengo (2011) realizan un análisis sobre la forma de presentar cada competencia en los currículos, sus implicaciones para el aprendizaje y la contribución de cada una de las áreas al desarrollo de cada competencia. Destacan la inclusión de una definición semántica que delimita el significado de cada una de las competencias y permite comprender el sentido que se le quiere atribuir tanto para el desarrollo personal como para el desarrollo social pero no incluye una definición operativa que permita entender con claridad su significado didáctico y su sentido educativo.

La aprobación de la Ley Orgánica 8/2013, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) modifica y redefine cuestiones relativas al currículo y sus elementos, a la autonomía de los centros y al enfoque competencial. Esta Ley determina el valor y sentido que debe darse a las competencias de acuerdo con la Estrategia Europa 2020 y las caracteriza como clave. En este sentido, se reconoce de forma explícita como marco para la identificación de las competencias, la Recomendación (2006/962/CE) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente, abandonándose la denominación de básicas (Tabla 1.5).

Tabla 1.5

Relación entre las propuestas de competencias establecidas en España y en la Unión Europea

Competencias básicas LOE (2006)	Competencias clave (Recomendación 2006/962/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006)	Competencias clave (Orden ECD/65/2015, de 21 de enero)	Competencias clave (Recomendación del Consejo de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente (2018/C 189/01))
Competencia Lingüística	Competencia en lengua materna Competencia en lengua extranjera	Competencia Lingüística	Competencia en lectoescritura Competencia multilingüe
Competencia Matemática Competencia en Conocimiento e interacción mundo físico y natural ²¹	Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología	Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología	Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (CTIM)
Competencia en tratamiento de la información y digital	Competencia digital	Competencia digital	Competencia digital
Aprender a aprender	Aprender a aprender	Aprender a aprender	Competencia personal, social y de aprender a aprender
Social y ciudadana	Sociales y cívicas	Sociales y cívicas	Competencia ciudadana
Autonomía e iniciativa personal	Iniciativa y espíritu de empresa	Iniciativa y espíritu emprendedor	Competencia emprendedora
Cultural y artística	Conciencia y expresiones culturales	Conciencia y expresiones culturales	Competencia en conciencia y expresión culturales

Nota: Elaboración propia

²¹ En la Comunidad autónoma del País Vasco la competencia básica en el *Conocimiento e interacción con el mundo físico* se denominó *Competencia en cultura científica, tecnológica y de la Salud*. Se eliminó de la denominación de la competencia la expresión *competencia en el Conocimiento* ya que este es uno de los componentes que se reconocen en las competencias, pero no es el objeto de la competencia.

El preámbulo de la LOMCE destaca el valor del enfoque competencial, subrayando la importancia que tiene el desarrollo de competencias transversales, como el pensamiento crítico, la gestión de la diversidad, la creatividad o la capacidad de comunicar. Destaca la necesidad de vincular los aprendizajes a los cambios que el sistema social, cultural y económico presenta. De esta manera afirma:

Las habilidades cognitivas, siendo imprescindibles, no son suficientes; es necesario adquirir desde edades tempranas competencias transversales, como el pensamiento crítico, la gestión de la diversidad, la creatividad o la capacidad de comunicar, y actitudes clave como la confianza individual, el entusiasmo, la constancia y la aceptación del cambio. La educación inicial es cada vez más determinante por cuanto hoy en día el proceso de aprendizaje no se termina en el sistema educativo, sino que se proyecta a lo largo de toda la vida de la persona.

La LOMCE en el artículo 6 acota el concepto de currículo y reconoce las competencias como uno de sus componentes definiéndolas como:

b) ... capacidades para aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa, con el fin de lograr la realización adecuada de actividades y la resolución eficaz de problemas complejos.

Además, introduce un nuevo artículo (6 bis) en la LOE (2006), que en su apartado 1.e) establece que “corresponde al Gobierno el diseño del currículo básico, en relación con los objetivos, competencias, contenidos, criterios de evaluación, estándares y resultados de aprendizaje evaluables, con el fin de asegurar una formación común y el carácter

oficial y la validez en todo el territorio nacional de las titulaciones a que se refiere la Ley Orgánica”.

En los Preámbulos del Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria y del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato se incluyen argumentos vinculados al desarrollo del enfoque competencial. Así, se recoge:

... Se proponen nuevos enfoques en el aprendizaje y evaluación, que han de suponer un importante cambio en las tareas que han de resolver los alumnos y planteamientos metodológicos innovadores.

... La competencia supone una combinación de habilidades prácticas, conocimientos, motivación, valores éticos, actitudes, emociones, y otros componentes sociales y de comportamiento que se movilizan conjuntamente para lograr una acción eficaz. Se contemplan, pues, como conocimiento en la práctica, un conocimiento adquirido a través de la participación activa en prácticas sociales que, como tales, se pueden desarrollar tanto en el contexto educativo formal, a través del currículo, como en los contextos educativos no formales e informales.

... El rol del docente es fundamental, pues debe ser capaz de diseñar tareas o situaciones de aprendizaje que posibiliten la resolución de problemas, la aplicación de los conocimientos aprendidos y la promoción de la actividad de los estudiantes.

... El aprendizaje basado en competencias se caracteriza por su transversalidad, su dinamismo y su carácter integral. El proceso de enseñanza-aprendizaje

competencial debe abordarse desde todas las áreas de conocimiento, y por parte de las diversas instancias que conforman la comunidad educativa, tanto en los ámbitos formales como en los no formales e informales; su dinamismo se refleja en que las competencias no se adquieren en un determinado momento y permanecen inalterables, sino que implican un proceso de desarrollo mediante el cual los individuos van adquiriendo mayores niveles de desempeño en el uso de las mismas.

... Para lograr este proceso de cambio curricular es preciso favorecer una visión interdisciplinar y, de manera especial, posibilitar una mayor autonomía a la función docente, de forma que permita satisfacer las exigencias de una mayor personalización de la educación, teniendo en cuenta el principio de especialización del profesorado.

Como elementos de análisis extraídos de los Preámbulos de los Reales Decretos destacamos que:

- Vinculan el aprendizaje por competencias, reconocidas como un elemento del currículo, con la necesidad de propiciar una renovación en la práctica docente y en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Esta idea pone de manifiesto que el enfoque competencial tiene sus propias implicaciones didácticas y que son una oportunidad para la renovación metodológica.
- Apuestan por nuevos enfoques en el aprendizaje y evaluación. De esta manera resaltan la necesidad de incluir cambios en las propuestas de trabajo de los alumnos (tareas) y de utilizar “planteamientos metodológicos innovadores”.

- Conceptualizan las competencias como una *saber hacer* que se aplica a una diversidad de contextos fundamentado en conocimientos y valores. Vinculan, por tanto, el *aprender* y el *hacer* y caracterizan dichas acciones como inseparables para que los alumnos aprendan en el contexto pertinente.
- Reconocen el papel fundamental del docente como guía, facilitador, organizador y dinamizador de la actividad del alumnado. Le otorga la tarea de diseñador de situaciones de aprendizaje.
- Destaca la necesidad de promover vínculos interdisciplinares entre las asignaturas. Este aspecto lo consideramos esencial ya que puede contrarrestar la excesiva parcelación del trabajo por asignaturas y estimular estrategias educativas orientadas por un marco de trabajo de carácter integrador (Escamilla, 2008, 2009, 2015; Zabala y Arnau, 2015). Además, no se puede estimular la transferencia, sin establecer vínculos entre contenidos de la materia, con otras materias ni con situaciones vitales (Perkins, 2008; Zabala y Arnau, 2015). De hecho, este aspecto es esencial en la Educación STEM definida por Vasquez et ál. (2013) como un acercamiento interdisciplinario al aprendizaje de cuatro disciplinas (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) que brinda a los estudiantes la oportunidad de dar respuesta a problemas del mundo real.

1.5. Las competencias en el ámbito STEM

Hemos visto que el enfoque competencial es un referente educativo de marcado carácter integrador (Escamilla, 2008, 2015; Pérez Gómez, 2007, 2008; Zabala y Arnau, 2007, 2015) y que las competencias como referentes curriculares social, política y pedagógicamente acordados y construidos proporcionan una orientación adecuada a la Educación STEM.

La Educación STEM tiene que permitir el desarrollo de todas las competencias, si bien la influencia de los elementos constituyentes de la competencia matemática y la competencia en ciencia, tecnología e ingeniería contribuyen de forma decisiva en la construcción del marco de referencia y los objetivos STEM requieren el desarrollo de las competencias citadas.

Por ello, pasamos a estudiar sus dimensiones y sus características en los diferentes documentos europeos e internacionales y en las principales fuentes especializadas.

1.5.1. La competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (CTIM) en el marco europeo

La Recomendación 2018/C 189/01 proporciona pautas de interés respecto a la Educación STEM que constituyen un punto de partida para estimular el nuevo trabajo y la reflexión crítica. Se incluyen referencias explícitas a las nuevas demandas sociales (“las tecnologías tienen una mayor relevancia en todos los ámbitos del trabajo y de la vida, y las competencias emprendedoras, sociales y cívicas cobran más importancia para poder asegurar la resiliencia y la capacidad para adaptarse al cambio” [C 189/1]), a los nuevos contextos educativos y a las nuevas formas de aprendizaje, destacando la necesidad de

aumentar la motivación para que un mayor número de jóvenes inicien carreras profesionales relacionadas con los ámbitos STEM.

Por lo que respecta a nuestro trabajo sobre la Educación STEM resulta interesante la recomendación de fomentar “la adquisición de competencias en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, teniendo en cuenta su vínculo con las artes, la creatividad y la innovación, y motivar a los jóvenes, en especial las chicas y las mujeres jóvenes, a que opten por carreras profesionales en estos ámbitos” (C 189/12). De hecho, existen diferentes proyectos y programas a nivel europeo para establecer vínculos entre la educación científica y el arte que pretenden el desarrollo de las habilidades artísticas y creativas con la Educación STEM, constituyendo la educación STEAM²² donde la A hace referencia a *Arts*, y por extensión, a las disciplinas artísticas. De esta manera se han generado situaciones de aprendizaje interdisciplinares, creativas e innovadoras (Yakman, 2008) que han complementado el aprendizaje en el ámbito STEM.

La recomendación del Consejo de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente (2018/C 189/01) y como respaldo a la adquisición de las competencias clave muestra ejemplos de buenas prácticas haciendo alusión al aprendizaje interdisciplinar que retomaremos y relacionaremos más adelante con la Educación STEM. Concretamente se afirma que “El aprendizaje interdisciplinar también permite reforzar la conectividad entre las distintas materias del plan de estudios, así como establecer un vínculo sólido entre lo que se está enseñando, por una parte, y los cambios sociales y su importancia, por otra.” (C 189/12)

²² En 2008, Georgette Yakman introduce la “A” en el acrónimo STEM para hacer referencia a las artes, pero no solo a las artes plásticas sino a lo que en inglés se conoce como *liberal arts*.

Además, se recomienda para aumentar la motivación y la implicación de los alumnos el uso de métodos de aprendizaje como el basado en indagaciones o proyectos, el aprendizaje mixto y el aprendizaje basado en el arte o en el juego. También destaca que “el aprendizaje experimental, el aprendizaje en el medio laboral y los métodos científicos en los campos de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (CTIM)” (C 189/12) pueden favorecer el desarrollo de competencias.

En el anexo de este documento, publicado por la Comisión Europea (2018) bajo el título *Competencias Clave para el Aprendizaje Permanente. Un Marco de Referencia Europeo*, se define en términos de habilidad que integra conocimientos, capacidades y actitudes la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (CTIM) y se establecen los elementos que la caracterizan (Tabla 1.6).

Tabla 1.6.

Elementos relacionados con la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (CTIM)

Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo				
Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (CTIM)				
Dominio	Definición	Conocimientos	Capacidades	Actitudes
Competencia matemática	Habilidad de desarrollar y aplicar el razonamiento y la perspectiva matemáticos para resolver diversos problemas en situaciones cotidianas.	<p>Conocimiento de: los números, las medidas, las estructuras, las operaciones básicas, y las representaciones matemáticas básicas.</p> <p>Comprensión de los términos y conceptos matemáticos.</p> <p>Conocimiento de las preguntas a las que las matemáticas pueden dar respuesta.</p>	<p>Aplicar principios y procesos matemáticos básicos.</p> <p>Razonar matemáticamente, comprender una demostración matemática y comunicarse en el lenguaje matemático.</p> <p>Utilizar los datos estadísticos y gráficos para comprender los aspectos matemáticos de la digitalización.</p>	Actitud positiva en matemáticas basada en el respeto de la verdad y en la voluntad de encontrar argumentos y evaluar su validez.

Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo

Competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (CTIM)

Dominio	Definición	Conocimientos	Capacidades	Actitudes
Competencia en ciencia, tecnología e ingeniería	Habilidad y la voluntad de explicar el mundo natural utilizando el conjunto de los conocimientos y la metodología empleados con el fin de plantear preguntas y extraer conclusiones basadas en pruebas. Aplicación de conocimientos y metodología científica en respuesta a lo que se percibe como deseos o necesidades humanos.	Conocimientos esenciales: principios básicos de la naturaleza; conceptos, teorías, principios y métodos científicos; productos y procesos tecnológicos. Comprensión de la incidencia que tienen en general la ciencia, la tecnología, la ingeniería y la actividad humana en la naturaleza.	Comprender la ciencia como proceso para la investigación. Utilizar el pensamiento lógico y racional para verificar hipótesis. Utilizar y manipular herramientas y máquinas tecnológicas, así como datos científicos. Capacidad para reconocer los rasgos esenciales de la investigación científica y poder comunicar las conclusiones y el razonamiento que les condujo a ellas.	Juicio y curiosidad críticos. Inquietud por las cuestiones éticas Respaldo a la seguridad y la sostenibilidad medioambiental, en particular por lo que se refiere al progreso científico y tecnológico.

Nota: Elaboración propia a partir de la Comisión Europea, 2018, p. 9

Resulta de particular interés para los análisis que realizaremos posteriormente destacar que en los documentos europeos no se explicita el término de competencia o competencias STEM/CTIM sino que se desarrollan los conocimientos, las capacidades y las actitudes de la competencia matemática, y los de la competencia en ciencia, tecnología e ingeniería, por separado, criterio que respetaremos a lo largo de la investigación. Hemos visto que entre las competencias clave se encuentran la competencia matemática y la competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (CTIM/STEM) cuya presencia se justifica por su carácter esencial para dotar a las personas de una cultura matemática, científica y tecnológica que les capacite para participar activamente en una sociedad democrática con

una toma de decisiones responsables fundamentadas en el conocimiento. Se trata de ir más allá de la habitual transmisión de conocimientos matemáticos y científicos, de incluir una aproximación a la naturaleza de la ciencia y las matemáticas que permitan resolver retos de la vida cotidiana, utilizando destrezas asociadas a las matemáticas y la ciencia y de establecer relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad para favorecer la participación ciudadana en la toma fundamentada de decisiones (Bybee, 1997; Marco, 2002). Su desarrollo, en la línea de las afirmaciones de Zabala y Arnau, debe permitir “la intervención eficaz en los diferentes ámbitos de la vida mediante acciones en las que se movilizan, al mismo tiempo y de manera interrelacionada, componentes actitudinales, procedimentales y conceptuales” (2007, p. 31).

Por último, en la definición del marco europeo se destaca el significado social del conocimiento matemático, científico y tecnológico, y la importancia de la utilización y aplicación de los mismos. Además, se reconocen como prerrequisito para un rendimiento personal adecuado en la vida, en el trabajo y posterior aprendizaje.

1.5.2. La competencia matemática y las competencias básicas en ciencia y tecnología en la LOMCE

La Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato de aplicación en todas las Comunidades del Estado recoge principios y pautas metodológicas relacionadas con el enfoque competencial. En el Preámbulo, se destaca que “el enfoque metodológico basado en las competencias clave y en los resultados de aprendizaje conlleva importantes

cambios en la concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje, cambios en la organización y en la cultura escolar” (Orden ECD/65/2015).

En el anexo I se describen las competencias clave del Sistema Educativo Español. En el caso de la competencia matemática y las competencias básicas en ciencia y tecnología se indica su finalidad y aspectos distintivos así como las claves de desarrollo (Tabla 1.7), teniendo en cuenta que este debe iniciarse desde el comienzo de la escolarización, de manera que su adquisición se realice de forma progresiva y coherente a lo largo de las distintas etapas educativas.

Tabla 1.7

Elementos constitutivos de la Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (Orden ECD/65/2015)

Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología

Dominio: Competencia matemática

Definición	Capacidad de aplicar el razonamiento matemático y sus herramientas para describir, interpretar y predecir distintos fenómenos en su contexto.
Conocimientos	Comprensión de los términos y conceptos matemáticos. Áreas de conocimientos: números, el álgebra, la geometría y la estadística, interrelacionadas de formas diversas: la cantidad, el espacio y la forma, el cambio y las relaciones y la incertidumbre y los datos. ²³
Destrezas	Aplicación de los principios y procesos matemáticos en distintos contextos. Emisión de juicios fundados. Capacidad para seguir cadenas argumentales. Creación de descripciones y explicaciones matemáticas. Determinación de si las soluciones son adecuadas y tienen sentido en la situación en que se presentan.
Actitudes y valores	Rigor y respeto a los datos. Veracidad.

²³ Se incluyen las ideas fundamentales relacionadas con el contenido matemático adoptadas por PISA (2012).

Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología

Dominio: competencias básicas en ciencia y tecnología

Definición	<p>Proporcionan un acercamiento al mundo físico y a la interacción responsable con él desde acciones, tanto individuales como colectivas, orientadas a la conservación y mejora del medio natural, decisivas para la protección y mantenimiento de la calidad de vida y el progreso de los pueblos.</p> <p>Contribuyen al desarrollo del pensamiento científico, pues incluyen la aplicación de los métodos propios de la racionalidad científica y las destrezas tecnológicas, que conducen a la adquisición de conocimientos, la contrastación de ideas y la aplicación de los descubrimientos al bienestar social.</p>
Conocimientos	<p>Conocimientos científicos: física, química, geología, matemáticas y tecnología.</p> <p>Productos y procesos tecnológicos.</p> <p>Comprensión de la incidencia que tienen en general la ciencia, la tecnología, la ingeniería y la actividad humana en la naturaleza.</p> <p>Ámbitos de conocimiento: sistemas físicos, sistemas biológicos, sistemas de la Tierra y del Espacio y sistemas tecnológicos. Formación y práctica en investigación científica y la comunicación de la ciencia.</p>
Destrezas	<p>Utilización y manipulación de herramientas y máquinas tecnológicas.</p> <p>Utilización de datos y procesos científicos para alcanzar un objetivo.</p>
Actitudes y valores	<p>Asunción de criterios éticos asociados a la ciencia y a la tecnología.</p> <p>Interés por la ciencia y apoyo a la investigación científica.</p> <p>Valoración del conocimiento científico.</p> <p>Sentido de la responsabilidad en relación a la conservación de los recursos naturales y a las cuestiones medioambientales.</p> <p>Adopción de una actitud adecuada para lograr una vida física y mental saludable en un entorno natural y social.</p>

Nota: Elaboración propia a partir de la Orden ECD/65/2015

Desde nuestro punto de vista, los aspectos más significativos que sustentan la competencia matemática y las competencias básicas en ciencia y tecnología y que permiten el desarrollo de la Educación STEM son los siguientes:

- Requieren el desarrollo de habilidades para desenvolverse con autonomía e iniciativa en diferentes contextos, lo que exige tomar decisiones fundamentadas en el conocimiento.

- Se apoyan en el aprendizaje de conocimientos matemáticos, de ciencia y sobre ciencia, en la puesta en práctica de las estrategias matemáticas y de las propias del trabajo científico y en la planificación y manejo de soluciones técnicas que satisfagan las necesidades de la vida cotidiana y del mundo laboral.
- Suponen la aplicación del razonamiento matemático y sus herramientas, y del pensamiento científico para interpretar la información que se recibe y para predecir y tomar decisiones autónomas y responsables en diferentes contextos y situaciones cotidianas, en un mundo en el que los avances científicos y técnicos tienen una influencia decisiva en la vida propia, en la de las demás personas y el resto de los seres vivos.
- Precisan del desarrollo de valores, actitudes y criterios éticos asociados a la ciencia y al desarrollo tecnológico. Tienen, por tanto, un papel decisivo en la adquisición de actitudes y valores para la formación personal como el rigor, la atención, la paciencia, el atrevimiento, el riesgo o la responsabilidad.
- Incluyen relaciones de forma implícita con las competencias sociales y cívicas, aprender a aprender e iniciativa y espíritu emprendedor.

Si bien comprobamos comentarios explícitos sobre los conocimientos, destrezas, actitudes y valores de las disciplinas de ciencia, tecnología y matemáticas que forman parte de la Educación STEM se evidencia la falta de compromiso con la ingeniería. Creemos que es preciso revisar este aspecto involucrando la ingeniería para que la integración sea un hecho.

En el anexo II de la Orden y de forma declarativa se relaciona el aprendizaje por competencias con el impulso a los procesos de motivación y se apuesta por el uso de metodologías activas y contextualizadas, como vía para *la participación e implicación del alumnado y la adquisición y uso de conocimientos en situaciones reales* (Orden ECD/65/2015), afirmando:

Uno de los elementos clave en la enseñanza por competencias es despertar y mantener la motivación hacia el aprendizaje en el alumnado, lo que implica un nuevo planteamiento del papel del alumno, activo y autónomo, consciente de ser el responsable de su aprendizaje.

Los métodos docentes deberán favorecer la motivación por aprender en los alumnos y alumnas y, a tal fin, los profesores han de ser capaces de generar en ellos la curiosidad y la necesidad por adquirir los conocimientos, las destrezas y las actitudes y valores presentes en las competencias. Asimismo, con el propósito de mantener la motivación por aprender es necesario que los profesores procuren todo tipo de ayudas para que los estudiantes comprendan lo que aprenden, sepan para qué lo aprenden y sean capaces de usar lo aprendido en distintos contextos dentro y fuera del aula.

Para potenciar la motivación por el aprendizaje de competencias se requieren, además, metodologías activas y contextualizadas

Las metodologías activas han de apoyarse en estructuras de aprendizaje cooperativo, de forma que, a través de la resolución conjunta de las tareas, los

miembros del grupo conozcan las estrategias utilizadas por sus compañeros y puedan aplicarlas a situaciones similares.

Prescribe que las metodologías activas han de apoyarse en estructuras de aprendizaje cooperativo y apuesta por métodos de enseñanza como el aprendizaje por proyectos, los centros de interés, el estudio de casos o el aprendizaje basado en problemas valorados como esenciales para el despliegue de los objetivos STEM (Domènech, 2018b). Se deja clara la necesidad o el interés por utilizar recursos didácticos organizativos y metodológicos que permitan la integración del conocimiento y faciliten la transferencia de los aprendizajes. En este sentido y como veremos más adelante la resolución de problemas, la indagación y la modelización, el *Design Thinking*, el fenómeno *Maker* o el *Learning by Design* se incluyen dentro de las metodologías activas como referentes metodológicos propios de las áreas STEM.

Destacamos que la LOMCE (2013) ha supuesto una redefinición del enfoque competencial en el sistema educativo español y que en su desarrollo normativo recoge pautas y estrategias metodológicas coherentes con el desarrollo de la Educación STEM.

1.5.3. Fundamentos para el desarrollo de la competencia matemática y competencia en ciencia

Profundizar en la Educación STEM requiere continuar con el análisis de las competencias que conforman la competencia matemática y la competencia en ciencia, tecnología e ingeniería. Esto nos permitirá caracterizar cuáles son los elementos propios y compartidos de las mismas que se han de trabajar en la Educación STEM. El análisis por separado que realizamos de la competencia matemática y de la competencia en ciencia, tecnología e

ingeniería se justifica porque las disciplinas que más aportan al desarrollo de las mismas en la Educación Primaria y Secundaria Obligatoria son diferentes desde el punto de vista ontológico y epistemológico, aunque en el contexto de la Educación STEM se produzca la integración del conocimiento para cooperar al desarrollo de una educación integral.

1.5.3.1. La competencia matemática: conceptualización y dimensiones.

Delimitar el significado y los rasgos más significativos de la competencia matemática integrante de la Educación STEM nos conduce a analizar algunas de las aportaciones más relevantes que se han realizado en este sentido, entre las que destacan:

- Los principios que orientan la acción educativa y los estándares vinculados al conocimiento matemático del Consejo Nacional de Profesores de Matemáticas de Estados Unidos (*National Council of Teacher of Mathematics* de los Estados Unidos [NCTM])²⁴.
- Los trabajos de Mogens Niss (2002, 2003), director del proyecto KOM (Competencias y Aprendizaje de las Matemáticas)²⁵ que ha desarrollado, en términos de competencia, el currículo danés de matemáticas.

²⁴ El Consejo Nacional de Profesores de Matemáticas de Estados Unidos (NCTM) se funda en 1920 y se presenta como “una organización profesional internacional comprometida con la excelencia de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas para todos los estudiantes”. Entre las publicaciones que en materia curricular ha realizado se encuentran: *An Agenda for Action* (1980), *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics* (1989), *Professional Standards for Teaching Mathematics* (1991), *Assessment Standards for School Mathematics* (1995) y *Principles and Standards for School Mathematics* (2000), *Curriculum Focal Points for Prekindergarten through Grade 8 Mathematics: A Quest for Coherence extended this work* (2006), *Focus in High School Mathematics: Reasoning and Sense Making* (2009) y *Principles to Actions* (2015).

²⁵ El Proyecto *Competencies and the Learning of Mathematics* (KOM) se desarrolla en Dinamarca entre los años 2000 y 2002 liderado por Niss. Expone el marco que sirve para la reforma de la enseñanza de las Matemáticas en Dinamarca, desde la escuela hasta la universidad. El documento que recoge el proyecto fue publicado en danés en octubre de 2002 (Niss y Jensen, 2002) y posteriormente, en 2011, se hizo una traducción en inglés (Niss y Højgaard, 2011) que incluye algunas otras reflexiones.

- Las aportaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) que toma como fundamento para el desarrollo de la definición y evaluación de la competencia matemática las bases del NCTM y de los informes de Niss (1999).

Principios y estándares del NCTM.

El NCTM publica los documentos *Principles and Standards for School Mathematics* (2000) y *Principles to Actions* (2015) en los que se analizan los principios curriculares (Tabla 1.8) que orientan la acción educativa, así como los estándares de contenido (Tabla 1.9) y de proceso (Tabla 1.10) que determinan lo que el alumnado debería ser capaz de conocer y utilizar cuando avancen en su educación. Los estándares de procesos están interconectados con los de contenidos ya que los primeros facilitan la comprensión de los segundos.

Tabla 1.8
Principios rectores para la Educación matemática

Principio	Desarrollo
Enseñanza y Aprendizaje	Un programa de matemáticas de excelencia necesita una enseñanza eficaz que involucre al estudiante en un aprendizaje significativo mediante experiencias individuales y colaborativas que fomenten su habilidad para dar sentido a las ideas matemáticas y para razonar de una manera matemática.
Acceso y Equidad	Un programa de matemáticas de excelencia requiere que todos los estudiantes tengan acceso a un currículo de matemáticas de alta calidad, a técnicas de enseñanza y aprendizaje eficaces, que les brinde altas expectativas y que les proporcione el apoyo y los recursos necesarios para maximizar su potencial de aprendizaje.

Principio	Desarrollo
Currículo	Un programa de matemáticas de excelencia incluye un currículo que amplíe unas matemáticas significativas y unos desarrollos de aprendizaje coherentes, así como también que acreciente las conexiones entre las áreas de estudio matemático y los vínculos entre las matemáticas y el mundo real.
Herramientas y Tecnología	Un programa de matemáticas de excelencia integra la utilización de la tecnología y las herramientas matemáticas como un recurso esencial con el objeto de auxiliar a los estudiantes a aprender, darle sentido a las ideas matemáticas, razonar matemáticamente y a comunicar su pensamiento matemático.
Evaluación.	Un programa de matemáticas de excelencia garantiza que la evaluación sea una parte integral de la enseñanza, ofrece evidencias del dominio del contenido matemático importante y de las prácticas matemáticas relevantes, incluye una variedad de estrategias y de fuentes documentales y moldea la retroalimentación a los estudiantes, las decisiones de enseñanza y el mejoramiento del programa.
Profesionalismo	En un programa de matemáticas de excelencia los docentes y sus colegas se hacen responsables del éxito matemático de cada estudiante así como de su avance profesional, personal y colectivo, hacia la enseñanza y el aprendizaje eficaces de las matemáticas.

Nota: Elaboración propia a partir de *NCTM*, 2015, p. 59

De estos principios podemos extraer las siguientes ideas clave:

- Considera el aprendizaje significativo como requisito esencial del aprendizaje y resalta la necesidad de que el profesorado “tenga una profunda comprensión del contenido matemático que ellos esperan enseñar y una visión clara de cómo los estudiantes aprenden tales contenidos” (NCTM, 2015).
- Reconoce la importancia del trabajo individual y del cooperativo como estrategia de enseñanza-aprendizaje al favorecer un trabajo más enriquecedor y estimulante que aproveche las ideas y errores del alumnado para conducir su aprendizaje.

- Desarrolla el principio de equidad resaltando la necesidad de “acomodar las diferencias para encontrar un objetivo común de alto nivel de aprendizaje para todos los estudiantes” (NCTM, 2015).
- Apuesta por una enseñanza centrada en prácticas educativas en las que se construya el conocimiento en contextos reales y se establezcan vínculos interdisciplinarios entre las matemáticas y otras áreas del conocimiento.
- Destaca el papel de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas de forma significativa.
- Otorga un papel esencial a la evaluación con el objetivo de guiar el proceso de seguimiento y valoración de los aprendizajes del alumnado “entregando información formativa y acumulativa tanto a profesores como estudiantes” (NCTM, 2015).
- Reconoce el trabajo en equipo de los docentes como factor de calidad al favorecer la toma de decisiones, y el intercambio de buenas prácticas profesionales, destacando que “ellos cultivan y apoyan una cultura de la colaboración profesional y las mejoras continuas que son conducidas por un ávido sentido de interdependencia y responsabilidad colectiva” (NCTM, 2015).

Tabla 1.9
Estándares de contenidos matemáticos

Contenidos	Estándares
Números y operaciones	<p>Comprender los números, los modos de representarlos, las relaciones entre números y sistemas numéricos.</p> <p>Comprender los significados de las operaciones y cómo se relacionan unas con otras.</p> <p>Calcular eficazmente y hacer estimaciones razonables.</p>
Geometría	<p>Analizar características y propiedades de las formas de una, dos y tres dimensiones y desarrollar argumentos matemáticos sobre relaciones geométricas.</p> <p>Especificar posiciones y describir relaciones espaciales usando geometría de coordenadas y otros sistemas de representación.</p> <p>Aplicar transformaciones y usar la geometría para analizar situaciones matemáticas.</p> <p>Usar la visualización, el razonamiento espacial, y la modelización geométrica para resolver problemas.</p>
Medición	<p>Comprender los atributos medibles de los objetos y las unidades, sistemas, y procesos de medición.</p> <p>Aplicar técnicas apropiadas, herramientas y fórmulas para determinar mediciones.</p>
Álgebra	<p>Comprender patrones, relaciones y funciones.</p> <p>Representar y analizar situaciones y estructuras matemáticas con símbolos apropiados.</p> <p>Usar modelos matemáticos para representar y comprender relaciones cuantitativas.</p> <p>Analizar el cambio en diversos contextos.</p>
Análisis de datos y probabilidad	<p>Formular cuestiones sobre datos y recoger, organizar y presentar datos relevantes para responderlos.</p> <p>Desarrollar y evaluar inferencias y predicciones basadas en los datos.</p> <p>Comprender y aplicar conceptos básicos de probabilidad.</p>

Nota: Tomada del documento de Principios y Estándares de la Educación Matemática, 2003, SAEM Thales

Tabla 1.10
Estándares de procesos matemáticos

Procesos matemáticos	Estándares
Resolución de problemas	Construir nuevo conocimiento matemático por medio de la resolución de problemas. Resolver problemas que surgen de las matemáticas y en otros contextos. Aplicar y adaptar una variedad de estrategias apropiadas para resolver problemas. Controlar y reflexionar sobre el proceso de resolver problemas matemáticos.
Razonamiento y prueba	Reconocer el razonamiento y la prueba como aspectos fundamentales de las matemáticas. Hacer e investigar conjeturas matemáticas. Desarrollar y evaluar argumentos y pruebas. Seleccionar y usar varios tipos de razonamientos y métodos de prueba.
Comunicación	Organizar y consolidar su pensamiento matemático mediante la comunicación. Comunicar su pensamiento matemático de manera coherente y clara a los compañeros, profesores y otras personas. Analizar y evaluar el pensamiento matemático y las estrategias de los demás. Usar el lenguaje de las matemáticas para expresar ideas matemáticas de forma precisa.
Conexiones	Reconocer y usar conexiones entre las ideas matemáticas. Comprender cómo se relacionan las ideas matemáticas y se organizan en un todo coherente. Reconocer y aplicar las ideas matemáticas en contextos no matemáticos.
Representación	Crear y usar representaciones para organizar, registrar y comunicar ideas matemáticas. Seleccionar, aplicar y traducir representaciones matemáticas para resolver problemas. Usar representaciones para modelizar e interpretar fenómenos físicos, sociales y matemáticos.

Nota: Tomada del documento de Principios y Estándares de la Educación Matemática, 2003, SAEM Thales

Para el desarrollo de la competencia matemática el NCTM identifica ocho prácticas de enseñanza de las matemáticas que “representan un conjunto de prácticas de alto impacto

y de habilidades esenciales para la enseñanza, que se requieren para desarrollar un profundo aprendizaje de las matemáticas” (NCTM, 2015). Estas son:

- *Establecimiento de metas matemáticas enfocadas en el aprendizaje.* Una enseñanza eficaz de las matemáticas establece metas matemáticas claras concernientes con las matemáticas que los estudiantes están aprendiendo, las inserta dentro de los desarrollos de aprendizaje y las utiliza como guía para las decisiones de enseñanza.
- *Implementación de tareas que promuevan el razonamiento y la resolución de problemas.* La enseñanza eficaz de las matemáticas involucra a los estudiantes en tareas de resolución y análisis, las cuales promueven el razonamiento matemático y la resolución de problemas, además de que permiten que haya múltiples maneras de abordar los problemas y existan estrategias de resolución
- *Uso y vinculación de las representaciones matemáticas.* Una enseñanza eficaz de las matemáticas obliga a los estudiantes a establecer conexiones entre diferentes representaciones matemáticas para profundizar el entendimiento de conceptos y procedimientos matemáticos, así como para concebir a ambos como herramientas para la resolución de problemas.
- *Favorecimiento del discurso matemático significativo.* Una enseñanza eficaz de las matemáticas promueve el diálogo entre los estudiantes a fin de que puedan construir una comprensión compartida de las ideas matemáticas, a través del análisis y la comparación de sus enfoques y argumentos.

- *Planteamiento de preguntas deliberadas.* Una enseñanza eficaz de las matemáticas utiliza preguntas deliberadas para evaluar y mejorar el razonamiento del estudiante y para que le dé sentido a ideas y relaciones matemáticas importantes.
- *Elaboración de la fluidez procedimental a partir de la comprensión conceptual.* Una enseñanza eficaz de las matemáticas logra la fluidez en los procedimientos matemáticos basándose en la comprensión conceptual, de manera que los estudiantes, con el tiempo, se vuelvan hábiles en el empleo flexible de procedimientos, a medida que resuelven problemas contextuales y matemáticos.
- *Favorecer el esfuerzo productivo en el aprendizaje de las matemáticas.* Una enseñanza eficaz de las matemáticas brinda consistentemente a los estudiantes, de manera individual y colectiva, las oportunidades y los apoyos necesarios para que se involucren en esfuerzos productivos a medida que aborden ideas y relaciones matemáticas.
- *Obtener y utilizar evidencias del pensamiento de los estudiantes.* Una enseñanza eficaz de las matemáticas utiliza evidencia del pensamiento del estudiante para evaluar el progreso en la comprensión matemática y para adecuar continuamente la enseñanza en formas que apoye y extienda el aprendizaje. (pp. 9-10)

En nuestra opinión respecto a las prácticas de enseñanza de las matemáticas es interesante resaltar sus vínculos con la Educación STEM al proponer al alumnado tareas que le permitan razonar matemáticamente, comprender una argumentación matemática y construir y compartir a través del diálogo ideas matemáticas, utilizando las herramientas

de apoyo adecuadas para poner en comunicación el conocimiento matemático con otros tipos de conocimiento que permitan responder con eficacia a diferentes situaciones de la vida cotidiana. Se trata de dar una respuesta didáctica precisa que estimule la transferencia, aspecto clave de la Educación STEM, estableciendo relaciones entre las diferentes materias de conocimiento, poniendo el acento, en lo que el alumnado *sabe hacer* con las matemáticas, en cómo utilizan los conocimientos matemáticos aprendidos en la escuela para actuar en situaciones usuales de la vida cotidiana. De esta manera y siguiendo a Perrenoud (2004) competencia matemática no equivale a conocimiento matemático, aunque las competencias movilizan e integran conocimientos, habilidades o actitudes.

Las competencias de Niss.

Niss y Højgaard (2011) entienden la competencia matemática como la capacidad de comprender, juzgar, hacer y usar las matemáticas en una variedad de contextos y todo tipo de situaciones, sean íntegramente matemáticas o en las que las matemáticas puedan tener algún papel. Abogan por una organización del currículo de las matemáticas en torno a las capacidades y destrezas necesarias para afrontar con éxito tareas matemáticas particulares (Niss, 2002).

Dentro de la competencia matemática, Niss y Højgaard (2011) proponen ocho competencias, que se organizan en dos grupos: el primero relacionado con la capacidad de preguntar y responder preguntas dentro de y con las matemáticas, y el segundo, con la capacidad de hacer frente y gestionar el lenguaje matemático y sus herramientas (Figura 1.1).

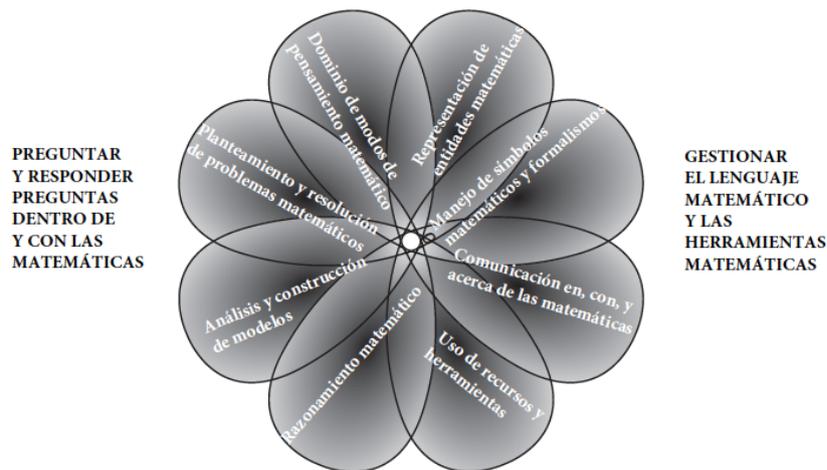


Figura 1.1. Representación visual de las ocho competencias matemáticas

Nota: Tomada de Niss y Højgaard, 2011, p. 51

Niss (2002) señala la necesidad de sustituir los currículos de matemáticas orientados a la adquisición de contenidos, por currículos orientados al uso significativo de estos contenidos en una variedad de situaciones en las cuales las matemáticas pueden ejercer un papel. Alsina (2015) resalta el enfoque globalizador de este planteamiento curricular y la necesidad de trabajar los contenidos de forma integrada.

Queda clara la importancia que se le da a la autonomía mental del alumnado y a la necesidad de proveerse de instrumentos cognitivos que le sirvan para enfrentar por sí mismo a nuevas situaciones de aprendizaje (Tedesco, 2003, 2011). Lo importante ya no es sólo saber matemáticas, sino saber resolver problemas en contextos reales “pensando como” matemáticas o matemáticos, por lo que la resolución de problemas (Kilpatrick, 1978; Ponte, 2007; Schoenfeld, 1992), entendida en sentido epistémico, no algorítmico, se convierte en un referente metodológico de la Educación STEM (Domènech-Casal, Lope y Mora, 2019). Sin duda, las matemáticas en las propuestas STEM tratan de ayudar, a través de los procesos de pensamiento matemático, a desarrollar habilidades que

permitan al alumnado resolver situaciones problemáticas en contextos de la vida cotidiana. En este sentido y como muchos autores defienden se considera la resolución de problemas como el eje central en torno al que articular cualquier proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas y de la Educación STEM.

Aportaciones de PISA a la competencia matemática.

Seguir avanzando en los componentes y elementos de la competencia matemática como integrante de la Educación STEM nos conduce a interpretar el certero análisis que hace PISA a partir de la definición de aptitud para las matemáticas:

la capacidad de identificar, comprender y practicar las matemáticas, así como de hacer juicios bien fundamentados acerca del papel que las matemáticas desempeñan en la vida privada actual y futura de un individuo, su vida laboral, su vida social con parientes y colegas o iguales y su vida como ciudadano constructivo, comprometido y reflexivo. (OCDE, 2002, p. 23)

En PISA 2003 se introduce el término de alfabetización matemática, *Mathematics literacy* (OCDE, 2003), llamado después competencia matemática (OCDE, 2004). Se define como:

La capacidad individual para identificar y entender el papel que las matemáticas tienen en el mundo, hacer razonamientos bien fundados y usar e implicarse con las matemáticas en aquellos momentos en que se presentan necesidades en la vida de cada individuo como ciudadano constructivo, comprometido y reflexivo. (OECD, 2004, p. 3; OECD, 2003, p. 24).

Rico (2005) sostiene que “el énfasis se hace sobre el conocimiento matemático puesto en funcionamiento en multitud de contextos diferentes, por medios reflexivos, variados y basados en la intuición personal” (p. 50). Se aprecia de nuevo cómo la competencia matemática se vincula al conjunto de capacidades puestas en juego por el alumnado cuando resuelven o formulan problemas matemáticos en una variedad de situaciones.

La definición de competencia matemática de PISA 2012, se repite en PISA 2015 y 2018²⁶ y se define como:

La capacidad del individuo para formular, emplear e interpretar las matemáticas en distintos contextos. Incluye el razonamiento matemático y la utilización de conceptos, procedimientos, datos y herramientas matemáticas para describir, explicar y predecir fenómenos. Ayuda a los individuos a reconocer el papel que las matemáticas desempeñan en el mundo y a emitir los juicios y las decisiones bien fundadas que los ciudadanos constructivos, comprometidos y reflexivos necesitan (OECD, 2019, p. 75).

En esta definición se vuelve a reconocer la resolución de problemas como tarea clave y evidencia de la competencia matemática. Los procesos de pensamiento que se despliegan en el contexto de la resolución de problemas se describen mediante el uso de los verbos “formular”, “emplear” e “interpretar” y se relacionan con lo que las personas hacen para conectar el contexto de un problema con las matemáticas y así resolverlo. Además, destaca cómo el desarrollo de la competencia matemática ayuda al alumnado en el

²⁶ PISA 2018 *Assessment and analytical framework* (OECD,2019).

desarrollo del juicio crítico y la toma de decisiones de manera reflexiva. Destacamos que PISA (OCDE, 2003; OCDE, 2004) distingue cinco fases en el proceso de resolución de problemas:

1. Comenzar con un problema situado en la realidad.
2. Organizarlo de acuerdo con conceptos matemáticos.
3. Despegarse progresivamente de la realidad mediante procesos tales como hacer suposiciones sobre los datos del problema, generalizar y formalizar.
4. Resolver el problema.
5. Proporcionar sentido a la solución, en términos de la situación inicial.

A partir del análisis anterior pueden establecerse que las dimensiones que caracterizan en PISA la competencia matemática deben estar relacionadas con los procesos matemáticos, las capacidades matemáticas fundamentales que subyacen a estos procesos y la forma en que se organizan los conocimientos de contenido matemático. De esta manera, se distinguen como dimensiones: el contenido matemático, las situaciones y los contextos en los que el alumnado afrontará retos matemáticos y los procesos matemáticos y las capacidades que subyacen a esos procesos.

Las ideas fundamentales relacionadas con el contenido matemático adoptadas por PISA, contienen las ideas de Steen (1990) y Devlin (1994) y consideran los bloques de contenidos establecidos por los estándares curriculares del NCTM (2000) y por los

estudios del *National Assessment of Educational Progress* (NAEP)²⁷ (OCDE, 2003). De esta manera se incluyen contenidos relacionados con la cantidad, el espacio y la forma, el cambio y las relaciones y la incertidumbre.

- Cantidad. Implica la aplicación de conocimientos de la numeración y las operaciones numéricas a una amplia variedad de contextos. Supone comprender las mediciones, los cálculos, las magnitudes, las unidades, los indicadores, el tamaño relativo y las tendencias y patrones numéricos así como interpretar distintas representaciones de las cuantificaciones para apoyar o refutar argumentos basados en la cantidad.
- Espacio y forma. Comprende conocimientos relacionados con “patrones, propiedades de los objetos, posiciones y direcciones, representaciones de los objetos, descodificación y codificación de información visual, navegación e interacción dinámica con formas reales, así como con representaciones” (OCDE, 2015). Requiere, asimismo, comprender las propiedades de los objetos y de sus posiciones relativas y las relaciones entre las formas y las imágenes o representaciones visuales.
- Cambio y relaciones. Abarca aspectos relacionados con la descripción y modelización de los procesos de cambio mediante funciones matemáticas.

²⁷ El *National Assessment of Educational Progress* (NAEP) fue creado en 1969 para medir el logro académico de los estudiantes de Estados Unidos. Es una herramienta de evaluación representativa de lo que los alumnos saben y pueden hacer, administrada por el *National Center for Education Statistics* (NCES) de los Estados Unidos.

- Incertidumbre. Incluye conocimientos relacionados con la estadística y la probabilidad y actividades como la recolección y análisis de datos y sus representaciones, la probabilidad y la inferencia.

Las situaciones y los contextos en los que el alumnado afrontará retos matemáticos se refieren a la parte del mundo en la cual se sitúa la tarea a resolver. PISA 2015 define cuatro categorías de contexto: personal, profesional, social y científico. El criterio de selección de estos contextos es la relevancia para los intereses y la vida del alumnado y la necesidad de prepararles para que en un futuro puedan actuar y responder a los retos que se les presenten como ciudadanos constructivos, comprometidos y reflexivos. Alsina (2010) plantea que para favorecer el desarrollo de la competencia matemática es preciso partir de contextos de aprendizaje significativos y ajustados a las necesidades de los alumnos y Goñi (2008) señala que el contexto social es el más importante en lo que hace referencia a la educación obligatoria y el profesional a la postobligatoria.

Por último, respecto a los procesos matemáticos y las capacidades que subyacen a esos procesos, PISA 2015 distingue tres procesos matemáticos (formular situaciones matemáticamente, emplear conceptos, hechos, procedimientos y razonamiento matemáticos e interpretar, aplicar y evaluar los resultados matemáticos) cada uno de los cuales se apoya en un conjunto de capacidades. PISA 2015 emplea una formulación modificada del conjunto de capacidades identificadas por Niss (Niss, 2003; Niss y Højgaard, 2011) y las reduce a siete. El modo en que estas capacidades se manifiestan dentro de los procesos matemáticos se describen en la Tabla 1.11.

Tabla 1.11

Relación entre los procesos matemáticos (fila superior) y las capacidades matemáticas fundamentales (columna de más a la izquierda)

	Formulación matemática de las situaciones	Uso de conceptos, datos, procedimientos y razonamientos matemáticos	Interpretación, aplicación y evaluación de los resultados matemáticos
Comunicación	Leer, decodificar e interpretar las declaraciones, preguntas, tareas, objetos o imágenes, para crear un modelo mental de la situación.	Articular una solución, mostrar el trabajo asociado a la obtención de la misma y/o resumir y presentar los resultados matemáticos intermedios.	Elaborar y presentar explicaciones y argumentos en el contexto del problema.
Matematización	Identificar las variables y estructuras matemáticas subyacentes al problema del mundo real y formular supuestos de modo que puedan utilizarse.	Utilizar la comprensión del contexto para guiar o acelerar el proceso de resolución matemático, por ejemplo trabajando a un nivel de precisión apropiado al contexto.	Comprender el alcance y los límites de una solución matemática que son el resultado del modelo matemático empleado.
Representación	Crear una representación matemática de información del mundo real.	Interpretar, relacionar y utilizar distintas representaciones cuando se interactúa con un problema.	Interpretar los resultados matemáticos en distintos formatos en relación a una situación o uso; comparar o valorar dos o más representaciones en relación con una situación.
Razonamiento y argumentación	Explicar, defender o facilitar una justificación de la representación identificada o elaborada de una situación del mundo real.	Explicar, defender o facilitar una justificación de los procesos y procedimientos utilizados para determinar un resultado o solución matemática. Relacionar datos para llegar a una solución matemática, hacer generalizaciones o elaborar un argumento de varios pasos.	Reflexionar sobre soluciones matemáticas y elaborar explicaciones y argumentos que apoyen, refuten o proporcionen una solución matemática a un problema contextualizado.

	Formulación matemática de las situaciones	Uso de conceptos, datos, procedimientos y razonamientos matemáticos	Interpretación, aplicación y evaluación de los resultados matemáticos
Diseño de estrategias para resolver problemas	Seleccionar o diseñar un plan o estrategia para formular problemas contextualizados.	Activar mecanismos de control eficaz y sostenido en un procedimiento con múltiples pasos que conduzca a una solución, conclusión o generalización matemática.	Diseñar e implementar una estrategia para interpretar, valorar y validar una solución matemática para un problema contextualizado.
Utilización de operaciones y un lenguaje simbólico, formal y técnico	Utilizar variables, símbolos, diagramas y modelos estándar apropiados para representar un problema del mundo real empleando un lenguaje simbólico/formal.	Comprender y utilizar constructos formales basados en las definiciones, las reglas y los sistemas formales, así como mediante el empleo de algoritmos.	Comprender la relación entre el contexto del problema y la representación de la solución matemática. Utilizar esta comprensión para favorecer la interpretación de la solución en su contexto y valorar la viabilidad y posibles limitaciones de la misma.
Utilización de herramientas matemáticas	Utilizar herramientas matemáticas para reconocer estructuras matemáticas o describir relaciones matemáticas.	Conocer y ser capaz de utilizar adecuadamente distintas herramientas que puedan favorecer la implementación de procesos y procedimientos para determinar soluciones matemáticas.	Utilizar herramientas matemáticas para determinar la razonabilidad de una solución matemática y de los límites y restricciones de la misma, dado el contexto del problema.

Nota: Tomada de la OCDE, 2015, p. 79

Podemos apreciar similitudes entre las tres aproximaciones anteriores (Tabla 1.12) ya que los estándares de procesos (NCTM 2000) y las competencias matemáticas (Niss, 2002; OCDE, 2015) enfatizan una misma idea:

La capacidad de usar de forma comprensiva y eficaz las matemáticas que se aprenden en la escuela en una variedad de contextos, además del escolar, reforzando de esta forma un enfoque social en torno al diseño, aplicación y evaluación de situaciones de aula que fomenten el aprendizaje matemático (Alsina, 2019, p. 24).

Destaca pues la necesidad de aprender matemáticas desde este enfoque social, apoyando la idea de que las matemáticas se deben conectar a la vida real y deberían verse como una actividad humana (Wu, 2010). Según Alsina (2014) las competencias matemáticas que habría que fomentar son:

- Pensar matemáticamente: construir conocimientos a partir de situaciones en las que tengan sentido, experimentar, intuir, relacionar conceptos y realizar abstracciones.
- Razonar matemáticamente: realizar deducciones e inducciones, particularizar y generalizar; argumentar las decisiones tomadas, así como la elección de los procesos seguidos y de las técnicas usadas
- Plantearse y resolver problemas: leer y entender el enunciado, generar preguntas relacionadas con una situación problemática, planificar y desarrollar estrategias de resolución y verificar la validez de las soluciones.
- Obtener, interpretar y generar información con contenido matemático
- Usar las técnicas matemáticas básicas (para contar, operar, medir, situarse en el espacio y organizar y analizar datos) y los instrumentos (calculadora y TIC, de dibujo y de medida) para hacer matemáticas.

- Interpretar y representar expresiones, procesos y resultados matemáticos con palabras, dibujos, símbolos, números y materiales.
- Comunicar el trabajo y los descubrimientos a los demás, tanto oralmente como por escrito, usando de forma progresiva el lenguaje matemático. (p. 115)

Tabla 1.12

Comparación entre los estándares de procesos (NCTM 2000) y las competencias matemáticas (Niss, 2002; OCDE, 2015)

Estándares de procesos matemáticos (NCTM, 2000)	Competencias matemáticas (Niss, 2002)	Competencias matemáticas en PISA 2015 (OCDE, 2015)
Resolución de problemas	Planteamiento y resolución de problemas matemáticos	Diseño de estrategias para resolver problemas
	Uso de recursos y herramientas	Utilización de herramientas matemáticas
Razonamiento y prueba	Dominio de modos de pensamiento matemático	Razonamiento y argumentación
	Razonamiento matemático	
Comunicación	Comunicación en, con y acerca de las matemáticas	Comunicación
Conexiones	No aparecen explícitamente	
Representación	Representación de entidades matemáticas	Representación
	Manejo de símbolos matemáticos y formalismos	Utilización de operaciones y un lenguaje simbólico, formal y técnico
	Análisis y construcción de modelos	Matematización

Nota: Elaboración propia basada en Alsina, 2019, p. 25

Los procesos y las competencias matemáticas que se exponen en la tabla 1.12 tienen en común la importancia que se le da a la capacidad de usar de forma comprensiva y eficaz las matemáticas que se aprenden en la escuela en una variedad de contextos. Es muy interesante la aportación realizada por la *National Science Teacher Association* (NSTA,

2012), que involucra las matemáticas y el pensamiento computacional en las prácticas de ciencia e ingeniería STEM, resaltando el papel que desempeñan en el diseño, modelización y análisis de situaciones en las que aplicar el pensamiento matemático.

1.5.3.2. **La competencia científica.**

El proyecto OCDE/PISA de 2000 y 2003 define la competencia científica como:

La capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar cuestiones y obtener conclusiones a partir de pruebas, con el fin de comprender y ayudar a tomar decisiones acerca del mundo natural y de los cambios artificiales que produce en él la actividad humana. (OCDE, 2000, p. 115 de la traducción castellana, 2001).

La definición anterior se repite en los estudios PISA 2003 (véase OCDE, 2003, p. 115 de la traducción castellana, 2004). En el 2006 esta definición se amplía al añadir unos términos que ponen de relieve el conocimiento que tienen los alumnos acerca de los rasgos característicos de la ciencia incluyendo de forma explícita distintos aspectos de la actitud que manifiestan los alumnos ante aquellas cuestiones dotadas de relevancia científica y tecnológica. Se define como “el uso del conocimiento científico para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia” (OECD, 2006, p. 25).

PISA 2006 se propone evaluar los aspectos cognitivos y afectivos de la competencia científica de los alumnos. Así, el concepto de competencia científica hace referencia a los siguientes aspectos (PISA, 2006):

- El conocimiento científico y el uso que se hace de ese conocimiento para identificar cuestiones, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre temas relacionados con las ciencias (OCDE, 2006). Se refiere tanto al conocimiento del mundo natural como al conocimiento acerca de la propia ciencia. Supone la comprensión de conceptos y teorías científicas fundamentales, así como el hecho de que la ciencia es una actividad humana y la importancia de admitir la provisionalidad de las leyes y modelos científicos, y de los límites del conocimiento.
- La comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como una forma del conocimiento y la investigación humanos (OCDE, 2006). Implica que los alumnos tengan un cierto conocimiento de la forma en que los científicos obtienen datos y plantean explicaciones, así como la capacidad de reconocer los rasgos esenciales de las investigaciones científicas y los tipos de respuesta que es razonable obtener por medio de la ciencia.
- La conciencia de las formas en que la ciencia y la tecnología moldean nuestro entorno material, intelectual y cultural (OCDE, 2006). Supone la consideración de las relaciones entre ciencia y tecnología y, en definitiva, el reconocimiento de la contribución de la ciencia y la tecnología a la cultura universal, al desarrollo del pensamiento humano y al bienestar de la sociedad, y la aceptación de sus limitaciones y errores.
- La disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y a comprometerse con las ideas de la ciencia como un ciudadano reflexivo (OCDE, 2006). Implica interés por la ciencia, por la emisión de opiniones fundamentadas

sobre las implicaciones del desarrollo tecno-científico y el desarrollo de actitudes y valores relacionados con la ciencia, la tecnología, los recursos y el medio ambiente que le permitirá participar en la toma de decisiones en torno a los problemas locales y globales.

La definición de la competencia científica de 2006 presenta un mayor grado de elaboración que las anteriores ya que la noción de conocimiento científico se explica añadiendo aspectos que ponen de relieve el conocimiento que tienen los alumnos acerca de los rasgos característicos de la ciencia. PISA 2006 añade además aspectos relacionados con el conocimiento de las relaciones entre ciencia y tecnología y con la inclusión de aspectos relacionados con la actitud que manifiestan los alumnos ante aquellas cuestiones dotadas de relevancia científica y tecnológica.

A efectos de evaluación la definición de competencia científica (PISA 2006) se caracteriza por la interrelación entre cuatro aspectos: los contextos, los conocimientos, las capacidades y las actitudes.

- *Contexto.* Se refiere a las situaciones personales, sociales y globales sobre las que conseguir la competencia científica. Las cuestiones propuestas en PISA están planteadas dentro de un contexto cotidiano elegidos entre unos ámbitos que se determinan por su relevancia para los intereses y vida de los alumnos.

Se plantean propuestas relacionadas con contextos personales (el yo, la familia y los grupos de compañeros), sociales (la comunidad) y globales (la vida a escala mundial). En algunas ocasiones, no obstante, se recurre también a otro tipo de situaciones (por ejemplo, tecnológicas, históricas), así como a otras áreas de aplicación.

Las situaciones que se plantean se eligen según su relevancia para los intereses y la vida de los alumnos y se relacionan con *la salud, los recursos naturales, el medio ambiente, los riesgos y las fronteras de la ciencia y la tecnología*.

- *Capacidades*. PISA 2006 incluye capacidades relacionadas tanto con el conocimiento de la ciencia como el conocimiento acerca de la propia ciencia, entendida como un método de conocimiento y una forma de enfocar la investigación. Se determina que las capacidades científicas son:
 - *Identificar cuestiones científicas*. Supone el reconocimiento de cuestiones investigables científicamente, así como la selección de los términos clave que permitan la búsqueda de información científica. Esta capacidad requiere poseer conocimientos acerca de la ciencia y de la propia ciencia (contenidos que permitan abordarlas).
 - *Explicar fenómenos científicamente*. Se relaciona con la capacidad de aplicar el conocimiento de y sobre la ciencia para explicar los fenómenos científicos. Implica describir o interpretar fenómenos y predecir cambios, y puede incluir asimismo la capacidad de reconocer o identificar las descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas al caso.
 - *Utilizar pruebas científicas*. Exige la capacidad de acceder a información científica, así como la elaboración de argumentaciones y conclusiones basadas en pruebas científicas (Kuhn, 1992; Osborne, Erduran, Simon y Monk, 2001). Además, se relaciona con seleccionar conclusiones alternativas en función de las pruebas de que se dispone, dar razones a favor y en contra de una conclusión determinada, identificar los supuestos que se han asumido para

llegar a la conclusión y reflexionar sobre las implicaciones sociales de los avances científicos o tecnológicos constituye otro aspecto de esta capacidad.

Cañas, Martín-Díaz y Niedo (2007) distinguen, además, subcapacidades o dimensiones en cada grupo de capacidades seleccionadas en PISA 2006.

Tabla 1.13
Capacidades y subcapacidades según Cañas et ál. (2007)

Capacidades	Subcapacidades
Identificar cuestiones científicas	Reconocer cuestiones investigables desde la ciencia.
	Utilizar estrategias de búsqueda de información científica, comprenderla y seleccionarla.
	Reconocer los rasgos clave de la investigación científica: relevancia, variables, incidentes y control, diseño de experiencias y realización.
Explicar fenómenos científicamente	Aplicar los conocimientos de la ciencia a una situación determinada.
	Describir o interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios.
	Reconocer descripciones, explicaciones y predicciones pertinentes.
Utilizar pruebas científicas	Interpretar pruebas científicas, elaborar y comunicar conclusiones.
	Argumentar en pro y en contra de las conclusiones, e identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos en la obtención de las mismas.
	Reflexionar sobre las implicaciones sociales de los avances científicos y tecnológicos.

Nota: Tomada de Cañas et ál., 2007, p. 35

- *Conocimientos.* Se refiere a la comprensión del mundo natural por medio del conocimiento científico, en el que se incluye tanto el conocimiento del mundo natural como el conocimiento acerca de la propia ciencia.

Atendiendo a criterios relacionados con la utilidad del conocimiento científico para la vida de los individuos, a su representación de ideas científicas fundamentales y a su adecuación al nivel de desarrollo de los alumnos, se seleccionan los conocimientos científicos y sobre la ciencia.

Respecto a los *conocimientos científicos* se determinan cuatro categorías: sistemas físicos, sistemas vivos, sistemas de la Tierra y el espacio y sistemas tecnológicos.

Respecto a los *conocimientos acerca de la ciencia* se determinan dos categorías: la investigación científica, que se centra en los componentes del proceso de investigación, y las explicaciones científicas que son resultado de la anterior.

- *Actitudes hacia la ciencia.* La evaluación en ciencias PISA 2006 adopta un enfoque innovador para evaluar las actitudes de los alumnos ya que incluye dentro de la parte científica de la evaluación preguntas sobre sus actitudes hacia las cuestiones sobre las que están siendo evaluados. En Pisa 2006 las actitudes seleccionadas pertenecen a tres áreas diferentes: interés por la ciencia, Apoyo a la investigación científica y Sentido de la responsabilidad sobre los recursos y los ambientes.
 - En el área del *interés por la ciencia* se valora el mostrar curiosidad por la ciencia así como disposición para adquirir conocimientos y habilidades científicas.
 - Respecto *al apoyo a la investigación científica* se valora el tomar en consideración distintas perspectivas y argumentos científicos, la valoración de los métodos científicos en la obtención de pruebas, la utilización de datos...

- En el ámbito del *sentido de la responsabilidad sobre los recursos y los ambientes* se trata de analizar la influencia de la ciencia y la tecnología en la solución de problemas promoviendo actitudes responsables dirigidas a sentar las bases de un desarrollo sostenible.

En resumen, Pisa 2006 facilita elementos para analizar la competencia científica que se representan en la Figura 1.2.

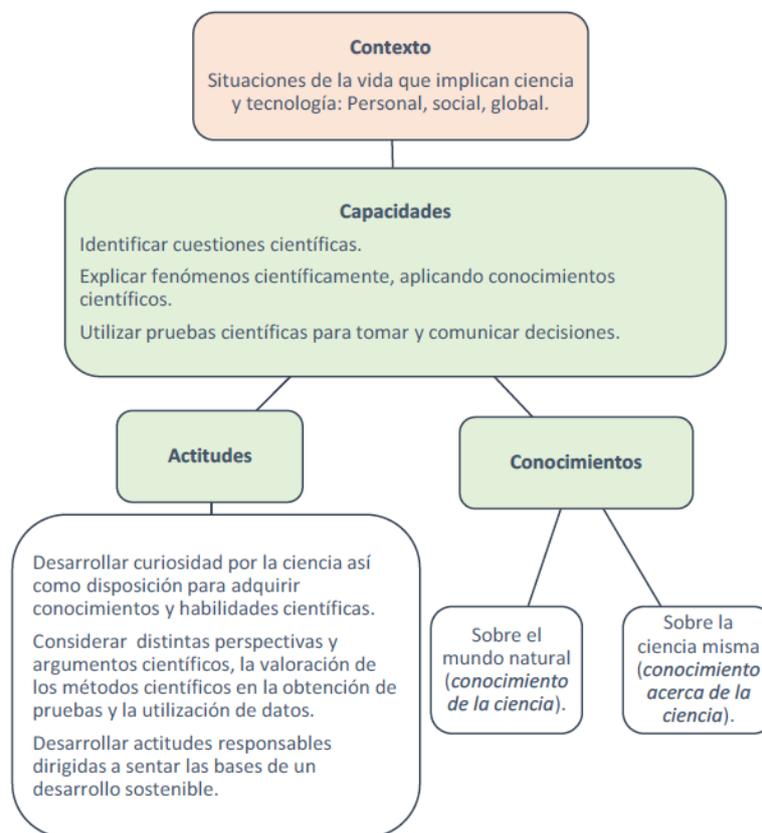


Figura 1.2. Elementos de la competencia científica PISA 2006

Nota: Elaboración propia a partir de OCDE, 2006

El marco conceptual de PISA 2015 y de 2018 refina y amplía el concepto de competencia científica, aprovechando el marco PISA 2006 que se utilizó como base para la evaluación en 2006, 2009 y 2012.

Respecto a Pisa 2006 la noción de “conocimientos sobre la ciencia” se especifica más claramente y se divide en dos componentes: el conocimiento procedimental y el conocimiento epistémico y los contextos cambian de “personal, social y global” a “personal, local/nacional y global” para que los encabezamientos sean más coherentes.

Las competencias que se requieren para la competencia científica según PISA 2015/2018 ponen el acento en las prácticas sociales y epistémicas que son comunes a todas las ciencias (*National Research Council, 2012*). Estas son:

- *Explicar fenómenos científicos.* Esta competencia se relaciona con la capacidad de utilizar teorías, ideas explicativas, información y datos (conocimiento del contenido) y requiere un conocimiento procedimental y una comprensión de su papel y función en la justificación de los conocimientos producidos por la ciencia (conocimiento epistémico).
- *Evaluar y diseñar la investigación científica.* Esta competencia se relaciona con los procedimientos comunes que se utilizan en la ciencia (conocimiento procedimental) y la función de estos en la justificación de las alegaciones presentadas por la ciencia (conocimiento epistémico).
- *Interpretar datos y pruebas científicamente.* Esta competencia destaca el papel de la argumentación, como medio que utilizan los científicos y técnicos para exponer sus argumentos y requiere un conocimiento de la ciencia (conocimiento del

contenido). El individuo con conocimientos científicos entiende la función y el propósito de la discusión y la crítica y por qué son esenciales para la construcción del conocimiento en la ciencia. Esta competencia también incluye la capacidad para construir las reivindicaciones que están justificadas por los datos y de identificar cualquier defecto en los argumentos de los demás.

Tabla 1.14.

Capacidades que desarrollan las diferentes competencias que se requieren para la competencia científica según PISA 2015/2018

Competencia científica	Capacidades
Explicar fenómenos científicamente	<p>Recordar y aplicar el conocimiento científico apropiado.</p> <p>Identificar, utilizar y generar modelos explicativos y representaciones.</p> <p>Hacer y justificar predicciones adecuadas.</p> <p>Ofrecer hipótesis explicativas.</p> <p>Explicar las implicaciones sociales de conocimiento científico.</p>
Evaluar y diseñar la investigación científica	<p>Identificar la cuestión explorada en un estudio científico dado.</p> <p>Distinguir cuestiones que podrían investigarse científicamente.</p> <p>Proponer una forma de explorar científicamente una pregunta determinada.</p> <p>Evaluar formas de explorar científicamente una pregunta determinada.</p> <p>Describir y evaluar cómo los científicos garantizan la fiabilidad de los datos, y la objetividad y la generalización de las explicaciones.</p>
Interpretar datos y pruebas científicamente	<p>Transformar los datos de una representación a otra.</p> <p>Analizar e interpretar los datos y sacar conclusiones pertinentes.</p> <p>Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos en los textos relacionados con la ciencia.</p> <p>Distinguir entre los argumentos que se basan en la teoría y las pruebas científicas, y las basadas en otras consideraciones.</p> <p>Evaluar los argumentos y pruebas científicas de diferentes fuentes (por ejemplo, periódicos, Internet, revistas).</p>

Nota: Elaboración propia a partir de OECD, 2019, pp. 104-105

Para el desarrollo de las competencias anteriores se necesitan tres formas de conocimiento:

- El conocimiento del contenido de la ciencia (conocimiento del contenido).
- El conocimiento respecto a las prácticas, métodos y conceptos en los que se basa y se valida la investigación científica (conocimiento procedimental).
- El conocimiento respecto al cómo se justifican y garantizan las ideas en ciencias y con ello en cómo se construye conocimiento científico, el marco lógico y social en que se desarrollan las preguntas y teorías y la naturaleza de la ciencia (conocimiento epistémico).

El estudio de las actitudes también es importante y determinante en Pisa 2015 ya que forman parte de la construcción de la cultura científica y son esenciales para conseguir comprometer a los estudiantes con cuestiones científicas. Juegan un papel decisivo en el desarrollo de su interés, atención y respuesta a la ciencia y la tecnología, y a los asuntos que les afectan de manera específica.

Estas actitudes también apoyan la posterior adquisición y aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos para beneficio personal, local/nacional y global, y conducen al desarrollo de la autoeficacia (Bandura, 1997).

PISA 2015 evalúa las actitudes del alumnado hacia la ciencia en tres áreas: el interés por la ciencia y la tecnología, la conciencia ambiental y la valoración de los enfoques científicos a la investigación, lo cual se considera fundamental para la construcción de la cultura científica.

A modo de síntesis podemos afirmar que la competencia científica en PISA 2015 supone la interrelación de cuatro aspectos: los contextos, el conocimiento, las competencias y las actitudes.

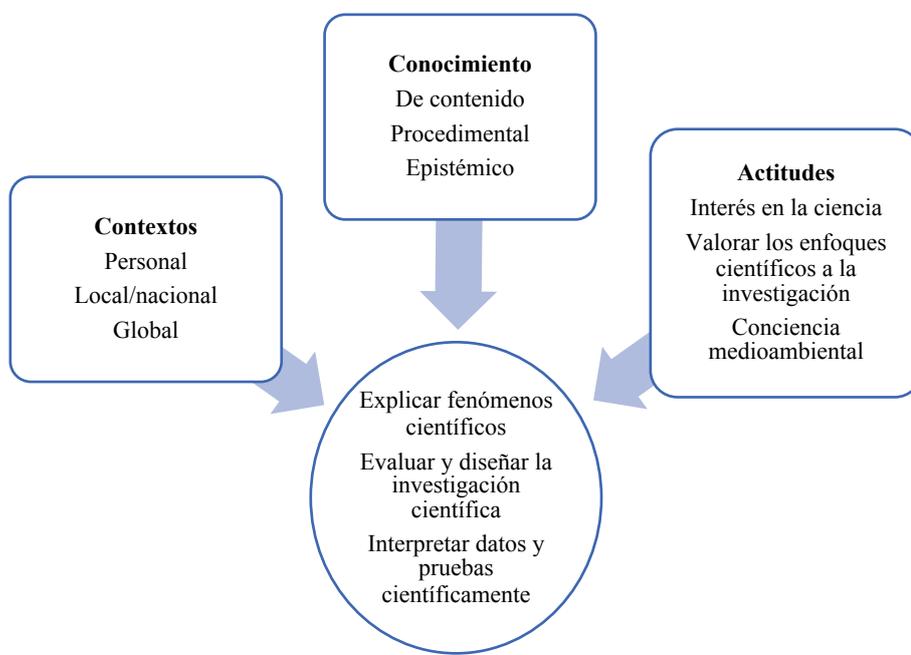


Figura 1.3. Interrelación de elementos en PISA 2015

Nota: Elaboración propia a partir de OCDE, 2015, p. 27

Un planteamiento riguroso sobre los elementos que configuran la competencia científica integrante de la Educación STEM nos ha guiado en este análisis en el que hemos expuesto la evolución de la definición de la competencia científica según PISA. Creemos interesante hacer alusión a la propuesta educativa que diferentes autores españoles realizan de la competencia científica. De esta manera, Pedrinaci (2012) la define como:

Un conjunto integrado de capacidades para utilizar el conocimiento científico a fin de describir, explicar y predecir fenómenos naturales; para comprender los rasgos característicos de la ciencia; para formular e investigar problemas e hipótesis; así

como para documentarse, argumentar y tomar decisiones personales y sociales sobre el mundo natural y los cambios que la actividad humana genera en él. (p. 31)

Cañal (2012) y Pedrinaci (2012) consideran la competencia científica como un conjunto integrado de capacidades y no como un conjunto de subcompetencias científicas que hay que aprender de forma independiente, lo que implica el dominio de conocimientos teóricos, prácticos (destrezas) y actitudes. Según estos autores el desarrollo de la competencia científica debe permitir desarrollar aprendizajes con alto nivel de significatividad, integración y funcionalidad (elementos esenciales de la Educación STEM) y esto, depende del avance e integración de 11 capacidades científicas que se organizan en cuatro dimensiones interrelacionadas: conceptual, metodológica, actitudinal e integrada (Tabla 1.15).

Tabla 1.15
Capacidades que integran la competencia científica

Dimensión de la Competencia científica	Capacidades científicas
Conceptual	Capacidad de utilizar el conocimiento científico personal para describir, explicar y predecir fenómenos naturales.
	Capacidad de utilizar los conceptos y modelos científicos para analizar problemas.
Metodológica	Capacidad de diferenciar la ciencia de otras interpretaciones no científicas de la realidad.
	Capacidad de identificar problemas científicos y diseñar estrategias para su investigación.
	Capacidad de obtener información relevante para la investigación.
	Capacidad de procesar la información obtenida.
	Capacidad de formular conclusiones fundamentadas.

Dimensión de la Competencia científica	Capacidades científicas
Actitudinal	Capacidad de valorar la calidad de una información en función de su procedencia y de los procedimientos utilizados para generarla. Capacidad de interesarse por el conocimiento, indagación y resolución de problemas científicos y problemáticas socioambientales. Capacidad de adoptar decisiones autónomas y críticas en contextos personales y sociales.
Integrada	Capacidad de utilizar de forma integrada las anteriores capacidades para dar respuestas o pautas de actuación adecuadas ante problemas concretos científicos, tecnológicos o socioambientales en contextos vivenciales del alumnado.

Nota: Elaboración propia a partir de Cañal, 2012

Las capacidades recogidas en la Tabla 1.15 están completamente alineadas no solo con la Educación STEM sino con los estándares de ciencia conocidos con *Next Generation Science Standards* (NGSS) que dan una nueva visión a la enseñanza de las ciencias incluyendo la tecnología y la ingeniería, que forman parte de la Educación STEM.

1.5.4. La ingeniería en la Educación STEM: necesidad de inclusión y desarrollo en los currículos escolares en edades tempranas

El desarrollo tecnológico y la revolución digital que hemos vivido en la última década y en el que nos encontramos inmersos ha transformado no solo las formas de interaccionar con los demás sino también la construcción de las comunidades sociales y las maneras de actuar e intervenir en el mundo que nos rodea (European Commission, 2014). La tecnología se hace evidente y necesaria en el ámbito educativo enriqueciendo y complementando la propuesta de actividades y tareas de las diferentes disciplinas STEM.

La tecnología y la ingeniería son términos muy relacionados que a menudo se utilizan de manera indistinta. A pesar de la discusión existente de si son o no materias diferentes o si una de ellas incluye a la otra lo cierto es que tanto una como otra deben estar presentes

de manera explícita en los planes de estudio desde la Educación Primaria si realmente queremos dar coherencia a la Educación STEM.

Diferentes organismos internacionales como la *International Technology and Engineering Educators Association*²⁸ (ITEEA, 2007) reclaman la inclusión de la tecnología y la ingeniería como conjunto de conocimientos que deben poseer todos los estudiantes para desarrollar las habilidades para una sociedad eminentemente tecnológica desde edades tempranas. El ITEEA (2007) define el enfoque integrado de la Educación STEM como la aplicación de enfoques pedagógicos basados en la tecnología y el diseño de ingeniería.

La tecnología y la ingeniería están íntimamente conectadas con la Educación STEM y refuerzan y complementan los conceptos no solo de ciencias y matemáticas sino también de las ciencias sociales, las artes plásticas o la lengua. De esta manera, la incorporación de ambas a los currículos escolares debe permitir no solo vencer el temor a los avances y desarrollos de la tecnología sino además promover el aprendizaje basado en proyectos.

Miaolulis (2010) destaca cómo el proceso del diseño en ingeniería es el contexto idóneo para situar el aprendizaje STEM. Reconoce el valor que esta tiene al unir otras disciplinas, permitiendo a los estudiantes trabajar en equipo para resolver problemas. La educación en ingeniería hace a las matemáticas y a la ciencia relevantes al fortalecer la comprensión por parte de los estudiantes de los conceptos científicos (Cunningham y Carlsen, 2014).

²⁸ La ITEEA (*International Technology and Engineerin Educators Association*) fue fundada en 1939 bajo el nombre de *The American Industrial Arts Association* con el objetivo de promover la enseñanza de las artes industriales en los colegios. En 1994 elabora el proyecto *Technology for All American Proyect* en el que se desarrollan los fundamentos para la alfabetización tecnológica de todos los estudiantes. Han sido pioneros en el desarrollo de estándares curriculares para la instrucción de tecnología en los colegios (*STL [Standards for Technological Literacy]*). Han desarrollado importantes proyectos para la Educación STEM como *Engineering by Design*[™] y *STEM Center for Teaching and Learning*[™].

Además, proporciona el contexto en el que provocar el conocimiento científico y aplicarlo a los problemas prácticos, actuando como catalizador para la Educación STEM más interconectada.

Uno de los primeros referentes de la inclusión de la ingeniería en las aulas se encuentra en el denominado marco de las prácticas de ciencia e ingeniería (NRCNA, 2012). Reconoce que el aprendizaje de las ciencias, la ingeniería y las matemáticas supone implicarse activamente en las actividades cognitivas, sociales y discursivas propias de estas disciplinas (López, Couso y Simarro, 2018) que promoverán el facultamiento o empoderamiento (*empowering*) del alumnado en estos ámbitos.

El desarrollo de las prácticas de ciencia e ingeniería en el diseño de los estándares de ciencias *Next Generation Science Standards* [NGSS] de Estados Unidos supone considerar la gran variedad de formas de hacer investigación (*National Reserach Council of the National Academies* [NRCNA], 2012). Estos se definen con tres dimensiones interrelacionadas: las prácticas de ciencia e ingeniería, las ideas disciplinares fundamentales y los conceptos transversales. De esta manera, en el diseño de las expectativas de desempeño (NRCNA, 2015) se contempla que el desarrollo de una idea disciplinar fundamental explicita la práctica de ciencia e ingeniería asociada y los conceptos transversales que permitan hacer que la comprensión por parte de los estudiantes sea coherente y más profunda. La ingeniería se reconoce, en las expectativas de desempeño, como práctica e idea disciplinar fundamental. Este marco, que ha incrementado la visibilidad de la ingeniería, define el aula como espacio donde reproducir prácticas análogas a las que se dan en el mundo profesional STEM (*National Research Council* [NRC], 2012).

Bybee propone los ocho grandes tipos de prácticas de ciencia e ingeniería que permiten no solo la aplicación e integración del conocimiento STEM sino también el desarrollo de habilidades transversales como el juicio crítico y la toma de decisiones. Estas prácticas son (2011, p. 49):

- Hacer preguntas relevantes para la ciencia y definir problemas para ser resueltos mediante la ingeniería. Esta práctica asienta la diferencia entre la ciencia y la ingeniería ya que deja patente que la generación de conocimiento en ciencia exige el planteamiento de una pregunta mientras que en la ingeniería, define un problema.
- Desarrollar y utilizar modelos científico-matemáticos (diagramas o dibujos) que permiten comprender mejor un fenómeno o conseguir una mejor solución a un problema.
- Planificar y realizar investigaciones. La investigación es el fundamento del proceso científico y es esencial para la ingeniería. Requiere la observación sistemática y cuidadosa para la identificación de las características y variables relevantes que permitan obtener la información suficiente para un análisis profundo.
- Usar las matemáticas y el pensamiento computacional como lenguaje universal para modelizar los fenómenos y hacer un análisis probabilístico de un fenómeno en cuestión, y como una forma de razonar y resolver problemas.
- Analizar e interpretar datos para tomar decisiones basadas en la evidencia y no en conjeturas sin fundamento.

- Construir explicaciones (para la ciencia) y diseñar soluciones (para la ingeniería).
- Participar en la argumentación científica basada en la evidencia (pruebas) que permitan encontrar las mejores soluciones.
- Evaluar y comunicar a la comunidad los resultados de la actividad científica, comunicando los hallazgos y las conclusiones.

Este marco metodológico de las prácticas STEM destaca la importancia del aprendizaje situado (clave en el enfoque competencial como ya vimos) que sostiene que el conocimiento forma parte y es producto de la actividad, el contexto y la cultura (Bereiter, 1997; Vygotsky, 1986). Tal y como reconocen Díaz Barriga y Hernández (2002) el aprendizaje escolar es, ante todo, un proceso de enculturación en el cual el alumnado se integra gradualmente a una comunidad o cultura de prácticas sociales. El aprendizaje situado permite la construcción del conocimiento en contextos reales con propuestas de carácter experiencial que desarrollan capacidades reflexivas y críticas, permitiendo la participación en las prácticas sociales auténticas de la comunidad (Escamilla, 2015). Esta visión no solo es coherente con cómo es el mundo profesional STEM (Duschl y Grandy, 2013), sino también con el marco competencial propuesto por PISA (Crujeiras y Jiménez-Aleixandre, 2012) que considera que *aprender y hacer* se deben entender como acciones en permanente diálogo.

Sin embargo, esta primera aproximación a la ingeniería pone el foco en las prácticas científicas lo que puede provocar que las características distintivas de la ingeniería se pasen por alto. Cunningham y Carlsen (2014) explican que entre la ciencia y la ingeniería existen diferencias epistémicas y defienden el papel de la ingeniería como disciplina que

posee una identidad distinta de la ciencia. Resaltan que las preguntas que se generan en las ciencias y en la ingeniería son diferentes ya que mientras que en las ciencias la búsqueda de respuestas lleva a elaborar explicaciones y generar teorías, en la ingeniería las respuestas son soluciones. Para Purzer, Strobel y Cardella (2014) la ciencia busca responder a preguntas para entender el mundo natural mientras que la ingeniería busca resolver problemas y encontrar soluciones efectivas para desarrollar, inventar e innovar en el mundo construido por el ser humano.

Otra diferencia esencial es que a pesar de que tanto en ciencia como en ingeniería se realizan observaciones del mundo natural, en la ingeniería se deben determinar las variables relevantes para mostrar cómo un modelo o solución se comporta de manera estable bajo diferentes condiciones. En ciencias los datos dan sentido a lo que se persigue en las preguntas iniciales o hipótesis y en ingeniería, se corrobora la viabilidad de un diseño o el cumplimiento de los criterios del diseño (Cunningham y Carlsen, 2014).

Por otra parte, en el proceso de diseño en ingeniería se realizan tareas exclusivas de dicha actividad como la iteración y la optimización que son una oportunidad para desarrollar la autorregulación de los estudiantes y el aprendizaje a través de los errores. La iteración, el error y el fracaso productivo proporcionan una información única a los alumnos que les compromete y estimula con la tarea a desarrollar (Fortus, Dershimer, Krajcik, Marx y Mamlok-Naaman, 2004; Kolodner, 2006). El fracaso es una parte necesaria e inherente del proceso de diseño de ingeniería, al invitar a mejorarlo.

Por último, la forma de abordar los problemas por la ciencia y la ingeniería son diferentes aunque tal y como afirma Lewis (2006) ambos sirven al propósito de acortar la brecha entre el problema y la solución.

1.6. Enfoques metodológicos STEM

En la literatura educativa no existe una definición única y clara del término STEM que parece haberse convertido en una palabra de moda vacía de significado (*buzz word*). Domènech-Casal, Lope y Mora señalan que esto puede estar relacionado con el hecho de que “el término no hace referencia directa a ninguna metodología, sino que se refiere al marco expuesto (en particular al económico) y cobija a todos los elementos educativos (precedentes o de nueva creación) que puedan ser de utilidad para su consecución” (2019, p. 1). En este sentido, no puede hablarse de una metodología STEM sino de un conjunto de herramientas tecnológicas (programación y robótica, impresión 3D, trabajo con objetos tecnológicos accesibles como Apps y teléfonos móviles...), perspectivas pedagógicas (Domènech-Casal, Lope y Mora, 2019) y enfoques metodológicos (Couso, 2017) que pueden ser de utilidad para los objetivos STEM.

Respecto a los enfoques metodológicos, la irrupción de la Educación STEM ha coincidido con un periodo de renovación y revitalización de las metodologías activas consecuencia del cambio desde un modelo educativo centrado en la enseñanza hacia un modelo centrado en el aprendizaje. Por ello, algunos referentes metodológicos propios de las áreas STEM se incluyen bajo la denominación de enfoques para la Educación STEM. Entre estos Domènech-Casal, Lope y Mora (2019), destacan la resolución de problemas en matemáticas (Pólya, 1962; Schoenfeld, 1992; Simarro, 2016), el *Design Thinking*, el fenómeno *Maker* o el *Learning by Design* en tecnología (Albalat, 2017; Bordignon, Iglesias y Hahn, 2016), la indagación (*Inquiry-Based Learning* [IBL] o *Inquiry-Based Science Education* [IBSE]) y la modelización en ciencia (Bybee, 1997; Caamaño, 2011) y el proceso de diseño en ingeniería (Purzer, Strobel y Cardella, 2014).

1.6.1. La resolución de problemas y las prácticas de tecnología

Respecto a las matemáticas como enfoque metodológico ya hemos hablado de la resolución de problemas y en el caso de la tecnología y con el objetivo de fomentar en los estudiantes el conocimiento de diferentes tipos de tecnología y apoyado en la práctica cultural del DIY (*do it yourself*) se desarrolla el movimiento *maker* o *Making* muy popular en la última década (Martin, 2015). Este movimiento permite abordar la Educación STEM al potenciar las prácticas de ciencia e ingeniería (Vossoughi y Bevan, 2014) en un entorno en el que se promueve el trabajo en equipo, el ensayo-error y la reflexión. De esta manera, los estudiantes desarrollan la habilidad de solucionar problemas a través del proceso de diseño para hacer evidentes sus principios científicos, probar nuevas opciones y combinar elementos para crear nuevos productos (Simarro et ál., 2016). Esta forma de hacer tecnología desarrolla en los estudiantes la habilidad de solucionar problemas a través del proceso de diseño como una forma de pensar y aprender del error, utilizando materiales variados y herramientas tecnológicas que desarrollan la creatividad en un ambiente lúdico, con feedback inmediato.

1.6.2. El aprendizaje por indagación

En cuanto a la ciencia, la indagación también conocida como aprendizaje por indagación, aprendizaje por investigación, *Inquiry-Based Learning* (IBL) o *Inquiry-Based Science Education* (IBSE) asume que la mejor forma de enseñar ciencia es transmitir a los alumnos los productos de la actividad científica sino basar la enseñanza en experiencias que permitan investigar y reconstruir los principales descubrimientos.

En el informe de expertos *Science Education for Responsible Citizenship* (2015) se 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” (European Commission, 2015, p. 68). Bevins y Price (2016) consideran la indagación como el mejor método para enseñar ciencias en la Educación STEM, porque no solo permite promover habilidades de investigación en los estudiantes sino porque además les ayuda a interiorizar nuevo conocimiento en la búsqueda de respuesta a preguntas científicas, previamente formuladas.

Sea cual sea la forma de IBL aplicada en el aula, el objetivo supone involucrar al alumnado en un auténtico proceso de descubrimiento científico. Desde un punto de vista pedagógico, este proceso puede estructurarse en una secuencia ordenada de fases conectadas de forma lógica para guiar en mayor o menor medida a los alumnos. Sin embargo, hay que destacar que el aprendizaje basado en la indagación no es un proceso lineal uniforme y prescrito sino un proceso que se organiza en fases que juntas forman un ciclo de indagación como en el proceso de diseño de ingeniería.

Pedaste et ál. (2015) han realizado una revisión sistemática que ha posibilitado identificar las características centrales del proceso de aprendizaje basado en la indagación y sus fases, utilizando la base de datos de la biblioteca de EBSCO (www.ebscohost.com). El estudio de los datos extraídos ha permitido analizar las definiciones de las fases de indagación y su ubicación en el ciclo de indagación y han servido de base para proponer un marco de aprendizaje integral basado en la investigación compatible con la Educación STEM.

El análisis de las descripciones y las definiciones de las fases de indagación presentadas en los artículos revisados condujo a proponer un modelo no lineal que incluye cinco fases: Orientación (focalización), Conceptualización, Investigación, Conclusión y Discusión y 9 sub-fases (Tabla 1.16).

Tabla 1.16

Fases y subfases del marco de aprendizaje basado en la investigación sintetizado

Fases	Definición	Subfases	Definición
Orientación (focalización)	Proceso que estimula la curiosidad y aborda un desafío de aprendizaje a través del planteamiento de un problema.	Focalización	
Conceptualización	Proceso de generación de preguntas y/o hipótesis basadas en la teoría.	Cuestionamiento	Generación de preguntas de investigación.
		Generación de hipótesis	Emisión de hipótesis con respecto al problema indicado.
Investigación	Proceso de planificación, diseño y desarrollo de la exploración o experimentación.	Exploración	Generación de datos sobre la base de una pregunta de investigación.
		Experimentación	Diseño y desarrollo de la experimentación que permita probar una hipótesis.
		Interpretación de los datos	Proceso que permite dar sentido a los datos recopilados y sintetizar nuevos conocimientos.
Conclusión	Proceso de elaboración de conclusiones a partir de los datos obtenidos.	Conclusión	Realización de comparaciones, inferencias, reunión de diversos elementos de información para deducir algo de ellos.
Discusión	Proceso de presentación de los hallazgos.	Comunicación	Proceso de presentación de resultados a otros y recogida de los comentarios que hacen.
		Reflexión	Proceso de descripción, crítica, evaluación y discusión de todo el ciclo de investigación o una fase específica. Discusión interna.

Nota: Tomada de Pedaste et ál., 2015, p. 55

Todas las fases descritas por Pedaste et ál. (2015) se presentan interrelacionadas entre sí a través de múltiples caminos que representan las diferentes posibilidades de implementación en el aula (Figura 1.4).

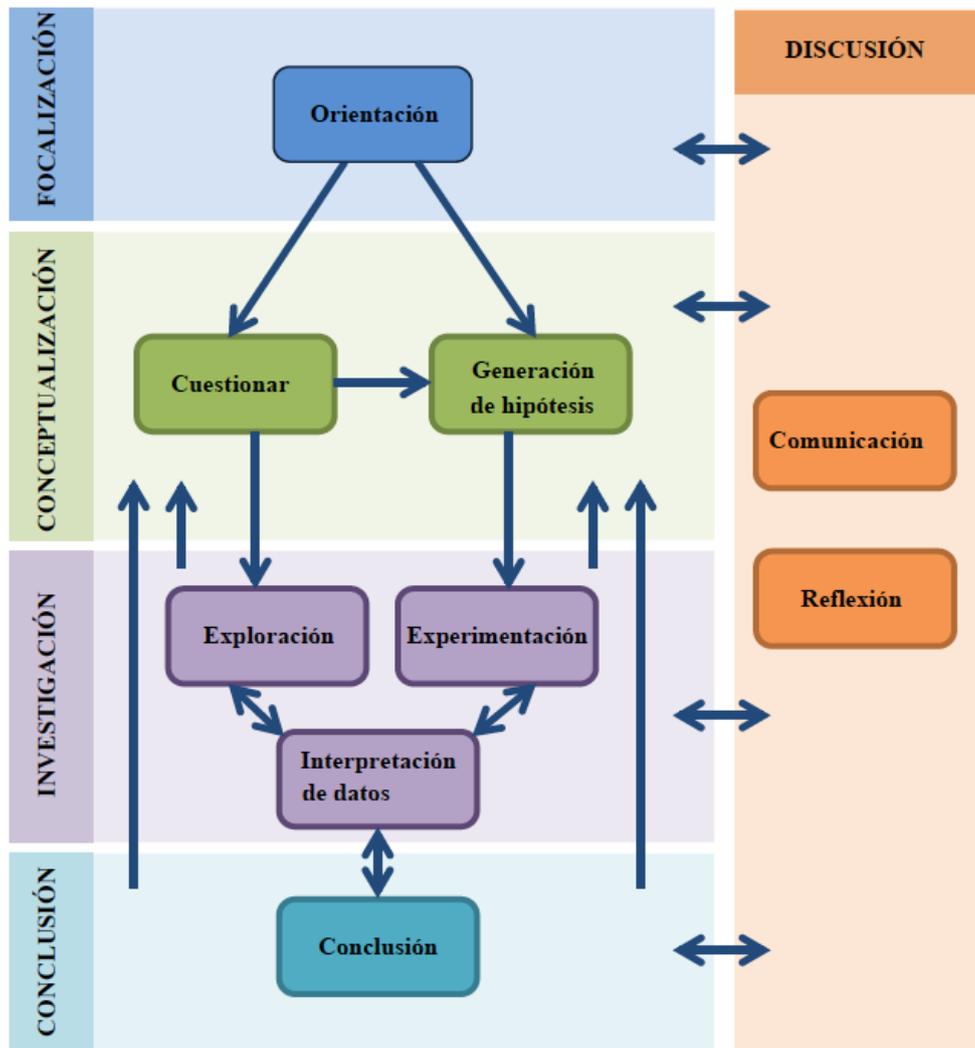


Figura 1.4. Marco de aprendizaje basado en la investigación (fases generales, subfases y sus relaciones)

Nota: Tomado de Pedaste et ál., 2015, p. 56

En esta revisión sistemática las subfases de comunicación y reflexión se consideran elementos transversales que determinan en gran medida la calidad de la indagación al contribuir al desarrollo de la metacognición y la autorregulación del alumnado. De esta

manera el alumnado al identificar los elementos clave de la tarea que va a desarrollar y los objetivos que se persiguen, al reflexionar sobre el plan a seguir y contrastarlo con el de los otros, participa de forma activa en su propio proceso de aprendizaje. Saber qué hacer, cómo, cuándo, dónde, con qué y con quiénes, contribuye a tomar conciencia de sus propios procesos y estrategias mentales (metacognición).

1.6.3. El proceso de diseño en ingeniería

Si aceptamos que ciencia e ingeniería son epistémicamente diferentes debemos tener en cuenta que la ingeniería requiere de planteamientos didácticos específicos mediante el proceso de diseño (Dorie, Caredella y Svarovski, 2014). El diseño de ingeniería tiene que hacerse presente en las aulas ya que puede proporcionar un mecanismo a través del cual los estudiantes aprendan contenido STEM relevante (Schunn, 2009).

En los últimos años se han desarrollado diferentes modelos del proceso de diseño de ingeniería aplicables a la Educación Primaria y Secundaria (Tabla 1.17). Estos modelos no son lineales y ponen de manifiesto cómo los diseñadores pueden saltarse algunos pasos y posiblemente omitir otros por completo. La educación en ingeniería se convierte en un elemento esencial ya que como señalan Katehi, Pearson y Feder (2009), desarrolla hábitos mentales que incluyen: "la creatividad, el optimismo, la colaboración, la comunicación y las consideraciones éticas" (p. 5).

Tabla 1.17
Pasos de los modelos del proceso de diseño de ingeniería

<i>Next Generation Science Standards (NGSS)</i>	<i>Massachusetts Science and Technology/Engineering curriculum Framework (Massachusetts Department of Education, 2016)</i>	<i>Museum of Science, Boston's Is Elementary (EiE)</i>	<i>The UTeach Engineering Project (American society for engineering Education [ASEE])</i>
Definición y delimitación de los problemas de ingeniería	Identificar necesidad o problema. Investigar necesidad o problema.	Preguntar.	Describir la necesidad. Identificar criterios y restricciones.
Diseño de soluciones a problemas de ingeniería	Diseñar.	Imaginar. Planificar.	Lluvia de ideas sobre posibles soluciones. Generar ideas. Explorar posibilidades. Seleccionar un enfoque.
Optimización de la solución del diseño	Crear un prototipo. Probar y evaluar la solución. Proporcionar <i>feedback</i> . Comunicar, explicar y compartir.	Crear. Mejorar.	Crear un prototipo. Refinar el diseño (probar y mejorar).

Nota: Elaboración propia

Una meticulosa revisión de los diferentes enfoques sobre el diseño de ingeniería en secundaria realizado por Guerra, Allen, Crawford y Farmer (2012), destaca como características comunes a todos ellos acciones relacionadas con: identificar y definir una necesidad, caracterizar y analizar cuantitativamente el sistema, generar y seleccionar conceptos, seleccionar conceptos para una evaluación detallada (construir y probar un prototipo), refinar el concepto, finalizar y comunicar los resultados del diseño.

El proceso de diseño en ingeniería necesita organizar propuestas de carácter experiencial que se enfoquen en la construcción del conocimiento en contextos reales, aumentando de esta manera el compromiso, el entusiasmo y el rendimiento de los estudiantes (Kang y Lundeberg, 2010). Este hecho puede incrementar el interés de los estudiantes por la ingeniería y la ciencia no solo como campos de estudio sino también como oportunidades profesionales futuras (Cunningham y Lachapelle, 2014). Cuando se conecta lo que se aprende en el aula con los hechos del mundo real el aprendizaje gana en relevancia lo que aumenta la motivación de los alumnos (Baker y Leary, 1995; Buxton, 2010; Klassen, 2007). Además, se promueve el desarrollo de las habilidades de aplicación e integración del conocimiento, el juicio crítico, la toma de decisiones y la solución de problemas.

Las propuestas en el aula de la ingeniería deben permitir a los alumnos familiarizarse con las normas culturales de la ingeniería y generar entornos de aprendizaje en los que los estudiantes puedan colaborar.

Si comprender la ingeniería es un objetivo educativo de la Educación STEM, es preciso no solo que el alumnado posea experiencia para realizar proyectos de ingeniería, sino que los maestros se involucren en las prácticas de ingeniería. Esto supone desarrollar las dimensiones indagadoras, creativas, reflexivas y críticas de una profesión que es mucho más que instrumento para el desarrollo de contenido. Para ello, Cunningham y Carlsen (2014) proponen ayudar a los maestros a entender la ingeniería como una práctica social y a brindarles experiencias como aprendices y maestros.

1.7. Claves para favorecer el desarrollo de la Educación STEM: el aprendizaje basado en proyectos

Los enfoques metodológicos asociados a la Educación STEM, tienen su punto de encuentro a través del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP²⁹) (Freeman et ál., 2014). El ABP no solo permite integración, transferencia y aprendizaje situado, sino que además favorece el tratamiento interdisciplinar.

El análisis de las características del ABP y su relación con la Educación STEM nos obliga a realizar breve repaso histórico sobre su origen. En el siglo XVI la Academia di San Luca, diseña con sentido pedagógico los *progetti* (proyectos) que permitirían a los arquitectos y los escultores principiantes aplicar y probar lo que estaban aprendiendo (Knoll, 1997), incluyendo las acciones a las que estos profesionales se enfrentaban a diario, como detallar el diseño, cumplir los plazos o convencer a otros del valor del producto. Los *progetti* del siglo XVI poseían muchas de las características que en la actualidad definen los ABP al organizar el aprendizaje en torno a un desafío que ofrecía a los estudiantes la oportunidad de abordar problemas realistas para cuya solución tomaban decisiones fundamentadas en el conocimiento y creaban sus modelos.

Posteriormente en 1918 William Heard Kilpatrick, influido por la filosofía de Dewey, publicó un ensayo titulado *The Project Method* en que resaltaba la necesidad de fomentar la motivación de los estudiantes, alentándolos a decidir libremente los propósitos que querían perseguir. Este autor distingue cuatro categorías de proyectos (elaborar un producto, resolver un problema, disfrutar de una experiencia estética y obtener un

²⁹ En inglés *project-based learning* (PjBL).

conocimiento) que tienen en común la existencia de un propósito externo al conocimiento que permite la construcción de conceptos o modelos y el desarrollo de aspectos procedimentales y epistémicos (Dòmenech-Casal, 2017).

En la década de 1960 los educadores médicos de la Universidad McMaster de Canadá deciden probar un nuevo enfoque en la enseñanza ya que les preocupaba que sus estudiantes no estuvieran aprendiendo las habilidades clínicas y de diagnóstico que necesitarían para ejercer como médicos. Se desarrolla de esta manera el aprendizaje basado en problemas y el estudio de casos que tienen en común con el aprendizaje basado en proyectos la importancia que se le da al pensamiento, a la discusión y a la colaboración de los estudiantes.

El estudio de caso propone al alumnado una situación inicial contextualizada (real o verosímil) con pruebas a interpretar que incluyen un problema a resolver (Wasserman, 1994) mediante el uso instrumental de modelos teóricos y dinámicas de discusión y argumentación. Para Wassermann (1994) estas propuestas son experiencias relevantes en escenarios reales que permiten al alumnado enfrentarse a hechos de la vida real, aplicar y transferir significativamente el conocimiento. Además, tienen un enorme potencial al permitir construir un sentido de competencia profesional y vincular el pensamiento con la acción.

Tanto Mills y Treagust (2003) como Prince y Felder (2007) establecen algunas diferencias entre la enseñanza basada en problemas (*Problem Based Learning* (PBL), la enseñanza basada en proyectos (*Project-Based Learning* [PjBL]) y el estudio de casos (Tabla 1.18), existiendo una amplia diversidad de enfoques en los mismos (Grau, 2009).

Tabla 1.18

Enseñanza/aprendizaje basado en problemas, en proyectos y en casos

	PBL (problema)	PjBL (proyectos)	Estudio de casos
Qué proporciona la estructura	Comienza con un problema abierto del mundo real que necesita ser reformulado antes de abordarse.	Comienza con una especificación clara del producto final que elaborarán los alumnos y que pondrá de manifiesto lo aprendido.	Comienza con narraciones de casos reales que se escriben para ejemplificar cómo se pueden aplicar los conceptos y las teorías.
Proceso típico	El alumnado trabaja en equipo y es responsable de redefinir el problema e identificar sus necesidades de aprendizaje, recoger información y desarrollar una solución viable. El profesorado actúa como facilitador.	Al trabajar para producir el producto deseado, el alumnado encuentra “mini-problemas” que necesitan ser resueltos.	El alumnado suele discutir casos en grupos. Analiza los casos y responde las preguntas preparadas por el profesorado.
Énfasis pedagógico y propósito	Énfasis en el proceso de resolver el problema. El objetivo principal es adquirir nuevos conocimientos.	Énfasis en el producto de la actividad. El objetivo principal es practicar la aplicación del conocimiento.	Énfasis en el proceso de análisis de casos. El objetivo principal es adquirir nuevos conocimientos.

Nota: Traducción propia a partir de Aditomo, Goodyear, Bliuc y Robert, 2013, p. 1241

Es interesante destacar que las tres alternativas promueven las habilidades de aplicación e integración del conocimiento, el juicio crítico, la toma de decisiones y búsqueda de soluciones al problema o problemas planteados contribuyendo de esta manera a la Educación STEM.

Según Adderley et ál. (1975), el ABP implica ofrecer una solución a un problema (muchas veces propuesto por el alumnado) y que, necesita una gran variedad de actividades para resolverlo. El ABP varía considerablemente dependiendo del tipo de actividades llevadas a cabo por el alumnado y del nivel de guía o apoyo ofrecido por el docente. Es interesante resaltar que el alumnado investiga las soluciones, generando preguntas, debatiendo ideas, realizando predicciones, diseñando planes, analizando datos, estableciendo conclusiones,

comunicando sus ideas y resultados a otros, realizando nuevas preguntas y creando o mejorando productos y procesos (Blumenfeld et ál., 1991).

Las formulaciones actuales del ABP (Larmer, Mergendoller y Boss, 2015) lo caracterizan como un enfoque de instrucción que anima a los estudiantes y maestros a profundizar en un tema, que les lleva a comprender a fondo los contenidos y a conseguir un aprendizaje profundo. Las actividades que configuran el ABP se consideran un medio para dirigir a los estudiantes hacia la construcción del conocimiento (Blumenfeld et ál. 1991).

Para Larmer, Mergendoller y Boss (2015) en el ABP los problemas y las preguntas proporcionan una estructura organizativa y hacen que el aprendizaje sea significativo porque le dan un propósito al mismo permitiendo que sea más probable usarlo y aplicarlo en el futuro (Brown, Collins y Duguid, 1989).

Las preguntas centran la atención del alumnado en lo que es importante aprender, movilizan sus conocimientos previos (Dean, 2012) y, en tanto, que supongan un desafío promoverán mejores resultados de aprendizaje (Hattie, 2012).

Algunos estudios muestran que el ABP afecta de manera positiva al interés y a la autoeficacia de los estudiantes (Bilgin, Karakuyu y Ay, 2015; Brown, Lawless y Boyer, 2013; Holmes y Hwang, 2016) y que promueve la Educación STEM al considerar al alumno como centro del proceso de enseñanza-aprendizaje, permitiendo el desarrollo de las habilidades metacognitivas. De esta manera les hace conscientes en el análisis de las estrategias de aprendizaje y resolución de problemas que están utilizando, y les permite comprenderlas y modificarlas.

Estas habilidades son esenciales para planificar, supervisar, regular y evaluar el aprendizaje ya que tal y como afirma Dewey (1938) no se aprende de la experiencia sino de la reflexión sobre la misma. La reflexión cuidadosa permite a los estudiantes determinar si las estrategias de resolución de problemas que están utilizando son apropiadas para el problema que se está resolviendo.

El papel del alumnado incluye “evaluar su propio progreso, ser más responsables de su aprendizaje e involucrarse con sus compañeros en aprender juntos” (Hattie, 2012, p. 88).

El ABP en términos de motivación, da a los estudiantes la oportunidad de expresar sus propias ideas y opiniones y tomar decisiones durante el trabajo del proyecto lo que desarrolla la autonomía y contribuye a la motivación intrínseca (Brophy, 2013).

El ABP es un enfoque que contribuye a los propósitos de la Educación STEM al ayudar a los alumnos a resolver problemas complejos y desarrollar el pensamiento crítico, analítico y otras habilidades cognitivas. Facilita la colaboración, la comunicación entre iguales, la resolución de problemas y el autoaprendizaje mientras que aumenta la atención de los estudiantes (Capraro, Capraro y Morgan, 2013).

1.8. Perspectiva dialógica entre el enfoque competencial y la Educación STEM

El enfoque competencial y la Educación STEM se encuentran íntimamente relacionados ya que todo el trabajo que llevemos a cabo en el contexto de la Educación STEM nos llevará al desarrollo de competencias del alumnado (podemos decir que si trabajamos STEM, trabajamos competencias).

Tal y como hemos analizado el enfoque competencial y la Educación STEM comparten los fundamentos base para el aprendizaje, como son los conceptos de aprendizaje significativo y transferencia del conocimiento (Pozo, 2008; Zabala y Arnau, 2015).

El aprendizaje significativo, término acuñado por Ausubel (1960), supone según Monge (2009) “llegar a establecer vínculos sustantivos entre los nuevos contenidos que hay que aprender y los que ya se dominan” (p. 187). Pozo (2008) señala como características del mismo, la reflexión crítica por parte del alumnado para relacionar la nueva información con la que ya dispone y la importancia de la funcionalidad de los aprendizajes que da valor a lo que se aprende por su utilidad para resolver problemas y realizar nuevos aprendizajes. La importancia que se le da a la funcionalidad de los aprendizajes y a la resolución de problemas, esenciales en la conceptualización del enfoque competencial (Pozo, 2008) es uno de los elementos compartidos con la Educación STEM (Guzey, Moore, Harwell y Moreno, 2016).

Por otra parte, tanto el enfoque competencial como la Educación STEM reconocen la necesidad de que el alumnado sea capaz de resolver retos auténticos y socialmente relevantes, aplicando los aprendizajes construidos en diferentes contextos (sociales,

académicos, familiares...) y, en diferentes situaciones (convivencia familiar, trabajo cooperativo, ocio...). Se identifica de este modo la transferencia como uno de los propósitos de los procesos de enseñanza/aprendizaje del enfoque competencial y de la Educación STEM que establece conexiones entre el contexto académico en el que se enseña y el contexto real en el que vivimos (Erdogan, Navruz, Younes y Capraro, 2016).

1.8.1. Carácter integrador y holístico del enfoque STEM

Tanto la Educación STEM como el enfoque competencial se caracterizan por poseer un carácter holístico e integrador (Pozo, 2008), en tanto que los conocimientos, las capacidades, las actitudes y los valores que los constituyen no pueden entenderse de manera separada. En este sentido hay que destacar que una actuación competente en el ámbito STEM exige hacer uso de forma integrada de los saberes teóricos, de los procedimientos y de los valores de las áreas STEM. Supone poner a dialogar la tipología de contenidos (conceptos, procedimientos, actitudes, valores y normas) de las diferentes disciplinas STEM para enfrentarse a la resolución de un determinado problema en un contexto preciso. De esta manera, el desarrollo de las competencias y de la Educación STEM potencia las relaciones entre los diferentes tipos de contenidos de las distintas áreas y los vínculos interdisciplinarios (Satchwell y Loepp, 2002; Shahali, Halim, Rasul, Osman y Zulkifeli, 2017; Stump, Bryan y McConnell, 2016) que conducen al desarrollo de las competencias del siglo XXI (creatividad, colaboración, comunicación y pensamiento crítico, entre otras).

El enfoque STEM ha experimentado una evolución continua desde sus inicios y aunque en todos los casos se plantea desde una perspectiva de integración, encontramos visiones muy diversas que revelan la existencia de múltiples formas de entenderla.

A pesar de que el concepto de interdisciplinariedad es complejo de analizar desde el punto de vista científico y educativo, debido a la existencia de diferentes posicionamientos intelectuales (Boisot, 1979; Jantsch, 1979; Piaget, 1979; Scuraati y Daminano, 1977) podemos afirmar que concreta los procesos de enseñanza-aprendizaje desde la integración de los conocimientos, desde la colaboración docente y el diseño de tareas o situaciones de aprendizaje que posibilitan el desarrollo de competencias y la resolución de problemas. Tal y como afirma Gusdorf (1983) “el conocimiento interdisciplinario debe ser una lógica del descubrimiento, una apertura recíproca, una comunicación entre los campos del saber, una fecundación mutua, y no un formalismo que neutraliza todos los significados cerrando todas las salidas” (p. 49).

La integración de las disciplinas STEM en sus múltiples formas constituyen el elemento medular de la Educación STEM. Vasquez (2015) identifica diferentes modelos y grados de integración (Figura 1.5) de las disciplinas STEM y Kaufman, Moss y Osborn, (2003) proponen avanzar desde enfoques meramente multidisciplinares a otros inter o transdisciplinares para hablar del STEM como una única metadisciplina (Merril, 2009). Entre los grados de integración se pueden considerar (Vásquez, 2015):

- La multidisciplinariedad. Refleja el nivel más bajo de integración y en este caso los contenidos de las disciplinas STEM se yuxtaponen sin establecer relaciones explícitas entre ellas. De alguna manera existe colaboración entre las disciplinas pero sin que esta interacción contribuya a enriquecerlas o modificarlas con la intención de resolver un problema y alcanzar múltiples objetivos disciplinarios (Tress, Tress y Fry, 2005).

- La interdisciplinariedad. En este caso y de acuerdo con la definición aportada por Piaget (1979) supone la cooperación entre varias disciplinas que conlleva interacciones reales y una verdadera reciprocidad en los intercambios, “implica una voluntad y compromiso de elaborar un marco más general en el que cada una de las disciplinas son modificadas y pasan a depender unas de otras” (Torres, 1994, p. 75). Supone una integración del conocimiento y de los modos de pensamiento de dos o más disciplinas para producir un desarrollo cognitivo, como explicar un fenómeno, resolver un problema o crear un producto que no podría conseguirse si no existiese la cooperación entre las disciplinas involucradas (Boix Mansilla, Miller y Gardner, 2000).
- Transdisciplinariedad. Se considera el nivel superior de integración. Supone la construcción de un sistema total en el que los límites entre las disciplinas desaparecen y se construye un sistema total.

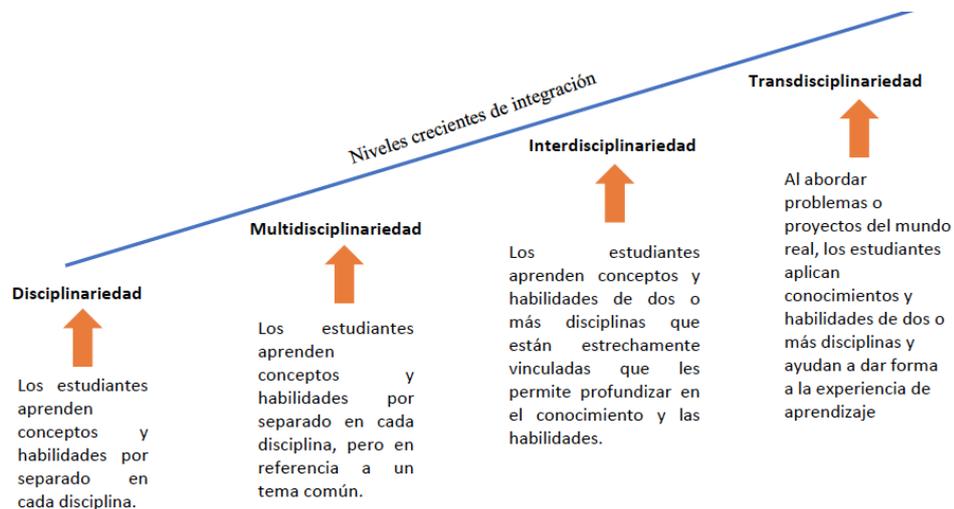


Figura 1.5. El plano inclinado de la integración STEM

Nota: Traducción propia a partir de Vasquez, 2015, p. 73

En la Educación STEM, la integración de las disciplinas suele ir acompañada de diferentes combinaciones entre ellas (Figura 1.16) y es frecuente que una de las disciplinas adopte un papel dominante (*National Academy of Sciences*, 2014). Esto no debería ser un problema *a priori* aunque en la práctica algunas disciplinas parecen salir beneficiadas cuando se plantean con un enfoque STEM mientras que otras salen perjudicadas (English, 2016), como es el caso de las matemáticas (Honey, Pearson y Schweingruber, 2014).

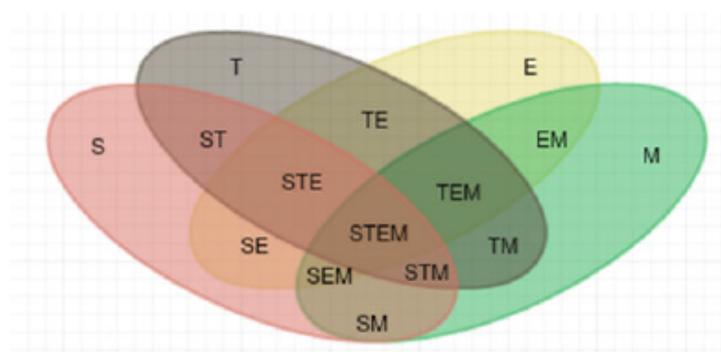


Figura 1.6. Representación de las integraciones de las disciplinas STEM

Nota: Tomada de Mayes, 2019, p. 115

Respecto al alcance de la integración, esta puede reunir conceptos de más de una disciplina (por ejemplo, matemáticas y ciencia, o ciencia, tecnología e ingeniería) o puede conectar un concepto de un tema a una práctica de otro o combinar dos prácticas, como la investigación científica (por ejemplo, hacer un experimento) y el diseño de ingeniería (en el que se pueden aplicar los datos de un experimento científico) (Bybee, 2013).

Un estudio realizado por Simarro y Couso (2018) muestra que los docentes tienen cuatro visiones distintas acerca de la educación STEAM: estética (las disciplinas STEM se presentan como “acreativas”, y se enfatiza el papel estético del arte); globalizada (se da un uso contextual, o meramente utilitario, a los conocimientos propios STEM);

tecnocentrista (se le otorga un papel relevante a las nuevas tecnologías) o ingenieril (la ingeniería en su proceso de creación y diseño de soluciones articula las experiencias). De esta manera nos encontramos con experiencias catalogadas como STEM en las que se trabaja de forma integrada las matemáticas y las ciencias (Aladé, Lauricella, Beaudoin-Ryan y Wartella, 2016) o que considera STEM la enseñanza de la tecnología (Castellanos, Haya y Urquiza-Fuentes, 2017). Martín-Páez, Aguilera, Perales-Palacios y Vílchez-González (2019), después de examinar las experiencias educativas publicadas en revistas indexadas en la colección principal de *Web of Science* durante el período 2013-2018 concluyen que las auténticas experiencias que contribuyen a la Educación STEM son las que implican un estudio simultáneo de las cuatro disciplinas, en las que ninguna de ellas es considerada como apoyo, herramienta o complemento, es decir apoyan como visión más acertada la Educación STEM integrada.

En cuanto a la disciplina que articula más propuestas STEM, Martín-Páez et ál. (2019) señalan a la ingeniería a través de la robótica y el uso de la resolución de problemas ingenieriles. Moore, Miller, Lesh, Stohlmann y Kim (2013) destacan que la ingeniería es un potente elemento vertebrador del aprendizaje STEM que permite que el alumnado desarrolle conceptos científicos y matemáticos de manera interdisciplinaria. En contraste, las matemáticas son la disciplina más compleja de utilizar como eje vertebrador, a pesar de tener un papel esencial en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la ingeniería.

En definitiva, y como afirma Sanders (2009), defensor del enfoque STEM integrado, las disciplinas STEM se deben entender como una entidad cohesionada, cuya enseñanza está integrada y coordinada a través de la resolución de problemas del mundo real. Sandall, Sandall y Walton (2018) consideran que la educación integrada STEM “implica la

integración de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, así como otras áreas temáticas a través de experiencias de aprendizaje basadas en proyectos que requieren la aplicación de conocimientos para resolver problemas auténticos del mundo real en entornos de colaboración para el beneficio del alumnado”. (p. 38). Además, el enfoque STEM integrado es una de las mejores oportunidades para que el alumnado experimente el aprendizaje en una situación del mundo real (Tsupros, Kohler y Hallinen, 2009).

Trabajar de manera integrada en el aula es complejo y desde nuestro punto de vista, a veces, problemático. Por una parte, se debe tener en cuenta que las disciplinas STEM son epistémicamente distintas, con sus propios objetivos últimos diferenciales (Simarro y Couso, 2018) y, por tanto, practicar una Educación STEM en la que el contenido de cada disciplina no aparezca diferenciado (Brown, Brown, Reardon y Merrill, 2011) puede llevar a la invisibilización epistemológica, a abandonar las valiosas formas de generar conocimiento propias de cada disciplina (Lehrer, 2016). Tal y como critica Bybee (2013) algunas propuestas STEM parecen estar más enfocadas a integrar disciplinas que a garantizar un aprendizaje significativo y profundo de las mismas.

En este sentido, creemos que es necesario reflexionar no solo sobre el grado de integración de las disciplinas en la Educación STEM sino sobre las variables relevantes desde el punto de vista didáctico en la misma. Tal y como afirma English (2016) “Necesitamos más estudios sobre los resultados de aprendizaje de los estudiantes surgidos no solo de las diferentes formas de integración STEM sino también de las disciplinas que las integran” (p. 1).

Por otra parte, también se debe tener en cuenta que la mayoría de los enfoques educativos tradicionales presentan las materias por separado, apreciándose un currículo fragmentado

que impone auténticas barreras para que los contenidos de las disciplinas en sus diferentes dimensiones puedan entrar en diálogo para establecer vínculos. Es interesante reflexionar sobre el hecho de que en la vida cotidiana cuando nos enfrentamos a la resolución de un problema no nos paramos a preguntarnos qué parte podemos resolver con la ciencia, con las matemáticas, con el arte... sino que abordamos su solución desplegando todas nuestras habilidades, poniéndolas en diálogo, tal y como exige el enfoque competencial.

No cabe duda que, aunque el enfoque integrado STEM surge y se desarrolla apoyándose en las disciplinas (ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas), la realidad solo se comprende si se analiza desde todas las perspectivas posibles, desde una posición interdisciplinar (Morin, 2001). En este sentido apoyamos que el enfoque STEM integrado debe plantear retos al alumnado que le permitan abordar su solución desde un planteamiento holístico, ya que la fragmentación limita su comprensión y valoración.

1.9. Consideraciones finales

En este capítulo hemos mostrado que el estudio del enfoque competencial nos proporciona las coordenadas sobre las que desarrollar la Educación STEM. Hemos analizado las notas de identidad del enfoque competencial y de la Educación STEM, resaltando su carácter holístico e integrador y la transferencia como uno de los propósitos de los procesos de enseñanza/aprendizaje de ambas al establecer conexiones entre el contexto académico en el que se enseña y el contexto real en el que vivimos.

Este propósito será esencial si deseamos que el alumnado sea capaz de resolver retos auténticos y socialmente relevantes, si queremos seguir evolucionando en este

apasionante proyecto que supone la Educación STEM, apostando por enfoques metodológicos que contribuyan a desarrollar el pensamiento crítico, la creatividad, la capacidad de iniciativa, la comunicación entre iguales y la autorregulación.

Capítulo 2.

LAS ACTITUDES HACIA LA CIENCIA EN LA EDUCACIÓN STEM

“El espíritu del maestro, consciente de su misión, penetrado de la trascendencia de la tarea que la sociedad pone en sus manos, ha de vivir siempre alerta y hacerse sensible a la más imperceptible vibración venida del mundo de los pensadores que trabajan en la resolución de problemas filosóficos y educativos encaminados a una humanidad mejor.”

Rosa Sensat (1934)

CAPÍTULO 2. LAS ACTITUDES HACIA LA CIENCIA EN LA EDUCACIÓN STEM

2.1. Aproximación al concepto de actitud.

2.1.1. Concepción estructural de las actitudes: componentes.

2.1.2. Funciones de las actitudes.

2.2. Modelos teóricos sobre el cambio de las actitudes.

2.2.1. La teoría de la acción razonada y la teoría de la conducta planificada.

2.2.1.1. Factores de la conducta en la teoría de la acción razonada y de la conducta planificada.

2.2.2. De la teoría de la acción razonada a la teoría de la acción planificada.

2.3. Actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

2.3.1. Sentido y finalidad del constructo actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

2.3.2. Variables que influyen en las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

2.3.2.1. El sexo y las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

2.3.2.2. La edad y las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

2.3.2.3. El rendimiento, el nivel socioeconómico y la autoeficacia en la Educación STEM.

2.3.3. El alumnado en el desarrollo de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

2.3.3.1. Desarrollo psicológico del alumnado de diez a catorce años: concepto y factores.

2.3.3.2. Pubertad y adolescencia.

2.3.3.3. Desarrollo cognitivo. El pensamiento formal abstracto.

2.3.3.4. Desarrollo social.

2.3.3.5. Identidad personal, autoconcepto y autoestima.

2.3.3.6. Los factores emocionales.

2.3.3.7. Metacognición y desarrollo.

2.3.3.8. Desarrollo psicológico, factores de diversidad y estrategias didácticas.

2.3.4. La familia en la construcción de actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

2.3.5. El papel del profesorado y las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

2.4. Las actitudes hacia la ciencia: proyectos de referencia y normativa legal.

2.4.1. Las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM según la OCDE.

2.4.2. Las actitudes hacia la ciencia en la normativa española: sentido e interés en el marco de la Educación STEM.

2.4.3. Las actitudes en las asignaturas relacionadas con la Educación STEM en la Educación Primaria y Secundaria Obligatoria.

2.5. La investigación sobre las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM: estado de la cuestión.

2.5.1. Revisión de escalas para el estudio de las actitudes hacia la ciencia en edades tempranas.

2.5.2. La investigación en España de las actitudes hacia la ciencia en edades tempranas.

2.6. Consideraciones finales.

2.1. Aproximación al concepto de actitud

Más que cualquier otro constructo psicológico, el término actitud tiene una especial relevancia en la comprensión de las conductas de las personas de una sociedad y ha suscitado el interés científico desde hace mucho tiempo.

Desde la psicología social y el ámbito educativo se han realizado grandes esfuerzos para conceptualizar las actitudes y precisar cómo se forman y cómo se pueden medir y modificar, para comprender a qué obedece lo que cada persona hace o siente, estableciendo relaciones entre la actitud y el comportamiento. De hecho, el objeto de estudio de la psicología social se definió en un principio como el estudio científico de las actitudes (Thomas y Znaniecki, 1918; Watson, 1925) ya que se les asignaba a estas el papel clave para la comprensión del comportamiento humano.

Elaborar una definición concreta, única y precisa de lo que se designa con el término actitud es difícil. A modo de ejemplo en 1935, Allport destacó dieciséis definiciones diferentes y cuarenta y dos años después, Ajzen y Fishbein (1977) realizan una revisión y encuentran 500 definiciones en 200 estudios. Por lo que respecta a nuestro trabajo resulta de particular interés recoger algunas de las definiciones que nos permitan determinar cuáles son las principales notas de identidad del concepto actitud. Por ello, en la Tabla 2.1 se muestran algunas de las más citadas y significativas.

Tabla 2.1
Definiciones del término actitud

Autor (año)	Definición
Thomas y Znaniecki (1918)	Estado de ánimo del individuo hacia un valor
Allport (1935) ³⁰	Predisposición a responder de manera consistente hacia todos los objetos y situaciones a las cuales la actitud es relativa.
Sherif y Cantril (1945)	Estado funcional de disposición.
Krech y Crutchfield (1948)	Sistema estable de evaluaciones positivas o negativas, sentimientos, emociones y tendencias de acción favorables o desfavorables respecto a objetos sociales.
Katz y Scotland (1959)	Tendencia o disposición a evaluar un objeto o el símbolo de ese objeto de una determinada manera.
Sherif, Sherif y Nebergall (1965)	Las posiciones que la persona adopta y aprueba respecto a objetos, asuntos controvertidos, personas, grupos o instituciones.
Newcomb (1967)	Estado de disposición para la conducta motivada. Predisposición a ejecutar, percibir, pensar y sentir en relación con ello.
Ajzen y Fishbein (1980)	Predisposición aprendida para responder consistentemente de un modo favorable o desfavorable con respecto a un objeto social dado.
Lamberth (1980)	Respuesta evaluativa, relativamente estable en relación a un objeto que tiene componentes o consecuencias cognitivas, afectiva y, probablemente, comportamentales.
Escamez y Ortega (1986)	Predisposiciones aprendidas que permiten dar una respuesta favorable o desfavorable hacia un objeto social
Morales (1988)	Predisposición aprendida, no innata y estable aunque puede cambiar, al reaccionar de una manera valorativa, favorable o desfavorable ante un objeto (individuo, grupo, situaciones, etc.).
Eagly y Chaiken (1993)	Tendencia psicológica que se expresa mediante evaluación de una entidad (u objeto) concreta con cierto grado de favorabilidad.

³⁰ Allport (1935) citado por Klineberg (1973)

De la lectura de las definiciones anteriores se pueden extraer elementos de análisis que permiten caracterizarlas y entenderlas mejor. De esta manera se puede afirmar que:

- Conllevan un predisposición favorable o desfavorable hacia un objeto, persona o situación asociada a un conjunto organizado de convicciones y creencias (Rodríguez y Seoane, 1989). Se relacionan con el estado de ánimo del sujeto ante un estímulo sobre el que siente, cree y, en consecuencia, actúa. Implican, por tanto, una alta carga afectiva y emocional que refleja nuestros deseos, voluntad y sentimientos.
- Poseen un carácter estable y relativamente permanente (Perlman y Cozby, 1985) aunque pueden cambiar, crecer o desaparecer si ocurre algo (factores externos o internos) que provoque el cambio. A pesar de que en un principio son inestables con el tiempo llegan a formar rasgos duraderos de la personalidad (Orden, 1984).
- Representan entidades en términos evaluativos de algo o alguien. Tal como afirman Eagly y Chaiken "...cualquier cosa que se puede convertir en objeto de pensamiento también es susceptible de convertirse en objeto de actitud" (Eagly y Chaiken en Morales (Coord.), 1999, p. 195).
- Son aprendidas mediante procesos de socialización y en los mismos intervienen, entre otros, factores ambientales, sociales y familiares, el grupo o la personalidad. Por tanto, no son innatas al ser humano sino que este aprende lo que es favorable o desfavorable para él lo que le lleva a actuar de una forma u otra. Se pueden considerar expresiones comportamentales adquiridas mediante la experiencia y son susceptibles de ser enseñadas.

- Son indirectas y reflejan los sentimientos evaluativos de las personas (Perlman y Cozby, 1985). Tienen, por tanto, una función evaluativa al considerarlas como juicios o valoraciones de rechazo o aceptación que se realiza de un objeto social.
- Presentan un alto nivel de abstracción y en consecuencia son difíciles de medir. No pueden ser analizadas directamente, sino a través de sus respuestas observables.
- Poseen varias dimensiones o componentes ya que incluyen respuestas de tipo afectivo, cognitivo y conductual.

De acuerdo con lo anterior podemos acercarnos, en forma de síntesis, a la comprensión de su significado, destacando el consenso que existe en considerar que una actitud es una disposición, duradera en el tiempo que da consistencia al individuo, denota una preferencia hacia el objeto y posee significado en un momento y en un contexto determinado (Eiser, 1989).

Pero, también es necesario aclarar cuáles son las conceptualizaciones que se tienen de algunos términos como creencias y valores, utilizados muchas veces como sinónimos de actitudes. Tal y como dice Rokeach (1979) un modelo de actitud no puede ser adecuadamente establecido hasta que no se explican cuál es el significado y las diferencias con los demás conceptos del área.

Para algunos autores como Bar-Tal (1990) y Wyer (1991) las creencias pueden definirse como conceptos proposicionales que señalan el grado en que un objeto posee determinada característica y sobre las que se puede estimar acuerdo o veracidad. Son, por tanto, elementos del sistema cognitivo que se organizan en la memoria según leyes que son

independientes del referente al que pertenecen, establecen la existencia de una relación entre dos elementos, se modifican en función de la información nueva y afectan a otras creencias (McGuire, 1985).

Ajzen y Fishbein (1980), explican las creencias como asociaciones o enlaces entre un objeto (el de actitud) y los atributos de dicho objeto actitudinal. Estos autores dan a entender que la creencia no posee la dimensión evaluativa que posee la actitud y que de alguna manera es previa a la dimensión valorativa más específica de lo que denominamos actitud.

Por otra parte, Rokeach (1979) reconoce que los tres componentes de las actitudes (afectivo, cognitivo y conductual) también son componentes de las creencias y que cuando estas están organizadas en torno a un objeto, esta organización se convierte en una actitud.

De la misma manera también existe confusión entre las actitudes y los valores. Algunos autores los usan indistintamente. En este sentido Escámez, García, Pérez y Llopis consideran que “el valor es la concepción de lo preferible por el sujeto mientras que la actitud es la disposición favorable o desfavorable de un sujeto hacia un objeto situado en un contexto” (2007, p. 33). Los valores pertenecen al ámbito del conocimiento, considerándose patrones normativos de conducta.

2.1.1. Concepción estructural de las actitudes: componentes

La mayoría de los autores coinciden en afirmar que son tres los componentes de las actitudes y que están relacionados entre sí. Este modelo tripartito (información, creencias/gusto-disgusto y valoración/tendencia a la acción) se encuentra desarrollado en

numerosos trabajos (Ajzen y Fishbein, 1977; Allport, 1954; Breckler, 1984; Hilgard, 1980; Rosenberg y Hovland 1960) que se corresponden con diferentes manifestaciones que van a ser el fundamento de los diversos enfoques en la medición de las actitudes.

La multidimensionalidad de las actitudes supone considerarlas como una predisposición a responder a alguna clase de estímulo con una respuesta afectiva o emocional (sentimientos, evaluación en términos de agrado-desagrado, sentimientos positivos o negativos), cognitiva (pensamientos, creencias u opiniones que pueden ser favorables o desfavorables), o conductual (tendencia a manifestar los pensamientos, intención de comportarse de una determinada manera que puede ser de apoyo u hostil) (Morales, 2006; Rosenberg y Hovland, 1960).

Aunque lo que caracteriza la actitud es “la disposición evaluativa frente al objeto” (Ajzen, 1988, p. 245), esta se puede manifestar a través de tres vías diferentes que coexisten y nos permiten introducir con detalle los componentes de la misma.

- El componente afectivo se ha considerado durante mucho tiempo como la actitud en sí misma. Breckler (1984) la define como “una respuesta emocional” (p. 1191). Comprende los sentimientos, afectos provocados por el objeto de la actitud y es el reflejo del mundo emocional de las personas. Supone una evaluación de los atributos que posee el objeto y está sometido a influencias externas (familia, amigos, compañeros, clase socio-económica, los grupos de referencia con los cuales el individuo se identifica y la cultura en donde vive) e internas (la edad, el sexo y percepción, motivaciones, aprendizaje y personalidad).
- El componente cognitivo se relaciona con los conocimientos, las opiniones o los pensamientos que se tienen sobre un objeto, persona, resultado o suceso. Por tanto,

es fundamental para crear una actitud nueva, crear otras que no se poseen o mantener una deseada. Los conocimientos son importantes ya que influyen en el análisis de la información que se posee, en la interpretación de nuevos conceptos y permite que la persona dote de atributos el objeto que se le presente. A veces, puede ser que dichos conocimientos no sean suficientes o sean equivocados, pero aún así pueden dar fundamento a la actitud.

- El componente conductual implica la tendencia o disposición a actuar de determinadas maneras con referencia a algún objeto, persona, suceso o situación y se relaciona con las inclinaciones a manifestar pensamientos y emociones. Esta conducta o tendencia a actuar son decisiones de las personas y determina que en un momento dado aparezca una conducta y se desestime otra.

El hecho de que exista un consenso en que las actitudes poseen una estructura de dimensión múltiple no significa que estas pierdan su carácter de variable unitaria. Como se ha señalado, la actitud es la condición interna de carácter evaluativo y tal como indican diferentes autores las respuestas cognitivas, afectivas y conductuales o conativas no son más que su expresión externa.

La complejidad de las actitudes y la caracterización de las mismas como variables continuas posibilita, según Morales (1999), diferenciar tres *características* importantes de ellas: la bipolaridad, la consistencia y la ambivalencia.

- La *bipolaridad* hace referencia a que cuando se poseen “referentes criterioles sólo o predominantemente positivos” (Morales, 1999, p. 141) no siempre se mantienen respecto a la actitud la bipolaridad y la unidireccionalidad. Esto ocurre, por ejemplo, cuando los extremos del continuo actitudinal no son contradictorios u

opuestos y como afirma Morales “niega relevancia a los valores opuestos a fin de proteger mejor a los suyos propios” (1999, p. 141). También puede ocurrir que la persona no esté familiarizada con los valores opuestos a los que mantiene y, de esta forma, niegue su relevancia.

- La *consistencia* pone de manifiesto el grado de relación que mantienen entre sí los distintos componentes de la actitud. Si lo que se sabe (creencias), se siente (afectos) y se hace o, presumiblemente se haría (aceptación), están de acuerdo, es decir, por ejemplo, son todas positivas, la actitud adquiere categoría de máxima de consistencia. De alguna manera se trata de armonizar las evaluaciones parciales con la evaluación global del objeto que proporciona la actitud general. La inconsistencia afecta a la estabilidad de la actitud y no cumplen la función fundamental de ellas que es la de orientación de la persona en su mundo social. Las personas con actitudes consistentes manejan mejor la información contradictoria con su actitud, exploran las características de esa información y tratan de refutarla activamente.
- La *ambivalencia* puede darse tanto en el componente cognitivo (creencias) como afectivo (afectos). En el componente cognitivo supone que las creencias sobre el objeto actitudinal son evaluativamente inconsistentes entre sí; en el componente afectivo implica la existencia de sentimientos encontrados o mezclados en relación al objeto de la actitud. La ambivalencia hace que las actitudes tiendan a ser inestables y afecta a las relaciones que mantienen con la conducta.

Analizados los componentes y las características de las actitudes pasamos a tratar cuáles son sus funciones.

2.1.2. Funciones de las actitudes

Conocer porque la tendencia a responder evaluativamente ante cualquier cosa o situación es un fenómeno omnipresente en el ser humano nos lleva a analizar cuáles son las funciones que las actitudes cumplen y las motivaciones que ayudan a satisfacer.

Según Katz (1960) estas funciones son básicamente cuatro:

- *Función de defensa del yo* que se relaciona con la protección en la persona de cierta imagen sobre sí mismo que se ve amenazada por hechos que no concuerdan con la misma. Esta función contribuye a mantener la autoestima y permitiría a alguien protegerse de sentimientos negativos hacia sí mismo o hacia el propio grupo.
- *Función de expresión de un valor* al permitir a la persona poner de manifiesto sus propios valores o creencias básicas, mostrar a los demás la imagen que tiene de sí mismo o que quiere alcanzar, expresar actitudes que reflejan sus propios valores para con confirmar la validez del propio concepto de sí mismo.
- *Función instrumental, utilitaria o adaptativa* que hace referencia a que las actitudes favorables o positivas hacia un objeto facilitan a la persona la consecución de objetivos deseables o que se asocian con la satisfacción de sus necesidades. Por el contrario, las actitudes desfavorables o negativas llevan a la persona a evitar la consecución de objetivos indeseables o que se asocian con la frustración de esas necesidades
- *Función de organización del conocimiento* que explica que las actitudes organizan la sobrecarga de información que percibimos, estructurándola en términos

positivos y negativos. Esta función determina que las actitudes ayudan a simplificar y comprender mejor el mundo que nos rodea, a mantener nuestras cogniciones organizadas de forma coherente y, por tanto, a aumentar la sensación de control. De esta manera, ante situaciones nuevas, se puede predecir en base a las experiencias pasadas, qué cabe esperar de ellas, orientar la acción al tener una visión menos incierta de los comportamientos de los demás y, por tanto, anticipar, en lo posible, las respuestas a las diferentes situaciones con las que se interactúa.

Además de las anteriores, Morales (1999) indica la existencia de otras, como las prejuiciosas o etnocéntricas que cumplen una *función ideológica* y proporcionan una determinada explicación de las desigualdades existentes en la sociedad. De esta manera, si su grado de aceptación es elevado las desigualdades quedan legitimadas y justificadas. Para que esta función tenga lugar debe haber un apoyo y respaldo institucional tanto a la marginación de personas pertenecientes al grupo desfavorecido como a las estrategias de mantenimiento del *statu quo* (Echebarría y Villareal, 1995).

Como complemento a la función anterior Snyder y Miene (1994) consideran la *función de separación* que explica la introducción de actitudes que consisten en atribuir a un grupo dominado, sin poder o de estatus inferior, características negativas, sobre las que resulta posible despreciarles y negarles reconocimiento social, pudiendo justificar, incluso, un tratamiento injusto hacia los mismos.

Además de las anteriores Escámez, et ál. (2007) destacan la *función de adaptación o ajuste social* en tanto que las personas tienden a desarrollar actitudes positivas hacia las conductas que encuentran una aprobación social y, por el contrario, negativas hacia las que son reprobadas socialmente. Afirman que son cuadros de referencia que le ahorran a

un sujeto tiempo par organizar el conocimiento, tiene consecuencias para la conducta, posibilitan la adaptación al grupo para conseguir con más facilidad los objetivos que desea, expresan sus valores y en, última instancia exaltan el concepto de sí mismo (2007, p. 64).

Como síntesis a las funciones expuestas se puede afirmar que las actitudes permiten conocer e interpretar el medio en el que vivimos, mantener cierto equilibrio y sentido interno, sentirnos bien con nosotros mismos y ser aceptados por los demás. Además, ayudan a tomar posiciones ante las cosas o situaciones en función de lo que esté aceptado o reprobado socialmente.

Por último, es interesante destacar que la conducta social de los individuos se puede comprender a través del estudio de las actitudes, por tanto, éstas desempeñan un papel importante en los procesos de cambio social, “dado su carácter de factor mediador entre la persona y el contexto social al que pertenece” (Morales, 1999, p. 132).

Por último, y relacionado con el área de nuestro interés como es las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM, se sugiere que la importancia de las actitudes para la comprensión de la conducta humana radica en los siguientes aspectos:

- Son relevantes en la adquisición de nuevos conocimientos ya que “las personas asimilan y relacionan la información que reciben del mundo en torno a dimensiones evaluativas” (Briñol, Falces y Becerra, 2007, p. 458).
- Desempeñan una serie de funciones imprescindibles a la hora de buscar, procesar y responder a la información relacionada con uno mismo.

- Se relacionan íntimamente con nuestra conducta y, por tanto, conociendo las actitudes se pueden realizar predicciones sobre la conducta social humana y sobre sus cambios.
- Reflejan la interiorización de los valores, normas y preferencias de los grupos y organizaciones a las que se pertenece.
- Pueden influir de manera decisiva en el cambio de las normas sociales.

2.2. Modelos teóricos sobre el cambio de las actitudes

De acuerdo con Escámez et ál. (2007) creemos que es preciso contar con una teoría que explique cuál es la naturaleza de las actitudes, cómo se forman y su incidencia en la conducta de las personas. Para estos investigadores una teoría potente en el campo de las actitudes debe ser capaz de dar una explicación de la concepción antropológica que la sustenta, determinar cuál es el sentido del concepto actitud y de todos los “conceptos fronterizos” con los que se relaciona y resistir los intentos de falsación desde las investigaciones de campo, explicando su incidencia en la conducta.

Como hemos analizado al comienzo de este capítulo, las primeras investigaciones que se realizan sobre las actitudes llevan a la mayoría de los investigadores a aceptar como un hecho que el comportamiento humano está guiado por las actitudes. Tanto es así que el campo de la psicología social se definió originalmente como el estudio científico de las actitudes (Thomas y Znaniecki, 1918) porque asumía que la clave para comprender el comportamiento humano era la actitud. Sin embargo, estudios posteriores demostraron de manera concluyente que, por lo general, las actitudes eran predictores muy pobres de

las acciones específicas que eran investigadas en diferentes dominios (Fishbein y Ajzen, 1974; Weigel y Newman, 1976) y muchos psicólogos sociales comenzaron a preocuparse por la utilidad del constructo actitud (por ejemplo, Campbell, 1963). Wicker (1969) analizó la inconsistencia entre las actitudes y el comportamiento y puso de manifiesto la escasa evidencia que apoyaría el hecho de que las actitudes estables y subyacentes dentro del individuo influirían en sus expresiones verbales y sus acciones.

Poco después, diferentes expertos proponen que la intención de realizar un comportamiento, en lugar de la actitud, es el antecedente cognitivo más cercano del desempeño conductual real (por ejemplo, Fishbein y Ajzen, 1975; Fisher y Fisher, 1992; Gollwitzer, 1996; Triandis, 1977). Esto implica que se deberían poder predecir comportamientos específicos con una precisión considerable a partir de las intenciones de participar en los comportamientos bajo consideración. De hecho, diferentes estudios como el metanálisis de Sheeran (2002) han corroborado la validez predictiva de las intenciones del comportamiento. De esta manera, las intenciones se han convertido en una parte crítica de muchas teorías contemporáneas del comportamiento social humano como la teoría cognitiva social de Bandura (1977, 1997), el modelo de creencias de salud (Rosenstock, Strecher y Becker, 1994; Strecher, Champion y Rosenstock, 1997), el modelo de intención, motivación y conducta (IMB) (Fisher y Fisher, 1992) o la teoría del comportamiento interpersonal (Triandis, 1977), entre otras.

Ajzen y Fishbein (1980) desarrollaron la teoría de la acción razonada (*Theory of Reasoned Action* [TRA]), y Ajzen (1985, 1988) al comprobar que muchas conductas no estaban bajo un control volitivo completo, introdujo el constructo de control de comportamiento percibido como un predictor adicional tanto de la intención como del

comportamiento, llamando a su extensión de la TRA, la teoría de la conducta planificada (*Theory of planned behavior* [TPB]).

A finales de 1980, el Instituto Nacional de Salud Mental (*The National Institute of Mental Health* [NIMH]) pidió a Albert Bandura, Marshall Becker, Martin Fishbein, Frederick Kanfer y Harry Triandis que aclarasen las similitudes y diferencias entre sus teorías para tratar de proporcionar una explicación del comportamiento y determinar qué variables podrían ser utilizadas en cualquier análisis del mismo.

La mayoría de los autores anteriormente citados consideraron que existía convergencia en un pequeño número de variables que explicaban gran parte de la variación en las intenciones de comportamiento (Bandura, 1997; Triandis et ál., 2001). Estas variables que influyen en la decisión de participar en un comportamiento dado se relacionan con “las posibles consecuencias positivas o negativas del comportamiento, la aprobación o desaprobación del comportamiento por parte de individuos o grupos respetados y los factores que puede facilitar o impedir el desempeño del comportamiento” (Ajzen y Fisbein, 2005, p. 193).

Fishbein (2000) presentó una versión de este estudio en la conferencia sobre el SIDA (Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida) y lo llamó el modelo integrador (*The Integrative Model* [IM]). Este modelo era casi idéntico al de la teoría de la conducta planificada (TPB) de Ajzen, pero añadía el concepto de normas descriptivas al reconocer que la presión normativa puede reflejar no sólo lo que otros piensan que debemos hacer, sino también lo que ellos mismos se perciben estar haciendo. Además, incorporó la noción de autoeficacia de Bandura (1977) en lugar del concepto más reciente de control del comportamiento percibido de Ajzen.

Dado que nuestra propuesta de estudio se apoya en la definición de actitud de las teorías de la acción razonada y de la conducta planificada (Fishbein y Ajzen, 2010) analizamos, los aspectos básicos del marco teórico que adoptamos. A continuación, proporcionamos una visión general de los presupuestos fundamentales de la TRA y la TPB que incluyen la definición de los constructos que la organizan y sus tesis principales.

2.2.1. La teoría de la acción razonada y la teoría de la conducta planificada

La teoría de la acción razonada es un modelo diseñado con el fin de predecir y explicar la conducta humana propuesto por Fishbein (1967), retomado después por Fishbein y Ajzen (1974) y Ajzen y Fishbein (1980). Según Reyes el modelo permite obtener mayor seguridad en la medición de los factores determinantes de la conducta que aparecen perfectamente discriminados y “elaborar un índice de probabilidad de la intención hacia la conducta que relaciona la actitud con las creencias del individuo” (2007, p. 66). La teoría de la acción razonada realiza una aportación de gran utilidad al sugerir que el comportamiento no es, como se había explicado en teorías anteriores, un mero reflejo de las actitudes, proponiendo nuevas medidas explicativas (intención y norma subjetiva) y nuevos diseños de investigación.

Este enfoque enmarcado dentro de las denominadas teorías de la expectativa-valor consta de dos partes. La primera de ellas supone que las actitudes se forman de manera espontánea e inevitable a medida que se forman creencias sobre un objeto referidas principalmente a las probables consecuencias del comportamiento (Fishbein y Ajzen, 2010); y la segunda, se basa en el modelo MODE de Fazio (1995; Fazio y Towles-Schwen, 1999) que postula que aquellos objetos de la actitud con los que se tienen una experiencia interna dan lugar a actitudes más accesibles, sugiriendo que "la motivación y

la oportunidad actúan como determinantes de procesos espontáneos versus procesos deliberativos de actitud a comportamiento" (Fazio, 1995, p. 257).

Según esta teoría (Ajzen y Fishbein, 1977, 1980; Fishbein y Ajzen, 1975) las personas tienen en cuenta las posibles implicaciones de sus acciones antes de realizar la conducta y los resultados percibidos y las evaluaciones de esos resultados son los motivadores de la conducta (Weinstein, 1993), por tanto, rechazan que la conducta social de las personas esté determinada por motivos inconscientes o creencias irracionales. De esta manera, las personas controlan su propia conducta a partir de la información que tienen, aunque como afirma Rodríguez (1989), hablar de decisiones razonadas no significa que éstas sean razonables, ya que el individuo puede estar limitado por su propia capacidad de razonamiento o por la insuficiencia de la información que dispone (Escámez, García, Pérez y Llopis, 2007).

El marco teórico de Ajzen y Fishbein, (1977) comprende tanto la toma de decisiones deliberadas como las espontáneas. Argumentan que el hecho de que la teoría lleve el nombre de enfoque razonado hace referencia a que se asume que las intenciones de comportamiento de las personas son coherentes con sus creencias que pueden ser inexactas, sesgadas o incluso irracionales. Sin embargo, una vez formadas las creencias proporcionan la base cognitiva a partir de la cual las actitudes, las normas percibidas y las percepciones de control, y en última instancia las intenciones y los comportamientos, se producen de manera razonable y coherente.

Como hemos argumentado anteriormente tras numerosos estudios, algunos investigadores, incluido el propio Ajzen, analizaron las limitaciones del modelo de la acción razonada, señalando que dicha teoría resultaba insuficiente para explicar

determinadas conductas que no están completamente bajo el control del individuo y por ello, realizan una nueva formulación incluyendo otro predictor de las intenciones: el control conductual percibido, configurándose así la teoría de la conducta planificada (Ajzen, 1985; Ajzen y Madden, 1986). Este nuevo elemento completa la posibilidad de predecir y explicar las conductas que escapan al control voluntario de la persona y añade que, aunque se tenga una actitud favorable hacia una conducta, la probabilidad de realizarla va a depender de la percepción de control por parte del sujeto sobre su conducta.

2.2.1.1. Factores de la conducta en la teoría de la acción razonada y de la conducta planificada.

La comprensión de las teorías de la acción razonada y la conducta planificada exigen la aclaración del significado de cada uno de los elementos que las configuran. A continuación, analizamos el significado de cada uno de ellos.

Las actitudes y sus determinantes.

Para Fishbein y Ajzen (1975) la actitud es un juicio evaluativo bipolar acerca de un objeto, una disposición aprendida a responder de manera favorable o desfavorable con respecto a un objeto dado. Señalan que, en el contexto del enfoque de la acción razonada, la evaluación del interés es la actitud hacia la realización personal de un comportamiento particular.

Las actitudes dependen de las creencias conductuales y de la evaluación que la persona realiza de cada una de dichas creencias. Para Fishbein y Ajzen (2010) la consistencia, correlación entre actitud y conducta, se pone de manifiesto mediante la permanencia evaluativa, es decir, cuando “la favorabilidad hacia un determinado patrón de conducta,

en relación a un objeto social dado, permanece relativamente constante” (Escámez et ál., 2007, p. 54). Al considerar la consistencia en términos de evaluación afectiva, la actitud estaría relacionada con un conjunto de conductas amplio por lo que no se considera un criterio definitivo para predecir la conducta que se realiza desde la intención que desarrollaremos más adelante.

Según Fishbein y Ajzen (2010) los antecedentes de la actitud son las creencias conductuales referidas a la probabilidad subjetiva de que la conducta produzca un resultado determinado. Así si la persona percibe que el resultado de la realización de la conducta es positivo tendrá una actitud positiva para realizarla. Las creencias, en combinación con los valores subjetivos de los resultados esperados, son las que determinan en última instancia la actitud hacia la conducta. Las creencias aparecen cuando la persona asigna a un objeto un atributo a partir de la información que posee, siendo más o menos intensas según la probabilidad subjetiva con la que sea asociado el atributo al objeto.

Las creencias conductuales generan actitudes y son convicciones en torno a los resultados de la propia conducta de una persona, en tanto que esta sostiene que realizando una conducta, obtendrá unos resultados favorables o desfavorables.

Según Fishbein y Ajzen (2010) se producen actitudes favorables hacia los objetos cuando se asocian con atributos valorados positivamente y actitudes desfavorables cuando lo hacen con atributos valorados negativamente.

En el enfoque de la teoría de la acción razonada la formación de actitudes se basa en el modelo de expectativa-valor que supone que estas se configuran de manera espontánea e inevitable a medida que construimos creencias sobre un objeto. En el caso de un

comportamiento, estas creencias se refieren principalmente a las posibles consecuencias o resultados del comportamiento. Según el modelo, cada creencia vincula el comportamiento a un resultado, y “la valoración positiva o negativa del mismo contribuye a la actitud en proporción directa a la probabilidad percibida de que el comportamiento produzca el resultado en cuestión (es decir, la fuerza de la creencia)” (Fishbein y Ajzen, 2010, p. 126). Para producir un índice general de valor de expectativa habría que sumar todos los productos de la fuerza de la creencia acerca de que el objeto posee un atributo por la evaluación del mismo. La evidencia empírica confirma que dicho índice de valor de expectativa correlaciona bien con una medida de actitud directa.

Norma subjetiva y sus determinantes.

La norma subjetiva como predictor de la intención conductual en la teoría de la acción razonada se definió en un principio como un juicio probabilístico sobre lo que la mayoría de las personas importantes para el sujeto piensan acerca de si debería o no llevar a cabo la conducta. Refleja la percepción que tiene el sujeto del tipo de conductas que los demás esperan que realice o se abstenga de realizar. Tal y como expresan Conner y Sparks (2005) pone de manifiesto la presión social que los individuos perciben en relación con llevar o no llevar a cabo la conducta en función de las opiniones de los referentes importantes.

En el marco actual de la acción razonada, se afirma que se puede experimentar presión social no solo por creer que individuos o grupos particulares quieren o no que se realice un determinado comportamiento (normas cautelares), sino también porque se piense que los referentes importantes están realizando o no el comportamiento en cuestión (normas descriptivas). Tal y como Azjen y Fishbein (2010) afirman la norma subjetiva “incorpora

e integra tanto los deseos como las acciones de los referentes que son importantes para el individuo” (p. 131).

De acuerdo con la formulación inicial del enfoque de la acción razonada, el comportamiento de las personas se verá afectado por las creencias normativas cautelares y por las descriptivas.

Las creencias normativas cautelares son las convicciones que un sujeto atribuye a otras personas o instituciones, importantes para él con las que se siente obligado a cumplir. Se relacionan con las ideas que la persona tiene sobre lo que piensan o esperan de él sus referentes sociales. Para comprender las creencias normativas cautelares, Fishbein y Azjen (2010) recomiendan evaluar la motivación para cumplir con el referente. De esta manera afirman que “una norma cautelar se basa en el conjunto total de creencias normativas cautelares relevantes, cada una ponderada por la motivación para cumplir con el referente” (p. 137).

Según lo anterior, si referentes importantes para el individuo entienden la conducta como algo positivo y el individuo está motivado para recibir la influencia de los mismos, es decir quiere satisfacer las expectativas de estos, se puede esperar una norma cautelar positiva.

De manera similar, parece razonable suponer que la influencia de las creencias normativas descriptivas puede depender de la identificación de la persona con el referente social. Sin embargo, en este caso, la evidencia empírica ha proporcionado poco apoyo a la importancia de la motivación.

Control conductual percibido y sus determinantes.

Hasta el momento hemos desarrollado dos de los determinantes principales de las intenciones y el comportamiento como son las actitudes hacia el comportamiento y las normas percibidas. Sin embargo, dentro del marco conceptual de la acción razonada, poseer una actitud favorable y percibir la presión social pueden no ser suficientes para la formación de una intención hacia la realización de realizar un comportamiento. Además de las actitudes y las normas percibidas, las intenciones también están influenciadas por el control conductual percibido.

El control conductual percibido se define como la medida en que las personas creen que son capaces de realizar un comportamiento determinado y poseen control sobre su comportamiento. Tiene en cuenta la disponibilidad de información, habilidades, oportunidades y otros recursos necesarios para llevar a cabo el comportamiento, así como las posibles barreras u obstáculos que deben superarse. Si se tiene en cuenta que las actitudes y las percepciones de la presión social influyen sobre un determinado comportamiento, cuanto mayor sea el control conductual percibido, más fuerte debería ser la intención de realizar el comportamiento en cuestión. Para Fishbein y Azjen (2010) si “las personas creen que no tienen control sobre el desempeño de un comportamiento, es posible que no lo lleven a cabo, a pesar de tener actitudes positivas y percibir una fuerte presión social para hacerlo” (p. 155).

Para Bandura (1997) la autoeficacia se refiere a “creencias en las capacidades de uno para organizar y ejecutar las acciones requeridas para producir determinados logros” (p. 3). Fishbein y Azjen (2010) definen el control conductual percibido de manera similar a la concepción de Bandura de autoeficacia como "el grado en que las personas creen que son

capaces o tienen control sobre un comportamiento determinado" (p. 155). Al igual que la autoeficacia, el control conductual percibido refleja factores internos y externos que pueden facilitar o impedir el desempeño de un comportamiento determinado. Podemos inferir, por tanto, que conceptualmente, el control conductual percibido y el concepto de autoeficacia de Bandura presentan muchas similitudes, aunque las operaciones diseñadas para evaluar la autoeficacia pueden tomar una forma muy diferente al del control conductual percibido en la investigación empírica.

La percepción sobre la presencia o ausencia de factores que facilitan, dificultan o inhiben un comportamiento se han denominado creencias de control. Dichas creencias pueden estar basadas en una experiencia anterior con la conducta y vincularse con dos elementos: unos relacionados con la facilidad o la dificultad de realizar un comportamiento o la confianza en la capacidad de uno para realizarlo y otros que abordan el control sobre el comportamiento o la medida en que su desempeño depende del sujeto (Manstead y van Eekelen, 1998).

Las creencias de control conducen a la percepción de que uno tiene o no la capacidad de llevar a cabo el comportamiento (es decir, el control conductual percibido). De esta manera es probable que las personas que piensan que tienen las habilidades y los recursos necesarios para llevar a cabo un comportamiento desarrollen un fuerte sentido de autoeficacia o control conductual percibido, mientras que las personas que creen que carecen de ellos probablemente desarrollen un sentido mucho más débil de agencia personal.

Los factores de fondo.

Fishbein y Azjen (2010) sostienen que las creencias no son innatas y que se adquieren en los “encuentros diarios con el mundo real” (p. 221). Determinan que según el origen de estas se distinguen tres tipos:

- Creencias descriptivas u observacionales. Aquellas “que se obtienen de la observación directa de un objeto dado por el individuo” (Reyes 2007, p. 67) y que son, por tanto, de una certeza subjetiva y validadas continuamente por la experiencia.
- Creencias inferenciales. Las que “tienen su origen en las creencias descriptivas realizadas con antelación y se basan principalmente en relaciones probabilística entre las creencias, las cuales siguen los lineamientos del razonamiento silogístico” (Reyes, 2007, p. 68).
- Creencias informativas. Las procedentes de la información obtenida de los demás o que es dada a conocer por un medio de difusión externo. Durante la infancia procede básicamente de la familia y posteriormente se obtiene de otras instituciones y grupos sociales (la escuela, el grupo de iguales y los diversos medios de comunicación social) (Morales, 1999). La exposición a la información conduce en todos los casos a la formación de una creencia descriptiva que solo si se acepta se convierte en informativa.

Sea cual sea el origen de las creencias la teoría de la acción razonada supone que una vez que se han formado proporcionan la base para las actitudes, las normas subjetivas y las percepciones de control, que a su vez, conducen a las intenciones y el comportamiento.

Afirman que las diferencias observadas en las creencias son el resultado de experiencias de aprendizaje diferenciales y que estas varían en función de las características personales (por ejemplo, la personalidad, la inteligencia o los valores), los factores sociales y culturales (por ejemplo, el origen étnico, la religión o la educación), y la exposición a los medios de comunicación y otras fuentes de información. Azjen y Fishbein incluyen estos factores en el contexto de su teoría, ya que de esta manera pueden estudiar hasta qué punto influyen en las creencias conductuales, normativas y de control con respecto al comportamiento particular bajo investigación, obteniendo una idea de los posibles orígenes de las creencias que sirven como base cognitiva para el comportamiento.

Por tanto, se reconoce que numerosas variables podrían influir en las creencias de las personas: edad, género, etnia, nivel socioeconómico, educación, nacionalidad, afiliación religiosa, personalidad, estado de ánimo, inteligencia, experiencias pasadas, exposición... Tal y como afirman Escámez et ál. “En el modo como queda asumida la información por el sujeto se plasman tanto los factores de contexto ambiental como aquellos característicos de la personalidad” (2007, p. 49).

Es necesario aclarar que las creencias conductuales, normativas y de control en relación con un comportamiento pueden diferir de una persona a otra, de un grupo o cultura a otra y cambiar con el tiempo. El hecho de que las creencias varíen entre individuos, poblaciones y con el tiempo ayuda a explicar la influencia de varios factores de fondo en el comportamiento. Al analizar las creencias conductuales, normativas y de control que varían de un grupo a otro se obtiene una mejor comprensión de los motivos de las diferencias observadas (Azjen y Fishbein, 2010).

Se puede concluir afirmando que según el enfoque de la acción razonada los factores de fondo influyen en las intenciones y el comportamiento indirectamente por sus efectos sobre las creencias conductuales, normativas o de control y, a través de estas creencias, sobre actitudes, normas subjetivas o percepciones de control.

La intención.

La intención es uno de los elementos novedosos de la teoría de la acción razonada ya que predice la conducta. Fishbein y Ajzen la definen como “la localización de una persona en una dimensión de probabilidad subjetiva que incluye una relación entre la persona misma y alguna acción” (1975, p. 288) y Warshaw y Davis añaden que la intención es “el grado en el cual las personas tienen planes conscientes de realizar o no una conducta” (1985, p. 214). En definitiva, representa los indicios de la disposición de una persona para realizar una conducta.

El aspecto esencial que caracteriza una intención es la estimación de la persona de la probabilidad o la probabilidad percibida de realizar un comportamiento determinado. De esta manera cuanto mayor sea la probabilidad subjetiva, más probable es que el comportamiento se realice.

Según Morales “la investigación empírica pone de manifiesto que las intenciones conductuales pueden ser pronosticadas con bastante exactitud variando la importancia relativa de las actitudes y de la norma subjetiva en función de la conducta y las poblaciones analizadas” (1999, p. 563). La intención se considera predictor de la conducta con considerable precisión, siempre y cuando ésta no presente excesivos problemas de control (Ajzen, 1988; Shepard, Hartwick y Warshaw, 1988). Fishbein y Ajzen (2010) especifican que son tres los predictores de la intención y el hecho de que puedan asumir

diferentes pesos pone de manifiesto que la intención de realizar un comportamiento determinado se basa en una combinación particular de consideraciones de actitud, normativas y de control. La importancia relativa de los diferentes predictores puede variar de una población a otra lo que permite explicar por qué las personas con actitudes similares, normas percibidas y percepciones de control se comportan de diferentes maneras.

La teoría sugiere que la intención es el mejor predictor individual del comportamiento, aunque es importante tener en cuenta las competencias y habilidades, así como los factores ambientales (es decir, el control del comportamiento). En el modelo se pone de manifiesto que las personas tendrán la intención de realizar un comportamiento si poseen actitudes positivas hacia el comportamiento personal y si perciben la presión normativa para hacerlo. Sin embargo, incluso en estas circunstancias, pueden no tener la intención de realizar el comportamiento si creen que carecen de control sobre el comportamiento.

En esta teoría las intenciones son buenas predictoras del comportamiento, particularmente cuando este está bajo control volitivo y numerosos estudios en el contexto de la teoría cognitiva social de Bandura (1977) documentan que la autoeficacia es un buen predictor de comportamiento (por ejemplo, Sadri y Robertson, 1993). Además, las medidas de control conductual percibido o autoeficacia a menudo mejoran la predicción más allá de la intención (Armitage y Conner, 2001; Cheung y Chan, 2000), y esto es particularmente cierto cuando el comportamiento no está bajo control volitivo completo (Madden, Ellen y Ajzen, 1992).

2.2.2. De la teoría de la acción razonada a la teoría de la acción planificada

El enfoque de acción razonada ayuda a explicar y predecir las intenciones y el comportamiento en tanto que supone que las intenciones de comportamiento de las personas siguen de forma razonable sus creencias sobre la realización de dicho comportamiento. Las creencias ya sean verídicas, inexactas o incluso irracionales son la base cognitiva a partir de la cual se supone que las actitudes, la norma subjetiva (normas sociales percibidas), las percepciones de control del comportamiento, y en última instancia las intenciones, se siguen de manera razonable y consistente.

De esta manera la teoría puede servir como marco para el diseño de intervenciones eficaces para el cambio de comportamiento (Ajzen, 2011). La teoría sugiere que en la medida en que se tenga éxito en el cambio de creencias conductuales, normativas y de control se producirán variaciones en las actitudes, en las normas subjetivas y en la percepción de control del comportamiento y que esos cambios deberían influir en las intenciones. Se podría afirmar que para que se produzca un cambio en las intenciones es preciso que se produzcan cambios grandes en las creencias, y para que la intención conduzca hacia el comportamiento deseado, las personas deben tener los recursos necesarios y las barreras para el desempeño conductual deben ser eliminadas.

Es interesante resaltar que las creencias conductuales, normativas y de control que las personas tienen sobre el desempeño de un comportamiento determinado están influenciadas por una amplia variedad de factores culturales y personales y que pueden verse afectados por el entorno social, la exposición a la información o por prejuicios.

Este modelo (Figura 2.1) tal y como comentan Azjen y Fishbein (2010) muestra que la intención es el antecedente inmediato del comportamiento real y que esta, a su vez, está

determinada por la actitud hacia el comportamiento, la norma subjetiva y el control conductual percibido. También pone de manifiesto que estos determinantes dependen de las creencias conductuales, normativas y de control respectivamente que pueden variar en función de una amplia gama de factores.

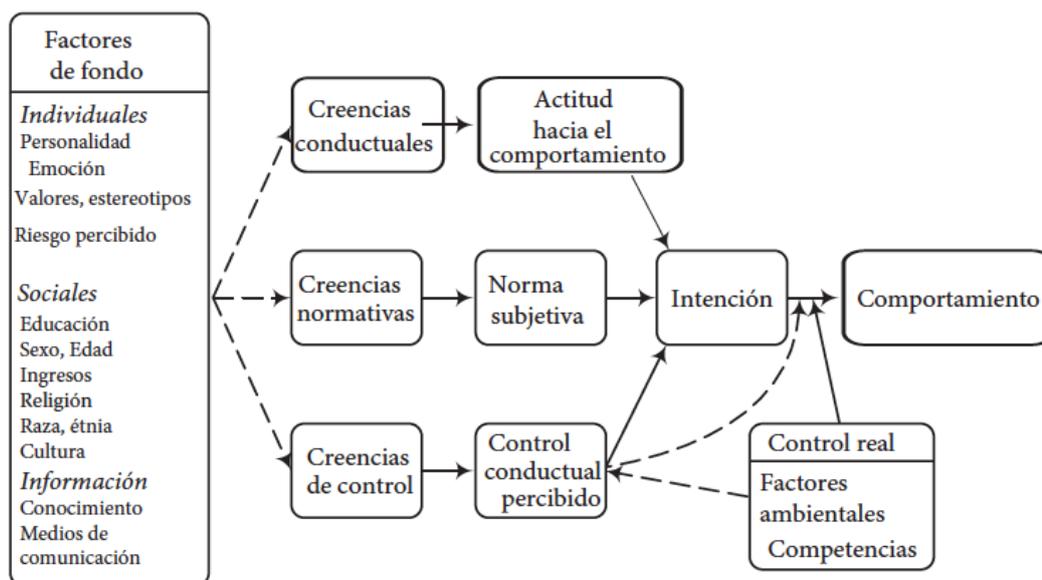


Figura 2.1. Representación esquemática del modelo de la acción razonada y de la conducta planificada

Nota: Tomada de Azjen y Fishbein, 2010, p. 22

Azjen y Fishbein explican que la flecha que apunta desde el control del comportamiento real al enlace intención-comportamiento indica “que se espera que el control volitivo modere la relación intención-comportamiento de modo que el efecto de la intención sobre el comportamiento sea más fuerte cuando el control real es más alto que bajo” (2010, p. 194). Las flechas punteadas conectan el control real con el control percibido y el control percibido con el enlace intención-comportamiento.

El modelo representado en la figura 2.1 también muestra una cadena de efectos causales que comienza con la formación de creencias conductuales, normativas y de control que

influyen, respectivamente en las actitudes, las normas subjetivas y el control conductual percibido y que, a su vez, producen intenciones y comportamientos.

Debemos aclarar que existen varias relaciones importantes que no se muestran la figura 2.1. Azjen y Fishbein (2005) explican que el desempeño de un comportamiento también puede proporcionar nueva información sobre los resultados probables del comportamiento, sobre las expectativas de los demás y sobre cuestiones de control y que es probable que estos circuitos de retroalimentación influyan en las intenciones y el comportamiento futuros.

Afirman que una vez formadas, las actitudes hacia un comportamiento pueden funcionar al revés para influir en la formación de nuevas creencias conductuales y que lo mismo puede ser cierto para las normas subjetivas que se alimentan de las creencias normativas y para las percepciones existentes de control que influyen en la formación de nuevas creencias de control.

Las actitudes, las normas subjetivas y las percepciones de control, aunque conceptualmente independientes, “pueden correlacionarse entre sí porque pueden estar basadas en parte en la misma información” (Azjen y Fishbein, 2005, p. 195). De esta manera, si se cree que un determinado comportamiento produce resultados favorables, las personas pueden formar una actitud positiva hacia ese comportamiento, y también pueden inferir que los referentes relevantes para ellos desearían que lo realizaran. Del mismo modo, las personas que creen que carecen de las habilidades necesarias para realizar un comportamiento pueden anticipar el fracaso y, por tanto, pueden desarrollar una actitud negativa hacia el comportamiento.

La figura 2.1 no muestra los pesos relativos o la importancia de la actitud hacia la conducta, la norma subjetiva y el control percibido en la predicción de la intención. Se supone que estos pesos varían en función del comportamiento particular y la población bajo consideración. Por tanto, un comportamiento puede estar influenciado principalmente por consideraciones de actitud, mientras que otro comportamiento lo puede estar principalmente bajo la influencia de factores normativos o de control.

Según el modelo de predicción conductual desarrollado (Ajzen y Fishbein, 2010), el comportamiento social humano se guía por consideraciones sobre las posibles consecuencias de un comportamiento (creencias conductuales), por las demandas percibidas del entorno social (creencias normativas) y por las percepciones sobre las “barreras y facilitadores” que pueden estar presentes al intentar realizar un comportamiento (creencias de control). Las personas que creen que su comportamiento tiene consecuencias principalmente favorables desarrollan una actitud positiva hacia el comportamiento, mientras que las que creen que el comportamiento conduce a resultados principalmente negativos desarrollan una actitud negativa hacia el comportamiento. Del mismo modo, cuando la norma social percibida por una persona respalda el desempeño conductual la probabilidad de realizar el comportamiento será mayor. Finalmente, las personas que creen que habrá más facilitadores que barreras y que pueden superar los obstáculos potenciales cuando intenten llevar a cabo un comportamiento desarrollarán una sensación de control conductual percibido o autoeficacia en relación con el comportamiento. En combinación, las actitudes hacia el comportamiento, las normas percibidas y las percepciones de control producen una intención de realizar o no el comportamiento, y esta intención se lleva a cabo en la medida en que la persona realmente tiene control sobre el comportamiento.

Sin embargo, también notamos que este enfoque tiene sus límites. La falta de control volitivo puede evitar que las personas lleven a cabo un comportamiento previsto; la información inexacta puede producir creencias, actitudes e intenciones poco realistas; eventos imprevistos pueden conducir a cambios en las intenciones; y las emociones fuertes en un contexto de comportamiento pueden activar creencias y actitudes que no se anticiparon al completar un cuestionario. Sniehotta, Presseau y Araújo-Soares (2014) apuntan a la limitada validez predictiva de la TPB en particular en aquellos casos en los que los individuos que tienen una intención no actúan en consecuencia.

2.3. Actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM

La atención que se le otorga en la actualidad al estudio de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM está justificada por el papel que desempeñan en la construcción de la cultura científica de los ciudadanos. También porque esas actitudes participan en el desarrollo del interés y el compromiso que tenemos hacia cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología para nuestro beneficio personal y social. Además, porque promover la motivación, el gusto y el interés por la Educación STEM puede aumentar la proporción de alumnos (y, especialmente, de alumnas) que acabarían dedicándose a una profesión STEM en el futuro. Las investigaciones de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM se han convertido en una temática de interés creciente por las repercusiones que tienen en los procesos de enseñanza-aprendizaje, en la toma de decisiones del alumnado sobre su futuro (Koballa, 1995; Koballa y Glynn, 2007), en la motivación (Hassan, 2008) y por considerarlas predictores del rendimiento (Papanastasiou y Papanastasiou, 2002; Papanastasiou y Zembylas, 2002).

El estudio de las actitudes hacia la ciencia muestra una discrepancia entre las necesidades sociales, que demandan una mayor alfabetización científica de los ciudadanos para enfrentar los desafíos económicos, ambientales y tecnológicos, y el decreciente número de estudiantes que deciden seguir estudios relacionados con las ocupaciones STEM. En este sentido, se han realizado numerosos análisis sobre el continuo descenso de estudiantes que eligen estudios relacionados con carreras científicas, tanto por la baja elección inicial como por su frecuente abandono (Jenkins y Nelson, 2005; Osborne y Collins, 2001; Schreiner y Sjøberg, 2004). Algunos autores apuntan a que se han descuidado los aspectos emocionales y afectivos y que el origen de estas decisiones puede encontrarse en las actitudes negativas hacia la ciencia y la tecnología, adquiridas a lo largo de toda la escolaridad (Osborne, Simon y Collins, 2003; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005). Donnelly (2001) señala que la ciencia escolar se enseña dejando poco espacio para el alumnado como agente intelectual autónomo.

La literatura sobre las actitudes relacionadas con la ciencia se ve afectada por la falta de claridad y precisión en la conceptualización del objeto de estudio (Osborne et ál., 2003). El constructo actitudes hacia la ciencia sigue siendo confuso y puede definirse de diferentes maneras, dependiendo del propósito y la perspectiva del investigador o investigadores involucrados (Summers y Abd-El-Khalick, 2018). En el ámbito educativo se ha identificado con la disposición de los estudiantes hacia el aprendizaje de la ciencia, manifestada mediante el interés que muestran por ella, la motivación hacia su estudio y el agrado o la buena disponibilidad hacia la ciencia. Tal y como afirman Vázquez y Manassero “En esta concepción reducida subyace un carácter excesivamente instrumental y secundario, es decir, la actitud así concebida es un medio para alcanzar buenos resultados de aprendizaje de la ciencia” (1995, p. 338). El marco científico desarrollado

por la OCDE para la evaluación PISA 2015 señala que "las actitudes de la gente hacia la ciencia desempeñan un papel importante en su interés, atención y respuesta a la ciencia y la tecnología" y que, "tales actitudes también apoyan la adquisición y aplicación posterior de conocimiento científico y tecnológico (...) y conducen al desarrollo de la autoeficacia" (OCDE, 2013, párr. 74).

Las actitudes hacia la ciencia abarcan aspectos muy variados como las actitudes hacia las carreras científicas y las asignaturas de ciencia; hacia los profesores de ciencia; hacia el aprendizaje de la ciencia; hacia el trabajo de los científicos; hacia la ciencia como institución; hacia el valor de la ciencia y hacia las temáticas propias de la ciencia, entre otros (Acevedo, 2005). Osborne, Simon y Collins (2003) y Potvin y Hasni (2014) señalan cinco aspectos que parecen especialmente relevantes para que el alumnado forme actitudes positivas hacia la ciencia escolar:

- Percepción de que se disfruta de la ciencia escolar.
- Percepción de la dificultad de la ciencia escolar.
- Percepción de la autoeficacia en ciencias del estudiante en la escuela.
- Percepción de la relevancia de la ciencia escolar para la vida cotidiana del estudiante.
- Percepción de la utilidad de la ciencia escolar para la futura carrera del estudiante.

Entre las principales dificultades relacionadas con el estudio de las actitudes hacia la ciencia nos encontramos la ausencia de un marco teórico de referencia, sólido y bien articulado, que guíe la investigación (Vaske, 2008). Este hecho ha derivado en una gran

cantidad de definiciones de actitudes hacia la ciencia, así como en problemas de validez y fiabilidad de los instrumentos aplicados para su medida (Blalock et ál., 2008). En este sentido, Shrigley y Koballa (1992) consideran que las tres teorías bajo las cuales las actitudes hacia la ciencia se deben estudiar y dar sentido son: el modelo de Hovland (Hovland, Lumsdaine y Sheffield, 1949), la teoría de la acción razonada de Fishbein y Ajzen (1980) y el modelo de elaboración de Petty y Cacioppo (1981).

En nuestra investigación utilizaremos como marco teórico la teoría de la acción razonada y la conducta planificada de Fishbein y Ajzen (1980). Exploraremos la actitud del alumnado hacia la ciencia analizando, por un lado, las creencias y percepciones relativas a la competencia científica (autoeficacia), la utilidad percibida de la ciencia, y por otro, a las reacciones afectivas que aquel manifiesta en forma de gusto y disfrute hacia el estudio de la ciencia. De esta manera todos los componentes descritos podrían constituir una forma precisa para medir la actitud hacia la ciencia del alumnado (Speering y Rennie 1996).

2.3.1. Sentido y finalidad del constructo actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM

Allport (1935) afirma que resulta más sencillo medir las actitudes que definir las. En educación científica, la actitud es un término difícil de acotar debido a la diversidad de concepciones y perspectivas desde las que se ha enfocado su estudio y porque es vista como una variable que puede manifestar tres tipos de respuesta: cognitiva, afectiva e intencional (Simpson, Koballa, Oliver y Crawley, 1994).

Si analizamos las múltiples investigaciones realizadas en las que aparece el constructo de actitudes hacia la ciencia nos encontramos con que muchas la identifican con la

disposición del interés o motivación hacia el estudio de la ciencia y otros, con los valores de la ciencia o con las características de los científicos o el método científico. Por ello, Aiken y Aiken (1969) sugieren asociar las actitudes hacia la ciencia a tres significados:

- Actitud hacia la ciencia o sentimiento de gusto o disgusto hacia la ciencia en general o hacia una ciencia en particular.
- Actitud hacia los científicos, hacia lo que gusta y lo que no de las actividades realizadas por los científicos y a la imagen pública de los mismos.
- Actitud hacia el método científico relacionada con habilidades vinculadas al conocimiento del método científico.

Esta visión se ve enriquecida por las aportaciones de Klopfer (1971) que categoriza las actitudes como un conjunto de comportamientos afectivos relacionados con:

- Manifestar actitudes favorables hacia la ciencia y los científicos.
- Aceptar la investigación científica como una forma de pensamiento.
- Adoptar “actitudes científicas”.
- Disfrutar aprendiendo ciencia.
- Interesarse por la ciencia y las actividades relacionadas con la ciencia.
- Interesarse por hacer una carrera científica o ejercer un trabajo relacionado con la ciencia.

Poco después, Gardner (1975) establece una distinción conceptual, sugiriendo dos categorías para su estudio (actitudes hacia la ciencia y actitudes científicas) que desde entonces ha sido asumida por otros investigadores (Munby, 1983; Schibeci, 1984).

Para Gardner (1975) las actitudes hacia la ciencia hacen referencia a los sentimientos, creencias y valores que se sostienen en relación a diversos objetos de actitud, como la ciencia escolar, los propios científicos o el impacto de la ciencia en la sociedad. Serían las disposiciones o inclinaciones a responder hacia todos los elementos (acciones, personas, situaciones o ideas) implicados en el aprendizaje de la ciencia. Las actitudes hacia la ciencia están constituidas por tres componentes: el interés por los contenidos científicos (interesantes/attractivos/aburridos), las actitudes hacia los científicos y su trabajo, y las actitudes hacia los resultados obtenidos por la ciencia.

Las actitudes científicas (Gardner, 1975) serían el conjunto de rasgos emanados de las características que el método científico impone a las actividades de investigación científica realizadas por los científicos como, por ejemplo, la curiosidad, la creatividad, el escepticismo, la imparcialidad, la objetividad o la racionalidad. Para Osborne et ál. (2003) son una mezcla compleja del anhelo de conocer y comprender, un enfoque de cuestionamiento de todas las declaraciones, una búsqueda de datos y su significado, una demanda de verificación, un respeto por la lógica, una consideración de las premisas y de las consecuencias.

De alguna manera se puede afirmar que las actitudes hacia la ciencia subrayan, sobre todo, el aspecto afectivo de la actitud frente al carácter más cognitivo de las denominadas actitudes científicas (Vázquez, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2006).

Gauld y Hukins (1980) trazan una distinción entre la actitud general ante las ideas y la información científica, las actitudes relativas a la evaluación de las ideas y la información científica, y el compromiso con determinadas creencias científicas. Ponen de manifiesto que la diferenciación en categorías es muy complicada ya que no existe acuerdo acerca de los significados que deben atribuirse a cada una de ellas. Por ejemplo, para Hughes (1971) la categoría de actitudes científicas se usa como un término que abarca todas las categorías de Gardner (1975), las tres utilizadas por Aiken y Aiken (1969) o las que usa Klopfer (1971).

Hodson (1985) distingue entre actitudes sobre la imagen de la ciencia, actitudes sobre los métodos de la ciencia, actitudes científicas, actitudes sobre las implicaciones sociales de la ciencia y actitudes sobre la enseñanza de las ciencias.

Koballa y Crawley sugieren que las actitudes hacia la ciencia se refieren a si a una persona le gusta o le disgusta la ciencia, o si tiene "un sentimiento positivo o negativo sobre la ciencia" (1985, p. 223). Reservan el término "creencia" para la información que una persona acepta que sea cierta y destacan que el objetivo principal de medir las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes es predecir el comportamiento.

En la década de 1990 los paradigmas de investigación en psicología social y educativa, que habían influido durante mucho tiempo en el estudio de las actitudes hacia la ciencia, pasaron de una orientación conductista a otra más cognitivista (Richardson, 1996) lo que llevó a diferentes investigadores a redefinir el concepto de actitud. Las diferentes definiciones de actitudes hacia la ciencia se relacionaron con resultados observables y, en particular, con el comportamiento.

La problemática en cuanto al concepto actitud continúa por la falta de clarificación en el significado de otros términos, como interés, valor, motivación u opinión (Ramsden, 1998). De esta manera, Koballa y Glynn (2007) diferencian la actitud de la motivación, aunque declaran que son conceptos muy relacionados. Afirman que las actitudes influyen sobre la motivación de los estudiantes, definiendo esta como el estado interno de una persona que despierta, dirige y mantiene la conducta. Asimismo, determinan que la motivación impulsa el aprendizaje del alumnado, influyendo también sobre el comportamiento. En este sentido, Vázquez y Manassero (2015) indican que uno de los principales motivos para elegir estudios de grado relacionados con la Educación STEM es el interés por la ciencia, teniendo en cuenta que el interés forma parte del constructo general motivación ya que, aún siendo conceptos diferentes, están muy relacionados.

Como hemos podido apreciar, acotar el sentido y el significado de las actitudes hacia la ciencia es una tarea compleja, ya que aún no se ha alcanzado un consenso acerca de qué aspectos la constituyen. Una de las dificultades para investigar las actitudes hacia la ciencia se relaciona con el hecho de que tales actitudes no consisten en una construcción unitaria, sino en una cantidad variable de subconstrucciones, que contribuyen en proporciones diferentes a las actitudes hacia la ciencia. Todas las definiciones anteriores resaltan, por tanto, la multidimensionalidad del constructo, de manera que nos encontramos, por ejemplo, con investigaciones en las que las dimensiones asociadas a las actitudes hacia la ciencia están relacionadas con el disfrute de la ciencia, el interés por cuestiones científicas, el papel social de la ciencia o el deseo por realizar en un futuro carreras científicas (Denessen, Vos, Hasselman y Louws, 2015; Guzey, Moore, Harwell y Moreno, 2016; Pérez Manzano y Pro Bueno, 2018; Vázquez Alonso, Acevedo, Manassero y Acevedo, 2006) y otras que incluyen actitudes hacia la ciencia escolar

(Barmby, Kind y Jones 2008; Fraser 1982; Osborne et ál., 2003; Schreiner y Sjøberg, 2004) o hacia la ciencia escolar y la autoeficacia del alumnado (DeWitt y Archer, 2015; Marbà-Tallada y Márquez Bargalló, 2010; Vázquez Alonso y Manassero, 2008).

Otra dificultad para evaluar el significado y la importancia de las actitudes es que son esencialmente una medida de las preferencias y sentimientos expresados por el sujeto hacia un objeto y que no están relacionadas necesariamente con los comportamientos que realmente exhibe el alumnado. En consecuencia, el comportamiento se convierte en el foco de interés más que las actitudes en sí mismas y ha conducido a los investigadores a explorar modelos desarrollados a partir de estudios en psicología social. En nuestro caso, adoptamos las teorías de la acción razonada y la conducta planificada (TRAPB) de Ajzen y Fishbein (1980) al considerar que las actitudes hacia la acción son mejores predictores del comportamiento de las personas que las actitudes hacia el objeto mismo. En este sentido, Osborne et ál. (2003) determinan que las preferencias, que resultan de las actitudes, no necesariamente están relacionadas con los comportamientos que un estudiante exhibe en última instancia.

De acuerdo con estas teorías, la intención de una persona de realizar un comportamiento dado está más relacionada con el comportamiento real que con su actitud hacia el comportamiento (Fishbein y Ajzen, 1975). Las TRAPB distinguen entre las actitudes hacia algún "objeto" (por ejemplo, persona, lugar, cosa o evento) y las actitudes hacia alguna acción específica que debe realizarse sobre ese "objeto" (Osborne et ál., 2003). Representan la relación entre actitud, intención y comportamiento, y nos ayudan a determinar las creencias, que pueden ser reforzadas o minimizadas, y que afectan a las decisiones relevantes de comportamiento del alumnado.

Por último, es interesante destacar que la teoría de Ajzen y Fishbein (1980) indica la necesidad de diferenciar en las investigaciones la ciencia escolar de la ciencia en general. Se piensa que las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia escolar son más predictivas de su comportamiento que sus actitudes generales hacia la ciencia. Algunos estudios muestran que las actitudes del alumnado hacia la ciencia en general son positivas, pero tal y como sugieren Sundberg, Dini y Li (1994) no lo son hacia la ciencia escolar, que se considera desconectada de la realidad. Puesto que la ciencia escolar es determinante en la toma de decisiones de los estudiantes sobre si continuar con estudios de ciencia después de los 16 años, esta debería ser, como sugieren Osborne et ál. “menos retrospectiva y más prospectiva” (2003, p. 1062).

2.3.2. Variables que influyen en las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM

Un planteamiento riguroso sobre el alcance de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en estudiantes de Educación Primaria y Secundaria (edades comprendidas entre 10 y 14 años) debe construirse sobre el estudio de los numerosos factores o variables que lo condicionan (Blalock et ál., 2008).

Algunas de las variables que pueden influir en las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM se relacionan con el sexo, la edad, el trabajo y el nivel educativo de los padres, las expectativas de los padres para sus hijos o la imagen social de la ciencia en la Educación STEM; otras, con el estilo de enseñanza del profesor, el currículo o las relaciones con los compañeros y, por último, las hay que se relacionan con las características personales del alumnado, como sus intereses, su percepción de autoeficacia, su identidad o las expectativas de futuro en cuanto a sus estudios y

ocupaciones. De todas ellas, las más estudiadas han sido el sexo y la edad (Potvin y Hasni, 2014).

2.3.2.1. El sexo y las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

Diferentes investigaciones como las llevadas a cabo por Becker (1989), Gardner (1995), Schibeci (1984) y Weinburgh (1995) transmiten la idea de que el sexo es probablemente la variable más significativa relacionada con la actitud del alumnado hacia la ciencia.

Las investigaciones realizadas en cuanto al sexo del alumnado arrojan resultados contradictorios. Algunas apuntan a que los chicos suelen manifestar actitudes más favorables hacia la ciencia que las chicas (Breakwell y Beardsell, 1992; Dennesen, Vos, Hasselman y Louws, 2015; DeWitt y Archer, 2015; Erickson y Erickson, 1984; Hayes y Tariq, 2000; Hendley, Parkinson, Stables y Tanner, 1996; Tytler, 2014; Weinburgh, 1995). Otras investigaciones señalan actitudes más favorables en las chicas (Chetcuti y Kioko, 2012), mientras que hay estudios que parecen haberse desviado de estos patrones y no observan diferencias (Akpınar, Yildiz, Tatar y Ergin, 2009; Jerrim y Schoon, 2014; Navarro, Förster, González y González- Pose, 2016; Scantlebury, Baker, Sugi, Yoshida y Uysal, 2007; Toma y Greca, 2018) o las diferencias se anulan al controlar otras variables (Von Roten, 2004).

Más específicamente, Dennesen, Vos, Hasselman, y Louws (2015) concluyen que las chicas disfrutaban menos de las lecciones de ciencia y tecnología que los chicos, siendo más susceptibles a la falta de entusiasmo del profesorado que los chicos. Sin embargo, Murphy y Beggs (2003) atribuyen a las chicas actitudes hacia la ciencia más positivas que a los chicos en Primaria y al comienzo de la Educación Secundaria. También, Akpınar, Yildiz, Tatar y Ergin (2009) muestran en sus estudios que las chicas manifiestan más interés

hacia la ciencia que los chicos, aunque disfrutaban menos que ellos con los experimentos científicos. Mihladız, Duran y Doğan (2011) encontraron diferencias significativas a favor de las chicas de 11 años que mostraron mejores actitudes en cuanto al interés y la curiosidad por cuestiones científicas y por el disfrute de actividades experimentales.

DeWitt y Archer (2015) participan en el proyecto ASPIRES³¹ y manifiestan que los problemas de sexo son evidentes desde una edad temprana. Los chicos muestran aspiraciones científicas más sólidas y las chicas tienen menos probabilidades de aspirar a carreras de ciencias, aunque un porcentaje más alto de chicas que de chicos consideran la ciencia como su asignatura favorita. Las chicas que se definen a sí mismas como "femeninas" son poco propensas a aspirar a estudios universitarios STEM y, de estas, las que cuando tenían 10 años afirmaban que querían en su futuro dedicarse a la ciencia, abandonan sus aspiraciones con el tiempo. Harding (1991) y Watts y Bentley (1993) se preguntan por qué las niñas eligen no dedicarse a la ciencia a pesar de ser competentes y creer en sus capacidades para tener éxito. Opinan que sin lugar a dudas, la perspectiva de la ciencia con sus pretensiones de universalidad y su naturaleza no reflexiva, libre de valores y objetiva, está en desacuerdo con algunos de los valores a los que las niñas dan mayor importancia como son los aspectos humanos y afectivos del conocimiento.

Los datos arrojados por el Proyecto ROSE³² (*The Relevance of Science Education*) indican que existen diferencias de sexo constantes en las variables afectivas relacionadas

³¹ El proyecto ASPIRES es un estudio de cinco años financiado por el Consejo de Investigación Económica y Social (*Economic and Social Research Council* [ESRC]) en el que se analizan las actitudes hacia la ciencia de chicos y chicas entre 10 y 14 años en un periodo de cinco años a través de encuestas y entrevistas.

³² ROSE es el acrónimo de *The Relevance of Science Education* (La relevancia de la educación científica), un proyecto comparativo transnacional que pretende mejorar la comprensión teórica de los factores relacionados con la relevancia de los contenidos de los currículos de ciencias en diferentes contextos culturales. Este proyecto ha sido dirigido por Svein Sjøberg, profesor de la Universidad de Oslo y presidente de la *International Organization for Science and Technology Education* (IOSTE).

con la ciencia. Por ejemplo, los intereses de las chicas y los chicos dependen del contexto y aumentan con el nivel de desarrollo socioeconómico; hay menos chicas que chicos que quieren convertirse en científicas o científicos, y las chicas muestran más preocupación por el medio ambiente que los chicos (Sjøberg y Schreiner, 2010). En un estudio realizado por Pro y Pérez Manzano (2014) se señala que los chicos valoran más positivamente que las chicas las noticias científicas y la creencia de que la ciencia mejora el estilo de vida. Según otra investigación reciente, realizada por Pérez Franco, Pro y Pérez Manzano (2018), las chicas poseen actitudes más favorables hacia la mayoría de las cuestiones relacionadas con los aspectos ambientales, reflejando más responsabilidad, concienciación y respeto, aunque en los chicos también resulten positivas. Muchas chicas conectan con temas STEM solo cuando el aprendizaje se realiza en el contexto de la vida real, especialmente, si las situaciones que se plantean son de naturaleza humanitaria (McNees, 2004) o socialmente relevantes (Weber y Custer, 2005).

En este sentido, algunas investigaciones como las de Freund, Weiss, y Wiese (2012) apuntan a que las preferencias de las mujeres por ocupaciones socialmente orientadas pueden estar motivadas por el altruismo, ya que estas informan de un mayor deseo de ayudar a los demás y beneficiar a la sociedad que los hombres. Los estudios universitarios relacionados con propuestas STEM, a menudo, se consideran incongruentes con los objetivos anteriores, lo que lleva a muchas mujeres a pasar por alto dedicarse a las áreas STEM. Incluso dentro de los campos STEM, es más probable que las mujeres elijan estudios relacionados con aportaciones a la comunidad o que estén orientadas a las personas. Así las tasas de obtención de títulos en ingeniería biomédica y ambiental son más altas que en ingeniería mecánica o eléctrica en el caso de las mujeres (Ceci y Williams, 2011)

Steinkamp (1982) estudió las variables relacionadas con las diferencias de sexo en las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes de varios países, concluyendo que estas eran relativamente mayores en las actitudes científicas a favor de los chicos en los países desarrollados, especialmente en Japón, Australia, Nueva Zelanda, Suecia y los Estados Unidos. En Israel, sin embargo, las actitudes de las chicas hacia la ciencia fueron más positivas en comparación con las de los chicos. Estas variaciones en la magnitud y dirección de las diferencias en las actitudes de los chicos y las chicas hacia la ciencia en todos los países sugieren que puede haber una explicación cultural de las diferencias de género en las actitudes hacia la ciencia (Wang y Berlin, 2010).

Whitehead (1996) exploró la influencia de los estereotipos de género en la elección de ciencias en el futuro, concluyendo que, en general, los chicos son más propensos a elegir carreras estereotipadas por sexo. Esto también podría explicar por qué en las escuelas solo para chicos, estos eligen más cursos de artes y humanidades que en las escuelas mixtas, ya que los chicos se sentirían menos presionados para establecer y ajustarse a su identidad de género (Sharp, Hutchison, Davis y Keys 1996).

Un estudio sobre las aspiraciones profesionales, de Lightbody y Durndell (1996), no encontró diferencias significativas entre chicos y chicas. Los investigadores explicaron que no es tanto que la ciencia y la tecnología se perciban como masculinas, sino más bien que el enfoque actual no interesa a las chicas, y que solo un cambio en el contenido y el estilo de enseñanza conducirá a un aumento significativo en la elección de las ciencias por parte de las chicas.

Particularmente interesante, y apoyando las investigaciones anteriores, son las conclusiones presentadas en PISA (2015) en cuanto a las actitudes y disposiciones de los

alumnos y las alumnas y su rendimiento en ciencias. En primer lugar, respecto a las expectativas (aspiraciones) de trabajo de chicos y chicas en ocupaciones relacionadas con las ciencias (STEM), hay que destacar que los datos para ambos sexos son muy parecidos: chicos (24.5%) y chicas (23.4%). Sin embargo, si se tienen en cuenta los niveles de rendimiento, existen variaciones significativas. En la OCDE, hay una menor proporción de chicas que de chicos en los niveles superiores de rendimiento en ciencias y, analizados los datos de la proporción de chicas con rendimiento alto que esperaba trabajar en ciencias, era bastante menor que la de los chicos. Respecto a los estudiantes con rendimiento más bajo, las proporciones de chicas y chicos que esperaban trabajar en ciencias no presentaba diferencias significativas.

Por otra parte, las expectativas de ocupación en las distintas áreas de trabajo específicas de ciencias presentaban diferencias apreciables entre los chicos y las chicas. En el promedio de países de la OCDE el porcentaje de chicos que esperaba trabajar en ocupaciones relacionadas con la ciencia y la ingeniería (12%) era superior al de las chicas (5%). Sin embargo, las expectativas de trabajo en el área de ciencias de la salud eran mucho más elevadas en las chicas (17%) que en los chicos (6%). En cuanto a las expectativas de trabajar en ocupaciones relacionadas con las tecnologías de la información y la comunicación se observan acusadas diferencias entre chicos (5%) y chicas (0.5%) y, por último, en lo que se refería a ocupaciones relacionadas con las ciencias y técnicos asociados, apenas el 2% de los chicos en el promedio OCDE espera trabajar en este campo, mientras que la proporción de chicas no llegaba al 1%. Con más frecuencia las chicas se ven en áreas relacionadas con la salud y, prácticamente en todos los países, los chicos aspiran a ser informáticos, científicos o ingenieros más a menudo que las chicas (PISA 2015).

Respecto a la participación en actividades científicas, los chicos participan con más frecuencia que las chicas y muestran más interés por los temas científicos. En el promedio de países de la OCDE los chicos muestran un gusto por la ciencia (motivación intrínseca) mayor que las chicas, aunque no parece existir relación entre los valores del índice de motivación intrínseca por la ciencia y el rendimiento. En el promedio de los países de la OCDE, los chicos presentan mayor índice de motivación extrínseca para aprender ciencia que las chicas, y la relación entre motivación extrínseca y rendimiento es débil (PISA 2015).

Se destaca también que las disparidades por género no radican en diferencias de aptitud innatas sino, más bien, en factores en los que pueden influir los padres y las madres, el profesorado, políticos y políticas y líderes de opinión, y que las diferencias en las expectativas laborales parecen estar vinculadas a las distintas percepciones que los chicos y las chicas tienen sobre lo que se les da bien y es bueno para ellos, y no en lo que realmente son capaces de hacer.

Los estudios de Baram-Tsabari y Yarden (2008) advierten que las chicas encuentran la física menos interesante que la biología, hecho corroborado por Bennett y Hogarth (2009) que, además, añaden que las chicas poseen una imagen de la relevancia social de la ciencia menos positiva que los chicos, siendo mayor el interés por la física y química entre ellos. Las chicas perciben la física como una materia más difícil que los chicos (Angell, Guttersrud, Henriksen, y Isnes, 2004; Stadler, Duit y Benke, 2000), lo que puede suponer una amenaza, ya que no existen diferencias significativas en las pruebas de física, en cuanto al rendimiento, entre los chicos y las chicas (Marchand y Taasoobshirazi, 2013).

Otra de las líneas de investigación reciente sobre las aspiraciones y las elecciones académico-profesionales STEM y el sexo, relaciona los perfiles cognitivos de los chicos y las chicas y el concepto de autoeficacia relativa. Jovanic y King (1998) argumentan que las chicas hacen juicios comparativos entre dominios académicos y que la disminución de la percepción sobre su capacidad puede reflejar que se ven a sí mismas como mejores en otras materias escolares y, por tanto, no tan buenas en ciencias. Valla y Ceci (2014) afirman que los chicos son más propensos a tener un perfil cognitivo asimétrico (mayor dominio científico-matemático y menor dominio verbal) mientras que las chicas lo son a un perfil cognitivo más simétrico (alto dominio científico-matemático y alto dominio verbal).

Es probable, que en los chicos, poseer una aptitud cognitiva dominante refuerce un autoconcepto superior en ese dominio y surja como objetivo la posibilidad de invertir tiempo, esfuerzo y energía en la búsqueda de ese dominio cognitivo como estudio futuro, maximizando así su potencial de éxito. Además, un perfil asimétrico disminuye las opciones posibles.

Por el contrario, un perfil cognitivo simétrico permite más opciones. Tener múltiples fortalezas cognitivas es probable que conduzca a expectativas y conceptos de uno mismo más ambiguos y, por lo tanto, a objetivos profesionales menos específicos. En las chicas, las altas capacidades científico-matemáticas suelen competir con altas capacidades lingüísticas y la medida de las capacidades científico-matemáticas se hace en función de las lingüísticas, resultando en mayor exigencia personal y menor percepción de autoeficacia. Además, los perfiles cognitivos más simétricos en dominios verbales y matemáticos tienen más probabilidades de elegir profesiones no STEM como resultado

de la mayor cantidad de opciones de carrera. Es importante resaltar que las fortalezas cognitivas relativas se ven afectadas por otros factores y motivadores adicionales que operan en la toma de decisiones profesionales como las preferencias ocupacionales, las obligaciones familiares, los valores de estilo de vida y las creencias de habilidad específicas de campo (Wang y Degol, 2016).

Por otra parte, varios estudios señalan que el comportamiento y las elecciones de los estudiantes pueden verse afectadas por sesgos implícitos derivados de la exposición a estereotipos culturales generalizados, que conciben la ciencia como una profesión más de hombres que de mujeres (Dasgupta, 2011), y a las mujeres como menos competentes (Eagly y Mladinic, 1993), siendo estos estereotipos sostenidos y exhibidos por ambos géneros (Nosek, Banaji y Greenwald, 2002). Relacionado con lo anterior Osborne et ál. (2003) argumentan que los niños pueden sentirse presionados a hacer ciencia, ya que este es un tema que puede ser percibido como estereotípicamente masculino, mientras que esto en las niñas puede llevarlas a abandonarla como un medio para establecer su identidad de género. En este sentido, otros factores que tratan de explicar la aparente falta de interés de las chicas por los estudios STEM se relacionan con la ausencia de modelos de rol para mujeres, métodos de enseñanza que no llegan a las chicas y baja sensación de aceptación o menor apoyo familiar. Las chicas están más influenciadas que los chicos por las presiones de los padres y de los compañeros (Ogunjuyigbe, Ojofeitimi y Akinlo, 2006). Es probable que las chicas reciban menos apoyo familiar para embarcarse en carreras de física y tecnología al tiempo que se las anima a seguir itinerarios más relacionados con las humanidades (Hoffmann, 2002). Endendijk et ál. (2013) descubrieron que las creencias de género de los padres sobre la Educación STEM pueden llevar a las creencias estereotipadas de sus hijos sobre los roles de género.

Los docentes influyen de manera decisiva en las actitudes hacia la ciencia del alumnado (Logan y Skamp, 2013). Diferentes estudios evidencian que el profesorado de ciencias tratan a los estudiantes de ambos sexos de manera distinta (Levy, 2003). En estas investigaciones se pone de manifiesto que el profesorado de ciencias se involucra más activamente y es más comunicativo con los chicos que con las chicas. En consecuencia, las chicas, que reciben menos atención del profesorado, perciben la ciencia menos favorablemente que los chicos. Existen, además, diferencias de género en los resultados de los logros de los estudiantes enseñados por maestros y maestras. Por ejemplo, los resultados del *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS³³) de Hong Kong, de 1995 y de 1999, revelaron que las chicas a las que enseñaban los maestros varones obtenían una puntuación significativamente inferior a la de las chicas enseñadas por maestras (Cheng, Yung y Wong, 2006).

En la línea anterior, en un estudio realizado por Mitchell y Hoff (2006) se pone de manifiesto cómo existen formas sutiles de desanimar a las chicas a seguir un itinerario relacionado con la ciencia (STEM) y cómo ellas perciben un trato discriminatorio en el sistema de evaluación. Se muestra que las preguntas que se hacen a los chicos en el aula son diferentes a las de las chicas (preguntas de más bajo nivel o de respuesta cerrada para chicas y preguntas de desarrollo para los chicos) y cómo ellas perciben que se ponen en duda su trabajo y sus logros. Los profesores son más estrictos en las calificaciones del trabajo de las chicas, generando lo que ellas perciben como un “clima frío” (indicador de un bajo nivel de cordialidad socioemocional). Este mismo estudio señala que el uso de

³³ TIMSS es un estudio de la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo (IEA). Permite a los países participantes evaluar el progreso en matemáticas y ciencias de una misma cohorte de alumnos (en 4.º de Educación Primaria y, cuatro años después, cuando esa cohorte cursa 2.º de ESO).

métodos de enseñanza competitivos favorecen a los chicos frente a las chicas, que desarrollan sus habilidades en ciencia con mayor efectividad en un formato cooperativo o individualizado (Eccles, Wigfield y Schiefele, 1998; Meece, 2002).

Es interesante resaltar el papel de la mentoría en la motivación de las chicas en el ámbito STEM. Los mentores y las mentoras juegan un importante papel en la toma de decisiones de las mujeres al influir en la capacidad para seguir y perseverar en carreras STEM, favoreciendo el que se vean a sí mismas en estos estudios (Hopkins, 2012). Tal y como afirma el *Committee on Science* (2007): “Era dos veces más probable que las mujeres eligieran una especialidad en ciencia o ingeniería por medio de la influencia activa de alguien importante para ellas, tal como un familiar, una profesora o una amiga cercana en comparación con los hombres” (p. 65).

Como hemos visto, a pesar de las diferentes conclusiones que se recogen en los estudios anteriores, no existe consenso acerca de la relación entre el sexo del alumnado y su actitud hacia la ciencia en la Educación STEM. Las diferencias de sexo observadas son el resultado de una realidad entrelazada y compleja influenciada por aspectos sociales y culturales. Lo que sí podemos afirmar es que la baja representación de las mujeres en las disciplinas STEM es un problema, no solo por cuestiones de inclusión educativa o de necesidad de capital humano, sino por las limitaciones que esto supone para el desarrollo de las innovaciones científicas. Coincidimos con Hill en que “atraer y retener más mujeres en la fuerza de trabajo STEM maximizará la innovación, la creatividad y la competitividad” (2010, p. 21) y permitirá mayor diversidad de ideas y desarrollos.

2.3.2.2. La edad y las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

A diferencia de los estudios de género, las investigaciones realizadas sobre la edad y las actitudes hacia la ciencia coinciden en que, a medida que el alumnado avanza de curso, las actitudes favorables hacia la ciencia disminuyen drásticamente (Archer et ál., 2013; Marbá-Tallada y Márquez, 2010; Osborne et ál., 2003; Said, Summers, Abd-El-Khalick y Wang, 2016; Vázquez y Manassero, 2008), afectando a todas las asignaturas de carácter científico, pero especialmente a la física y química (Vázquez y Manasero, 2007; Marbá-Tallada y Márquez, 2010).

Numerosos estudios muestran que hacia los 10 años el interés por la ciencia empieza a decaer, haciéndose mucho más evidente cuando el alumnado pasa a secundaria (Breakwell y Beardsell, 1992; Pell y Jarvis, 2001; Murphy y Beggs, 2003; Robles, Solbes, Cantó y Lozano, 2015). Hadden y Johnstone (1983) expusieron que los años de inicio para la disminución de las actitudes de los estudiantes de ciencias se sitúan entre los 9 y los 14 años, mientras que Pell y Jarvis (2001) sugirieron que la disminución comienza específicamente en los últimos dos años de la escuela primaria, un hallazgo también apoyado por Murphy y Beggs (2003) y Sorge (2007). Solbes, Montserrat y Furió (2007) argumentan que las principales causas de este hecho son la forma en que se enseña la ciencia, así como la imagen negativa que los alumnos desarrollan sobre ella al considerarla autoritaria, aburrida, difícil o inútil (Vázquez y Manassero, 2008). Cleaves (2005) realiza una investigación que pone de manifiesto que las actitudes negativas hacia la ciencia de los estudiantes de secundaria se deben al “desencanto” con el currículum de ciencias de la escuela. Por tanto, un currículum o una forma de enseñar poco atractivos

pueden hacer disminuir el interés de los estudiantes por las asignaturas relacionadas con la ciencia en la Educación STEM.

DeWitt y Archer (2015) señalan que los estudiantes de los últimos cursos de Educación Primaria y de los dos primeros años de Educación Secundaria muestran actitudes negativas hacia el disfrute de las clases de ciencias, especialmente durante en la etapa de Secundaria, en la que se produce la mayor disminución de las actitudes hacia la ciencia (Akpınar et ál., 2009) y hacia las clases de ciencias (Marbà-Tallada y Márquez Bargalló, 2010).

Por último, diferentes estudios muestran que los últimos años de Primaria son el momento más oportuno en la educación de una chica para generar interés por los estudios universitarios STEM (Hopkins, 2012; Mahoney 2011; Modi, Schoenberg y Salmond, 2012).

2.3.2.3. El rendimiento, el nivel socioeconómico y la autoeficacia en la Educación STEM.

Otra de las variables consideradas ha sido el rendimiento. Algunos estudios han mostrado que un buen rendimiento académico en las asignaturas relacionadas con las ciencias correlacionaba positivamente con una buena actitud científica o con sentimientos positivos hacia la ciencia (Caleon y Subramaniam, 2008; Ng, Lay, Areepattamannil, Treagust y Chandrasegaran, 2012). En este caso, Abell y Lederman (2007) reconocen la actitud hacia la ciencia como uno de los factores que determinan el logro de los estudiantes en las asignaturas de ciencias por lo que parece que la asociación de estas dos variables es bidireccional. Además, las expectativas de tener una ocupación en el ámbito de las ciencias estaban fuertemente relacionadas con los resultados obtenidos en ciencias

(OCDE, 2015). En cambio, otros apuntan hacia una relación no clarificada entre actitud y rendimiento académico desde la infancia a la adolescencia (Perales, García, Huertas y Gómez-Robledo, 2013) o la existencia de una moderada correlación entre las actitudes hacia la ciencia y los logros académicos de los estudiantes (Osborne et ál., 2003).

Por otra parte, el proyecto ROSE (Schreiner y Sjøberg, 2004) ha centrado su atención en aquellas variables extrínsecas al alumnado como, por ejemplo, el nivel de desarrollo del país en el que reside, mostrando que existe una relación inversa entre el grado de desarrollo del país y las actitudes positivas hacia la ciencia. Se aprecia que en los países desarrollados el interés por realizar estudios de ciencias y trabajar en el futuro como científico o ingeniero es menor que en los menos desarrollados (Sjøberg, 2004; Sjøberg y Schreiner, 2005). En relación con este aspecto, también la OCDE (2001, 2005, 2007, 2010 y 2015) ha estudiado el nivel sociocultural y económico de las familias y el rendimiento del alumnado, poniendo de manifiesto que la correlación positiva entre estos dos factores implica menor equidad, puesto que significa que el alumnado de entornos desfavorecidos tiene, en promedio, peores resultados. Estudios realizados por Lam y Lau (2014) sostienen que los factores relacionados con el nivel socioeconómico continúan desempeñando un papel importante en la formación de las actitudes de los estudiantes. Sin embargo, también encontramos estudios con resultados contradictorios, como el realizado por Breakwell y Beardsell, en 1992, en el que el alumnado de clase social baja tenía actitudes más positivas hacia la ciencia o el de Chen (2009) que muestra que los estudiantes de familias con niveles socioeconómicos bajos y en desventaja social poseen mayor interés en los estudios superiores de ciencia y tecnología al encontrar en estas carreras la posibilidad de lograr mayor movilidad social.

Otra variable que es interesante estudiar es la autoeficacia. Este concepto se refiere a la opinión que una persona tiene sobre sus propias habilidades para desarrollarse con éxito en un campo particular (Bandura, 1977). Se considera un mecanismo “mediador entre el conocimiento y la acción, vinculándose estrechamente con la autorregulación de las motivaciones y decisiones” (Rossi y Barajas, 2015, p. 61). Los estudiantes tienen creencias sobre sus capacidades para aprender ciencia, y se ha demostrado que estas autopercepciones sobre sus habilidades personales influyen de manera causal en el éxito a través de la motivación (Evans, 2015). Diferentes estudios han encontrado que los estudiantes que expresan altos niveles de confianza en sí mismos tienen mayor rendimiento académico (Mohammadpour, Shekarchizadeh y Kalantarrashidi, 2015). Por el contrario, los que carecen de confianza en sus capacidades podrían no tener éxito, no solo en la escuela sino también en sus vidas adultas (OCDE, 2007). La propia creencia de autoeficacia influye también en las elecciones académicas y ocupacionales de las personas, ya que si los estudiantes se ven capaces de realizar las acciones que se precisan para alcanzar un resultado deseado se sentirán competentes para preferir u optar por un futuro profesional determinado.

Por último, otras variables que pueden influir en las actitudes hacia la ciencia son la familia (Archer et ál. 2012; Aschbacher, Li y Roth, 2010; Chi, Wang, Liu y Zhu, 2017), la percepción de los niños y adolescentes hacia los científicos y su trabajo (Pro, Tárraga y Pérez, 2009), la influencia de los compañeros (Osborne et ál., 2003) y el método de enseñanza empleado (Aguilera y Perales-Palacio, 2019).

Después del análisis de algunas de las variables que influyen en las actitudes hacia la ciencia podemos afirmar que su desarrollo también va a depender del desempeño activo

de determinados papeles por parte del alumnado, la familia y el profesorado, que analizaremos a continuación.

2.3.3. El alumnado en el desarrollo de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM

El proceso de construcción del conocimiento científico y de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM, así como de las experiencias de enseñanza-aprendizaje que lo impulsan, debe partir del estudio de los principales condicionantes del desarrollo que se encuentran en su base. Se trata de dar respuesta a uno de los grandes principios de intervención educativa, como es partir del nivel de desarrollo para impulsar nuevos niveles de desarrollo (Córdoba, Descals y Gil, 2006; Escamilla, 2011, 2014; Marina y Bernabéu, 2007; Palacios, 2008).

En nuestro estudio elegimos el tramo de edad comprendido entre los 10 y los 14 años, no solo porque son muy pocos los estudios que existen, sino también porque en este periodo se producen los progresos en el pensamiento formal abstracto que inciden en la formación de la identidad personal (Berk, 2006) y en la construcción de actitudes e intereses hacia la ciencia. Diferentes investigaciones sobre el aprendizaje de las ciencias en la escuela primaria indican una formación temprana de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM, que resultan difíciles de cambiar durante y después de la adolescencia (Kermani y Aldemir, 2015). En edades tempranas, el interés de los niños y las niñas por las disciplinas STEM ocurre de manera natural por su sentido innato de cuestionar, explorar y buscar explicaciones a las observaciones que realizan. Los niños y las niñas en estas edades tienen conocimientos sobre el mundo natural y demuestran razonamiento causal (Michaels, Shouse y Schweingruber, 2008). Si esto ocurre en edades tempranas, urge la

necesidad de exponer al alumnado durante la Educación Primaria a experiencias STEM que mejoren su interés y sus habilidades.

Además, otros estudios concluyen que las aspiraciones con la posible elección de un determinado itinerario relacionado con la Educación STEM comienzan a construirse durante la infancia y que existe una fuerte relación positiva entre las experiencias del alumnado con la ciencia y las matemáticas en la escuela y la elección de futuros estudios en las disciplinas STEM (Larkin y Jorgense, 2016; Tai, Liu, Maltese y Fan, 2006).

En el proceso de conocer el nivel de desarrollo del que se parte hallamos diversos componentes como objeto de estudio. Analizamos a continuación, en el periodo de 10 a 14 años, los aspectos de cambio y transformación biológica que condicionan la atención y la comprensión, los relativos a la evolución cognitiva y metacognitiva, los vinculados a los procesos de maduración en la forja de la identidad personal, el autoconcepto, la eficacia, la autorregulación y los que se vinculan a los aspectos de índole social. Todos ellos, aunque susceptibles de análisis, interaccionan en la manera en que se disponen las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM y en la toma de decisiones estratégicas que suponen intención, acción razonada y conducta planificada.

2.3.3.1. Desarrollo psicológico del alumnado de diez a catorce años: concepto y factores.

Partiremos de una breve reflexión sobre la manera en que entendemos el concepto de desarrollo y de los factores que lo condicionan. Se trata de un proceso de cambios que se producen a lo largo de nuestra existencia y son resultado de la interacción entre herencia y ambiente. Pueden ser estudiados a través de etapas o estadios y de componentes de la personalidad, pero estos elementos de análisis han de interpretarse de forma flexible e

integradora (Córdoba, Descals y Gil, 2006; Escamilla, 2011; Marina y Bernabéu, 2007; Palacios, 2008).

Ello supone, frente a diferentes concepciones teóricas sobre el sentido y condicionantes del desarrollo evolutivo, una concepción ecléctica que entiende que:

- La evolución se inscribe en el marco del ciclo vital. Implica creer que el desarrollo se construye a lo largo de toda nuestra existencia, debido a la plasticidad del ser humano (Blakemore y Frith 2011; Marina y Bernabeu, 2007; Gardner, 2004, 2012; Palacios, 1999).
- Los estadios evolutivos y las dimensiones de la personalidad son componentes de análisis (Fierro, 2008; Palacios, 2008), que nos permiten, profundizar en el conocimiento, pero sin olvidar que el análisis, ha de ser completado por la síntesis (una mejor comprensión global del desarrollo).
- Es preciso hacer una apuesta por la psicología evolutiva interaccionista o sistémica (Bisquerra, 2011; Fierro, 2008; Palacios, 2008) en la que cobra gran importancia el estudio de los componentes actitudinales y afectivos que, en muchas ocasiones, actuarán como motor o impulso del desarrollo.
- Hay que interpretar de manera flexible el marco que nos proporcionan las edades en los periodos evolutivos (Blakemore y Firth, 2011; Garaigordóbil, 2000; Moreno, 2010) ya que son un perfil general del desarrollo y sabemos que éste depende de la interacción de herencia y ambiente.

2.3.3.2. Pubertad y adolescencia.

El periodo de diez a catorce años muestra transformaciones que son determinantes en la evolución psicológica y en las actitudes y las disposiciones esenciales para construir cualquier tipo de conocimiento como el científico. Los cambios biológicos condicionan estados emocionales, procesos de atención, de concentración, de recuerdo, de toma de decisiones, de percepción de uno mismo y de los que le rodean. Estos aspectos deben ser tratados con los propios alumnos: el autoconocimiento es indispensable para la autorregulación necesaria que permita avanzar en la reflexión y valoración de todos los aspectos que influyen en el pensar, en el sentir y en el actuar (Bisquerra, 2011; Fierro, 2008).

La adolescencia es un tramo que comienza con la pubertad y que se prolonga durante el tiempo que requiere en cada uno la preparación para asumir responsabilidades que le permitan una autonomía para hacerse cargo de su propia vida. Es un periodo de preparación y de recapitulación, de connotaciones psicológicas y sociológicas (Fierro, 2008; Marina, 2006; Monge, 2009).

Pubertad es un concepto relativo a cambios en el organismo vinculado a los aspectos fisiológicos del paso de una zona de la existencia a otra (Carretero, 2008; Fierro, 2008, Garaigordóbil, 2000). El hipotálamo y la hipófisis ponen en marcha una serie de mecanismos hormonales que desencadenan un largo proceso de transformaciones. En los chicos, los cambios puberales comienzan en torno a los 11-13 años y continúan hasta los 16-18. En las chicas suelen darse a partir de los 10-11 años, hasta los 14-16. Encontraremos marcadas diferencias entre unos sujetos y otros, ligadas a aspectos genéticos y ambientales.

Los cambios que se viven son determinantes en la evolución psicológica y en el aprendizaje. Se trata de una fase de la vida en la que se está muy pendiente de los cambios corporales y de la imagen que estos cambios proyectan (Funes, 2010; Garaigordóbil, 2000). La falta de consciencia sobre estos condicionantes (falta de autoconocimiento) puede repercutir en la autoestima y, consecuentemente, en los estados de ánimo que condicionan el equilibrio necesario para aprender de modo autorregulado.

Desde la perspectiva de los procesos de base en el desarrollo de funciones cognitivas, Blakemore y Frith explican que es posible que, en la pubertad, el “exceso de sinapsis que todavía no se han incorporado a sistemas funcionales especializados, den origen durante un tiempo, a un peor rendimiento cognitivo” (2011, p. 207). A pesar de ello, y de acuerdo con los estudios de Huttenlocher (en Blakemore y Frith, 2011), debemos tener en cuenta que encontraremos una diferencia significativa entre el cerebro de los prepúberes (gran aumento en la densidad de las sinapsis de la corteza frontal) y el de los postpúberes. Después de los valores máximos en los prepúberes, las sinapsis no utilizadas empiezan a ser “podadas” mientras que las utilizadas resultan favorecidas. Así pues, tras la pubertad comienza la “poda sináptica”, clave para el ajuste de los procesos de percepción (Blakemore y Frith, 2011). Esta poda en la corteza frontal es responsable de funciones ejecutivas esenciales para la construcción del conocimiento científico como, por ejemplo, inhibir conductas inapropiadas, planificar, diseñar, seleccionar acciones o prever resultados.

2.3.3.3. Desarrollo cognitivo. El pensamiento formal abstracto.

La evolución del pensamiento manifiesta significativas diferencias entre el último tramo de Educación Primaria y los primeros cursos de la Educación Secundaria Obligatoria. En

el periodo de los 10 a los 12 años se va consolidando la lógica-concreta y se progresa hacia una forma de razonamiento, de carácter proposicional (Piaget, 1955 y 1958; Niedo y Macedo, 1997). En el tramo de 12 a 14 años es posible, gradualmente, trazar distintas consecuencias lógicas de una hipótesis y razonar su validez para lograr la solución de un problema. Los progresos de la inteligencia operatoria lógico-formal, la mayor flexibilidad en el pensamiento, la posibilidad de contemplar un mayor número de alternativas a las situaciones, inciden asimismo en la formación de una identidad personal (Alexander, Roodin y Gorman, 1998; Berk, 2006; Carretero, 1993; Carretero y León, 2008; Monge, 2009; Moreno, 2010).

Así, las estructuras cognoscitivas durante el tramo de 10 a 14 años experimentan grandes cambios y se accede gradualmente al empleo del pensamiento abstracto, un pensamiento que puede prescindir de referencias concretas. Moreno explica que “el razonamiento formal se ejerce sobre las posibilidades hipotéticas, sobre el futuro y sobre el propio razonamiento” (2010, p. 16). En esta línea Alexander et ál. (1998), matizan que este pensamiento supone: pensar sobre pensamientos, relación entre realidad y posibilidad y abstracción reflexiva. Indican, además, estos autores que una gran parte de los logros de este tramo (formación de la identidad y elección de un ámbito vocacional) se encuentran ligados a las capacidades adquiridas en esta etapa del desarrollo cognoscitivo.

Los estudios de Piaget e Inhelder (1975) caracterizan este tramo de la evolución intelectual como de pensamiento formal abstracto por basarse en la lógica, la abstracción, el razonamiento científico, las proposiciones y las posibilidades. Hoy sabemos (Niedo y Macedo, 1997) que las ideas piagetianas constituyen una teoría psicológica y epistemológica global que considera el aprendizaje como un proceso constructivo interno,

personal y activo. Aunque algunos aspectos (como la universalidad de las adquisiciones) han sido cuestionados, suponen un marco fundamental de referencia para las investigaciones. Los estudios de Piaget e Inhelder pusieron, además, el acento en la importancia para el aprendizaje científico de la utilización de los procedimientos del trabajo científico.

Así, de enorme importancia para la construcción del conocimiento científico y de actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM será el acceso a formas de pensamiento que muestren: carácter proposicional, concepción de la realidad como un subconjunto de lo posible y el carácter hipotético-deductivo. Berk (2006) señala que los adolescentes pueden llegar a determinar la lógica de las proposiciones (afirmaciones verbales) sin referirse a las circunstancias del mundo real. Quienes han accedido al nivel de desarrollo lógico-abstracto utilizan proposiciones verbales como medio para expresar sus hipótesis, razonamientos y los resultados. Para pensar o razonar sobre lo posible, el trabajo intelectual no se hace sólo con objetos reales, sino con representaciones elaboradas de los mismos (Alexander, Roodin y Gorman, 1998). El medio para esas representaciones es el lenguaje que es determinante en el pensamiento formal.

Acerca de la concepción de la realidad como un subconjunto de lo posible, o causalidad múltiple, hay que señalar que se trata de un rasgo de diferencia clave con relación a la lógica-concreta (Alexander et ál., 1998; Berk, 2006; Moreno, 2010). Así, el pensamiento que lo muestre podrá valorar que un suceso determinado puede deberse a un conjunto de factores (realidad subconjunto de lo posible).

Por lo que respecta al carácter hipotético deductivo, diremos que en la adolescencia las abstracciones puedan cobrar forma de hipótesis: será posible formular un conjunto de

explicaciones posibles y someterlas a prueba para comprobar su confirmación empírica. Se podrá aplicar un razonamiento deductivo, indicando las consecuencias sobre la realidad (Alexander et ál., 1998; Berk, 2006; Carretero, 1993). El empleo del pensamiento hipotético-deductivo es la esencia del pensamiento científico: hace posible formular hipótesis que expliquen los hechos y comprobar el valor de cada una de las hipótesis. De ello depende la construcción de la mayor parte de los contenidos de la ciencia (Alexander, et ál., 1998; Berk, 2006; Moreno, 2010). Carretero (1993) defiende que el desarrollo del pensamiento formal hará posible el estudio de la ciencia porque el acceso a esta forma de razonamiento implica: alto nivel de abstracción, construcción y articulación de conceptos complejos en forma de teorías y comprensión de contenidos contrarios a la intuición.

Es crucial recordar que un gran número de estudios han llegado a demostrar que los sujetos muestran diferencias acusadas en el nivel de empleo de las operaciones formales; ello depende del grado de acceso y familiaridad que posean sobre la tarea que se plantea. Carretero y León (1991 y 2008), explican que el contenido de la tarea posee una influencia determinante en su solución; es posible razonar formalmente respecto a determinados temas y no respecto a otros. Ello puede depender de variables como la experiencia, la familiaridad con la tarea o con el manejo del contenido concreto. Por ello, hoy se reconoce (Carretero y León, 1991, 2008; Kuhn, Ho y Adams –en Berk, 2006–; Moreno, 2010) que el desarrollo del razonamiento formal se encuentra ligado a una intervención educativa y a unos estímulos socioambientales que los estimulen de manera efectiva. De esta manera, se muestra el poder de una didáctica eficaz en la construcción de rasgos cognitivos vinculados a la construcción del pensamiento científico y de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM asociadas.

2.3.3.4. **Desarrollo social.**

La reflexión acerca de las relaciones sociales en la adolescencia es vital para el desarrollo de actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM. Analizaremos las relaciones con la familia, los compañeros y el centro.

El adolescente necesita ser aceptado. En ocasiones, se encuentra presionado por sus iguales, su familia y por el centro. Es el momento de la educación de la autonomía: respecto de los padres, adultos e iguales y tenemos que tener en cuenta que el grupo adquiere, en ocasiones, un protagonismo necesario, pero a veces excesivo (Marina y Bernabeu, 2007).

La familia desempeña un papel esencial en las relaciones del adolescente. En la etapa vital que nos ocupa, se adquiere un sentido mayor de la independencia, se acrecienta la capacidad crítica frente a los padres (Elzo, 2006; Funes, 2010; Moreno, 2010), potenciada también por el desarrollo del pensamiento formal. Distintos estudios (Oliva, Parra y Arranz, 2008) destacan que un estilo parental democrático se relaciona con adolescentes con mayor autoestima y satisfacción vital.

Los compañeros constituyen un referente esencial. Tienen una gran influencia en la realización de deseos y necesidades de presente, y en aspectos como en la formación de actitudes e intereses (Elzo, 2006; Garaigordóbil, 2006).

Y naturalmente, el profesorado ejerce una gran influencia en los intereses y actitudes del alumnado. Aquellos que muestran equilibrio y actitudes dialogantes, tendrán una gran influencia en las elecciones y en la forma de pensar y actuar del adolescente (Funes, 2010).

2.3.3.5. **Identidad personal, autoconcepto y autoestima.**

En el análisis de esta etapa del desarrollo en la construcción de intereses y de actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM resulta de gran significación el estudio sobre la identidad personal y el autoconcepto. Berk (2006) reconoce la identidad como el logro más importante de la personalidad del adolescente porque, a su juicio “implica definir quién eres, qué valoras y qué caminos eliges seguir en la vida” (p. 593). En este sentido, Jorgensen y Larkin (2016) defienden que en estas edades los niños desarrollan un sentido de quiénes son como estudiantes de ciencias y de matemáticas.

Moreno explica que “la reelaboración del autoconcepto y la confianza en sí mismo forman parte de uno de los desafíos centrales de este periodo, construir la identidad” (2010, p. 18) y Nieswandt (2005) afirma que el autoconcepto es un elemento relevante en el aprendizaje de las ciencias. También Erikson (1974) reconoce en la adolescencia la etapa en la que se forma la identidad: antes y después hay tramos en los que esta personalidad se gesta y se diferencia, pero en este periodo, el sujeto define quién es él mismo, adquiere una conciencia de sí, coordina sus experiencias y proyección hacia los demás. Fierro (2008) explica que, en la adolescencia, el ser humano comienza a tener historia, memoria biográfica, interpreta las pasadas experiencias y puede aprovecharlas para afrontar los desafíos del presente y las perspectivas de futuro (el niño tiene memoria autobiográfica, pero todavía no la tiene organizada en un relato personal, en una reconstrucción de su propia historia en la que el presente e incluso el futuro se atan con pasadas experiencias).

En referencia a la construcción de la imagen cognitiva, social y moral, Fierro (2009) subraya que los adolescentes manifiestan una gran necesidad de reconocimiento por parte

de otros; necesitan ver aceptada su identidad por parte de las personas que son significativas (adultos o compañeros). Este reconocimiento y esta aceptación por parte de los que le rodean le asegurarán un concepto positivo de sí mismo.

Por último, nos gustaría destacar cómo diferentes investigadores plantean la importancia que tienen las experiencias de aprendizaje situado, en las que los participantes interactúan y aprenden juntos, en la formación de la identidad del individuo (Lave y Wenger, 1991; Wenger, 1998). Aschbacher, Li y Roth (2010) discuten cómo la identidad científica de los estudiantes se conforma por sus experiencias vividas e interacciones sociales en el hogar, en la escuela y en el mundo en general. Señalan que la identidad científica de los estudiantes cambia y evoluciona con el tiempo, ya que es probable que participen en múltiples comunidades sociales en las que deban desarrollar su identidad de acuerdo con las reglas y valores establecidos por estas mismas comunidades (Lave y Wenger, 1991).

2.3.3.6. Los factores emocionales.

Los estados emocionales intervienen decisivamente en el razonamiento, en el desarrollo de intereses y actitudes y en la toma de decisiones (Berk, 2006; Bisquerra, 2011; Moreno, 2010). Debido a ello, su estudio resulta esencial en el planteamiento de actitudes e intereses hacia la ciencia. Tal y como afirman Elias, Tobias y Friendlander (2001) para considerar su trabajo sistemático deberemos tener en cuenta los aspectos relacionados, por un lado, con las claves de carácter intrapersonal (identificación, comprensión y control de las emociones), pero también los aspectos de carácter interpersonal (empatía, habilidades sociales).

En el periodo entre diez y catorce años se aprecia la influencia de las emociones nítidamente: “Cuando están inmersos emocionalmente en un problema, en presencia de

compañeros, en situaciones no familiares, cuando las consecuencias negativas son a largo plazo y los beneficios a corto plazo, razonan peor que los adultos” (Moreno, 2010, p. 18).

Elias et ál. (2001), al exponer los componentes de la “inteligencia” emocional” presentan algunos que identifican esta interrelación entre factores cognitivos y socioafectivos. Algunos de estos rasgos son conocimiento de vocablos para describir sus sentimientos, hablar con facilidad de las emociones y trazar objetivos razonables para su edad y situación identificando medios sobre cómo alcanzarlos.

Fredrikson y Joiner (2002) explican que las emociones positivas (alegría, amor, humor) contribuyen a ampliar significativamente los repertorios de pensamiento y acción, cooperan a que el pensamiento y el comportamiento sean más creativos y abiertos y hacen posible la articulación de recursos (esquemas de comportamiento, estrategias de planteamiento y resolución) que tendrán un gran valor en diferentes contextos y situaciones (relaciones personales, académicas, sociales, laborales).

La expresión de las emociones negativas en la infancia y la adolescencia es mucho más frecuente que la expresión de las emociones positivas. Sobre todo, la adolescencia se caracteriza (Vázquez y Hervás, 2009) por un aumento en la expresión de las emociones negativas, disminución en la expresión de las positivas; una disminución en la satisfacción vital y una disminución de la autoestima, sobre todo entre los 12 y los 16 años. De acuerdo con Bisquerra, en estas edades

Como mínimo, baja progresivamente el nivel de satisfacción del adolescente con el entorno, consigo mismo, en las relaciones sociales, con la familia, con el colegio....

Las emociones positivas no son tan esenciales para la supervivencia, por eso hay

personas que pasan sin ellas durante mucho tiempo. Hay que buscarlas y potenciarlas si se quiere experimentar bienestar. (2011, p. 53).

Distintos autores (Marín, Barlam y Oliveres, 2011; Prensky, 2006) mantienen que hoy los adolescentes suelen mostrar menos miedo al error y al fracaso que las generaciones de sus padres y maestros. El alumnado suele presentar menos miedo a equivocarse y encaja, generalmente, los errores de manera más natural que su profesorado. (“¿En cuántas ocasiones un alumno nos ha sacado de un apuro poniéndonos en marcha el maldito ordenador o el caprichoso proyector multimedia?” (Marín, Barlam y Oliveres, 2011, p. 30). También destacan estos autores, la necesidad que muestran los adolescentes de superar retos, en este sentido afirman que “no es que nuestros jóvenes nazcan desmotivados de serie, es que quizás nuestro sistema necesite una revisión urgente de los contenidos que forman parte del currículum y, más aún, de las metodologías empleadas.” (Marín et ál., 2011, p. 30).

2.3.3.7. Metacognición y desarrollo.

De acuerdo con Berk, con la edad, “el procesamiento cognitivo llega a ser más pensado y deliberado” (2006, p. 379). Distintas investigaciones (Gopnik y Wellman, 1994, en Berk, 2006) explican que en la infancia se articula una teoría de la mente sencilla, para reconocer sus propias percepciones, pensamientos y sentimiento. Pero, para que el conocimiento metacognitivo sea útil es necesario aplicarlo en distintos momentos, para poder tomar decisiones en función de distintas variables. Esta manera de proceder, de naturaleza estratégica, necesita un pensamiento formal, y sólo será posible a partir de la adolescencia (Berk, 2006).

El conocimiento metacognitivo comprende: el conocimiento de las capacidades, el conocimiento de la tarea y de las estrategias para abordarla y, además, el dominio de estrategias de planificación y autorregulación (Berk, 2006; Monereo, 2003 y 2011; Pozo, 2008) del alumnado.

Acerca del conocimiento de las capacidades cognitivas, en la adolescencia, el desarrollo del pensamiento formal (la capacidad de pensar sobre pensamientos), hace posible que el mismo pensamiento pueda ser objeto de reflexión (qué es una actitud y qué la condiciona, qué supone forjar hipótesis, cuándo las forjamos y porqué, para qué sirven). Sobre el conocimiento de las variables de la tarea, también se ha demostrado (Flavell y Wellman, 1977, Speer y Flavell, 1979) que, a partir de los diez años, los alumnos saben que recordar ítems relacionados semánticamente es más fácil que recordar ítems sin relación.

Para Berk, la autorregulación constituye “el proceso de controlar continuamente el progreso hacia una meta, comprobando los resultados y redirigiendo los esfuerzos ineficaces” (2006, p. 383). De acuerdo con sus estudios se construye de forma gradual, durante la niñez y la adolescencia. La autorregulación cognitiva es esencial en el éxito académico porque implica autoconocimiento, toma de decisiones y voluntad de mejora. Sabemos que es posible fomentar las habilidades de autorregulación señalando las demandas de una tarea, fomentando el empleo de estrategias y subrayando el valor de la autocorrección. Los alumnos y las alumnas pueden interiorizar estos procedimientos y progresivamente controlar su conducta en situaciones en que es probable que encuentren dificultades (Pressley, 1995).

Moreno reconoce el enorme valor del trabajo didáctico orientado al desarrollo de habilidades metacognitivas

En el contexto educativo, esas habilidades metacognitivas se relacionan con aprender a aprender (Martín y Moreno, 2007). Con todo, los avances en el procesamiento y la reflexión no parecen surgir espontáneamente al cumplir años, y de ahí, la falta comprobada de reflexión de los estudiantes adolescentes y la imposibilidad de usar los conocimientos para otros usos más allá de las evaluaciones escolares. (2010, p. 17)

2.3.3.8. Desarrollo psicológico, factores de diversidad y estrategias didácticas.

El estudio del desarrollo en el tramo de diez a catorce años nos aporta información significativa para conocer la base del desarrollo general del alumnado y, al tiempo, para atender a la diversidad. En el inicio de este estudio analizamos el concepto de desarrollo como un proceso de cambios que se suceden a lo largo de toda la existencia. Recordamos que hemos señalado (Córdoba, Descals y Gil, 2006; Escamilla, 2011) que los factores que intervienen en este desarrollo son: biológicos, psicológicos superiores (cognitivos y/o emocionales) y ambientales. Estos factores generales que intervienen en el desarrollo del alumnado exigen análisis más específicos que nos permitirán comprender mejor sus necesidades y que se expresan, de acuerdo con coordenadas de diferenciación concretas. Así el alumnado, manifestará diferencias (Escamilla, 2014; Funes, 2010;) respecto a: capacidades y competencias de partida, conocimientos previos que, junto con las capacidades, constituyen el nivel de desarrollo del alumnado, intereses (relacionados con uno mismo, con los que le rodean, con el lenguaje, con las distintas formas de saber cultural y científico), estilos cognitivos (condicionan la forma de captar y procesar la información -impulsivos o reflexivos; con una mayor o menor tendencia al análisis o a la síntesis), factores de motivación (elementos que llevan a actuar de una determinada

manera y hacia unos determinados propósitos) y locus de control (atribuciones para determinar la responsabilidad de los actos).

Sabemos que la psicología evolutiva nos proporciona un perfil general del alumnado para conocerlo. Será necesario completar y contextualizar la información que nos proporciona de manera flexible. De esta manera, tendremos una base de gran valor para articular decisiones didácticas que nos permitan ayudar en el proceso de construcción de intereses y actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM y el desarrollo de estrategias para procesar y construir el conocimiento científico.

Esta concepción del desarrollo como proceso y los factores que intervienen en él supone que la educación ha de considerarse también como proceso. Nuestro sistema educativo, como los sistemas educativos europeos, ha ordenado sus niveles y etapas partiendo de la fuente y estudio de las capacidades de cada periodo que le proporciona la psicología evolutiva, de forma muy destacada los tramos estudiados por Piaget (1955) y la Escuela de Ginebra, cuya información, como hemos apreciado, se sigue investigando y complementando (Berk, 2006; Carretero, 1993; Córdoba, Descals y Gil, 2006). Así, apreciamos una necesaria vinculación interdisciplinar entre la psicología evolutiva y la Didáctica. La construcción de actitudes, intereses y estrategias científicas en la Educación STEM puede y debe ser impulsada en diferentes situaciones y contextos de trabajo (autónomo, cooperativo, en el aula, fuera de ella, con o sin materiales) y con diferentes tipos de recursos metodológicos en la construcción de significados por parte del alumnado (Pérez Gómez, 2008): observación, experimentación, comunicación y reflexión (movilización consciente de significados).

Hemos analizado las transformaciones que se producen en el tramo de los 10 a los 14 años que serán determinantes en el despliegue de actitudes esenciales para la Educación STEM. Con el consenso teórico de que la infancia es un momento crítico para el desarrollo de las aspiraciones hacia un determinado itinerario (STEM o no STEM) (Ginzberg, 1972; Gottfredson, 1981; Mello, 2008; Trice y McClellan, 1994) será preciso, que el alumnado trabaje habilidades relativas a la regulación, planificación, supervisión y evaluación de sus propios procesos de aprendizaje. Habrá, por tanto, que prestar especial atención a los aspectos cognitivos y metacognitivos, a los motivacionales y emotivos para que pueda intervenir en la autorregulación de sus aprendizajes (Martín, 2008; Martín y Moreno, 2007; Monereo, 2003; Pérez Gómez, 2008; Pozo, 2008).

2.3.4. La familia en la construcción de actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM

La influencia del contexto sociocultural y familiar tiene un papel relevante en el impulso a la construcción de actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM. La familia es la agencia de socialización más importante en la vida de las personas y su papel es esencial en la educación de las mismas para que puedan ser autónomas, emocionalmente equilibradas y capaces de establecer vínculos afectivos satisfactorios. Es en este medio en el que se realizan los aprendizajes sociales básicos que ayudarán a las personas en su relación consigo mismo y con los otros.

Durante la infancia, selecciona o filtra de manera directa o indirecta a las otras agencias, interviniendo en decisiones como, por ejemplo, la elección del centro educativo al que van los hijos, cooperando en la selección de los amigos con los que se relaciona o ejerciendo una labor de control en el acceso a recursos; en la adolescencia, influye

además, en las decisiones de futuro desde el punto de vista educativo y profesional que se va planteando el alumnado a lo largo de su itinerario educativo.

Funes señala que la familia “contribuye a delimitar los límites educativos, formativos, de futuro, los planteamientos para su vida derivados de su condición social (desde para qué sirve seguir yendo a la escuela hasta cómo plantearse las formas de ser joven cuando se acaba la escuela obligatoria)” (2010, p. 69).

La familia es un nexo trascendental en el individuo y la sociedad y debemos reconocer el importante papel de esta institución en el impulso de actitudes hacia la ciencia como la curiosidad, el esfuerzo, el interés, el deseo por aprender y mejorar o el apoyo para elegir un futuro profesional relacionado con una ocupación STEM. Constituye junto con la escuela y las relaciones sociales una de las fuentes de formación de actitudes. Bourdieu (1997) concibe la familia como un capital cultural lo que supone que es en el seno familiar, donde al niño se le provee de conocimientos primarios, valores, creencias que formarán su propia identidad y cultura y que utilizarán en la escuela.

Como hemos visto el desarrollo de las competencias relacionadas con la Educación STEM entre los futuros ciudadanos es esencial no solo porque la demanda de mano de obra cualificada en los sectores de tecnología e investigación es, y seguirá siendo, elevada, sino porque para poder participar de manera activa en la toma de decisiones que afectan al progreso de la sociedad es preciso equiparlos con las habilidades que forman la Educación STEM.

Una condición necesaria, pero no suficiente para que una persona contemple un posible futuro profesional relacionado con la ciencia es que se sienta atraída por las disciplinas STEM (Archer, 2013; DeWitt, Archer y Osborne, 2014). Los resultados de varias

investigaciones confirman que el apoyo que perciben los jóvenes por parte de la familia está estrechamente relacionado con las aspiraciones hacia carreras científico-técnicas (DeWitt et ál., 2014). Aschbacher, Li y Roth (2010) explican que algunos estudiantes describen su interés inicial en la ciencia cuando los miembros de su familia les alentaron a participar en actividades relacionadas con la ciencia durante la Primaria, constatando que este tipo de estímulo disminuyó durante sus años de escuela secundaria. Maloney, Ramírez, Gunderson, Levine y Beiloc (2015) afirman que las creencias de los padres hacia las matemáticas y las ciencias afectan a las creencias y actitudes de los hijos en estas materias.

Otros estudios apuntan a que el nivel socioeconómico de la familia, incluida la ocupación de los padres (Martin, Santaolalla, Urosa, 2019), desempeña un papel importante en el aprendizaje de los estudiantes (Johnson y Hull, 2014; OCDE, 2014).

Una de las investigaciones que más datos ha aportado respecto al papel de la familia en el desarrollo de las actitudes hacia la ciencia, en general, y hacia las aspiraciones de futuro de los hijos en particular ha sido la realizada por Archer et ál. (2012). En su estudio analizan cómo la familia y sus prácticas cotidianas, los recursos, los valores y el sentido de identidad ("quiénes somos ") influyen para que sus hijos consideren la ciencia como una posible o deseable trayectoria profesional futura. Estudian la influencia del "capital científico" y del "hábito científico" de las familias sobre las aspiraciones hacia la ciencia de los hijos. Defienden que las aspiraciones de los chicos y las chicas y las actitudes hacia la ciencia son fenómenos complejos, socialmente construidos. Argumentan que las aspiraciones y los puntos de vista sobre las carreras STEM se forman dentro de las familias, y estas desempeñan un papel importante en la configuración de los límites y la

naturaleza de lo que los chicos y las chicas pueden concebir como posible y deseable, y la probabilidad de que puedan alcanzarlos.

Consideran el capital científico clave, ya que la cantidad del mismo que posea una familia, afecta a la probabilidad de que un estudiante aspire a una carrera relacionada con la ciencia. Los estudiantes de familias con un capital científico medio o alto tienen más probabilidades de aspirar a carreras STEM y es más probable que se planteen seguir un itinerario científico y tecnológico después de los 16 años. Muestran que es poco probable que los estudiantes cuyas familias poseen poco capital científico y no expresan aspiraciones relacionadas con STEM a los 10 años, desarrollen aspiraciones STEM a partir de los 14 años.

Su estudio es de gran interés al mostrar que el capital científico de las familias se distribuye de manera desigual entre los grupos sociales. Los niveles más altos de capital científico suelen coincidir en familias de clase media, aunque no todas las familias de clase media poseen capital científico. Por tanto, si se une un capital científico alto y una familia con un nivel socioeconómico de clase media es muy posible que cuente con todos los recursos para favorecer el apoyo de cualquier interés por la ciencia de sus hijos al poderles dar la posibilidad y la oportunidad de participar en un mayor número de actividades extracurriculares relacionadas con la ciencia.

Archer et ál. (2012) resaltan la naturaleza no determinista de su estudio ya que afirman que un estudiante puede desarrollar aspiraciones científicas en ausencia de capital científico familiar, sugiriendo entonces la existencia de un posible peligro y es que estas aspiraciones puedan verse reducidas al no contar con el apoyo familiar.

Concluyen que cuando la identificación de un niño o una niña con la ciencia, el hábito y el capital científico de la familia son altos y además los recursos socioeconómicos también, las familias son capaces de fomentar el interés de su hijo o hija por la ciencia, lo que les permite a estos niños y niñas ocupar una posición privilegiada desde la cual perseguir sus aspiraciones. Incluso cuando las familias carecen de capital científico específico para la ciencia pueden movilizar recursos económicos para desarrollar y apoyar el interés de sus hijos e hijas en la ciencia.

En síntesis, el capital científico de las familias (conocimientos científicos, interés, contactos, experiencias científicas, profesiones) tiene una influencia decisiva en el desarrollo de actitudes hacia la ciencia y en consecuencia en la consideración de un posible futuro profesional ligado a una ocupación STEM.

2.3.5. El papel del profesorado y las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM

Como hemos considerado antes, desarrollar las competencias relacionadas con la Educación STEM entre los futuros ciudadanos es crucial para el crecimiento de nuestra sociedad; equiparlos con las habilidades necesarias para las nuevas profesiones y facilitar que los estudiantes consideren futuros estudios relacionados con los ámbitos STEM (*European Commission, 2014*) es uno de los desafíos educativos del siglo XXI. Sin embargo, ya hemos reflexionado sobre el hecho del descenso en el número de estudiantes que se sienten atraídos por la educación científico y tecnológica y sobre la preocupación de todos los agentes implicados en la educación para revertir esta situación y ayudar a los estudiantes a alcanzar los niveles esperados de competencias en Educación STEM y alentarlos para que contemplen las carreras científicas como un posible futuro profesional.

Examinadas las circunstancias sociales que justifican una enseñanza orientada al desarrollo de la Educación STEM procedemos a continuación a analizar el que consideramos uno de los recursos esenciales en la articulación del proceso de enseñanza aprendizaje: el docente.

Las exigencias formativas y las demandas sociales del siglo XXI nos sitúan en la necesidad de trazar el perfil del docente. Para ello partiremos del análisis del modelo docente delimitado por la normativa enriqueciéndolo con las aportaciones bibliográficas. A partir de ellos, realizaremos una reflexión sobre cómo debe actuar un docente que se implique activamente en la promoción y desarrollo de las actitudes positivas hacia la Educación STEM.

La LOMCE (2013) en su artículo 1 reconoce, entre los principios que inspiran el funcionamiento del sistema educativo, la función docente como factor esencial de la calidad de la educación, el reconocimiento social del profesorado y el apoyo a su tarea. Se muestra en esta afirmación la necesidad de valorar, reforzar y apoyar la figura del profesor desde las propias instituciones y desde la sociedad.

Nos muestra la complejidad de las funciones del profesor en el artículo 91 al manifestar que se requiere un profesional capaz de participar activamente en la planificación, la evaluación, la tutoría, la orientación educativa, académica y profesional, la atención al desarrollo, la actividad del centro, la información y colaboración con las familias, la investigación, la experimentación y la cooperación.

Además del marco normativo existen propuestas de competencias específicas que dibujan el perfil competencial del docente. De esta manera, Perrenoud (2004), tomando como

guía el referencial de competencias adoptado en Ginebra en 1996, identifica “las nuevas competencias para enseñar”:

- Organizar y animar situaciones de aprendizaje.
- Gestionar la progresión de los aprendizajes.
- Elaborar y hacer evolucionar dispositivos de diferenciación.
- Implicar a los alumnos en sus aprendizajes y en su trabajo.
- Trabajar en equipo.
- Participar en la gestión de la escuela.
- Informar e implicar a los padres.
- Utilizar las nuevas tecnologías.
- Afrontar los deberes y dilemas éticos de la profesión.
- Organizar la propia formación continua.

Marchesi (2007) identifica las siguientes:

- Favorecer el deseo de saber de los alumnos y ampliar sus conocimientos.
- Velar por el desarrollo afectivo de los alumnos y por la convivencia escolar.
- Favorecer la autonomía moral de los alumnos.
- Desarrollar una educación multicultural.

- Cooperar con la familia.
- Trabajar en colaboración y en equipo con los compañeros.

Gairín recoge las funciones agrupándolas en: “didácticas (planificación, desarrollo de lo planificado en el contexto del aula; evaluación); tutoriales; vinculación con el medio social (comunicación con redes en que participan los alumnos) y formación permanente e innovación (desafío para todo profesional en la actualidad)” (2011, p. 101).

Estas propuestas nos muestran el perfil del docente del siglo XXI capaz de tener en cuenta la complejidad de las tareas que debe desempeñar y de las habilidades (interpersonales, comunicativas, técnico-pedagógicas) que debe desplegar y que exigirán cooperación, esfuerzo, dedicación e ilusión.

El papel del profesorado en el aula es uno de los factores que más influyen en el desarrollo de actitudes favorables hacia la ciencia en la Educación STEM por parte del alumnado, ya que dichas actitudes están condicionadas por las interacciones entre el profesor y el alumno y por las propias expectativas y actitudes de los maestros (Hattie, 2009; Osborne et ál., 2003). Se ha demostrado que la capacidad del profesorado para influir en los estudiantes se relaciona con variables de calidad, como la preparación académica del docente en el campo específico de las ciencias (Kolbe y Jorgenson, 2018) y las prácticas de enseñanza. Por ello, el primer análisis que realizaremos está relacionado con el estudio de las actitudes hacia la ciencia que posee el profesorado porque de ellas dependen no solo la introducción de las innovaciones educativas en el aula sino la puesta al alcance del alumnado de los elementos y herramientas que les permitan desarrollar actitudes favorables hacia la misma.

En las últimas décadas, el estudio del perfil docente de Primaria en ciencias ha recibido gran atención. Encontramos que uno de los principales desafíos de la educación científica es mejorar las actitudes de los docentes hacia la enseñanza de las ciencias y hacia la ciencia.

Martin (1996) sostiene que los docentes que tuvieron una influencia más positiva en las actitudes y logros de los estudiantes en ciencias fueron aquellos que tenían más experiencia, capacitación científica e interés en las ciencias. En este sentido, algunas de las investigaciones afirman que el profesorado con actitudes menos positivas hacia la ciencia posee creencias de autoeficacia bajas respecto a la enseñanza de las ciencias (Skamp, 1991; Tosun, 2000). Como argumenta Prieto (2007) las creencias de autoeficacia de los profesores afectan a su práctica docente y se consideran un buen predictor del rendimiento de los alumnos y del sentimiento de autoeficacia de estos en relación con su propio rendimiento. En este sentido la baja autoeficacia percibida provoca que inviertan menos tiempo en enseñar ciencia y que sean menos capaces de estimular una actitud positiva hacia la ciencia en sus alumnos (Goodrum, Hackling y Rennie, 2001; Harlen y Holroyd, 1997; Jarvis y Pell, 2004; Osborne et ál., 2003; Van Driel, Beijaard y Verloop, 2001).

También se ha observado que el uso de enfoques educativos tradicionales caracterizados porque el profesor es un proveedor de los conocimientos ya elaborados listos para ser aceptados por los alumnos (Harlen y Holroyd, 1997; Jarvis y Pell, 2004) tienen un impacto negativo en las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia (Bennett y Hogarth, 2009). Muchos estudios recomiendan la inclusión de actividades prácticas (Ornstein, 2006), de propuestas de aprendizaje cooperativo (Kirikkaya, 2011), así como de la

instrucción integrada en contextos auténticos (Bybee y McCrae, 2011). Esto coincide con los análisis de Rodríguez, Núñez, Valle, Blas y Rosario (2009) que ponen de manifiesto que los docentes con bajos niveles de autoeficacia, emplean más tiempo en actividades no académicas, eliminando los apoyos a sus estudiantes cuando no alcanzan rápidamente los resultados previstos y criticando los errores que estos realizan.

Varios estudios señalan también la influencia del ambiente del aula como un determinante de la actitud (Haladyna, Olsen y Shaughnessy, 1982; Myers y Fouts 1992). Es interesante destacar que las actitudes hacia la ciencia más positivas se dan entre el alumnado que asiste a clases en las que se producen relaciones positivas fuertes con los compañeros y relaciones estrechas y atentas entre el profesorado y el alumnado (Telli, den Brok y Cakiroglu, 2010) y en las que se utilizan estrategias de enseñanza y actividades de aprendizaje variadas (Myers y Fouts, 1992). Relacionado con esto algunos investigadores se han centrado en el análisis de algunas cualidades de los profesores, comprobando que el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia se relacionaba con las disposiciones alentadoras del profesorado (George, 2000).

De la misma manera también se ha mostrado que las propias creencias y actitudes de los docentes hacia la ciencia predicen su intención de enseñar ciencias en el aula (van Aalderen -Smeets y van der Molen, 2013) y el tipo de prácticas en el aula cuando enseñan ciencias (Haney, Lumpe, Czerniak y Egan, 2002). Harlen (2015) muestra que estas actitudes están en parte condicionadas por la experiencia previa del propio profesorado, dado que la forma en que percibe la enseñanza de las ciencias durante su escolarización tiene gran influencia en sus concepciones sobre qué es la ciencia y cómo abordarla en el aula.

Promover una actitud positiva hacia la enseñanza de la ciencia entre el profesorado es, por tanto, fundamental si se pretende fomentar las actitudes positivas del alumnado hacia la ciencia (Desimone, 2009; Nye, Konstantopoulos y Hedges, 2004; van Aalderen-Smeets y van der Molen, 2015). Relacionado con lo anterior, Mazas y Bravo-Torija (2018) realizan una investigación que pone de manifiesto que un porcentaje alto de los futuros maestros y maestras de Educación Infantil y Primaria reconocen no tener recursos ni conocimientos suficientes para enseñar ciencias. En este sentido, un estudio de van Aalderen-Smeets y van der Molen (2015) ha mostrado que las actitudes del profesorado de Primaria hacia la ciencia y hacia la enseñanza de la ciencia mejoraron después de una formación específica que incluía tareas para crear conciencia sobre sus propias actitudes y familiarizarlos con los procesos de realización de proyectos de investigación y aprendizaje por indagación (enfoque educativo preferido de la Educación STEM). Por ello, creemos que es preciso que los docentes entiendan la importancia y la necesidad de recibir una formación de calidad que les capacite para liderar una enseñanza adecuada a los nuevos escenarios sociales y culturales, tecnológicos y productivos.

Una consecuencia del desarrollo en el alumnado de actitudes positivas hacia la ciencia es la posibilidad de que estos imaginen su futuro profesional en un contexto científico-tecnológico. El hecho de no optar al mismo puede relacionarse con el desajuste que existe entre la imagen que tienen de los profesionales STEM y su propia identidad (DeWitt et ál., 2014). Por ello, son decisivas las valoraciones constructivas realizadas por los profesores para favorecer la autoestima del alumnado. El interés hacia la ciencia del alumnado que piensa que el profesorado no le ve capaz para estudiar asignaturas relacionadas con la Educación STEM es menor que el de aquellos cuyos profesores y profesoras consiguen transmitirles que sí creen en su capacidad y potencial para estudiar

estas materias. El profesorado juega, por tanto, un papel decisivo en la potenciación de la autoconfianza del alumnado en sus capacidades hacia la ciencia. Será preciso que el profesorado preste atención a la dimensión emocional, especialmente a las atribuciones que realicen de los éxitos y fracasos del alumnado para que la imagen de autoeficacia y autoestima mejore a la vez que la motivación y el deseo de aprender ciencia.

2.4. Las actitudes hacia la ciencia: proyectos de referencia y normativa legal

El estudio de las actitudes y de las variables que influyen en su desarrollo, en general, y de las que forman parte de la educación científica en el ámbito STEM, en particular, nos lleva a realizar una reflexión de cómo se contemplan estas en proyectos de referencia como PISA, en el marco de referencia europeo y en las prescripciones oficiales del currículo LOMCE para la Educación Primaria y para la Educación Secundaria Obligatoria. Deseamos mostrar en qué medida los proyectos de referencia y la normativa legal constituyen un *buen equipaje* de partida para el desarrollo de las actitudes en el marco de la Educación STEM.

2.4.1. Las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM según la OCDE

En el capítulo 1 hemos analizado la existencia de la crisis de la Educación STEM consecuencia en parte de una enseñanza factual centrada en los conceptos científicos y matemáticos que ha descuidado la importancia del ámbito actitudinal. El rechazo y desencanto hacia la ciencia, las matemáticas y la tecnología parece tener su origen en la escuela. De hecho, en los sistemas educativos de los países más desarrollados suelen

considerarse difíciles, aburridas, desconectadas de los intereses de los estudiantes y, en el caso de la ciencia y la tecnología, irrelevantes para la sociedad en su conjunto (Osborne et ál., 2003; Vázquez y Manassero, 2004; Vázquez y Manassero, 2008).

La atención que otorga la OCDE a las actitudes es impulsada por el reconocimiento a la importancia que tiene analizar las mismas y las disposiciones hacia la ciencia por parte de los estudiantes ya que dependiendo de éstas, mostrará más o menos interés por las cuestiones científicas. Además, se pueden obtener datos de gran valor sobre su compromiso con la ciencia y sobre sus puntos de vista acerca del valor de la misma en sus vidas y en la sociedad.

Mientras que en PISA 2006 las actitudes se incluyeron en las preguntas cognitivas y se recogieron datos en cuatro dimensiones (apoyo a la investigación científica, autoconfianza para aprender ciencias, interés por las ciencias y responsabilidad sobre los recursos y el medio ambiente [OCDE, 2008]), en 2015 se midieron a través del cuestionario de contexto.

A efectos de evaluación, PISA 2006 define el constructo actitud como “mostrar interés por la ciencia, respaldar la investigación científica y contar con la motivación necesaria para actuar de forma responsable en relación, por ejemplo, con los recursos naturales y los ambientes” (OCDE, 2016, p. 26). La inclusión de las actitudes y de las áreas seleccionadas en PISA 2006 está basada en la taxonomía del dominio afectivo en la educación científica realizada por Klopfer (1976), en la distinción de las categorías actitudes hacia la ciencia y actitudes científicas realizada por Gardner (1975), así como en las revisiones hechas por Haladyna y Shaughnessy (1982), Laforgia (1988) y Schibeci (1984).

La evaluación PISA 2006 planteó un estudio de tres dimensiones de las actitudes relacionadas con la ciencia: interés por la ciencia, apoyo a la investigación científica y la responsabilidad respecto a los recursos y el medio ambiente.

Se abordó el interés de los alumnos por la ciencia mediante el análisis de la implicación en temas sociales relacionados con la ciencia y la tecnología, su disposición a adquirir conocimientos y habilidades científicas durante toda la vida y su grado de interés por la elección de estudios y profesiones de ciencia y tecnología. Además, esta dimensión aportó datos sobre la posible relación entre el interés por la ciencia y el rendimiento.

La dimensión sobre el aprecio y el apoyo a la investigación científica se relacionaba con el hecho de que el alumnado valorase los métodos científicos para la obtención de pruebas, el pensamiento creativo y racional, la actitud crítica y la comunicación de las conclusiones al enfrentarse a situaciones de la vida relacionadas con la ciencia y la tecnología.

Por último, se tuvo en cuenta la dimensión relacionada con la responsabilidad respecto a los recursos disponibles y el medio ambiente ya que esta era y es una preocupación mundial de relevancia económica. En diciembre de 2002, las Naciones Unidas proclamó el Decenio de la Educación para el Desarrollo Sostenible, 2005-2014 con el objetivo de integrar los principios, valores y prácticas del Desarrollo Sostenible en todos los aspectos de la educación y el aprendizaje. En este sentido no olvidemos que en septiembre de 2015 la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* en la que se adoptan un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible.

En PISA 2015 se sigue reconociendo el valor y la importancia de las actitudes en el desarrollo del interés hacia las cuestiones científicas. En este caso se define la actitud como “un conjunto de actitudes hacia la ciencia indicado por un interés en ciencia y tecnología, la valoración de los enfoques científicos a la investigación, donde corresponda, y una percepción y conciencia de los problemas ambientales” (OCDE, 2015, p. 17). Se evalúan las actitudes hacia la ciencia en tres áreas: el interés por la ciencia y la tecnología, la conciencia ambiental y la valoración de los enfoques científicos a la investigación. Además, se obtienen datos sobre las diferencias en las expectativas de carreras profesionales científicas del alumnado, su motivación intrínseca y extrínseca para aprender sobre las ciencias, y la percepción que tienen de sus propias capacidades en ciencias (Tabla 2.2).

Tabla 2.2

Actitudes específicas hacia las ciencias en el cuestionario de los alumnos (PISA, 2015)

Interés por las ciencias	Motivación hacia las ciencias	Percepciones respecto a las ciencias
Expectativas de carrera profesional: variable categórica basada en las respuestas a la pregunta: ¿Qué clase de trabajo esperas ejercer cuando tengas 30 años?	Motivación intrínseca: Gusto por las ciencias, índice construido a partir de las respuestas a preguntas sobre el gusto de hacer y aprender ciencia.	Autoeficacia: índice basado en las respuestas a preguntas sobre la percepción de su capacidad para aplicar el conocimiento de las ciencias a situaciones reales de la vida, como interpretar noticias sobre ciencia o participar en discusiones sobre temas científicos.
Actividades escolares relativas a las ciencias: índice construido a partir de las respuestas a preguntas sobre participación en distintas actividades.	Motivación intrínseca: Interés sobre temas científicos, como biosfera, el universo, la prevención de enfermedades, etc. Motivación extrínseca o instrumental: índice construido a partir de las respuestas a preguntas sobre la utilidad de la ciencia escolar para sus carreras futuras.	

Nota: Tomada de PISA, 2015, p. 129

Por lo que respecta a nuestro trabajo posterior resultan de particular interés algunas conclusiones presentadas en el *Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. Informe español* (2015):

- Las expectativas de los estudiantes acerca de su futuro trabajo son reflejo, al menos en parte, de sus destrezas y de su devenir académico, así como de las oportunidades y el apoyo del que dispongan en su país o en su entorno más próximo.
- De media en los países de la OCDE, un 24% (28.6% en España) de los alumnos, esperaban trabajar en empleos relacionados con las ciencias, un 55% (61% en España), en otro tipo de empleos y un 21% dieron respuestas imprecisas o dejaron la pregunta en blanco. Respecto a los alumnos que esperaban trabajar en empleos relacionados con las ciencias el 8.6 % (11.1% en España) confiaban hacerlo como profesionales de la ciencia y la ingeniería, el 11.4% (13.3% en España), como profesionales de la salud, el 2.6% (3.6% en España) respondía que se dedicaría a las tecnologías de la información y de la comunicación y por último, un 1.4% (0.6% en España) confiaban en ser técnicos de las ciencias y tecnologías o profesionales asociados a las mismas.
- En casi todos los países de la OCDE, las expectativas de tener una ocupación en el ámbito de las ciencias estaban fuertemente relacionada con el rendimiento en ciencias.
- En cuanto al valor del índice de autoeficacia hay que destacar que en España la confianza en la propia competencia para alcanzar objetivos que requieran

habilidades científicas es una de las más bajas entre los países de la OCDE y de la UE. En casi todos los países el valor medio de índice de autoeficacia en ciencias es más alto en los chicos que en las chicas.

- En la mayoría de los países y economías participantes, el nivel sociocultural y el origen inmigrante están vinculados a diferencias significativas en el rendimiento. Los alumnos desfavorecidos muestran valores de rendimiento menor por lo que es más improbable que se proyecten a sí mismos en una carrera científica.

En definitiva, los resultados de los estudios PISA ponen de manifiesto la necesidad de promover una imagen positiva e inclusiva de la ciencia desde la escuela y aumentar la exposición temprana a una enseñanza científica de calidad, convirtiéndola en una fuente de disfrute e interés para que los alumnos como futuros ciudadanos participen plenamente en un mundo moldeado por una tecnología basada en la ciencia.

Por último, queremos dejar constancia que, aunque PISA reconoce la importancia de las actitudes y sentimientos en el desarrollo de la competencia matemática estas no forman parte de su evaluación.

2.4.2. Las actitudes hacia la ciencia en la normativa española: sentido e interés en el marco de la Educación STEM

En el capítulo anterior revisamos la recomendación del Consejo de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente (2018/C 189/01). Expusimos cómo las actitudes de la competencia matemática y las competencias básicas en ciencia, tecnología e ingeniería (CTIM) contribuían de forma clara a favorecer el aprendizaje. Encontramos que se le daba importancia no solo a la dimensión cognitiva o

afectiva (inquietud por las cuestiones éticas) sino a la conductual al destacar la importancia de desarrollar el juicio y curiosidad críticos y el respaldo a la seguridad y la sostenibilidad medioambiental.

La LOMCE (2013) considera las actitudes un tipo de contenido con un destacado componente emocional que se orienta hacia objetivos y metas de diferente carácter: de conocimiento y de relación interpersonal (Escamilla, 2009). Son, por tanto, contenidos presentes en las diversas asignaturas del currículum que deben ser objeto de enseñanza-aprendizaje y cuya aportación es trascendental ya que influyen de manera decisiva en la adquisición y tratamiento de los otros tipos de contenido del currículum (conceptos y procedimientos).

Al referirnos a los contenidos actitudinales estamos aludiendo a tres componentes o niveles de análisis con diferente grado de generalidad: las actitudes, los valores y las normas (Eiser, 1994; Sarabia, 1992).

Las actitudes, los valores y las normas que el alumnado ha de asumir a lo largo de la Educación Primaria y Secundaria Obligatoria son contenidos presentes en todas las asignaturas del currículum. Las actitudes propiamente dichas (o su componente conductual) se refieren a las reglas o patrones de conducta, disposiciones a comportarse de modo consistente o tendencia a resolver, actuando de una determinada manera; las normas (o componente cognitivo) están formadas por las ideas, o creencias sobre cómo hay que comportarse, los ejes para articular compromisos; y los valores (o dimensión afectiva) hacen alusión al grado en que se han interiorizado y asumido los principios que rigen el funcionamiento de esas normas.

Presentamos, ahora, una selección de referencias relacionadas con las actitudes recogidas en la LOMCE (2013).

Preámbulo

... Detrás de los talentos de las personas están los valores que los vertebran, las actitudes que los impulsan, las competencias que los materializan y los conocimientos que los construyen.

... Las habilidades cognitivas, siendo imprescindibles, no son suficientes; es necesario adquirir desde edades tempranas competencias transversales, como el pensamiento crítico, la gestión de la diversidad, la creatividad o la capacidad de comunicar, y actitudes clave como la confianza individual, el entusiasmo, la constancia y la aceptación del cambio

... El aprendizaje personalizado y su universalización como grandes retos de la transformación educativa, así como la satisfacción de los aprendizajes en competencias no cognitivas, la adquisición de actitudes y el aprender haciendo, demandan el uso intensivo de las tecnologías.

Título Preliminar.

Capítulo I.

Artículo 2. Fines.

1. El sistema educativo español se orientará a la consecución de los siguientes fines: Se contempla también como fin a cuya consecución se orienta el Sistema Educativo Español la preparación para el ejercicio de la ciudadanía y para la participación en

la vida económica, social y cultural, con actitud crítica y responsable y con capacidad de adaptación a las situaciones cambiantes de la sociedad del conocimiento.

Capítulo II.

Artículo 6

Los contenidos, o conjuntos de conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que contribuyen al logro de los objetivos de cada enseñanza y etapa educativa y a la adquisición de competencias.

Artículo 17

b) Desarrollar hábitos de trabajo individual y de equipo, de esfuerzo y de responsabilidad en el estudio, así como actitudes de confianza en sí mismo, sentido crítico, iniciativa personal, curiosidad, interés y creatividad en el aprendizaje, y espíritu emprendedor.

Las ideas relacionadas con las actitudes que podemos extraer de las referencias anteriores y que son coherentes con los objetivos de la Educación STEM son:

- El reconocimiento de los valores como elementos vertebradores del talento de las personas y las actitudes como impulsoras del mismo.
- La necesidad de desarrollar actitudes clave como la confianza individual, el entusiasmo, la constancia y la aceptación del cambio, que se reconocen además como necesarias para el aprendizaje del alumnado.

- La inclusión, como meta educativa, de la necesidad de abordar elementos afectivo-motivacionales y de apoyo como son los hábitos de trabajo individual y de equipo, de esfuerzo y de responsabilidad en el estudio, así como actitudes de confianza en sí mismo, sentido crítico, iniciativa personal, curiosidad, interés y creatividad en el aprendizaje, y espíritu emprendedor. En este sentido, algunos de los elementos anteriores se consideran habilidades que persigue la Educación STEM (Botero, 2018).

2.4.3. Las actitudes en las asignaturas relacionadas con la Educación STEM en la Educación Primaria y Secundaria Obligatoria.

El estudio de cómo se concretan las ideas expuestas sobre las actitudes en la LOMCE nos obliga a realizar un recorrido por el currículo de las asignaturas relacionadas con la Educación STEM recogidas en el Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria y en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Abordamos el estudio de las actitudes centrándonos en los currículos de las disciplinas integrantes de la Educación STEM que se estudian en el tramo de edades entre los 10 y los 14 años (Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas en Primaria; Biología y Geología (1.º ESO), Física y Química (2.º ESO) y Tecnología (1.º o 2.º ESO) en la Educación Secundaria Obligatoria) ya que son las que cursan la muestra que utilizamos en la investigación que mostraremos más adelante.

Del análisis de las introducciones que se realizan en los Reales Decretos 126/2014 y 1105/2014 en las asignaturas de Ciencias de la Naturaleza de Educación Primaria y

Biología y Geología, Física y Química y Tecnología de ESO destacamos la importancia y la necesidad de desarrollar:

- Actitudes responsables sobre aspectos relacionados con los seres vivos, los recursos y el medioambiente.
- Actitudes críticas ante las consecuencias que resultan de los avances científicos.
- Actitud de toma de conciencia, participación y toma de decisiones argumentadas ante los grandes problemas a los que nos enfrentamos en la actualidad que nos ayuden a valorar las consecuencias.
- Curiosidad, interés y respeto hacia sí mismo y hacia los demás, hacia la naturaleza, hacia el trabajo propio de las ciencias experimentales y su carácter social.
- Actitud de colaboración en el trabajo en grupo.

En el caso de la Educación Primaria esta valiosa declaración de intenciones encuentra una falta de coherencia si se analizan cómo se explicitan estas actitudes en el Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria.

En primer lugar, la propuesta de contenidos del currículo es predominantemente conceptual. Son pocos los contenidos de actitud que se incluyen en cada bloque temático y en su construcción, disponen el contenido sin acompañarlo por un sustantivo abstracto, como por ejemplo, el esfuerzo ante, el interés por, el respeto hacia, la participación activa en o la preocupación por. En este sentido, criticamos que el desarrollo de las actitudes

planteadas no se haga en forma de conductas, algo que debería ser prioritario en esta etapa (Banet, 2010).

Por otra parte, objetamos que no se expliciten ni en los contenidos, ni en los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje alguna de las intenciones que se señalan como elementos constitutivos de las actitudes en la introducción. De esta manera:

- No incluye de forma clara ningún elemento curricular asociado a la necesidad de aprender a vivir juntos de manera sostenible. No se pone el énfasis en el desarrollo de actitudes para conseguir un entorno más saludable y sostenible que vaya más allá del respeto a los seres vivos.
- No incorpora en ningún elemento curricular la necesidad de “desarrollar una actitud de toma de conciencia, participación y toma de decisiones argumentadas ante los grandes problemas a los que nos enfrentamos en la actualidad, ayudándonos a valorar las consecuencias” (RD. 126/2014, p. 19.365).
- No presta atención a la necesidad de desarrollar actitudes críticas ante las consecuencias que resultan de los avances científicos ya que solo se incluye un estándar de aprendizaje en todo el currículo: “valora y describe la influencia del desarrollo tecnológico en las condiciones de vida y en el trabajo” (RD. 126/2014, p. 19.371).

Destacamos que se promueve el desarrollo de actitudes conductuales relacionadas con la promoción de conductas adecuadas y saludables desde el punto de vista personal y social y las relacionadas con la promoción de un clima de participación, comunicación y convivencia. Además, incorpora actitudes que derivan de la forma de trabajar de los

científicos como el interés por la observación, el rigor o el respeto a las normas de uso y de seguridad de los instrumentos y de los materiales de trabajo.

En el caso del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en las asignaturas de Biología y Geología (1.º ESO), Física y Química (2.º ESO) y Tecnología (2.º ESO) nos encontramos con un currículo predominantemente conceptual en el que los contenidos actitudinales que se recogen se enuncian en términos de concepto. En este caso se explicitan actitudes relacionadas con la curiosidad, el interés y respeto hacia sí mismo y hacia los demás, hacia la naturaleza y hacia el trabajo propio de las ciencias experimentales y su carácter social. Se presta atención al desarrollo de actuaciones personales y colectivas que potencien la gestión sostenible de los recursos y el cuidado del medio ambiente, así como la propuesta de medidas y actitudes para mitigar los problemas medioambientales de importancia global. También se promueven actitudes relacionadas con la participación, valoración y respeto por el trabajo individual y en equipo. Sin embargo, apenas se incluye el hecho de que el desarrollo científico-tecnológico está repleto de conflictos éticos y morales.

Una vez recogidas las principales ideas sobre actitudes que la LOMCE (2013) y los Reales Decretos determinan en los currículos de la Educación Primaria y de la ESO, pasamos a esbozar las principales conclusiones sacadas de la revisión de la normativa curricular de las Comunidades Autónomas del Estado. Reconocemos y apreciamos la labor y el esfuerzo realizado por las Comunidades Autónomas al concretar de manera más coherente las actitudes. De esta manera identificamos que muchas de ellas:

- Contienen actitudes relacionadas con la predisposición hacia las actividades implicadas en las ciencias (curiosidad, flexibilidad, reflexión crítica).
- Identifican actitudes relacionadas con la valoración de la influencia de la actividad humana, científica y tecnológica en la salud y el medio ambiente y sus consecuencias.
- Recogen alusiones relacionadas con el establecimiento de relaciones entre la higiene y el estilo de vida, el mantenimiento de la salud, la prevención de enfermedades y el bienestar personal.
- Contienen alusiones a la valoración de actitudes y hábitos relacionados con el sentido de la responsabilidad sobre uno mismo, los recursos y el entorno.
- Identifican alusiones a la evaluación de actitudes relacionadas con la predisposición hacia las actividades implicadas en las ciencias (curiosidad, flexibilidad, reflexión crítica).
- Identifican alusiones a la evaluación de habilidades de higiene y eficacia en el trabajo (descanso, alimentación, orden, atención).
- Explicitan la participación en actividades de grupo de los alumnos adoptando un comportamiento responsable, constructivo y solidario, respetando los principios básicos del funcionamiento democrático y rechazando cualquier tipo de discriminación.
- Determinan conductas deseables, aunque no exclusivas de las ciencias, como la aplicación de estrategias para la resolución de conflictos a través del diálogo (la

empatía, la escucha, la asertividad...), el reconocimiento y descripción de emociones y sentimientos propios o el rechazo de estereotipos sexistas.

En el caso de las matemáticas, tanto en los Reales Decretos como en los Decretos de Educación Primaria y ESO las actitudes se concentran en un bloque que es transversal: Procesos, métodos y actitudes en matemáticas. En la Educación Primaria se pone especial interés en el desarrollo de la autoconfianza que permita al alumnado afrontar las dificultades propias del trabajo científico, así como en cultivar las actitudes personales inherentes al quehacer matemático como son el esfuerzo, la perseverancia, la flexibilidad y la aceptación de la crítica razonada.

En cuanto a la Educación Secundaria es importante destacar que además de las actitudes anteriores se incluyen aspectos vinculados a superar bloqueos e inseguridades ante la resolución de situaciones desconocidas. En este sentido es interesante el valor que se le presta a la ansiedad matemática y su asociación con la disminución de la autoconfianza.

Respecto a la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato de aplicación en todas las Comunidades del Estado y cuyo análisis realizamos en el capítulo precedente destacan como actitudes integrantes de la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología los valores relacionados con la asunción de criterios éticos asociados a la ciencia y a la tecnología, el interés por la ciencia, el apoyo a la investigación científica y la valoración del conocimiento científico. Además, incluye el sentido de la responsabilidad en relación con la conservación de los recursos naturales y a las cuestiones medioambientales y a la adopción de una actitud adecuada para lograr una

vida física y mental saludable en un entorno natural y social. Por último, incluye valores para la formación personal como el rigor, la atención, la paciencia, la veracidad y el respeto a los datos.

A la vista del análisis realizado, concluimos que el currículo oficial LOMCE en las asignaturas que forman parte de la Educación STEM incluye para la Educación Primaria y Secundaria aspectos actitudinales relacionados con la curiosidad, el interés y el respeto hacia sí mismo y hacia los demás, hacia el entorno natural y hacia el trabajo propio de las ciencias experimentales y su carácter social. Sin embargo, no explicita de manera clara en términos conductuales actitudes que permitan a alumnado posicionarse ante los dilemas éticos y morales que puede plantear la ciencia y que son esenciales en la Educación STEM.

2.5. La investigación sobre las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM: estado de la cuestión

La medida de las actitudes relacionadas con la ciencia es un campo de investigación con numerosos problemas conceptuales y dificultades metodológicas puestas de manifiesto en algunas revisiones periódicas (Gardner, 1975; Shrigley y Koballa, 1992; Blalock et ál., 2008; Potvin y Hasni, 2014). La falta de precisión en la definición del objeto de actitud que se mide, la ausencia de un constructo único y común a toda la escala o la multidimensionalidad del mismo, constituyen formas de invalidar el supuesto de unidimensionalidad de constructo necesario para la validez de cualquier escala (Munby, 1983). Esta problemática ha conducido al desarrollo de numerosos instrumentos que ha

realimentado el problema por la endeblez de muchos de ellos ya que no presentan datos relativos a su validez y fiabilidad.

Ramsden (1998) sintetiza las debilidades en las medidas existentes y marca la presencia de cuatro dificultades relacionadas con el diseño de los instrumentos para estudiar las actitudes hacia la ciencia:

- Ausencia de una definición clara sobre el constructo actitudes hacia la ciencia y sobre los supuestos filosóficos y los modelos de la ciencia subyacentes. Este hecho hace que se defina de maneras diferentes según el propósito y la perspectiva del investigador o investigadores que realicen el estudio (Germann, 1988). La consecuencia es que la interpretación y la comparación de los resultados entre los estudios de investigación (Kind, Jones y Barmby, 2007) son difíciles o totalmente inválidas. La variación en el significado asignado y en las medidas asociadas se ha observado en las revisiones realizadas por Haladyna y Shaughnessy (1982) y Schibeci (1984).
- Diseño deficiente de los instrumentos utilizados y de los ítems que forman parte de los mismos por la falta de claridad, la excesiva generalidad de las formulaciones, la ausencia de significado compartido, la inclusión de expresiones que incluyen dos opiniones o la inadecuación de criterio es decir, la falta de ajuste o correspondencia entre lo que se quiere medir y lo que se mide realmente (Gauld y Hukins, 1980). Este hecho pone de manifiesto tal y como afirma Munby (1990) la percepción errónea de que las actitudes son estables y no están relacionadas con los estados cognitivos.

- No formular la investigación y la construcción de la herramienta de recopilación de datos con referencia a una teoría. Se debe tener en cuenta que, en un principio, muchas de las investigaciones sobre las actitudes relacionadas con la ciencia se realizaron sin tener en cuenta la psicología social, por lo que diferentes revisiones (Gardner, 1975; Gauld y Hukins, 1980; Schibeci, 1984; Shrigley y Koballa, 1992) coinciden en señalar como defecto metodológico en estas investigaciones la falta de un marco teórico de referencia sólido y bien articulado bajo el que conceptualizar y operacionalizar las variables involucradas (Vaske, 2008).
- Escasa validez y fiabilidad de los instrumentos construidos. En este sentido Blalock et ál. (2008) muestran que pocos instrumentos que pretendían medir las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia poseen consistencia interna, fiabilidad y validez.

Las primeras revisiones realizadas sobre los instrumentos para medir actitudes se publican entre 1969 y 2003. La mayoría incluían evaluaciones de instrumentos específicos a excepción de la revisión realizada por Munby (1983). Este investigador evalúa 56 instrumentos elaborados entre 1967 y 1977. Su análisis pone de manifiesto no solo la variedad de concepciones que existen sobre qué se entiende sobre el constructo actitudes hacia la ciencia (Figura 2.2), sino la falta de validez y fiabilidad de los instrumentos así como los problemas de contenido de los mismos. En su estudio explica que el constructo actitudes hacia la ciencia es entendido por los investigadores como una categoría muy amplia que incluye diversos aspectos: las actitudes científicas (definidas por Munby (1983) como hábitos de la mente, generalmente asociados con el pensamiento crítico que caracterizan los procesos mentales de un científico en su trabajo), las actitudes

hacia las carreras científicas, hacia la instrucción o el aprendizaje en ciencias y hacia aspectos específicos de la ciencia.

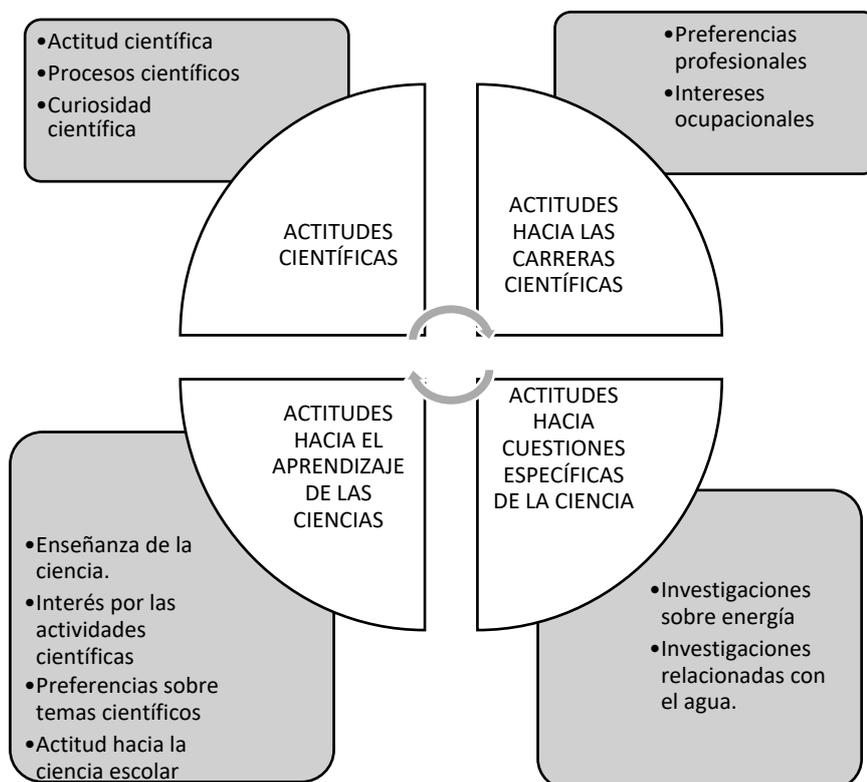


Figura 2.2. Factores y variables de actitud identificadas en los instrumentos analizados.

Nota: Traducción y adaptación propia. Munby, 1983, p.61

Su análisis concluye con la recomendación de siete instrumentos (Tabla 2.3) que siguen presentando problemas de validez de contenido (representatividad de los ítems respecto a un determinado dominio).

Tabla 2.3
Instrumentos recomendados por Munby (1983)

Nombre del instrumento y autor	Constructo	Destinatarios	N.º de ítems y escala	Fiabilidad
<i>Scientific Attitude Scale</i> (Billeh y Zakhariades, 1975)	Valoración de actitudes científicas: racionalidad, curiosidad, actitud abierta, aversión a las supersticiones, objetividad, juicio crítico.	Enseñanza secundaria Enseñanza universitaria y para adultos	36 escala Thurstone	r = .55 - .74
<i>California Elementary School Science Attitude Test</i> (Brown S.B., 1954)	Valoración de la ciencia como materia escolar.	Enseñanza elemental	20 Likert	r = .73
<i>Attitudes toward science and the scientist</i> (Cummings, J.R., 1970)	Valoración de la ciencia en general, de la ciencia como materia escolar, del impacto de la ciencia en la sociedad y viceversa, de la naturaleza de la ciencia.	Enseñanza universitaria	67 Likert	r = .92
<i>Estes Attitude Scales</i> (Estes, 1975)	Valoración de las actitudes hacia el inglés, las matemáticas, la lectura, la ciencia y los estudios sociales. Solo 15 ítems se refieren a la ciencia: gusto por la ciencia, tendencia a implicarse en las actividades relacionadas con la ciencia, creencias sobre la ciencia.	Enseñanza elemental	75 Likert	r = .85 - .88
<i>Test of the Social Aspects of Science</i> . (Korth, 1968)	Valoración de las interacciones entre ciencia y tecnología, carácter social de la ciencia, responsabilidades sociales de la ciencia y los científicos.	Enseñanza secundaria	52 Likert	r = .71
<i>The Brunel Socatt Scales</i> . (Ormerod, 1976).	Valoración de actitudes hacia la ciencia escolar, los científicos y los valores de la ciencia para la sociedad.	Enseñanza secundaria	49 Likert	r = .62 - .91
<i>Attitudes towards Science</i> . (Selmes, 1973)	Creencias sobre los científicos, actitudes hacia la ciencia en general y hacia la ciencia como un método de investigación.	Enseñanza secundaria Enseñanza universitaria	56 Likert	r = .74 - .87

Nota: Elaboración propia a partir de los datos suministrados por *An Investigation into the Measurement of Attitudes in Science Education*, Munby (1983)

Posteriormente se realizan otras revisiones que enumeran o describen los instrumentos disponibles (Osborne et ál., 2003; Ramsden, 1998).

Blalock et ál. (2008) realizan una exhaustiva revisión de 66 instrumentos (Tabla 2.4) clasificándolos previamente en varias categorías (actitudes hacia la ciencia, actitudes científicas, naturaleza de la ciencia, interés por seguir en un futuro estudios científicos, otros [problemas sociales y ambientales relacionados con la ciencia] y categorías múltiples [instrumentos relacionados con las actitudes hacia la ciencia y afecto hacia la misma]). Recogen datos descriptivos sobre el tipo de instrumento, el tamaño, la edad, el género, la raza/etnia de la población estudiada, el lugar del estudio, la presencia o ausencia de antecedentes teóricos, la fiabilidad, la validez y la dimensionalidad. Blalock et ál. (2008) documentaron la tendencia de los investigadores a diseñar al azar sus propias medidas para diversas actividades, lo que sin duda contribuye a la persistencia de muchos problemas. Este estudio y sus conclusiones sirven, de entrada, para volver a mostrar algunas inquietudes metodológicas, como son la falta de fiabilidad y validez de algunos instrumentos (casi la mitad de los instrumentos evaluados [42%]), la calidad deficiente de algunos de los estudios, la indiferencia por los datos faltantes y el predominio de instrumentos que se utilizan en un solo estudio (56%).

Más específicamente de los 66 instrumentos de actitud evaluados, 14 no ofrecieron evidencia de fiabilidad o validez, 12 aportaban datos de fiabilidad pero no evidencia de validez, y dos tuvieron evidencia de validez pero no de fiabilidad. Por lo tanto, aunque fueron publicados, 28 de los 66 instrumentos (42%) carecían de algún aspecto psicométrico fundamental.

Tabla 2.4

Información resumida sobre los puntajes de las rúbricas dentro de cada categoría de actitud científica

Categoría	N.º de instrumentos	Instrumento mejor puntuado
Actitudes hacia la ciencia	20	<i>Attitude Toward Science in School Assessment</i> (Germann, 1988)
Actitudes científicas	4	<i>Noll instrument</i> (Blair, 1940; Noll, 1935)
Naturaleza de la ciencia	5	<i>Rubba, Horner, and Smith instrument</i> (Rubba et ál., 1981) and <i>Views of Nature of Science Questionnaire</i> (Lederman et ál., 2002)
Interés por seguir en un futuro estudios científicos	1	<i>UK Department of Education survey</i> (Johnson, 1987)
Otros (problemas sociales y ambientales relacionados con la ciencia)	3	<i>Inventory of Societal Issues</i> (Steiner, 1973; Steiner y Barnhart, 1972)
Categorías múltiples	33	<i>Rennie instrument</i> (Rennie, 1986; Rennie y Punch, 1991)

Nota: Tomada de Blalock et ál., 2008, p. 969

Potvin y Hasni (2014) realizan una descripción sintética y sistemática de 228 artículos de investigación publicados entre 2000 y 2012 e indexados en la base de datos ERIC sobre cómo varían el interés, la motivación y la actitud hacia la ciencia y la tecnología desde la educación infantil hasta el final de la escuela secundaria, incidiendo en la elevada cantidad de instrumentos que no presentan datos relativos a su validez y fiabilidad. También ponen de manifiesto la falta de claridad en la definición del constructo actitud hacia la ciencia. Explican cómo algunas de las investigaciones sugieren que la actitud es un constructo complejo que contiene muchos subconstructos, entre los que se podrían incluir el interés, el disfrute, la motivación y la dificultad percibida. Además, analizan cómo algunos autores incorporaron autoeficacia (Ates y Eryilmaz, 2011), identidad (Williams, Kurtek y Sampson, 2011), utilidad (George, 2006), aspiraciones de un futuro en ciencia (Volk, Yip y Lo, 2003) o creencias y sentimientos (Walczak y Walczak, 2009).

Por último, Summers y Abd-El-Khalick (2018), revisan 17 instrumentos (Tabla 2.5), aportando datos sobre la fiabilidad y validez de los mismos, señalando de nuevo la problemática existente.

Tabla 2.5

Instrumentos analizados por Summers y Abd-El-Khalick (2018)

Instrumento e investigadores	Enfoque temático	Edades de la población	N.º Ítems	Fiabilidad
<i>Attitudes to school science and science instrument</i> (Bennett y Hogarth, 2009)	Actitudes hacia: la ciencia, la ciencia escolar, la empresa científica, la ciencia como ocio.	11, 14 y 16 años	25	85% de acuerdo entre respuestas libres y fijas
<i>Test of Science Related Attitudes</i> (TOSRA) (Fraser, 1978)	Utilidad percibida de la ciencia, actitudes hacia la ciencia como asignatura escolar, relacionada con continuar estudios de ciencia y la ciencia como ocio.	De 12 a 18 años	70 en una escala Likert de 5 respuestas	$\alpha = .78$; prueba-retest $\alpha = .82$
<i>Attitude Toward Science in School Assessment</i> (ATSSA) (Germann, 1988)	Actitudes hacia la ciencia como asignatura escolar.	De 12 a 14 años	14 en una escala Likert de 5 respuestas	$\alpha = .94$
<i>Science Opinion Survey</i> (SOS) (Gibson y Chase, 2002)	Actitudes hacia la ciencia y los científicos.	De 11 a 14 años	30 en una escala Likert de 5 respuestas	No aporta dato
<i>Attitudes toward STEM</i> (Guzey et ál., 2016)	Actitudes STEM y hacia el STEM integrado.	De 9 a 12 años	28 de 5 respuestas	$\alpha = .77-.87$
<i>Views about Science Survey</i> (VASS) (Halloun, 1997, 2001)	Autoconcepto, actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia, hacia la naturaleza de la ciencia y utilidad de la ciencia.	De 13 a 22 años	30 en una escala de 5 respuestas con dos afirmaciones	Juzgado de manera indirecta
<i>Children's Science Curiosity Scale</i> (CSCS) (Harty y Beall, 1984)	Actitudes hacia actividades relacionadas con la ciencia y sobre hacer ciencia.	10 años	30 en una escala Likert de 5 respuestas con emoticonos.	$\alpha = .83$

Instrumento e investigadores	Enfoque temático	Edades de la población	N.º Ítems	Fiabilidad
<i>My Attitudes Toward Science (MATS)</i> (Hillman et ál., 2016)	Actitudes hacia la ciencia escolar, la utilidad de la ciencia, con continuar estudios de ciencia y la percepción de los científicos.	De 8 a 18 años	40 en una escala Likert de 5 respuestas con emoticonos.	$\alpha = .54-.87$
<i>Science Attitude Scale (SAS)</i> (Misiti et ál., 1991)	Actitudes hacia el aprendizaje escolar de la ciencia y actividades relacionadas con la ciencia.	De 10 a 14 años	23 en una escala Likert de 5 respuestas.	$\alpha = .92-.96$
<i>Science Attitude Inventory II (SAI II)</i> (Moore y Hill Foy, 1997)	Actitud hacia la ciencia y hacia los científicos, la utilidad percibida de la ciencia.	De 14 a 18 años	40 en una escala Likert de 5 respuestas.	$\alpha = .78$; Fiabilidad media dividida 0.81
<i>Instrument to assess children's attitudes toward science</i> (Pell y Jarvis, 2001)	Actitud hacia la ciencia escolar y la utilidad percibida de la ciencia.	De 6 a 14 años	43 en una escala Likert de 5 respuestas con emoticonos	$\alpha = .65-.81$
<i>Changes in Attitude About the Relevance of Science (CARS)</i> (Siegal y Ranney's, 2003)	Actitudes hacia la ciencia escolar y la utilidad percibida de la ciencia.	De 10 a 18 años	20 en una escala Likert de 5 respuestas.	$\alpha = .80$ para cada prueba; Fiabilidad total .91
<i>Simpson-Troost Attitude Questionnaire as Revised (STAQ-R)</i> (Owen et ál., 2007)	Actitudes hacia la ciencia escolar, las actitudes de la familia y las actitudes de los compañeros.	De 11 a 14 años	22 en una escala Likert de 5 respuestas	$\alpha = .85$
<i>Relevance of Science Education (ROSE) student questionnaire</i> (Sjøberg y Schreiner, 2005)	Actitudes hacia la ciencia y temas específicos y actividades científicas, autoconcepto y utilidad percibida de la ciencia.	15 años	245 con diferentes escalas (Likert, de acuerdo o en desacuerdo, interesado o no, a menudo/nunca)	No aporta dato
<i>Students' Motivation Toward Science Learning Questionnaire (SMTSL)</i> (Tuan et ál., 2005)	Actitudes hacia: ciencia, autoconcepto, aprendizaje de la ciencia y utilidad de la ciencia.	De 16 a 17 años	35 en una escala Likert de 5 respuestas	$\alpha = .70-.89$ para cada escala; total fiabilidad .89

Instrumento e investigadores	Enfoque temático	Edades de la población	N.º Ítems	Fiabilidad
<i>Attitudes Toward Science Protocol</i> (WASP) (Wareing, 1982)	Actitudes hacia la ciencia escolar, autoconcepto, y utilidad percibida de la ciencia.	De 10 a 18 años	42 en una escala Likert de 5 respuestas	$\alpha = .91-.94$
<i>Modified Attitudes Toward Science Inventory</i> (mATSI) (Weinburgh y Steele, 2000)	Actitudes hacia la ciencia, ansiedad hacia la ciencia, utilidad percibida de la ciencia, autoconcepto de la ciencia, percepción del profesorado de ciencia.	De 10 a 11 años	25 en una escala Likert de 5 respuestas	$\alpha = .70$

Nota: Traducción y adaptación propia de Summers y Abd-El-Khalick, 2018, pp. 4-7

Summers y Abd-El-Khalick (2018) en su investigación se plantean como objetivo construir un instrumento adecuado para un estudio transversal (grados 5 a 10) que permita la realización de estudios sobre las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y las construcciones relacionadas. Su análisis de los diferentes instrumentos revela que muchos no parecen aptos para su objetivo ya que o bien se habían diseñado para dirigirse a un solo nivel de grado (por ejemplo, *Children's Science Curiosity Scale* [CSCS], Harty y Beall, 1984), o bien para una edad específica de los estudiantes (por ejemplo, *Relevance of Science Education* (ROSE), Sjøberg y Schreiner, 2005); otros se dirigían a un nivel de grado incluso superior como la escuela media o secundaria (por ejemplo, Heikkinen, 1973; Skinner y Barcikowski, 1973). También revela que varios de ellos a pesar de mostrar características psicométricas aceptables no utilizan un marco teórico de referencia como, por ejemplo: *Science Opinion Survey* (SOS) (Gibson y Chase, 2002), *Attitudes toward STEM* (Guzey et ál., 2016), *Instrument to assess children's attitudes toward science* (Pell y Jarvis, 2001) y *Attitudes Toward Science Protocol* (WASP) (Wareing, 1982).

Las conclusiones sacadas de la revisión realizada acentúan la necesidad de actualizar las herramientas psicométricas ya que muchos de los instrumentos, que siguen siendo la base de la investigación actual, se desarrollaron en los años setenta y ochenta (por ejemplo, Fraser, 1978; Germann, 1988; Moore y Sutman, 1970; Simpson y Troost, 1982). En particular, y por la importancia que tiene en la investigación que más adelante desarrollamos, analizaremos los instrumentos diseñados para estudiar las actitudes hacia la ciencia en el periodo de los 10 a 14 años —coincidentes con los dos últimos cursos de Educación Primaria y los dos primeros de la Educación Secundaria Obligatoria en España— ya que las investigaciones muestran que es un momento crítico en el moldeado de las actitudes y las aspiraciones de los estudiantes hacia un futuro relacionado con la ciencia (Tai et ál., 2006).

2.5.1. Revisión de escalas para el estudio de las actitudes hacia la ciencia en edades tempranas

La investigación empírica acerca de las actitudes hacia la ciencia en edades comprendidas entre los 10 y los 14 años es más bien modesta y aunque ha ido recibiendo una atención creciente, existen pocas escalas para medir las actitudes hacia la ciencia específicamente desarrolladas y validadas para estas edades. A continuación, estudiaremos las que consideramos base y fundamento de nuestra investigación ya que cumplen no solo con las características psicométricas necesarias, sino que además han sido diseñadas para la Educación Primaria.

Entre ellas destacamos la escala *Three-Dimensions of Student Attitude Towards Science* (TDSAS) que ha sido desarrollada por Zhang y Campbell (2011) para investigar las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes de Primaria en China. En este caso los

investigadores minimizan las dimensiones estudiadas, en un intento de salvar la dificultad que supone la idea de que demasiados constructos definen la actitud hacia la ciencia como una idea vaga, inconsistente y ambigua (Germann, 1988). Este instrumento (Anexo 1), aceptable en cuanto a consistencia interna y con una fiabilidad alta (alfa de Cronbach de .88-.91), consta de 28 ítems y el análisis factorial confirmatorio muestra la existencia de tres factores que se alinean con la teoría tripartita de las actitudes, según la cual estas se clasifican en tres componentes: afectivo, cognitivo y conductual (Breckler, 1984; Eagly y Chaiken, 1993; Rosenberg y Hovland, 1960). La selección de las dimensiones para el TDSAS se basó en las 7 subescalas del TOSRA (Fraser, 1978) y en la revisión de la literatura relevante sobre escalas actitudinales (Baram-Tsabari y Yarden, 2009; Osborne et ál. 2003). Las tres dimensiones son: el afecto de los estudiantes hacia la ciencia, es decir, las emociones o sentimientos que impulsan a los estudiantes hacia la ciencia y la participación en las ciencias (por ejemplo, “Me gusta aprender ciencias”); el juicio cognitivo de los estudiantes basado en sus valores y creencias sobre la ciencia (por ejemplo, “Me gustaría ser científico cuando sea mayor”); y las tendencias de comportamiento de los estudiantes en el aprendizaje de la ciencia (por ejemplo, “Me gusta ayudar a otros a resolver los problemas utilizando el conocimiento científico que he aprendido”). El TDSAS permite responder a tres preguntas investigativas: (1) si los estudiantes están conectados afectivamente a la ciencia, (2) si los estudiantes aprecian la importancia de la ciencia y el papel de la investigación científica para la sociedad, y (3) si los estudiantes están implicados en comportamientos reales de aprendizaje de la ciencia.

Otro de los instrumentos del que existe evidencia empírica a nivel de validez y fiabilidad (alfa de Cronbach de .93) es el *Asian Student Attitudes Toward Science Class Survey*

(ASATSCS) de Wang y Berlin (2010). Consta de 30 ítems y permite analizar las actitudes hacia la clase de ciencias de los estudiantes de cuarto y quinto grado (9 a 11 años) en una cultura escolar asiática. Fue construido para medir las tres dimensiones de actitud científica identificadas por Dhindsa y Chung (2003) en numerosos estudios sobre actitudes (Kind, Jones y Barmby, 2007; Osborne et ál., 2003): el disfrute de la ciencia (grado en el que un estudiante disfruta de la clase de ciencias); la confianza en la ciencia (grado en el que un estudiante tiene confianza y siente que tiene éxito en la clase de ciencias); e importancia de la ciencia (la medida en que un estudiante piensa que su clase de ciencias es importante y vale la pena). Para la elaboración de los ítems los autores recogieron elementos de otros instrumentos existentes correspondientes a las tres dimensiones (por ejemplo, Germann, 1988; Hassan, 2008; Kind et ál., 2007; Pell y Jarvis, 2001) y los alinearon con el plan de estudios de educación científica, con los materiales y con las estrategias de enseñanza comúnmente utilizados en el aula de ciencias de la escuela primaria en Taiwán (Anexo 2).

También resulta un instrumento válido y confiable para medir las actitudes de los estudiantes de Primaria hacia la ciencia escolar el *School Science Attitude Survey* (SSAS) de Kennedy, Quinn y Taylor (2016) (Anexo 3). Estos autores examinan el perfil actitudinal del alumnado en el área de la ciencia escolar a través de diez ítems que abordan las seis construcciones sobre actitudes hacia la ciencia más comunes recogidas en la literatura científica (Tabla 2.6): intención para la futura matriculación en ciencias (I), disfrute (E), dificultad (D), autoeficacia en la ciencia escolar (S), utilidad (U) y relevancia de la ciencia escolar (R) . Hay que tener en cuenta que la utilidad de la ciencia para una futura carrera en ciencias (U_s) y la utilidad de la ciencia para la elección de una carrera personal (U_p) son las dos dimensiones de la utilidad (U) y que la relevancia para la

sociedad (R_s) y la relevancia personal (R_p) de la ciencia escolar son las dos dimensiones subyacentes al constructo actitudinal de relevancia.

Tabla 2.6
Ítems del SSAS y su traducción al castellano y método de medida

Factores	Ítem original y traducción	Método de medida
(I) Intención para la futura matriculación en ciencias.	1. I am very likely to enroll on a science course in Year 11. 1. Es muy probable que elija un curso de Ciencias de la Naturaleza* en la ESO.	Escala Likert
(E) Disfrute con la ciencia escolar.	2. I think science is: 2. Pienso que la Ciencias de la Naturaleza es:	Diferencial semántico: aburrida-divertida
(D) Percepción de dificultad de la ciencia escolar	3. I struggle with completing the assignments for science class. 3. Me cuesta terminar las tareas para la clase de Ciencias de la Naturaleza.	Escala Likert
(S) Percepción de autoeficacia en la ciencia escolar	4. I think I am very good at science. 4. Pienso que soy muy bueno en Ciencias de la Naturaleza.	Escala Likert
(U) Utilidad de la ciencia (U)		Latente: $\frac{U_s+U_p}{2}$
(U _s) Utilidad de la ciencia para una futura carrera en ciencias	5. A job as a scientist would be interesting. 5. Un trabajo como científico o científica sería interesante.	Escala Likert
(U _p) Utilidad de la ciencia para la elección de una carrera personal	6. For my planned career, knowledge of school science will be: 6. Para mis futuros estudios, el conocimiento de las clases de Ciencias de la Naturaleza es:	Diferencial semántico: inútil-útil
(R) Relevancia de la ciencia escolar.		Latente: $\frac{R_s+R_p}{2}$
(R _s) Relevancia para la sociedad de la ciencia (R_s) y	7. Science helps to make life better. 7. La ciencia ayuda a mejorar la vida.	Escala Likert
(R _p) Relevancia personal de la ciencia		Latente: $\frac{R_{p1}+R_{p2}+R_{p3}}{3}$

Factores	Ítem original y traducción	Método de medida
(R _{p1}) ¿De qué quiero aprender?	8. I want to learn about plants in my area. 8. Quiero aprender sobre las plantas de mi entorno.	Escala Likert
(R _{p2}) ¿Cuánto es de aplicable es la ciencia escolar a mi vida cotidiana?	9. For my everyday life, I think school science is: 9. Para mi vida diaria, creo que la Ciencias de la Naturaleza es:	Diferencial semántico: poco importante–muy importante
(R _{p3}) Ciencias biológicas versus ciencias físicas	10. I want to learn about electricity and how it is used in the home 10. Quiero aprender sobre la electricidad y saber cómo se usa en una casa	Escala Likert

Nota: Traducción propia de Kennedy, Quinn y Taylor, 2016, p. 445

*Se traduce la palabra ciencia como Ciencias de la Naturaleza ya que el cuestionario está pensado para Primaria y en el currículo español la ciencia que se trabaja en esta etapa se incluye en la asignatura troncal de Ciencias de la Naturaleza.

Además de los instrumentos anteriores, la escala para estudios transversales denominada *Behaviors, Related Attitudes, and Intentions toward Science (BRAINS)* diseñada por Summers y Abd-El-Khalick (2018) aborda la evaluación de las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia, utilizando como marco teórico las teorías de la acción razonada y el comportamiento planificado (TRAPB). Este es un instrumento de 30 ítems (Anexo 4) con cinco factores y un buen ajuste estadístico, incluyendo un índice global o absoluto (RMSEA) de 0.04 y un índice de ajuste comparativo (CFI) de 0.95. Los cinco factores o construcciones, del instrumento final reflejan el marco de las TRAPB: actitudes hacia el comportamiento, creencias conductuales sobre la ciencia, intenciones de participar en la ciencia, creencias normativas y creencias de control. Para su desarrollo se apoyaron en un instrumento similar diseñado para su uso fuera de los Estados Unidos, *Arabic Speaking Students' Attitudes toward Science Survey (ASSASS)* (Abd-El-Khalick, Summers, Said, Wang y Culbertson, 2015). Hay que destacar que la alineación empírica de la estructura de los factores del instrumento y de las cargas de los ítems con su

fundamento teórico (TRAPB) guiaron el desarrollo del instrumento, desempeñando un papel importante en la determinación de la validez del constructo de la medida.

Por último, el *Attitudes toward STEM* de Guzey, Harwell y Moore (2014) nos ha parecido muy interesante porque específicamente incluye el diseño de una escala para el estudio de la actitud hacia la educación STEM integrada del alumnado de 9 a 12 años. Comprende 28 ítems y cuatro factores: implicaciones personales y sociales de la educación STEM; el aprendizaje de la ciencia y la ingeniería y la relación con la educación STEM; el aprendizaje de las matemáticas y la relación con la educación STEM; y el aprendizaje y el uso de la tecnología. Sin embargo, a pesar de presentar niveles de fiabilidad aceptable, se desarrolla sin referencias a definiciones operativas ni conexiones con las metas de medición propuestas. Presenta una estructura factorial final que no es consistente (es decir, actitudes hacia la ciencia y la ingeniería como una subescala y actitudes hacia las matemáticas en otra), y sin grado de encuadre en ninguna teoría (Summers y Abd-El-Khalick, 2018).

2.5.2. La investigación en España de las actitudes hacia la ciencia en edades tempranas

Después de la revisión de los principales instrumentos que sobre la actitud hacia la ciencia muestran características psicométricas aceptables en el periodo de edades en el que realizamos nuestra investigación (10 a 14 años) decidimos prestar una especial atención a la investigación desarrollada en muestras de estudiantes españoles. De esta manera identificamos que los instrumentos creados o adaptados y validados en español son muy pocos y de estos solo el *Test of Science Related Attitudes* (TOSRA) para hispano hablantes de Navarro, González y González-Pose (2016), aportan datos de fiabilidad y

validez de constructo. También deben tenerse en cuenta el Protocolo de Actitudes relacionadas con la Ciencia (PAC) (Vázquez y Manassero, 1997), la versión española del ROSE (Marbá-Tallada y Márquez 2010; Vázquez y Manassero, 2008) y el Proyecto de Actitudes hacia las ciencias en Niños y Adolescentes (PANA) (Pérez-Manzano, 2012; Pérez y Pro, 2005) aunque no muestran una validez y fiabilidad sólidas.

El TOSRA, diseñado originalmente por Fraser (1978), es el instrumento más utilizado para evaluar las actitudes relacionadas con la ciencia (Munby 1983), con una alta confiabilidad y validez reportada en diferentes estudios de validación empírica. Comprende 70 ítems agrupados en 7 subescalas: implicaciones sociales de la ciencia (actitud del sujeto hacia los efectos positivos o negativos de la ciencia en la sociedad); normalidad de los científicos (creencias del sujeto sobre el estilo de vida de los científicos); actitud hacia la investigación científica (preferencia del sujeto por usar métodos de investigación científica); adopción de actitudes científicas (disposición del sujeto a revisar sus opiniones basándose en la experimentación y los datos empíricos); disfrute de las clases (lecciones) de ciencias; interés de ocio en la ciencia; e interés profesional en la ciencia. Las dimensiones anteriores se corresponden con las categorías establecidas por Klopfer (1971) aunque la relacionada con la manifestación de actitudes favorables hacia la ciencia y los científicos abarca dos subcategorías algo distintas (Tabla 2.7).

Tabla 2.7
Comparación de las categorías de la escala TOSRA con la clasificación de Klopfer

TOSRA	Clasificación de Klopfer (1971)
Implicaciones sociales de la ciencia. Normalidad de los científicos.	Manifestación de actitudes favorables hacia la ciencia y los científicos.
Actitud hacia la investigación científica.	Aceptación de la investigación científica como una forma de pensamiento.
Adopción de actitudes científicas.	Adopción de “actitudes científicas”.
Disfrute en las clases de ciencias.	Disfrute aprendiendo ciencia.
Interés en la ciencia.	Interés por la ciencia y las actividades relacionadas con la ciencia.
Interés profesional en la ciencia.	Interés por hacer una carrera científica o ejercer un trabajo relacionado con la ciencia.

Nota: Tomada de Fraser, 1982, p. 2

La versión española del TOSRA (Anexo 5) realizada por Navarro, Förster, González y González-Pose (2016) está dirigida a la etapa de Educación Secundaria, incorpora 70 ítems en una escala Likert de 1 a 5 y permite medir las actitudes hacia la ciencia en general.

Respecto a propiedades psicométricas de esta versión la evidencia presentada por los autores sugiere que su validez y consistencia interna se conservan en la versión adaptada al español, lo que hace posible su uso en países cuyo idioma oficial es el español o en aquellos con una creciente población de inmigrantes latinos, como los Estados Unidos. Aunque este instrumento no se ajusta a las edades de nuestra investigación, nos ha servido de base para la selección de las posibles dimensiones a estudiar.

A la vista de la anterior revisión, y en términos globales acerca de las principales escalas con características psicométricas aceptables, fuera y dentro de nuestro país que se han utilizado para las investigaciones relacionadas con las actitudes hacia la ciencia, podemos afirmar que contamos con una masa crítica muy apreciable en distintas líneas de trabajo

que nos permite abordar el diseño de una escala para nuestra investigación acerca de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

2.6. Consideraciones finales

En este capítulo nos hemos acercado a la comprensión del significado, componentes, características y funciones de las actitudes en general. Nuestro interés radica en que la conducta social de las personas se puede comprender a través del estudio de las mismas y por tanto, desempeñan un papel importante en los procesos de cambio social.

Explicar cuál es la naturaleza de las actitudes, cómo se forman y su incidencia en la conducta de las personas nos han conducido a estudiar la teoría de la acción razonada y la teoría de la conducta planificada (Fishbein y Ajzen, 2010), proporcionando una visión general de las mismas así como de los constructos que las organizan y de los elementos que las configuran.

Puesto que las actitudes participan en el desarrollo del interés y el compromiso que tenemos hacia cuestiones relacionadas con la ciencia, las matemáticas y la tecnología tratamos de acotar el sentido y el significado de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM, comprobando que es una tarea compleja, ya que aún no se ha alcanzado un consenso acerca de qué aspectos la constituyen. El constructo actitudes hacia la ciencia es entendido por los investigadores como una categoría muy amplia que incluye diversos aspectos (las actitudes científicas, las actitudes hacia las carreras científicas, hacia la instrucción o el aprendizaje en ciencias y hacia aspectos específicos

de la ciencia) y contiene muchos subconstructos, entre los que se podrían incluir el interés, el disfrute, la motivación y la dificultad percibida.

Analizamos las variables (sexo, edad, rendimiento, nivel socioeconómico y autoeficacia) que influyen en el desarrollo de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM y cómo se contemplan en proyectos como PISA, en el marco de referencia europeo y en las prescripciones oficiales del currículo LOMCE.

Por otra parte, y dado que diferentes investigaciones indican que las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM se forman a una edad temprana y que son difíciles de cambiar durante y después de la adolescencia decidimos centrar nuestro estudio en edades comprendidas entre los 10 y los 14 años. Por ello, analizamos los aspectos de cambio y transformación biológica que condicionan la atención y la comprensión, los relativos a la evolución cognitiva y metacognitiva, los vinculados a los procesos de maduración en la forja de la identidad personal, el autoconcepto, la eficacia, la autorregulación y los que se vinculan a los aspectos de índole social en este tramo de edad. También estudiamos la influencia del contexto sociocultural y familiar y el relevante papel del profesorado en el impulso a la construcción de actitudes hacia la ciencia.

Por último, analizamos los instrumentos diseñados para estudiar las actitudes hacia la ciencia en el periodo de los 10 a 14 años que consideramos son la base y fundamento de nuestra investigación. Este último apartado lo consideramos esencial ya que enriquece el conocimiento del que partimos para la elaboración de una escala acerca de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

Capítulo 3.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL INSTRUMENTO ACTITUDES HACIA LA CIENCIA EN LA EDUCACIÓN STEM (ACESTEM)

“Sé que a muchos maestros les asusta un poco, quizá con razón, la serie de nuevos métodos, procedimientos y sistemas, que como seguras panaceas contra el mal crónico que padece nuestra educación nacional, les ofrecen en todas partes.

Pero bien miradas las cosas, esta exuberancia no es más que un producto del dinamismo de nuestro tiempo, que se manifiesta lo mismo que en los remedios pedagógicos en los curativos o en los productos alimenticios, y tenemos que alegrarnos de que la escuela salga de su rincón de *Cenicienta* y que llame la atención de las gentes; el *quid* está en saber elegir el grano entre la paja que pueda haber y en tomar de cada uno aquello que sea aplicable a las circunstancias.”

Margarita Comas (1931)

CAPÍTULO 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL INSTRUMENTO ACTITUDES HACIA LA CIENCIA EN LA EDUCACIÓN STEM (ACESTEM)

3.1. Justificación teórica y objetivos de investigación.

3.1.1. Proceso de investigación.

3.1.2. Objetivos e hipótesis.

3.2. Metodología de la investigación.

3.2.1. Proceso de elaboración y diseño del instrumento.

3.2.2. Descripción de las muestras.

3.3.2.1. Primera muestra: alumnado de centros educativos.

3.3.2.2. Segunda muestra: estudiantes en un campus tecnológico.

3.3. Procedimiento y desarrollo de la investigación.

3.4. Consideraciones finales.

3.1. Justificación teórica y objetivos de investigación

Las transformaciones que se han producido en la cultura, en el conocimiento, en las TIC, en las relaciones con el medio ambiente, en la economía y en los valores éticos en las últimas décadas señalan la necesidad de definir nuevas orientaciones para la educación, en un contexto marcado por la paradoja de que lo único cierto y estable es el cambio (Bauman, 1999).

En este contexto de cambios permanentes, nuestro interés por el conocimiento integrado en la educación científica, tecnológica, de ingeniería y matemáticas (STEM) ha sido, sin duda, uno de los puntos de partida de esta investigación. Un trabajo trazado sobre el significado de la Educación STEM que establece claros vínculos con las competencias que como explica Escamilla son “puntos de referencia social y culturalmente acordados fruto de los diferentes tipos de dinámicas (política, social, cultural, económica, científica y técnica)” (2015, p. 9).

La Educación STEM y el enfoque competencial no solo comparten los fundamentos base para el aprendizaje (aprendizaje significativo y transferencia del conocimiento) sino que, además, potencian las relaciones entre los diferentes tipos de contenidos de las distintas áreas y los vínculos interdisciplinares que conducen al desarrollo de las competencias del siglo XXI (entre otras, la creatividad, la colaboración, la comunicación y el pensamiento crítico). Desde nuestro punto de vista el enfoque competencial y la Educación STEM se encuentran tan relacionadas que todo el trabajo que llevemos a cabo en el contexto de la Educación STEM nos llevará al desarrollo de competencias del alumnado, pudiendo afirmar que, si trabajamos STEM, trabajamos competencias.

De esta manera la Educación STEM, en el contexto del enfoque competencial, ha ido ganando relevancia por el interés que tiene desarrollar las habilidades cognitivas y socioemocionales de una sociedad eminentemente tecnológica como son la adaptabilidad, las habilidades relacionadas con el procesamiento e interpretación de la información, la resolución de problemas no rutinarios, la autogestión y el autodesarrollo y el pensamiento sistémico (Peterson, Mumford, Borman, Jeanneret y Fleishman, 1999). La Educación STEM debe contribuir a preparar ciudadanos capaces de enfrentarse a los desafíos venideros, tanto a nivel profesional como social, aportando no solo los aprendizajes esenciales para desarrollarse personal y profesionalmente en el futuro sino también los necesarios para poder participar en la vida social y en la toma de decisiones en un mundo cada vez más tecnológico y científico.

La Educación STEM para todos es una necesidad que debe compensar las carencias con las que muchos acceden y se enfrentan a los contextos académicos, además de “promover la participación y el empoderamiento de las estudiantes en los ámbitos STEM y la incorporación de estudiantes de familias de perfil socio-económico bajo” (Domènech-Casal, Lope y Mora, 2019, p. 2203-3).

Sin embargo, en unos tiempos en los que la Educación STEM de la ciudadanía se muestra imprescindible, diferentes estudios europeos (informe Rocard, 2006; el Eurobarómetro y el informe PISA, OCDE, 2009, 2015) y otros a nivel mundial (*The White House*, 2018; Wang y Degol, 2017) indican el desinterés de los jóvenes por los estudios de ciencias y matemáticas. Se afirma que se han descuidado los aspectos emocionales y afectivos y que el origen de las decisiones relacionadas con no realizar estudios STEM en el futuro pueden encontrarse en las actitudes negativas hacia la ciencia, las matemáticas y la

tecnología, adquiridas a lo largo de toda la escolaridad (Osborne et ál., 2003; Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005).

Precisamente el interés por la Educación STEM unido a la necesidad por conocer cuáles son las claves que pueden llevar a un estudiante a interesarse por ella han impulsado la presente investigación. Numerosos estudios reconocen que las actitudes tienen un papel relevante en la alfabetización en STEM y que promover la motivación y el interés por la Educación STEM puede aumentar la proporción de alumnos (y especialmente de alumnas) que podrían considerar dedicarse a una profesión STEM en el futuro (Denessen, Vos, Hasselman y Louws, 2015; Koballa y Glynn, 2007; Osborne, et ál., 2003; Pérez Manzano y Pro Bueno, 2018; Vázquez Alonso et ál., 2006; Vázquez y Manassero, 2015; entre muchos otros).

Además, el hecho de que la mayoría de los estudios focalicen su atención en la Educación Secundaria nos ha llevado a querer intervenir en la Educación Primaria, centrándonos en el tramo edades comprendidas entre los 10 y los 14 años, ya que en estas edades los niños y las niñas desarrollan un sentido de quiénes son como estudiantes de ciencias y de matemáticas (Jorgensen y Larkin, 2017) y se producen los progresos de la inteligencia operatoria lógico-formal y una mayor flexibilidad en el pensamiento que inciden en la formación de la identidad personal (Berk, 2006; Carretero y León, 2008; Moreno, 2010) y en la construcción de actitudes e intereses hacia la ciencia.

Nos gustaría participar en el cambio educativo en el contexto de la Educación STEM intentando enriquecer, con nuestras averiguaciones, las relaciones entre las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM y el sexo, la edad, la profesión de los padres y el autoconcepto académico y la autopercepción académica.

3.1.1. Proceso de investigación

Desde esta base argumental, apoyándonos en el marco teórico expuesto en los dos primeros capítulos, iniciamos una investigación con el objetivo de examinar las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM y las construcciones asociadas en estudiantes de 10 a 14 años. Esto supone identificar las claves del proceso o fases que ha seguido la investigación práctica desarrollada:

- **Fase I:** Elaboración del marco teórico.
- **Fase II:** Construcción de una escala para las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM y aplicación de la misma.
- **Fase III:** Análisis e interpretación de la información obtenida.

El objetivo prioritario de la primera fase ha sido elaborar el marco teórico necesario para fundamentar la trayectoria de nuestra propia investigación práctica. Durante esta fase hemos realizado una revisión bibliográfica exhaustiva de las principales investigaciones, estudios y obras relacionadas con el tema de investigación. Hemos buscado estudios que nos aporten información sobre el estado de la cuestión, analizando qué es la Educación STEM y sus vínculos con el enfoque competencial, así como la importancia del estudio de las actitudes hacia la ciencia que ayuden en el proceso de construcción de intereses hacia la Educación STEM.

Durante la segunda fase hemos diseñado y aplicado la escala de recogida de la información. Para ello estudiamos diferentes escalas y delineamos un primer cuestionario con 68 ítems. Este se acompañó de un conjunto de preguntas para medir las variables sociodemográficas seleccionadas (sexo, edad, profesión de los padres, titularidad del

centro) y dos determinantes personales como son el autoconcepto académico y la autopercepción académica. La validación del contenido se realizó al someter el cuestionario a la técnica del juicio de expertos, eliminando los ítems poco claros o relevantes, uniendo los que eran parecidos o cambiando la redacción de otros, al tiempo que se redujo la extensión del mismo a 25 ítems.

Después realizamos la aplicación del cuestionario, administrando una versión *on line* a 408 estudiantes con edades comprendidas entre los 10 y los 14 años, que cursan 5.º y 6.º de Educación Primaria (EP) y 1.º y 2.º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de tres centros de diferente titularidad (público, concertado y privado) de la Comunidad de Madrid para explorar la fiabilidad, la validez y la estructura factorial del instrumento.

Para la validación de constructo realizamos un análisis factorial confirmatorio con una muestra diferente de 295 niños y niñas (40 de un colegio concertado de la Comunidad de Madrid y 255 participantes de la sexta edición del Campus Tecnológico organizado por la Universidad Pontificia Comillas, a través de Escuela Técnica Superior de Ingeniería [ICAI] de una semana de duración). Se confirmó el modelo esperado de 4 factores y se eliminaron 3 ítems, quedando una escala de 21 ítems.

Por último y en la tercera fase procedimos a analizar e interpretar la información a la luz del marco teórico, extrayendo las principales conclusiones. Finalmente, planteamos las futuras líneas de acción y de investigación que surgen tras el análisis de los resultados y la discusión de los mismos.

3.1.2. Objetivos e hipótesis

Planteamos un estudio cuantitativo que nos debe permitir analizar la actitud del alumnado hacia la ciencia en la Educación STEM, considerando las creencias y percepciones relativas a la competencia científica (autoeficacia), la utilidad percibida hacia la ciencia y la intención profesional futura así como las reacciones afectivas que los niños y niñas de edades comprendidas entre 10 y 14 años (5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de la Educación Secundaria Obligatoria) manifiestan en forma de gusto y disfrute hacia la ciencia. De esta manera todos los componentes descritos podrían constituir una forma precisa para medir la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y ayudarnos a determinar las creencias, que pueden ser reforzadas o minimizadas, y que afectan a las decisiones relevantes de comportamiento del alumnado.

La presente investigación propone los siguientes objetivos:

1. Diseñar un instrumento objetivo, fiable y válido con las adecuadas características psicométricas que mida el constructo actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

El diseño del instrumento es interesante porque nos ayudará a recopilar información valiosa sobre las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM así como de los numerosos factores o variables que lo condicionan.

2. Explorar la relación entre las características individuales (el sexo, la edad y la profesión de los padres) y del autoconcepto académico y la autopercepción académica y las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia en la Educación STEM.

Este objetivo se puede desglosar en los siguientes objetivos específicos:

- 2.1. Determinar si el gusto por la ciencia, la utilidad percibida de la ciencia, la autoeficacia y el interés profesional por la ciencia presentan variaciones significativas respecto a la edad.
- 2.2. Explorar si el gusto por la ciencia, la utilidad percibida de la ciencia, la autoeficacia y el interés profesional por la ciencia presentan variaciones significativas respecto al curso y a la etapa educativa.
- 2.3. Constatar si el gusto por la ciencia, la utilidad percibida de la ciencia, la autoeficacia y el interés profesional por la ciencia presentan variaciones significativas respecto al sexo.
- 2.4. Explorar si el gusto por la ciencia, la utilidad percibida de la ciencia, la autoeficacia y el interés profesional por la ciencia presentan variaciones significativas respecto a las profesiones de los padres.
- 2.5. Determinar si el gusto por la ciencia, la utilidad percibida de la ciencia, la autoeficacia y el interés profesional por la ciencia presentan variaciones significativas respecto al autoconcepto académico y la autopercepción académica.

El análisis de todas estas cuestiones enunciadas en términos de objetivos nos debe permitir proponer futuras líneas de acción con sugerencias para construir una estrategia que favorezca la mejora de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

Por último, y apoyándonos en los fundamentos teóricos desarrollados en los capítulos anteriores y en función de cada uno de los objetivos propuestos las hipótesis de trabajo son:

- Existe una relación estadísticamente significativa y negativa entre la edad y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones.
- Existe una relación estadísticamente significativa y negativa entre los cursos en la etapa educativa y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones.
- Existen diferencias estadísticamente significativas en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo.
- Existen diferencias estadísticamente significativas en la actitud general y sus dimensiones en función de si la profesión de los padres (profesión del padre y profesión de la madre) es STEM o no lo es.
- Existe una relación estadísticamente significativa entre el autoconcepto académico y autopercepción académica y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia).

3.2. Metodología de la investigación

Presentamos a continuación la metodología seguida en nuestro estudio, y explicamos los pasos seguidos para la construcción del instrumento que utilizamos para la toma de datos que intenta dar respuesta a las diversas cuestiones expuestas en el apartado anterior.

En nuestro caso utilizamos una metodología de investigación cuantitativa que, no solo va a posibilitar conocer las características y rasgos importantes de la población que

constituye el objeto de estudio (niños y niñas de 10 a 14 años), sino además descubrir las interrelaciones que se establecen entre diferentes variables con el fin de validar o refutar las hipótesis del apartado anterior.

Por último, describiremos las muestras que hemos empleado en nuestro estudio.

3.2.1. Proceso de elaboración y diseño del instrumento

Presentamos una investigación que intenta enriquecer, con sus análisis, cuáles son las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM de niños y niñas de 10 a 14 años (5.º, 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º ESO), así como su relación con otras variables como el contexto familiar (profesión de los padres), el sexo, la edad y el autoconcepto académico y la autopercepción académica que poseen como estudiantes. Nuestro interés por este tramo de edad se justifica por el hecho de que diferentes estudios concluyen que las aspiraciones por un itinerario relacionado con la Educación STEM comienzan a construirse durante la infancia y que existe una fuerte relación positiva entre las experiencias del alumnado con la ciencia y las matemáticas en la escuela y la elección de futuros estudios en las disciplinas STEM (Tai et ál., 2006).

Para ello el primer objetivo que nos hemos planteado ha sido desarrollar un instrumento con características psicométricas aceptables que permita analizar las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM de los estudiantes entre 10 y 14 años.

Dar respuesta a este objetivo ha supuesto no solo analizar el significado del constructo actitudes hacia la ciencia (capítulo 2) sino, además, reflexionar sobre las dificultades que presentan los instrumentos que pretenden medir las actitudes del alumnado hacia la ciencia expuestas por diferentes autores en la década de los 70 (Gardner, 1975; Munby,

1983; Schibeci, 1984; Shrigley y Koballa, 1992) revisadas y actualizadas por Blalock et ál. (2008) y Potvin y Hasni (2014).

Puesto que muchos de los instrumentos ya desarrollados presentan un diseño deficiente, formulan la investigación sin referencia a una teoría o no abordan adecuadamente las cuestiones de fiabilidad y validez (Ramsden, 1998) decidimos guiar nuestro análisis, así como la construcción de la escala, teniendo en cuenta las directrices de Kind et ál. (2007). De esta manera mostraremos la validez y fiabilidad del instrumento que confirme su unidimensionalidad. Hemos tenido en cuenta que el diseño de la escala esté adaptado al alumnado de las edades que queremos estudiar (10 a 14 años), evitando que sea demasiado largo, arduo y poco motivador.

El examen que realizamos acerca de las principales escalas con características psicométricas que se han utilizado para las investigaciones relacionadas con las actitudes hacia la ciencia en el capítulo 2 confirma que podemos abordar el diseño de una escala para nuestra investigación acerca de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM. Para ello, tras analizar los instrumentos que consideramos esenciales e identificar y comparar las dimensiones de los mismos obtuvimos una panorámica de las más comunes y relevantes para que los estudiantes formen actitudes positivas hacia la ciencia tal y como mostramos en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1
Instrumentos analizados y sus dimensiones

Instrumento y autor	Dimensiones o factores	Ejemplos de ítems
TOSRA Fraser, 1978	Implicaciones sociales de la ciencia.	La ciencia contribuye a mejorar la calidad de vida.
	Normalidad de los científicos.	A los científicos les gusta ir al laboratorio cuando tienen un día libre.
	Actitud hacia la investigación científica.	Preferiría hacer experimentos que leer sobre ellos.
	Adopción de actitudes científicas.	Tengo curiosidad acerca del mundo en el que vivimos.
	Disfrute en las clases de ciencias.	Las asignaturas científicas son las más interesantes del colegio.
	Interés en la ciencia.	Me gustaría pertenecer a un club de ciencia.
ASATSCS Wang y Berlin (2010)	Interés profesional en la ciencia	Cuando termine mis estudios, me gustaría trabajar con personas que hacen descubrimientos científicos
	Disfrute de la ciencia.	En la clase de ciencias me gusta leer pósters de ciencia.
	Confianza en la ciencia.	Los experimentos que hacemos en clase de ciencias son difíciles.
TDSAS Zhang y Campbell (2011)	Importancia de la ciencia.	Los experimentos que hacemos en la clase de ciencia son útiles.
	Afecto de los estudiantes hacia la ciencia.	Creo que aprender ciencia es muy importante.
	Juicio cognitivo de los estudiantes sobre la ciencia basado en sus valores y creencias sobre la ciencia.	Me divierte hacer experimentos de ciencia
	Tendencias de comportamiento de los estudiantes en el aprendizaje de la ciencia.	Quiero ser científico cuando sea mayor.
	Afecto de los estudiantes hacia la ciencia.	Creo que aprender ciencia es muy importante.
	Juicio cognitivo de los estudiantes sobre la ciencia basado en sus valores y creencias sobre la ciencia.	Me divierte hacer experimentos de ciencia

Instrumento y autor	Dimensiones o factores	Ejemplos de ítems
SSAS Kennedy, Quinn y Taylor (2016)	Intención para la futura matriculación en ciencias.	Es muy probable que elija un curso de Ciencias de la Naturaleza en la ESO.
	Disfrute.	Pienso que la Ciencias de la Naturaleza es (aburrida/divertida).
	Dificultad.	Me cuesta terminar las tareas para la clase de Ciencias de la Naturaleza.
	Autoeficacia en la ciencia escolar.	Pienso que soy muy bueno en Ciencias de la Naturaleza.
	Utilidad de la ciencia escolar.	Un trabajo como científico o científica sería interesante
	Relevancia de la ciencia escolar.	La ciencia ayuda a mejorar la vida.
BRAINS Summers y Abd-El-Khalick (2018)	Actitudes hacia el comportamiento.	Me gustan las ciencias.
	Creencias conductuales sobre la ciencia.	Las ciencias me ayudan a entender el mundo que me rodea.
	Intenciones de participar en la ciencia.	Voy a seguir haciendo cursos de Ciencias en el futuro.
	Creencias normativas.	Mi familia me anima a escoger una profesión relaciona con las ciencias.
	Creencias de control.	La ciencia es fácil para mí.

Nota: Elaboración propia

También consideramos la revisión realizada por Potvin y Hasni (2014) en la que determinan que las dimensiones más relevantes para que el alumnado forme actitudes positivas hacia la ciencia escolar son la percepción de que se disfruta de la ciencia escolar, la percepción de la dificultad de la ciencia escolar, la percepción de autoeficacia en ciencias, la percepción de la relevancia de la ciencia escolar para la vida cotidiana así como la percepción de la utilidad de la ciencia escolar para la futura carrera del estudiante.

Además, tuvimos en cuenta el marco teórico de la TRAPB que da sentido y define las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM, como un constructo de elevada carga evaluativa determinado por las creencias (Ajzen y Fishbein, 2005). La TRAPB nos permite comprender mejor la relación entre las actitudes y la conducta de los estudiantes. De esta manera y como vimos en el capítulo 2, las creencias que posee un individuo hacia algo derivan en un conjunto de reacciones afectivas favorables o desfavorables que le predisponen a realizar una conducta específica (Ramsden, 1998). Este enfoque que es consistente con la TRAPB, nos ayudará a examinar la interacción entre el sexo, la edad, la profesión de los padres, el autoconcepto académico y la autopercepción académica y las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

Como resultado del análisis de las dimensiones de las diferentes escalas y de los ítems de las mismas, construimos una primera versión del instrumento en el que estructuramos el constructo *Actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM* (ACESTEM) en cinco dimensiones y 68 ítems determinados por el análisis de la literatura.

Redactamos la mayoría de los ítems en términos afectivos o de creencia para ajustarlos al constructo de actitud de la TRAPB (Ajzen y Fishbein, 2005), de modo que las dimensiones y los ítems quedaron alineados como mostramos (Tabla 3.2 y Tabla 3.3):

- Interés profesional por la ciencia (I). Esta dimensión se contempla en los siguientes instrumentos: TOSRA, TDSAS, BRAINS, SSAS. En nuestro caso considera la intención que el alumnado tiene de realizar estudios en un futuro relacionados con la ciencia o de dedicarse a una profesión relacionada con la misma.

Incluye los ítems del 1 al 9, siendo negativos en su redacción el 6, el 8 y el 9.

- Gusto por la ciencia (G). Esta dimensión está presente en la mayoría de las escalas analizadas (TOSRA, ASATSCS, BRAINS, SSAS). En la nuestra se relaciona con el agrado o el disfrute que provoca aprender, hacer ciencia o asistir a actividades relacionadas con la ciencia.

Los ítems los hemos agrupado del 10 al 20, redactando en negativo el 15.

- Utilidad percibida de la ciencia (U). Esta dimensión aparece en todas las escalas analizadas aunque no siempre con esta denominación. Por ejemplo, en el TOSRA se denomina implicaciones sociales para la ciencia, en el ASATSCS, importancia de la ciencia y en el BRAINS creencias conductuales sobre la ciencia. En nuestro caso incluimos ítems que permitan valorar la relevancia social otorgada por el alumnado a la ciencia y a los científicos y las científicas.

Incluye los ítems del 21 al 43, considerándose negativos el 33, 35, 37, 38, 41, 43.

- Autoeficacia (A). Esta dimensión aparece en el BRAINS y en el SSAS. Se relaciona con las creencias y percepciones que el alumnado tiene sobre sus propias capacidades para comprender, aprender y hacer ciencia. Abarca los ítems del 44 al 59, redactando en negativo el 48, 49, 51, 53, 54, 56 y 59.

- Acciones de los referentes importantes para el alumnado (Ac.). Esta es una dimensión que solo aparece en el BRAINS pero que hemos considerado incluirla ya que valora el apoyo que el alumnado recibe de la familia, los profesores y los compañeros relacionado con si debería o no, seguir estudiando ciencia. Los ítems son del 60 al 68, siendo negativo el 66.

Tabla 3.2
Estructura dimensional de la escala de ACESTEM

Dimensiones	Ejemplos de ítems
Interés profesional por la ciencia (I)	(1) Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia. (6) No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.
Gusto por la ciencia (G).	(10) Me gusta mucho la Ciencia. (14) Disfruto aprendiendo Ciencias.
Utilidad percibida de la ciencia (U).	(21) La Ciencia me ayuda a entender el mundo que nos rodea. (27) Los científicos y las científicas son muy respetados.
Autoeficacia (A).	(45) La Ciencia es fácil para mí. (48) No voy a entender la Ciencia aunque me esfuerce.
Acciones de los referentes importantes para el alumno (Ac.).	(62) Mi familia me anima para que estudie Ciencia en un futuro. (66) Mis compañeros piensan que no es importante la Ciencia.

Tabla 3.3
Distribución de ítems positivos y negativos en cada una de las dimensiones

	Dimensiones					Total
	Interés	Gusto	Utilidad	Autoeficacia	Acciones	
N.º de ítems positivos	6	10	17	9	8	50
N.º de ítems negativos	3	1	6	7	1	18
Total	9	11	23	16	9	68

Por último, una vez determinadas las dimensiones y los ítems asociadas a cada una de ellas estructuramos conceptualmente el cuestionario en tres partes diferenciadas: una primera que contiene datos sociodemográficos, otra con preguntas sobre el autoconcepto académico y la autopercepción académica y la última que contiene todos los ítems de las cinco dimensiones determinadas (Tabla 3.4).

Tabla 3.4
Estructura del cuestionario

	Descriptores	Opciones de respuesta	Ítems
Características del alumnado	La edad, el sexo, el curso y la profesión del padre y de la madre.	Abiertas: edad, profesión del padre y de la madre. Cerradas: sexo y curso.	
Autoconcepto académico	El lugar que ocuparían dentro de clase teniendo en cuenta las notas.	Cerrada con cuatro opciones.	
Autopercepción académica	Cómo se consideran como estudiantes.	Cerrada con cinco opciones.	
Actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM	Interés profesional por la ciencia	Likert de 1-5 en el que 1 representa el total desacuerdo y el 5 el total acuerdo.	1-9
	Gusto por la ciencia.		10-20
	Utilidad percibida de la ciencia.		21-43
	Autoeficacia.		44-59
	Acciones de los referentes importantes para el alumno.		60-68

3.2.2. Descripción de las muestras

A continuación, pasamos a exponer cuestiones relacionadas con la composición de las muestras que nos han permitido recoger los datos³⁴ con los que dar respuesta a las preguntas a resolver en la investigación y el contexto en el que se han desarrollado.

³⁴ Para el diseño de las tablas, de los datos numéricos y las variables de estudio seguimos las directrices de la American Psychological Association (en adelante, APA). Como regla general, ponemos dos dígitos en los decimales en este documento con el fin de facilitar la comprensión, salvo en las tablas donde se presenten los valores de probabilidad (p), que recogen tres decimales. Hemos usado el cero delante del punto decimal en aquellos números menores de uno y en los valores de la d de Cohen. No utilizamos el cero delante de una fracción decimal cuando el estadístico no pudiera ser mayor de uno (correlaciones, proporciones o niveles estadísticamente significativos).

3.3.2.1. Primera muestra: alumnado de centros educativos.

La primera muestra la conforman 408 estudiantes (210 chicas y 198 chicos) que cursan 5.º y 6.º de Educación Primaria (EP) y 1.º y 2.º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de tres centros de diferente titularidad (público, concertado y privado) de la Comunidad de Madrid. Su media de edad fue de 11.79 años ($DT = 1.28$, mín. = 9 y máx. = 16). La selección de los estudiantes se realizó mediante muestreo no probabilístico de conveniencia ya que los centros educativos optaron por participar libremente en un proyecto de investigación e innovación de la Universidad Pontificia Comillas relacionado con las actitudes y los enfoques hacia la Educación STEM. En este caso una vez que la investigación fue aprobada por el Claustro y se disponía del consentimiento del centro, se contactó con los tutores de los cursos, se les explicaron los ítems del cuestionario que debían completar los alumnos *on line*.

Distribución de la muestra 1 según la titularidad del centro y el curso.

La muestra de estudiantes pertenece a tres centros de diferente titularidad de la Comunidad de Madrid: público ($N = 147$), concertado ($N = 113$) y privado ($N = 148$). En la Tabla 3.5 hemos agrupado los centros, teniendo en cuenta este criterio y mostramos la distribución por cursos.

Tabla 3.5

Distribución de la muestra 1 según el curso y la titularidad del centro

Curso	Titularidad del centro			Total
	Público	Concertado	Privado	
1.º ESO	54 36.7%	36 31.9%	41 27.7%	131 32.1%
2.º ESO	19 12.92%	46 40.7%	31 20.9%	96 23.5%
5.º EP	53 36.1%	1 0,9%	40 27.0%	94 23.0%
6.º EP	21 14.3%	30 26.5%	36 24.3%	87 21.3%
Total	147 100.0%	113 100.0%	148 100.0%	408 100.0%

Distribución de la muestra 1 según el sexo.

En función del sexo se puede apreciar que en esta muestra el número de chicas de 210 (51.4%) es algo superior al de chicos de 198 (48.5%).

La composición de la muestra en función del curso y el sexo se muestra en la Tabla 3.6 donde aparecen en términos de frecuencia y porcentaje. En este caso podemos observar que el mayor número de alumnos y alumnas corresponde a 1.º ESO (12 y 13 años) que son 131 y el menor a 6.º de Educación Primaria (11 y 12 años) con un total de 87. En todos ellos, excepto en 6.º de Educación Primaria (49 chicos y 38 chicas), el número de chicas es ligeramente superior al de chicos.

Tabla 3.6

Distribución de la muestra 1 según el curso y el sexo del alumnado

Curso	Sexo		Total
	Chico	Chica	
1.º ESO	59	72	131
	29.8%	34.3%	32.1%
2.º ESO	46	50	96
	23.2%	23.8%	23.5%
5.º EP	44	50	94
	22.2%	23.8%	23.0%
6.º EP	49	38	87
	24.7%	18.1%	21.3%
Total	198	210	408
	100.0%	100.0%	100.0%

Distribución de la muestra 1 según la profesión de los padres.

Para la asignación de la profesión de los padres hemos seguido la Recomendación de la Comisión de 29 de octubre de 2009 relativa al uso de la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08). De esta manera hemos considerado profesionales STEM los pertenecientes al subgrupo 21 de Profesionales de las ciencias y de la ingeniería dentro del grupo 2 de Profesionales científicos e intelectuales y profesionales asociados a STEM los del subgrupo 31 (Profesionales de las ciencias y la ingeniería de nivel medio) y 35 (Técnicos de la tecnología de la información y las comunicaciones) dentro del grupo 3 de Técnicos y profesionales de nivel medio. Ambos grupos configuran las profesiones de los padres y madres que hemos caracterizado como STEM.

La distribución de la muestra según la profesión del padre y de la madre se representa en la Tabla 3.7.

En este caso observamos que entre el alumnado cuyas madres son profesionales STEM, el 60% de los padres de estos también tienen profesiones STEM y el 40% no. Del alumnado cuyas madres no tienen una profesión STEM un 76.5% de los padres tampoco son STEM y un 23.5% sí son profesionales STEM. Podemos afirmar que tener un padre con profesión STEM está relacionado con tener una madre con profesión STEM ya que $\chi^2 = 31.13$, $gl = 1$, $p < 0.001$ ($C = 0.27$).

Tabla 3.7
Distribución de la muestra 1 según la profesión del padre y de la madre

Profesión del padre	Profesión de la madre		Total
	STEM	No STEM	
STEM	33 60.0%	83 23.5%	116 28.4%
No STEM	22 40.0%	270 76.5%	292 71.6%
Total	55 100.0%	353 100.0%	408 100.0%

Distribución de la muestra 1 según el lugar que creen que ocuparían dentro de la clase si ellos tuvieran en cuenta sus notas.

El autoconcepto puede considerarse como “el conjunto de las percepciones personales formadas con la experiencia y con las interpretaciones del entorno, y está muy influido por el esfuerzo y las evaluaciones de otras personas significativas” (Schunk, 1997, p. 326). Representa la idea del yo como objeto de conocimiento en sí mismo (¿quién soy

yo?), explicada mediante componentes descriptivos (¿qué características poseo?). En el contexto académico, el alumnado lleva a cabo una doble comparación para construir su autopercepción: por una parte, interpreta, relaciona y compara sus resultados actuales con otros previos en esa materia y con los obtenidos en otras asignaturas y por otra, realiza una comparación con los de su aula o con otros estudiantes y considera los pensamientos vinculados al rendimiento de las personas que son significativas para él, como pueden ser sus padres o profesores.

En cuanto a la distribución de la muestra con relación al autoconcepto académico (Tabla 3.8), apreciamos porcentajes muy parecidos entre las chicas y los chicos, aunque es ligeramente menor el porcentaje de chicas que se considera entre las primeras de la clase (21.4%) y menor, el de chicos que considera entre los últimos de la clase (5.1%). Sin embargo, esta relación entre el autoconcepto académico y el sexo no es estadísticamente significativa $\chi^2 = 3.91$, $gl = 4$, $p = 0.42$ ($C = 0.09$).

Tabla 3.8

Distribución de la muestra 1 según el sexo del alumno y el lugar ocupado dentro de la clase si se tienen en cuenta las notas

Lugar ocupado dentro de la clase si se tienen en cuenta las notas	Sexo		Total
	Chico	Chica	
Entre los últimos de clase	10 5.1%	13 6.2%	23 5.6%
Por el medio, pero más cerca de los últimos	52 26.3%	54 25.7%	106 26.0%
Por el medio, pero más cerca de los primeros	87 43.9%	98 46.7%	185 45.3%

Lugar ocupado dentro de la clase si se tienen en cuenta las notas	Sexo		Total
	Chico	Chica	
Entre los primeros de la clase	49 24.7%	45 21.4%	94 23.0%
Total	198 100.0%	210 100.0%	408 100.0%

Distribución de la muestra 1 sobre su consideración como estudiante.

Respecto a la consideración como estudiante (Tabla 3.9), observamos porcentajes muy parecidos entre las chicas y los chicos, aunque es mayor el porcentaje de chicas que se consideran malas estudiantes (7.1% de las chicas frente a un 4% de los chicos). Al igual que en el análisis anterior, esta relación no es estadísticamente significativa $\chi^2 = 0.90$, $gl = 4$, $p = 0.82$ ($C = 0.05$).

Tabla 3.9

Distribución de la muestra 1 según el sexo del alumno y cómo se consideran como estudiantes

En general te consideras...	Sexo		Total
	Chico	Chica	
Muy mal estudiante	4 2.0%	3 1.4%	7 1.7%
Mal estudiante	4 2.0%	12 5.7%	16 3.9%
Dentro de la media	67 33.8%	71 33.8%	138 33.8%
Buen estudiante	94 47.5%	95 45.2%	189 46.3%

En general te consideras...	Sexo		Total
	Chico	Chica	
Muy buen estudiante	29	29	58
	14.6%	13.8%	14.2%
Total	198	210	408
	100.0%	100.0%	100.0%

3.3.2.2. Segunda muestra: alumnado del campus tecnológico.

La segunda muestra la conforman 255 estudiantes (90 chicas y 165 chicos) de edades comprendidas entre los 10 y los 14 años. Su media de edad es de 12.01 años ($DT = 1.41$, mín. = 10 y máx. = 14). Todos los niños y las niñas participaron durante 5 días en la sexta edición del Campus Tecnológico organizado por la Universidad Pontificia Comillas, a través de Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Esta propuesta educativa no curricular, durante el mes de julio, estaba dirigida a niños y niñas que en ese año hubieran cursado desde 4.º de Primaria hasta 1.º de Bachillerato, ambos inclusive, interesados en la ingeniería, la robótica y la tecnología.

El campus contaba con una oferta de cursos divididos en cinco grandes áreas: mecatrónica, (robótica, Lego en inglés, automatización, Smart home, drones y solar motor team); programación: desarrollo de videojuegos 2D y 3D + RV, modelado y animación en 3D, apps (en inglés) y página web (en inglés); ingeniería y retos del futuro (diseño 3D, minecraft, energías renovables, ingeniería mecánica, ingeniería electrónica); multimedia (edición de foto y vídeo) y bioingeniería. El objetivo principal es iniciar a los niños y niñas en el mundo de la ingeniería, la ciencia y la tecnología, despertando su interés por estas áreas de conocimiento de forma práctica y, sobre todo, lúdica.

Distribución de la muestra 2 por la titularidad del centro y el curso.

Del análisis de los datos relacionados con la distribución de la muestra según el curso y la titularidad del centro (Tabla 3.10) notamos que el número de niños procedentes de centros privados (122) y concertados (90) es mucho mayor que el de centros públicos (42). En cuanto al curso, el mayor porcentaje de niños y niñas corresponde a los que han realizado 2.º de ESO (35.8%).

Tabla 3.10

Distribución de la muestra 2 según el curso y la titularidad del centro

Curso	Titularidad del centro			Total
	Público	Concertado	Privado	
1.º ESO	12	18	19	49
	28.6%	20.0%	15.6%	19.3%
2.º ESO	11	40	40	91
	26.2%	44.4%	32.8%	35.8%
5.º EP	7	18	31	56
	16.7%	20.0%	25.4%	22.0%
6.º EP	12	14	32	58
	28.6%	15.6%	26.2%	22.8%
Total	42	90	122	254
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Distribución de la muestra 2 según el sexo.

La composición de la muestra en función del curso y el sexo se muestra en la Tabla 3.11 donde aparecen en términos de frecuencia y porcentaje. En este caso podemos observar que el mayor número de alumnado corresponde a 2.º ESO (92) y el menor a 1.º ESO (49). En todos ellos, el número de chicos es superior al de chicas.

Tabla 3.11

Distribución de la muestra 2 según el curso y el sexo del alumnado

Curso	Sexo		Total
	Chico	Chica	
1.º ESO	29	20	49
	17.6%	22.2%	19.2%
2.º ESO	57	35	92
	34.5%	38.9%	36.1%
5.º EP	39	17	56
	23.6%	18.9%	22.0%
6.º EP	40	18	58
	24.2%	20.0%	22.7%
Total	165	90	255
	100.0%	100.0%	100.0%

Distribución de la muestra 2 según la profesión de los padres.

Para la asignación de la profesión de los padres, como en la muestra anterior, hemos seguido la Recomendación de la Comisión de 29 de octubre de 2009 relativa al uso de la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08).

La distribución de la muestra según la profesión del padre y de la madre se representa en la Tabla 3.12. Tal y como ocurre en la primera muestra destacamos la afinidad por profesiones entre los padres y madres de los niños y niñas. Así, entre el alumnado cuya madre tiene profesión STEM el 75.5% de sus padres también lo son y el 24.5% no. En el caso de tener la madre una profesión no STEM, el 29.1% de los padres sí la poseen y el 70.9% no. Podemos afirmar que tener un padre con profesión STEM está relacionado con tener una madre con profesión STEM ya que $\chi^2 = 36.13$, $gl = 1$, $p < 0.001$ ($C = 0.35$).

Tabla 3.12

Distribución de la muestra 2 según la profesión de los padres (madre y padre)

Profesión del padre	Profesión de la madre		Total
	STEM	No STEM	
STEM	37	60	97
	75.5%	29.1%	38.0%
No STEM	12	146	158
	24.5%	70.9%	62.0%
Total	49	206	255
	100.0%	100.0%	100.0%

Distribución de la muestra 2 según el lugar que creen que ocuparían dentro de la clase si ellos tuvieran en cuenta sus notas.

Respecto a la distribución de la muestra con relación al autoconcepto académico (Tabla 3.13), observamos porcentajes muy parecidos entre las chicas y los chicos, aunque es ligeramente mayor el porcentaje de chicas que se considera entre las primeras de la clase (48.3% de chicas frente a 46.7%) y mayor el de chicos que creen estar entre los últimos de la clase (3% de chicos frente a 1.1%), siendo estos porcentajes muy parecidos. Sin embargo, esta relación entre el autoconcepto académico y el sexo no es estadísticamente significativa $\chi^2 = 7.52$, $gl = 4$, $p = 0.06$ ($C = 0.17$).

Tabla 3.13

Distribución de la muestra 2 según el sexo del alumno y el lugar ocupado dentro de la clase si se tienen en cuenta las notas

Lugar ocupado dentro de la clase si se tienen en cuenta las notas	Sexo		Total
	Chico	Chica	
Entre los últimos de clase	5 3.0%	1 1.1%	6 2.4%
Por el medio, pero más cerca de los últimos	12 7.3%	2 2.2%	14 5.5%
Por el medio, pero más cerca de los primeros	70 42.4%	43 48.3%	113 44.5%
Entre los primeros de la clase	77 46.7%	43 48.3%	120 47.2%
Total	165 100.0%	89 100.0%	254 100.0%

Distribución de la muestra 2 sobre su consideración como estudiante.

En cuanto a la consideración como estudiante (Tabla 3.14), apreciamos que es mayor el porcentaje de chicas que se consideran muy buenas estudiantes (41.1% de chicas frente a 33.9% de chicos). Esta relación tampoco es estadísticamente significativa $\chi^2 = 4.56$, $gl = 4$, $p = 0.33$ ($C = 0.13$).

Tabla 3.14

Distribución de la muestra 2 según el sexo del alumno y cómo se consideran como estudiantes

En general te consideras...	Sexo		Total
	Chico	Chica	
Mal estudiante	0 0.0%	2 2.2%	2 0.8%

En general te consideras...	Sexo		Total
	Chico	Chica	
Dentro de la media	29 17.6%	8 8.9%	37 14.5%
Buen estudiante	80 48.5%	43 47.8%	123 48.2%
Muy buen estudiante	56 33.9%	37 41.1%	93 36.5%
Total	165 100.0%	90 100.0%	255 100.0%

3.3. Procedimiento y desarrollo de la investigación

Una vez diseñado el cuestionario se realizó una versión del mismo para que la muestra pudiese completarlo en formato *on line*.

La selección de la primera muestra se realizó mediante muestreo no probabilístico de conveniencia ya que los centros educativos optaron por participar libremente en un proyecto de investigación e innovación de la Universidad Pontificia Comillas relacionado con las actitudes y los enfoques hacia la Educación STEM.

La participación en la investigación fue aprobada por los Claustros de cada centro, asegurándoles el anonimato y la confidencialidad de sus resultados e informándoles, no solo del objetivo de la investigación, sino también de la duración estimada de la misma y del procedimiento de recogida de datos. Una vez que se dispuso del consentimiento, se contactó con los tutores de los cursos en los que se iba a realizar la intervención educativa.

Se les explicó en qué consistía la propuesta STEM así como los ítems del cuestionario que debían completar los alumnos en formato *on line*.

Los estudiantes comenzaron a completar el cuestionario a principios del mes de noviembre de 2018 en su clase habitual dirigidos por los profesores tutores, finalizando la recogida de datos a finales del mes de noviembre 2018.

La selección de la segunda muestra vino dada por la accesibilidad a la misma, ya que la sexta edición del Campus Tecnológico estaba organizada por la Universidad Pontificia Comillas, a través de Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). La Universidad Pontificia nos proporcionó el acceso directo a la muestra constituida por 255 estudiantes (90 chicas y 165 chicos) de edades comprendidas entre los 10 y los 14 años.

Los niños y niñas completaron el cuestionario presencialmente a finales de Julio de 2019, en el aula donde tenían lugar normalmente su actividad y dentro de su horario habitual, sin límite de tiempo establecido bajo la guía de los formadores del Campus Tecnológico. Anteriormente se contactó y se les explicó a los formadores los ítems del cuestionario que debían completar los asistentes al Campus. Todos los participantes tenían autorización previa de sus tutores para intervenir en este tipo de actividad.

3.4. Consideraciones finales

A lo largo de este capítulo hemos descritos los pasos seguidos en nuestra investigación cuyo objetivo esencial es examinar las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en estudiantes de 10 a 14 años. Planteamos estudio cuantitativo que nos permita reflexionar sobre la actitud del alumnado hacia la ciencia en la Educación STEM,

mediante el análisis de los que definimos componentes de la misma (gusto por la ciencia, utilidad percibida hacia la ciencia, autoeficacia e interés profesional por la ciencia) y que afectan a las decisiones relevantes de comportamiento del alumnado.

Proponemos los objetivos y las hipótesis de trabajo que nos permitirán proponer futuras líneas de acción con sugerencias para construir una estrategia que favorezca la mejora de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

Capítulo 4.

DISEÑO Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO ACTITUDES HACIA LA CIENCIA EN LA EDUCACIÓN STEM (ACESTEM)

“Soy de las que piensan que la ciencia tiene una gran belleza. Un sabio en su laboratorio no es solamente un teórico. Es también un niño colocado ante los fenómenos naturales que le impresionan como un cuento de hadas. No debemos creer que todo progreso científico se reduce a mecanismos, máquinas y engranajes que, de todas maneras, tienen su belleza propia.”

Marie Curie (1933)

CAPÍTULO 4. DISEÑO Y VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO ACTITUDES HACIA LA CIENCIA EN LA EDUCACIÓN STEM (ACESTEM)

4.1. Validación del contenido y análisis del cuestionario en su versión original.

4.1.1. Valoraciones de los datos sociodemográficos.

4.1.2. Valoraciones de los ítems relacionados con cada dimensión.

4.1.2.1. Interés profesional por la ciencia.

4.1.2.2. Gusto por la ciencia.

4.1.2.3. Utilidad percibida de la ciencia.

4.1.2.4. Autoeficacia.

4.1.2.5. Acciones de los referentes importantes para el alumnado.

4.1.3. Valoraciones generales.

4.2. Análisis de la fiabilidad y de la estructura factorial del instrumento.

4.2.1. Análisis de la fiabilidad del instrumento.

4.2.2. Análisis de la estructura factorial del instrumento.

4.3. Validación mediante el análisis factorial confirmatorio (AFC).

4.4. Consideraciones finales.

4.1. Validación del contenido y análisis del cuestionario en su versión original

En la fase II de la investigación, relacionada con la construcción de una escala para las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM (ACESTEM) y desarrollada en el capítulo anterior, diseñamos un instrumento de acuerdo con el marco teórico expuesto en los dos primeros capítulos de este trabajo.

Tras una primera versión del cuestionario tuvo lugar una revisión de la herramienta por parte de un grupo de expertos para que valoraran la calidad de los ítems en cuanto a su claridad y relevancia. Con el objeto de validar la estructura dimensional del cuestionario se realizó el análisis factorial exploratorio y, por último, se llevó a cabo un análisis factorial confirmatorio con otra muestra que confirmó el modelo esperado.

El objetivo de someter a juicio de expertos (Cabero y Llorente, 2013; Jornet, González Such y Perales, 2012) el cuestionario ACESTEM fue contar con una definición contrastada del dominio que queremos medir, así como conocer la pertinencia del instrumento elaborado en relación al objeto de la investigación que supone explorar las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en estudiantes de 10 a 14 años.

Concretamente interesaba que los expertos realizaran las siguientes tareas:

- Valoración y calificación del grado de relevancia de los ítems en cada una de las dimensiones elegidas, invitando a añadir, suprimir o a modificar los ya existentes.
- Calificación de cada uno de los descriptores según la claridad de sus ítems desde el punto de vista de su significado y de su formulación, efectuando las

modificaciones que consideraran oportunas para garantizar la buena redacción y, por consiguiente, su brevedad y facilidad de comprensión.

Con los fines expuestos se diseñó un protocolo de valoración (Anexo 7) que se envió al grupo de expertos junto con el objetivo de la investigación, los destinatarios de la misma, las secciones del instrumento (datos sociodemográficos, autoconcepto académico, autopercepción académica y los ítems asociados a cada dimensión con una breve explicación de cada una) y las normas adicionales para la validación. A estos se les pidió que valorasen la claridad y la relevancia de los ítems en cinco dimensiones: interés profesional por la ciencia, gusto por la ciencia, utilidad percibida de la ciencia, autoeficacia y acciones de los referentes importantes para el alumnado.

En primer lugar, se decidieron los perfiles que debían poseer los expertos. Se utilizaron como criterios básicos la formación y preparación en el tema y la experiencia en el ámbito educativo como responsables de dirigir, asesorar, organizar y gestionar decisiones relacionadas con los procesos de enseñanza aprendizaje en las aulas de Primaria y Secundaria y en la formación inicial del profesorado de Primaria y Secundaria. En cuanto al sexo, cinco de los jueces son mujeres y cinco hombres. En la Tabla 4.1 se especifican las características de los expertos en cuanto al desempeño profesional, la entidad a la que pertenecen y el número con el que fue identificado. Todos los expertos accedieron a participar de forma voluntaria y gratuita.

Tabla 4.1

Caracterización de los expertos que participaron en la consulta

N.º	Desempeño profesional actual	Entidad
1	Profesor de Ciencias Experimentales en Grado de Primaria, Infantil y CCAFYD	Universidad Pontificia Comillas
2	Profesora de Física de IES	Instituto de Educación Secundaria Los Molinos
3	Profesora de Ciencias en Grado de Primaria	Universidad de Alcalá de Henares
4	Profesor de Matemáticas en Grado de Primaria	Universidad Complutense
5	Profesora en ESO de Matemáticas y Tecnología	Fundación Universitaria San Pablo CEU
6	Profesor de Educación Primaria	Colegio La Inmaculada Madres Escolapias
7	Profesor de Tecnología y Matemáticas de Educación Secundaria	Centro de Formación Padre Piquer
8	Directora pedagógica de Educación Infantil, Primaria y Secundaria	Colegio Liceo Europa
9	Autora de libros de texto de Ciencias de la Naturaleza en Primaria y Secundaria y divulgadora científica en el ámbito informal	Edelvives, Vicens vives, Santillana, Anaya, SM
10	Profesor del Departamento de Educación y Métodos de Investigación y Evaluación	Universidad Pontificia Comillas

Se pidió, vía email, una valoración individual del cuestionario ya que pensamos que este método no exige el intercambio de opiniones y evita de alguna manera los sesgos de los datos. Las Tablas 4.2 y 4.3 resumen la información con las puntuaciones medias y desviaciones típicas otorgadas por los jueces tanto a la herramienta de análisis global como a cada uno de los elementos que la configuran.

Tabla 4.2

Puntuación media y desviación típica en cuanto a relevancia y claridad otorgada a cada ítem por cada uno de los jueces expertos que participaron en la prueba de validación

Ítem N.º	Relevancia		Claridad	
	Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
1	5.00	0.00	5.00	0.00
2	3.80	0.42	3.50	0.53
3	4.20	0.42	4.00	0.67
4	4.30	0.48	4.20	0.42
5	3.90	0.32	3.80	0.42
6	4.80	0.42	4.60	0.52
7	5.00	0.00	5.00	0.00
8	4.70	0.48	5.00	0.00
9	3.90	0.32	3.50	0.53
10	5.00	0.00	5.00	0.00
11	3.90	0.57	3.80	0.42
12	4.00	0.67	4.20	0.42
13	3.90	0.57	4.20	0.63
14	4.70	0.48	4.50	0.53
15	5.00	0.00	5.00	0.00
16	4.30	0.48	4.50	0.53
17	3.80	0.42	4.00	0.47
18	4.70	0.48	4.30	0.67
19	4.70	0.48	5.00	0.00
20	5.00	0.00	5.00	0.00
21	4.50	0.53	4.00	0.47
22	4.60	0.52	4.00	0.47
23	4.70	0.48	4.00	0.00
24	5.00	0.00	5.00	0.00

Ítem N.º	Relevancia		Claridad	
	Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
25	3.70	0.48	3.50	0.53
26	2.00	0.67	3.00	0.00
27	5.00	0.00	5.00	0.00
28	3.60	0.52	3.50	0.53
29	3.50	0.53	3.50	0.53
30	3.60	0.52	3.50	0.53
31	4.00	0.47	4.30	0.48
32	3.90	0.32	3.50	0.53
33	3.90	0.32	3.90	0.32
34	4.40	0.70	4.30	0.67
35	3.90	0.57	4.00	0.47
36	3.90	0.57	4.00	0.47
37	4.20	0.63	3.80	0.42
38	4.00	0.47	3.50	0.53
39	4.00	0.00	4.00	0.00
40	4.00	0.47	3.80	0.42
41	3.50	0.53	3.00	0.47
42	4.50	0.53	4.30	0.48
43	4.30	0.48	4.50	0.53
44	5.00	0.00	5.00	0.00
45	5.00	0.00	5.00	0.00
46	3.70	0.48	4.00	0.47
47	4.00	0.47	3.80	0.42
48	4.50	0.53	4.50	0.53
49	4.00	0.47	4.00	0.47
50	4.30	0.48	4.30	0.48

Ítem N.º	Relevancia		Claridad	
	Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
51	3.90	0.57	3.80	0.42
52	3.80	0.42	3.40	0.52
53	3.50	0.53	3.50	0.53
54	4.00	0.67	3.50	0.53
55	3.50	0.53	3.80	0.63
56	4.50	0.53	4.30	0.48
57	5.00	0.00	5.00	0.00
58	5.00	0.00	5.00	0.00
59	5.00	0.00	5.00	0.00
60	3.90	0.32	3.80	0.42
61	3.00	0.47	4.00	0.82
62	5.00	0.00	5.00	0.00
63	3.90	0.57	4.00	0.67
64	3.50	0.53	4.00	0.47
65	4.50	0.53	4.50	0.53
66	4.50	0.53	4.30	0.48
67	3.50	0.53	4.00	0.47
68	3.50	0.53	4.00	0.67

Tabla 4.3

Puntuación media y desviación típica en cuanto a relevancia y claridad de cada uno de los jueces expertos que participaron en la prueba de validación

Experto N.º	Relevancia		Claridad	
	Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
1	4.25	0.69	4.20	0.61
2	4.19	0.71	4.17	0.70
3	4.12	0.77	4.04	0.75
4	4.10	0.67	4.12	0.66

Experto N.º	Relevancia		Claridad	
	Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
5	4.19	0.77	4.20	0.72
6	4.19	0.75	4.16	0.71
7	4.25	0.68	4.17	0.71
8	4.29	0.76	4.28	0.73
9	4.28	0.86	4.26	0.76
10	4.30	0.62	4.28	0.60

A continuación, recogemos las valoraciones, sugerencias y correcciones aportadas por los expertos para los datos sociodemográficos y los ítems de cada dimensión.

4.1.1. Valoraciones de los datos sociodemográficos

En general, a los expertos los datos identificativos solicitados les parecen adecuados, aunque matizan y proponen sugerencias que exponemos a continuación:

- Se sugiere pedir algunos datos mediante preguntas ya que para los destinatarios está más claro lo que se demanda. De esta manera en lugar de pedir la edad y el sexo, mejor preguntarles *¿Cuántos años tienes? ¿Eres chico o chica?*
- Se recomienda facilitar a los alumnos algunas preguntas sobre el desempeño profesional del padre o la madre mediante formulaciones como *¿En qué trabaja tu padre? ¿En que trabaja tu madre?*
- Se aconseja acompañar la definición de Ciencia (STEM) con un ejemplo y una imagen ilustrativa que deje más claro que la Ciencia incluye conocimientos de las áreas STEM.

4.1.2. Valoraciones de los ítems relacionados con cada dimensión

En este apartado se recogen las puntuaciones medias otorgadas por los expertos en relevancia y claridad en cada uno de los ítems. Se consideraron puntuaciones altas, por

encima del 4 y aunque el criterio apuntado es arbitrario, es el que se entendió como útil para diseñar el cuestionario una vez revisado.

Dentro de cada apartado incluimos observaciones de algunos de los expertos, así como sus propuestas alternativas en la redacción de alguna de las afirmaciones.

4.1.2.1. Interés profesional por la ciencia.

Las valoraciones de los expertos y sus observaciones sobre el Interés profesional por la ciencia quedan recogidas en la Tabla 4.4:

Tabla 4.4
Valoración de expertos. Dimensión: Interés profesional por la ciencia

Interés profesional por la ciencia	Relevancia	Claridad
1. Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.	5	5
2. Voy a seguir estudiando Ciencia después de terminar la etapa escolar.	3.8	3.5
3. Voy a seguir haciendo cursos de Ciencia en el futuro.	4.2	4
4. Voy a estudiar Ciencia si entro en la Universidad.	4.3	4.2
5. Voy a ser científico o científica en el futuro.	3.9	3.8
6. No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.	4.8	4.6
7. Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	5	5
8. No quiero un trabajo como científico o científica en el futuro.	4.7	5
9. No seguiré una carrera relacionada con la Ciencia en el futuro.	3.9	3.5

Observaciones

Ítem 2. En un cuestionario cuyos destinatarios son niños entre 10 y 14 años es difícil entender o determinar el momento en que se termina la etapa escolar. Si el niño está en Primaria puede entender que la decisión se refiere al término de esta o de la Secundaria. Se sugiere cambiar la redacción ya que no es comprensible para los que van a responder.

Ítem 3. ¿A qué se refiere con cursos de Ciencia en el futuro? Desde el punto de vista de la organización curricular en España, ¿hace referencia a un itinerario, a asignaturas relacionadas con la Ciencia? Cambiaría la redacción de los ítems 2 y 3 para combinarlos.

Ítem 4. Cambiaría la redacción. Creo que expresa la misma idea que el ítem 2.

Ítem 5. Se parece mucho al 7, no veo la diferencia. ¿Se entiende qué es ser científico? Es más descriptivo y claro tener un trabajo como científico.

Ítem 6. Recoge la misma idea que el 8 y el 9. A pesar de utilizarse una expresión negativa no induce a confusión.

Ítem 8. Se parece mucho al 6 y al 9. Cambiaría la redacción a *No me gustaría*.

Ítem 9. Seguir una carrera (¿estudios universitarios? ¿profesión?) es una expresión poco clara para los niños y con interpretaciones diferentes. Explicar qué es seguir una carrera.

Los expertos valoran la relevancia y claridad de los 9 ítems de Interés profesional por la ciencia entre 3.5 y 5, en una escala de 5. Tras el análisis de los resultados se decidió eliminar los ítems 2, 5 y 9 por su menor claridad y por resultar reiterativos. Se modificó la redacción de los ítems 3, 4 y 8. En este sentido el ítem 3 *Voy a seguir haciendo cursos de Ciencias en el futuro* se cambió por *Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro*; el ítem 4 *Voy a estudiar Ciencias si entro en la Universidad* por *Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia* y el ítem 8 *No quiero un trabajo como científico o científica en el futuro* por *No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro*.

Tabla 4.5

Modificaciones introducidas en la dimensión Interés profesional por la ciencia

Interés profesional por la ciencia	Interés profesional por la ciencia revisada
Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.	Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.
Voy a seguir estudiando Ciencias después de terminar la etapa escolar.	Se elimina.
Voy a seguir haciendo cursos de Ciencias en el futuro.	Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro.
Voy a estudiar Ciencias si entro en la Universidad.	Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia.
Voy a ser científico o científica en el futuro.	Se elimina.
No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.	No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.

Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.
No quiero un trabajo como científico o científica en el futuro.	No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.
No seguiré una carrera relacionada con la Ciencia en el futuro.	Se elimina.

4.1.2.2. Gusto por la ciencia.

Las valoraciones de los expertos y sus observaciones sobre el gusto por la ciencia quedan recogidas en la Tabla 4.6:

Tabla 4.6
Valoración de expertos. Dimensión: Gusto por la ciencia

Gusto por la ciencia	Relevancia	Claridad
10. Me gusta mucho la Ciencia.	5	5
11. Me gusta aprender Ciencia.	3.9	3.8
12. Disfruto mucho de las clases de Ciencia.	4	4.2
13. Disfruto mucho estudiando Ciencia.	3.9	4.2
14. Disfruto aprendiendo Ciencia.	4.7	4.5
15. No me gusta la Ciencia.	5	5
16. Las asignaturas de Ciencia son las más interesantes del colegio.	4.3	4.5
17. Los temas de Ciencia son mis favoritos.	3.8	4
18. Me gusta realizar experimentos de Ciencia en casa.	4.7	4.3
19. Me gusta asistir a actividades relacionadas con la ciencia en mi tiempo libre.	4.7	5
20. Me gusta hacer actividades de ciencia en la escuela.	5	5

Observaciones

Ítem 11. Creo que repite una idea similar al ítem 10. Habitualmente te gusta algo porque te gusta aprender sobre ello.

Ítem 12. Desde mi punto de vista se incluye en el ítem 14.

Ítem 13. Lo importante es aprender, puede que no les guste el método de estudio, pero sí aprender ciencias.

Ítem 17. Puede que los temas de Ciencia no sean sus favoritos, y sin embargo estar muy interesados. Lo eliminaría.

Ítem 18. Esta afirmación debería matizarse. Hay experimentos que no se deben realizar sin supervisión de un adulto. Por otra parte, los experimentos deben desarrollarse en condiciones de seguridad. Es interesante mantenerlo pero cambiar el matiz: *Me gustaría.*

Las puntuaciones y valoraciones realizadas por los expertos se tradujeron en la eliminación de los ítems 11, 12, 13 y 17. Se determinó que los ítems 12 y 13 se incluían de forma implícita en el 14. Se cambió la redacción del ítem 16, quedando *Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes.*

Tabla 4.7
Modificaciones introducidas en la dimensión Gusto por la ciencia

Gusto por la ciencia	Gusto por la ciencia revisada
Me gusta mucho la Ciencia.	Me gusta mucho la Ciencia
Me gusta aprender Ciencia	Se elimina
Disfruto mucho de las clases de Ciencias.	Se elimina
Disfruto mucho estudiando Ciencia.	Se elimina
Disfruto aprendiendo Ciencias.	Disfruto aprendiendo Ciencia
No me gusta la Ciencia.	No me gusta la Ciencia
Las Ciencias son una de las asignaturas más interesantes del colegio.	Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes.
Los temas de Ciencias son mis favoritos.	Se elimina
Me gusta realizar experimentos de Ciencias en casa.	Me gustaría realizar experimentos de Ciencia en casa.
Me gusta asistir a actividades relacionadas con las ciencias en mi tiempo libre.	Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre.
Me gusta hacer actividades de ciencias en la escuela.	Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio.

4.1.2.3. Utilidad percibida de la ciencia.

Las valoraciones de los expertos y sus observaciones sobre la utilidad percibida de la ciencia quedan recogidas en la Tabla 4.8:

Tabla 4.8

Valoración de expertos. Dimensión: Utilidad percibida de la ciencia

Utilidad percibida de la ciencia	Relevancia	Claridad
21. La Ciencia me ayuda a entender el mundo que nos rodea.	4.5	4
22. La Ciencia me ayuda a proteger el medio ambiente.	4.6	4
23. La Ciencia puede ayudarme a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.	4.7	4
24. Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.	5	5
25. La gran mayoría de las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.	3.7	3.5
26. Los profesores me animan a entender los conceptos en las clases de Ciencia.	2	3
27. Los científicos y las científicas son muy respetados.	5	5
28. Las personas con una profesión relacionada con la Ciencia tienen una vida familiar normal.	3.6	3.5
29. A los científicos les gusta ir a trabajar. incluso en sus días de descanso libre.	3.5	3.5
30. Es importante conocer la ciencia para obtener un buen trabajo.	3.6	3.5
31. Las personas deben entender la Ciencia ya que es una parte importante de sus vidas.	4	4.3
32. La Ciencia ayuda a resolver los problemas de la vida cotidiana.	3.9	3.5
33. Tienes que estar un poco loco para ser un científico o una científica.	3.9	3.9
34. Las personas que se dedican a la Ciencia son varones.	4.4	4.3
35. Los científicos no tienen tiempo suficiente para divertirse.	3.9	4
36. Nuestro mundo es mejor debido a la Ciencia	3.9	4
37. Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas.	4.2	3.8
38. Los descubrimientos de Ciencia no afectan a cómo vivo.	4	3.5

Utilidad percibida de la ciencia	Relevancia	Claridad
39. La Ciencia es útil solo para los científicos.	4	4
40. Los descubrimientos científicos no ayudan a las personas a vivir mejor.	4	3.8
41. Las cosas que los científicos descubren a través de su trabajo no afectan a otras personas en mi vida.	3.5	3
42. Los chicos tienen más talento que las chicas para la Ciencia.	4.5	4.3
43. Las mujeres con una profesión relacionada con la Ciencia no tienen tiempo suficiente para divertirse.	4.3	4.5

Observaciones

Ítem 21. Pienso que lo que ayuda a entender el mundo que nos rodea no es la Ciencia en sí misma sino los conocimientos de Ciencia. De esta manera se vincula la ciencia con lo que se aprende en el ámbito escolar. Además, puede ocurrir que los niños interpreten que lo que aprenden relacionado con la Ciencia es lo que les ayuda a entender (algunos hechos del mundo que les rodea). Mejor redactarla como *Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea.*

Ítem 22. ¿De qué manera ayuda la Ciencia a proteger el medio ambiente? Es preferible redactarla como *Los conocimientos de Ciencia me ayudan a proteger el medio ambiente.* Además, se vincula con la ciencia escolar (lo que aprenden de ciencia en el aula).

Ítem 23. ¿De qué manera ayuda la Ciencia a tomar decisiones sobre la salud? Es preferible redactarla como *Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.* Además, se vincula con la ciencia escolar (lo que aprenden de ciencia en el aula).

Ítem 25. No se entiende el matiz que añade la expresión *la gran mayoría de las personas.* Poco claro y ambiguo.

Ítem 26. No se contempla en esta dimensión. Es más adecuado para la dimensión creencias hacia la conducta.

Ítem 28. ¿Qué se define como *vida familiar normal*? El adjetivo *normal* puede llevar a confusión.

Ítem 29. Es difícil para un niño valorar si esta actitud es exclusiva de los científicos. Puede que personas de su entorno muestren este comportamiento sin ser científicos.

Ítem 31. Es mejor aclarar porque es importante para sus vidas. Sugerencia: *Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.*

Ítem 32. Poco claro y redundante con el ítem 21.

Ítem 33. Afirmación muy prototípica y apoyada en la actualidad por los medios de comunicación.

Ítem 34. Aclarar qué es dedicarse a la Ciencia, quizá es mejor situarlos en la realidad del desarrollo profesional. Sugerencia: *Las profesiones relacionadas con la Ciencia son de varones.*

Ítem 36. El uso del adverbio confunde. Mejor, ¿en qué sentido y para quién? Lo eliminaría.

Ítem 38 y 40. Las ideas se recogen anteriormente en positivo. Estos ítems desfavorables son un poco confusos.

Los expertos valoran la relevancia y claridad de los ítems de creencias hacia la conducta entre 3.5 y 5, en una escala de 5. Tras el análisis de los resultados se decidió eliminar los

ítems 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 35, 36, 38, 39, 40 y 41 por su menor claridad y por resultar reiterativos. Se modificó la redacción de los ítems 21, 22, 23, 31 y 34.

Tabla 4.9

Modificaciones introducidas en la dimensión Utilidad percibida de la ciencia

Utilidad percibida de la ciencia	Utilidad percibida de la ciencia revisada
La Ciencia me ayuda a entender el mundo que nos rodea.	Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea.
La Ciencia me ayuda a proteger el medio ambiente.	Los conocimientos de Ciencia me ayudan a proteger el medio ambiente.
La Ciencia puede ayudarme a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.	Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.
Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.	Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.
La gran mayoría de las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.	Se elimina
Los profesores me animan a entender los conceptos en las clases de Ciencia.	Se elimina
Los científicos y las científicas son muy respetados.	Los científicos y las científicas son muy respetados.
Las personas con una profesión relacionada con la Ciencia tienen una vida familiar normal.	Se elimina
A los científicos les gusta ir a trabajar, incluso en sus días de descanso libre.	Se elimina
Es importante conocer la ciencia para obtener un buen trabajo.	Se elimina
Las personas deben entender la Ciencia ya que es una parte importante de sus vidas.	Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.
La Ciencia ayuda a resolver los problemas de la vida cotidiana.	Se elimina
Tienes que estar un poco loco para ser un científico o una científica.	Se elimina
Las personas que se dedican a la Ciencia son varones.	Las profesiones relacionadas con la Ciencia son de varones
Los científicos no tienen tiempo suficiente para divertirse.	Se elimina
Nuestro mundo es mejor debido a la Ciencia.	Se elimina

Utilidad percibida de la ciencia	Utilidad percibida de la ciencia revisada
Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas.	Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta a sus vidas.
Los descubrimientos de Ciencia no afectan a cómo vivo.	Se elimina
La Ciencia es útil solo para los científicos.	Se elimina
Los descubrimientos científicos no ayudan a las personas a vivir mejor.	Se elimina
Las cosas que los científicos descubren a través de su trabajo no afectan a otras personas en mi vida.	Se elimina
Los chicos tienen más talento que las chicas para la Ciencia.	Los chicos tienen más talento que las chicas para la Ciencia.
Las mujeres con una profesión relacionada con la Ciencia no tienen tiempo suficiente para divertirse.	Las mujeres con una profesión relacionada con la Ciencia no tienen tiempo suficiente para divertirse.

4.1.2.4. Autoeficacia.

Las valoraciones de los expertos y sus observaciones sobre la autoeficacia quedan recogidas en la Tabla 4.10:

Tabla 4.10
Valoración de expertos. Dimensión: Autoeficacia

Autoeficacia	Relevancia	Claridad
44. Puedo entender la Ciencia sin problemas.	5	5
45. La Ciencia es fácil para mí.	5	5
46. Entiendo conceptos complicados de Ciencias.	3.7	4
47. Estoy seguro o segura de que puedo hacerlo bien en los exámenes de Ciencias.	4	3.8
48. No voy a entender la Ciencia aunque me esfuerce.	4.5	4.5
49. Me doy por vencido o vencida cuando no entiendo un concepto de Ciencias.	4	4
50. La mayoría de los estudiantes parecen entender la Ciencia.	4.3	4.3

Autoeficacia	Relevancia	Claridad
51. No importa cómo lo intente. no puedo entender lo que el maestro describe en la clase de Ciencias.	3.9	3.8
52. Me pone nervioso pensar en estar en una clase de ciencias.	3.8	3.4
53. No lo hago muy bien en Ciencia.	3.5	3.5
54. A menudo pienso. "no puedo hacer esto" cuando se enseña Ciencia.	4	3.5
55. Me da miedo tener que estudiar Ciencias.	3.5	3.8
56. La Ciencia es difícil para la mayoría de los estudiantes.	4.5	4.3
57. Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan menos aprobar aunque estudies.	5	5
58. Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar aunque estudies.	5	5
59. Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.	5	5

Observaciones

Ítem 46. ¿Cómo puede un niño valorar si un concepto de Ciencia es más complicado que otro? Este ítem no es representativo.

Ítem 47. Aunque parece pertinente son más claros los ítems 57, 58 y 59 que hacen alusión a los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia.

Ítem 51. Redacción farragosa con dos negaciones incluidas.

Ítem 52. Estar nervioso o con tensión emocional no siempre podría entenderse como algo negativo.

Ítem 53. ¿Qué diferencia hay entre hacerlo muy bien y hacerlo bien? El uso del adverbio lleva a realizar una valoración que depende de lo que se considere bien o muy bien.

Ítem 54. Se explicita poco el significado de “no puedo hacer esto”. Es confusa.

Ítem 55. El miedo como reacción emocional de amenaza ante el hecho de enfrentarse a la ciencia no me parece adecuado incluirlo.

Ítem 56. Incluiría difícil de entender en el ítem para aclarar dónde puede encontrarse la dificultad.

Los expertos valoran la relevancia y claridad de los ítems de creencias hacia la conducta entre 3.5 y 5, en una escala de 5. Tras el análisis de los resultados se decidió eliminar los ítems 46, 47, 49, 51, 52, 53, 54 y 55 por su menor claridad y por resultar reiterativos. Se modificó la redacción del ítem 56.

Tabla 4.11
Modificaciones introducidas en la dimensión Autoeficacia

Autoeficacia	Autoeficacia revisada
Puedo entender la Ciencia sin problemas.	Puedo entender la Ciencia sin problemas.
La Ciencia es fácil para mí.	La Ciencia es fácil para mí.
Entiendo conceptos complicados de Ciencias.	Se elimina
Estoy seguro o segura de que puedo hacerlo bien en los exámenes de Ciencias.	Se elimina
No voy a entender la Ciencia aunque me esfuerce.	No voy a entender la Ciencia aunque me esfuerce.
Me doy por vencido o vencida cuando no entiendo un concepto de Ciencias.	Se elimina
La mayoría de los estudiantes parecen entender la Ciencia.	La mayoría de los estudiantes parecen entender la Ciencia.
No importa cómo lo intente, no puedo entender lo que el maestro describe en la clase de Ciencias.	Se elimina
Me pone nervioso pensar en estar en una clase de ciencias.	Se elimina
No lo hago muy bien en Ciencia.	Se elimina
A menudo pienso, "no puedo hacer esto" cuando se enseña Ciencia.	Se elimina
Me da miedo tener que estudiar Ciencias.	Se elimina
La Ciencia es difícil para la mayoría de los estudiantes.	La Ciencia es difícil de entender para la mayoría de los estudiantes.
Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan menos aprobar aunque estudies.	Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan menos aprobar aunque estudies.
Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar aunque estudies.	Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar aunque estudies.
Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.	Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.

4.1.2.5. Acciones de los referentes importantes para el alumnado.

Las valoraciones de los expertos y sus observaciones sobre la dimensión de las acciones de los referentes importantes para el alumnado quedan recogidas en la Tabla 4.12:

Tabla 4.12

Valoración de expertos. Dimensión: Acciones de los referentes importantes para el alumnado

Acciones de los referentes importantes para el alumnado	Relevancia	Claridad
60. Mi familia apoya mi interés por las Ciencia.	3.9	3.8
61. Algunos miembros de mi familia trabajan en profesiones relacionadas con la Ciencia.	3	4
62. Mi familia me anima para que estudie Ciencia en un futuro.	5	5
63. Mi familia comparte mi interés con la Ciencia.	3.9	4
64. Los miembros de mi familia trabajan en Ciencia.	3.5	4
65. Mis profesores me animan con la Ciencia.	4.5	4.5
66. Mis compañeros piensan que no es importante la Ciencia.	4.5	4.3
67. Los compañeros que son importantes para mí pensarían que es bueno para mí estudiar Ciencia en un futuro.	3.5	4
68. Creo que a mis compañeros de clase les gustaría que estudiase en un futuro Ciencia.	3.5	4

Observaciones

Ítem 60. El apoyo de la familia respecto al interés va más allá del verbal. Creo que es difícil de valorar para un niño.

Ítem 61. Creo que no es relevante en la dimensión.

Ítem 62. Sería mejor concretar cómo anima la familia con la Ciencia para facilitar el significado del ítem. Cambiar la redacción a *Mi familia me anima para que estudie Ciencia en un futuro.*

Ítem 63. *¿Cómo se entiende compartir el interés de otro?* Compleja de entender. Es ambigua ya que se puede entender compartir por apoyar, participar...

Ítem 64. Poco relevante en la dimensión.

Ítem 65. Los profesores siempre deben animar a los alumnos con las asignaturas. ¿Por qué no añadir a esforzarme como motivación extrínseca?

Ítem 66. Cambiar el orden para mejorar la claridad. Mis compañeros piensan que la Ciencia no es importante.

Ítem 67 y 68. No se consideran relevantes.

Los expertos valoran la relevancia y claridad de los ítems de las acciones de los referentes importantes para el alumno entre 3 y 5, en una escala de 5. Tras el análisis de los resultados se decidió eliminar los ítems 60, 61, 63, 64, 67 y 68 por su menor claridad y por resultar reiterativos. Se modificó la redacción de los ítems 62, 65 y 66.

Tabla 4.13

Modificaciones introducidas en la dimensión Acciones de los referentes importantes para el alumnado

Acciones de los referentes importantes para el alumnado	Acciones de los referentes importantes para el alumnado revisada
Mi familia me anima con la Ciencia.	Mi familia me anima para que estudie Ciencia en un futuro.
Mi familia comparte mi interés con la Ciencia.	Se elimina
Los miembros de mi familia trabajan en Ciencia.	Se elimina
Mis profesores me animan con la Ciencia.	Mis profesores me animan a esforzarme con la Ciencia.
Mis compañeros piensan que no es importante la Ciencia.	Mis compañeros piensan que la Ciencia no es importante.
Los compañeros que son importantes para mí pensarían que es bueno para mí estudiar Ciencia en un futuro.	Se elimina
Creo que a mis compañeros de clase les gustaría que estudiase en un futuro Ciencia.	Se elimina

4.1.3. Valoraciones generales

La valoración de los expertos fue revisada y analizada. Todos señalaron la adecuación del cuestionario y, respecto a la redacción de los ítems la consideraron, en general, clara y comprensible.

Determinaron algunos aspectos a mejorar que se incorporaron en la redacción de los ítems. De manera global expresaron las siguientes opiniones:

- Se utilizan expresiones sencillas y de fácil comprensión para las personas (niños) que van a responder.
- Los ítems reflejan opiniones y no hechos comprobables, evitando expresiones con las que todos vayan a estar de acuerdo o en desacuerdo.
- La redacción de algunos ítems hace que puedan interpretarse de diversas maneras y se recomienda su eliminación o reformulación.
- Suponemos que es intencional la inclusión de ítems en positivo y en negativo y, por tanto, en el momento de analizar los datos será necesario invertir algunos de ellos.
- El instrumento es muy extenso para ser completado por niños por lo que es recomendable reducir la extensión del mismo.

Respecto al número de respuestas que acompañaban a las preguntas implícitas en los ítems, los expertos estaban de acuerdo con utilizar cinco respuestas (*En total desacuerdo, Bastante en desacuerdo, Regular, a veces sí y a veces no, Más bien de acuerdo y Totalmente de acuerdo*). La justificación de este hecho se debe a que la escala Likert de cinco respuestas es la que normalmente se utiliza con los elementos correspondientes a construcciones bajo las teorías de la acción razonada y la conducta planificada (Montano y Kasprzyk, 2015). Además, pueden ser relativamente fáciles de construir con alta fiabilidad (Nunnally, 1978).

Toda la información anterior se utilizó para reducir el número de ítems y alinear aún más el instrumento con el marco teórico. Como resultado de los 68 ítems presentados para su revisión, 20 (29%) permanecieron invariables, 14 (21%) fueron modificados y 34 (50%) fueron eliminados. Después de completar las revisiones recomendadas resultó una versión de 34 ítems (Tabla 4.14).

Tabla 4.14

Dimensiones e ítems de la segunda versión del cuestionario ACESTEM

Dimensión	(N.º) Ítem
Gusto por la ciencia	(1) Me gusta mucho la Ciencia.
	(8) Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre.
	(11) Disfruto aprendiendo Ciencia.
	(14) Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes.
	(21) Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio.
	(22) Me gustaría realizar experimentos de Ciencia en casa.
	(28) No me gusta la Ciencia.
Interés profesional por la ciencia	(2) Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro.
	(9) Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia.
	(12) No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.
	(17) Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.
	(19) No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.
	(24) Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.

Dimensión	(N.º) Ítem
Utilidad percibida de la ciencia	(3) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea.
	(13) Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.
	(16) Las mujeres con una profesión relacionada con la Ciencia no tienen tiempo suficiente para divertirse.
	(18) Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta a sus vidas.
	(20) Las profesiones relacionadas con la Ciencia son de varones.
	(25) Los científicos y las científicas son muy respetados.
	(27) Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.
	(29) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a proteger el medio ambiente.
	(31) Los chicos tienen más talento que las chicas para la Ciencia.
	(32) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.
Autoeficacia	(4) No voy a entender la Ciencia aunque me esfuerce.
	(6) La mayoría de los estudiantes parecen entender la Ciencia.
	(10) La Ciencia es fácil para mí.
	(15) Puedo entender la Ciencia sin problemas.
	(23) Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.
	(26) La Ciencia es difícil de entender para la mayoría de los estudiantes.
	(30) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar aunque estudies.
	(34) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan menos aprobar aunque estudies.
Acciones de los referentes importantes para el alumnado	(5) Mis profesores me animan a esforzarme con la Ciencia.
	(7) Mis compañeros piensan que la Ciencia no es importante.
	(33) Mi familia me anima para que estudie Ciencia en un futuro.

4.2. Análisis de la fiabilidad y de la estructura factorial del instrumento

Tras la validación del contenido del cuestionario procedimos a la valoración de la fiabilidad y la consistencia interna del mismo.

La muestra estuvo formada por 408 estudiantes (210 chicas y 198 chicos) de edades comprendidas entre los 9 y los 16 años, que cursan 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de la ESO de tres centros de diferente titularidad (público, concertado y privado) de la Comunidad de Madrid. Su media de edad fue de 11.79 años ($DT = 1.28$). La selección de los estudiantes se realizó mediante muestreo no probabilístico de conveniencia ya que los centros educativos optaron por participar libremente en un proyecto de investigación e innovación de la Universidad Pontificia Comillas relacionado con las actitudes y los enfoques hacia la Educación STEM.

4.2.1. Análisis de la fiabilidad del instrumento

Presentados los datos sociodemográficos de la muestra 1 en el capítulo 3, pasamos a estudiar la fiabilidad total del cuestionario y el índice de homegeneidad de cada uno de los ítems para seleccionar aquellos que contribuyen de manera más significativa a la consistencia interna de la escala. Utilizamos el paquete estadístico IBM SPSS *Statistics* 20.0 y calculamos el alfa de Cronbach a nivel global, que expresa la proporción de varianza imputable a lo que los ítems tengan en común, y los índices de homogeneidad de cada uno de los ítems. Obtuvimos un valor de alfa de Cronbach de .87 que indica una consistencia interna elevada de la escala lo que significa que esta recoge bien, en principio, las diferencias que se dan entre los alumnos en su actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.

En la Tabla 4.15 podemos observar la correlación de cada ítem con la suma de las puntuaciones en los ítems restantes de la escala (correlación ítem-total) y el coeficiente de fiabilidad de la escala si el ítem fuese eliminado.

Tabla 4.15

Correlación de cada ítem con la suma de las puntuaciones en los ítems restantes de la escala y el coeficiente de fiabilidad de la escala si el ítem fuese eliminado

N.º Ítem	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
(1) Me gusta mucho la Ciencia.	.73	.86
(2) Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro.	.71	.86
(3) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea.	.54	.87
(4) No voy a entender la Ciencia, aunque me esfuerce.	.47	.87
(5) Mis profesores me animan a esforzarme con la Ciencia.	.34	.87
(6) La mayoría de los estudiantes parecen entender la Ciencia.	.20	.87
(7) Mis compañeros piensan que la Ciencia no es importante.	.04	.88
(8) Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre.	.60	.86
(9) Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia.	.63	.86
(10) La Ciencia es fácil para mí.	.63	.86
(11) Disfruto aprendiendo Ciencias.	.70	.86
(12) No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.25	.87
(13) Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.	.34	.87
(14) Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes.	.68	.86
(15) Puedo entender la Ciencia sin problemas.	.61	.86
(16) Las mujeres con una profesión relacionada con la Ciencia no tienen tiempo suficiente para divertirse.	.01	.88

N.º Ítem	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
(17) Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.	.67	.86
(18) Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas.	.37	.87
(19) No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.	.37	.87
(20) Las profesiones relacionadas con la Ciencia son de varones.	-.08	.88
(21) Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio.	-.64	.89
(22) Me gustaría realizar experimentos de Ciencia en casa.	.45	.87
(23) Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.	.29	.87
(24) Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.63	.86
(25) Los científicos y las científicas son muy respetados.	.28	.87
(26) La Ciencia es difícil de entender para la mayoría de los estudiantes.	-.02	.88
(27) Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.	.49	.87
(28) No me gusta la Ciencia.	.62	.86
(29) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a proteger el medio ambiente.	.31	.87
(30) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar, aunque estudies.	.23	.87
(31) Los chicos tienen más talento que las chicas para la Ciencia.	.13	.87
(32) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.	.50	.87
(33) Mi familia me anima para que estudie Ciencia en un futuro.	.45	.87
(34) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan menos aprobar aunque estudies.	.21	.87

El análisis de los datos de la Tabla 4.15 nos permite explorar, entre otras cosas, la posibilidad de que al eliminar alguno de los ítems de la escala se produzca un incremento en el índice de consistencia interna de la escala ACESTEM. En este caso decidimos eliminar cuatro ítems (7, 16, 20 y 26), ya que sus índices de homogeneidad son cercanos a 0 y porque consideramos que el contenido de los mismos ya estaba recogido en otros. Esto indica que la relación de estos ítems con la suma del resto de ítems es muy baja y, por tanto, si son eliminados aumentará la fiabilidad de la escala.

Después de suprimir los ítems que no funcionaban, realizamos de nuevo el análisis de fiabilidad y calculamos los índices de homogeneidad de los mismos. Los datos recogidos en la Tabla 4.16 indican que la fiabilidad de la escala no aumentaría eliminando ninguno de los ítems.

Tabla 4.16
Distribución por ítems del alfa de Cronbach

N.º Ítem	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
(1) Me gusta mucho la Ciencia.	.76	.90
(2) Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro.	.72	.90
(3) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea.	.55	.91
(4) No voy a entender la Ciencia, aunque me esfuerce.	.44	.91
(5) Mis profesores me animan a esforzarme con la Ciencia.	.35	.91
(6) La mayoría de los estudiantes parecen entender la Ciencia.	.20	.91
(8) Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre.	.64	.90
(9) Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia.	.64	.90
(10) La Ciencia es fácil para mí.	.66	.90
(11) Disfruto aprendiendo Ciencias.	.73	.90

N.º Ítem	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
(12) No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.24	.91
(13) Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.	.36	.91
(14) Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes.	.70	.90
(15) Puedo entender la Ciencia sin problemas.	.62	.91
(17) Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.	.67	.90
(18) Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas.	.35	.91
(19) No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.	.35	.91
(21) Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio.	.65	.90
(22) Me gustaría realizar experimentos de Ciencia en casa.	.50	.91
(23) Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.	.26	.91
(24) Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.64	.90
(25) Los científicos y las científicas son muy respetados.	.30	.91
(27) Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.	.51	.91
(28) No me gusta la Ciencia.	.64	.90
(29) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a proteger el medio ambiente.	.34	.91
(30) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar, aunque estudies.	.21	.91
(31) Los chicos tienen más talento que las chicas para la Ciencia.	.13	.91
(32) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.	.51	.91
(33) Mi familia me anima para que estudie Ciencia en un futuro.	.46	.91

N.º Ítem	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
(34) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan menos aprobar aunque estudies.	.22	.91

Con 30 ítems obtuvimos una fiabilidad de α de Cronbach de .91, lo que confirma la alta consistencia interna del cuestionario.

4.2.2. Análisis de la estructura factorial del instrumento

El siguiente paso fue realizar un Análisis Factorial Exploratorio (AFE) de los elementos que integran la escala ACESTEM para determinar en qué variables se agrupan los 30 ítems en función de los factores fundamentales de asociación entre elementos que se encuentren.

Antes de realizar el AFE y para comprobar si la muestra es adecuada para realizar la reducción en dimensiones, calculamos la esfericidad de Bartlett y el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (Tabla 4.17).

Tabla 4.17
Esfericidad de Bartlett y el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		.92
	Chi-cuadrado aproximado	5418.62
Prueba de esfericidad de Bartlett	<i>gl</i>	435
	<i>p</i>	.000

Puesto que el índice KMO es de .92, muy próximo a 1, y la significación de la prueba de esfericidad de Bartlett es menor de 0.001 consideramos apropiado realizar el AFE para extraer una estructura dimensional.

Realizamos el análisis factorial para estudiar de forma exploratoria la estructura subyacente a la escala. En el Anexo 8 recogemos las comunalidades obtenidas, observándose que en la mayoría de los casos son superiores a .5 o están muy próximas a .5.

Tabla 4.18
Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado ^a
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total
1	9.27	30.91	30.91	9.27	30.91	30.91	8.14
2	2.60	8.66	39.57	2.60	8.66	39.57	5.46
3	1.72	5.75	45.32	1.72	5.75	45.32	6.52
4	1.49	4.97	50.28	1.49	4.96	50.28	5.67
5	1.32	4.42	54.69	1.32	4.41	54.69	3.62
6	1.10	3.70	58.37	1.10	3.67	58.37	2.26
...	.99	3.29	61.65				
29	.21	.711	99.39				
30	.18	.61	100.00				

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. Cuando los componentes están correlacionados, las sumas de las cargas al cuadrado no se pueden añadir para obtener una varianza total.

La realización del AFE arrojó una solución factorial compuesta por seis factores que explican un 58.37% de la varianza.

Analizamos entonces el gráfico de sedimentación que nos permite justificar la extracción de 4 factores ya que la pendiente tiende a hacerse paralela al eje horizontal en este factor.

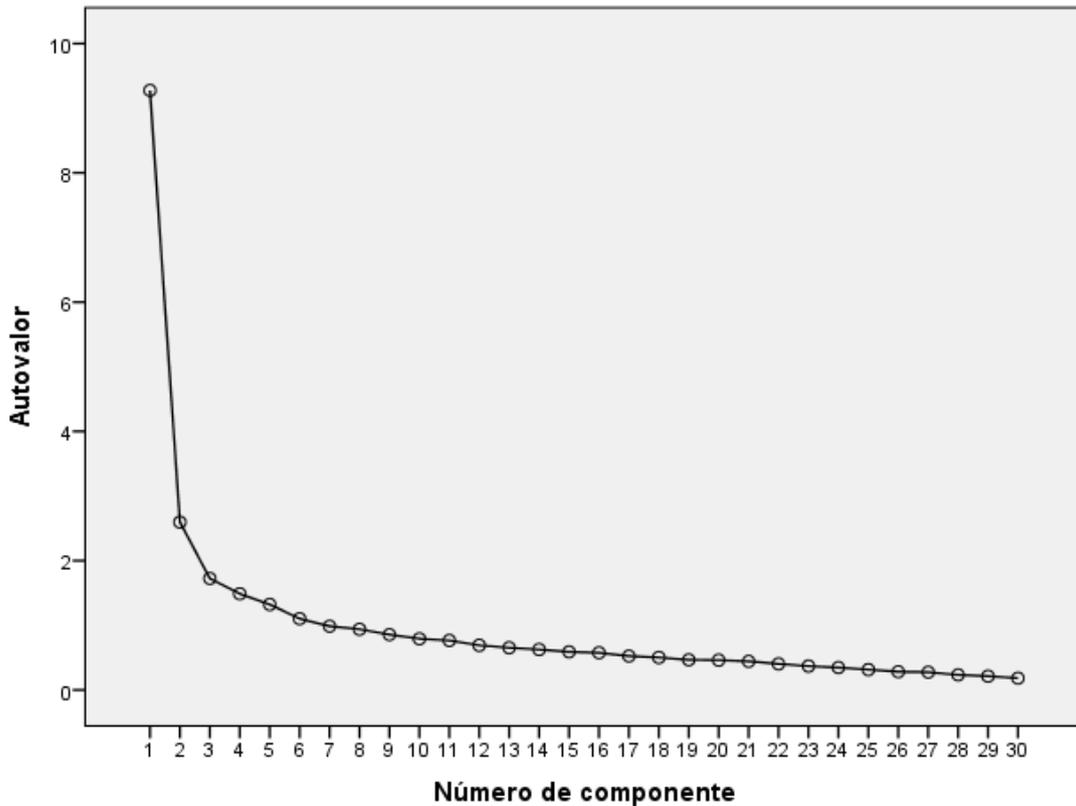


Gráfico 4.1. *Gráfico de sedimentación*

La matriz de componentes (Anexo 9) nos indica que la mayoría de los ítems tienen su mayor peso o saturación factorial en el primer factor.

Por último, al analizar la matriz de estructura o matriz rotada decidimos eliminar los ítems 5, 18, 29, 31 y 33³⁵ porque no tienen los pesos más altos en el factor en el que deberían saturar conceptualmente.

³⁵ Ítems eliminados:

- (5) Mis profesores me animan a esforzarme con la Ciencia.
- (18) Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas.
- (29) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a proteger el medio ambiente.
- (31) Los chicos tienen más talento que las chicas para la Ciencia.
- (33) Mi familia me anima para que estudie Ciencia en un futuro.

Tabla 4.19
Matriz rotada

Ítems	Componente					
	1	2	3	4	5	6
Ítem 17	.86	-.06	.33	.14	.22	.24
Ítem 9	.83	-.09	.31	.10	.25	.23
Ítem 24	.82	.08	.28	.15	.24	.19
Ítem 2	.79	-.02	.38	.20	.38	.33
Ítem 33	.73	.16	.15	.05	.03	.147
Ítem 8	.61	.24	.28	.34	.51	.17
Ítem 14	.61	.22	.38	.43	.41	.39
Ítem 24	.57	.05	.48	.43	.38	.15
Ítem 19	.50	-.56	.24	.16	.05	.05
Ítem 12	.32	-.50	.22	.05	.22	-.10
Ítem 34	.26	.49	.32	-.16	-.01	.10
Ítem 30	.17	-.05	.72	-.001	-.11	-.13
Ítem 23	.17	.04	.72	.13	-.018	-.15
Ítem 15	.47	.26	.65	.08	.38	.42
Ítem 10	.50	.21	.64	.12	.41	.45
Ítem 4	.23	-.20	.61	.15	.31	.36
Ítem 31	.02	-.09	.02	.63	.01	.05
Ítem 18	.15	-.17	.32	.59	.05	.37
Ítem 29	.12	.20	-.05	.53	.39	.41
Ítem 5	.12	-.04	.15	.12	.71	.22
Ítem 6	.06	.01	-.11	-.02	.68	.09
Ítem 11	.58	.20	.39	.33	.65	.40
Ítem 1	.62	.17	.46	.34	.627	.36
Ítem 3	.34	.06	.14	.40	.62	.48
Ítem 21	.52	.37	.34	.43	.55	.26

Ítems	Componente					
	1	2	3	4	5	6
Ítem 22	.40	.42	.18	.47	.49	.05
Ítem 25	.21	.15	-.03	.02	.20	.70
Ítem 27	.37	.09	.19	.41	.26	.65
Ítem 13	.15	.09	.06	.46	.24	.64
Ítem 32	.35	.22	.15	.52	.31	.52

Método de extracción: análisis de componentes principales.
Método de rotación: Oblimin con normalización Kaiser.

A partir de este análisis nos quedamos con una escala de 24 ítems y volvemos a calcular la fiabilidad. A continuación, mostramos los análisis correspondientes con la escala definitiva y un α de Cronbach de .91 (Tabla 4.20). Se comprueba que todos los índices de homogeneidad son superiores a .27 excepto el ítem 30 (*Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar, aunque estudies*) con un índice de homogeneidad igual a .23 pero que decidimos mantener por su aportación a los contenidos de la dimensión y porque se relaciona de manera adecuada.

Tabla 4.20
Distribución por ítems del alfa de Cronbach

Ítems	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
(1) Me gusta mucho la Ciencia.	.76	.90
(2) Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro.	.72	.90
(3) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea.	.53	.91
(4) No voy a entender la Ciencia. aunque me esfuerce.	.46	.91
(8) Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre.	.63	.91
(9) Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia.	.65	.91

Ítems	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
(10) La Ciencia es fácil para mí.	.66	.91
(11) Disfruto aprendiendo Ciencias.	.72	.91
(12) No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.25	.91
(13) Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.	.35	.91
(14) Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes.	.70	.91
(15) Puedo entender la Ciencia sin problemas.	.62	.91
(17) Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.	.68	.91
(18) Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas.	.35	.91
(19) No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.	.36	.91
(21) Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio.	.64	.91
(22) Me gustaría realizar experimentos de Ciencia en casa.	.47	.91
(23) Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.	.27	.91
(24) Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.64	.91
(25) Los científicos y las científicas son muy respetados.	.27	.91
(27) Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.	.51	.91
(28) No me gusta la Ciencia.	.65	.91
(30) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar, aunque estudies.	.23	.91
(32) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.	.50	.91

Realizamos el análisis factorial con estos 24 ítems, forzando la extracción de 4 factores ya que el gráfico de sedimentación nos justifica esta extracción. Se observa que se extraen 4 factores que explican el 57% de la varianza (Tabla 4.21).

Tabla 4.21
Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de extracción de cargas al cuadrado			Sumas de rotación de cargas al cuadrado ^a
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado	Total
1	8.65	36.03	36.03	8.65	36.03	36.03	7.19
2	2.15	8.97	45.00	2.15	8.97	45.00	4.50
3	1.59	6.61	51.61	1.60	6.61	51.61	2.42
4	1.28	5.35	56.96	1.28	5.35	57.00	4.30
5	1.05	4.38	61.34				
6	.93	3.86	65.20				
...	.99	3.30	61.65				
23	.22	.90	99.22				
24	.19	.78	100.00				

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. Cuando los componentes están correlacionados, las sumas de las cargas al cuadrado no se pueden añadir para obtener una varianza total.

Tras el análisis de la matriz rotada (Tabla 4.22) observamos la estructura de 4 factores. Los ítems 3, 10 y 15 aunque tienen saturaciones también altas en el primer factor, muestran saturaciones altas, superiores a 0.30 en el factor en el que conceptualmente quedarían integradas, de ahí que optemos por mantener los ítems 10 y 15 en el tercer factor y el ítem 3 en el cuarto factor.

Tabla 4.22
Matriz rotada

Ítems	Componente			
	1	2	3	4
(1) Me gusta mucho la Ciencia.	.83	.40	.21	.43
(11) Disfruto aprendiendo Ciencias.	.81	.35	.14	.47
(21) Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio.	.78	.23	.12	.39
(8) Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre.	.71	.39	.07	.31
14) Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes.	.70	.41	.17	.50
(10) La Ciencia es fácil para mí.	.70	.39	.44	.35
(15) Puedo entender la Ciencia sin problemas.	.68	.24	.45	.32
(22) Me gustaría realizar experimentos de Ciencia en casa.	.65	.11	.001	.27
(28) No me gusta la Ciencia.	.61	.45	.35	.34
(3) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea.	.58	.22	-.05	.57
(17) Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.	.55	.81	.15	.25
(9) Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia.	.54	.79	.12	.23
(19) No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.	.06	.76	.23	.22
(24) Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.58	.70	.11	.22
(2) Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro.	.66	.68	.17	.34
(12) No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.08	.55	.20	.04
(23) Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.	.18	.18	.78	-.00
(30) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar, aunque estudies.	.09	.24	.77	-.04

Ítems	Componente			
	1	2	3	4
(4) No voy a entender la Ciencia, aunque me esfuerce.	.33	.26	.53	.41
(27) Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.	.44	.25	.04	.71
(13) Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.	.33	.04	-.07	.71
(18) Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas.	.13	.20	.33	.66
(32) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.	.48	.17	.03	.65
(25) Los científicos y las científicas son muy respetados.	.27	.11	-.17	.53

Método de extracción: análisis de componentes principales.
Método de rotación: Oblimin con normalización Kaiser.

Es interesante resaltar que esta estructura en la subescala de la autoeficacia nos extrae dos factores, uno referido a percepción de la propia competencia en ciencia (ítems 10 y 15) y el otro es la dificultad percibida de la ciencia en general (ítems 23 y 30).

En la Tabla 4.23 *Ítems seleccionados para el AFC tras el AFE*, se muestra el factor al que pertenecen y el tipo de ítem para el análisis factorial confirmatorio tras el análisis factorial exploratorio.

Tabla 4.23

Ítems seleccionados para el AFC tras el AFE

Dimensión	Ítem	Factor
Gusto por la ciencia	(1) Me gusta mucho la Ciencia. (8) Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre. (11) Disfruto aprendiendo Ciencias. (14) Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes. (21) Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio. (22) Me gustaría realizar experimentos de Ciencia en casa. (28) No me gusta la Ciencia.	1
Interés profesional por la ciencia	(2) Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro. (9) Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia. (12) No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro. (17) Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia. (19) No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro. (24) Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	2
Autoeficacia	(4) No voy a entender la Ciencia, aunque me esfuerce. (10) La Ciencia es fácil para mí. (15) Puedo entender la Ciencia sin problemas. (23) Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas. (30) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar, aunque estudies.	3

Dimensión	Ítem	Factor
Utilidad percibida de la ciencia	(3) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea. (13) Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia. (18) Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas. (25) Los científicos y las científicas son muy respetados. (27) Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas. (32) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.	4

Hemos realizado el análisis factorial exploratorio del cuestionario y hemos obtenido evidencias basadas en la dimensionalidad o factorialidad del cuestionario y la adecuación de la correlación entre los ítems de cada factor y con el cuestionario en sí mismo.

4.3. Validación mediante el Análisis Factorial Confirmatorio (AFC)

El Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) nos ayuda a determinar qué factores latentes explican la covariación entre los ítems, poniendo a prueba si una solución factorial concreta, ajusta adecuadamente.

Hemos utilizado el método de estimación de parámetros de *Weighted Least Squares Means and Variance* (WLSMV) (Abad, Olea, Ponsoda y García, 2011; Brown, 2006) con el software Mplus 7 (Muthén y Muthén, 1998–2012) ya que la escala de los ítems que utilizamos en el cuestionario tiene niveles de respuesta del 1 al 5. Para valorar la adecuación del modelo a los datos, tomamos los indicadores de ajuste absoluto χ^2 y χ^2

entre sus grados de libertad (gl). Hemos considerado que cuando χ^2/gl oscila entre valores de uno a tres supone un indicador de ajuste aceptable (Jöreskog, 1970).

También tenemos en cuenta el índice de error cuadrático medio de aproximación (RMSEA) que penaliza la ausencia de parsimonia. Como criterio de modelo aceptable usamos un RMSEA menor de 0.08 (Brown, 2006). Asimismo, usamos los indicadores de ajuste comparativo *Comparative Fit Index* (CFI) (Bentler, 1989) y el índice de ajuste no normado o índice de Tucker y Lewis (TLI) que considera que el modelo ajusta cuando alcanzan valores por encima de .90 (Abad et ál., 2011). La fiabilidad (consistencia interna) se analiza con el coeficiente Alfa de Cronbach.

Para el AFC hemos utilizado una muestra de 295 estudiantes de edades comprendidas entre los 10 y los 14 años que realizaron el cuestionario en julio y noviembre de 2019. De estos 38 alumnos pertenecen a un centro concertado de la Comunidad de Madrid y el resto forman parte de la muestra 2 analizada en el capítulo 2.

Tras realizar el análisis en el primer modelo de 24 ítems, se decidió eliminar 3 ítems ya que no tenían pesos estadísticamente significativos ($p > 0.05$) en los factores en los que conceptualmente debían estar. Lo que presentamos en este apartado es el ajuste del modelo tras la eliminación de estos tres ítems (*18. Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas, 22. Me gustaría realizar experimentos de Ciencia en casa, 15. Puedo entender la Ciencia sin problemas*).

Como resultados del AFC confirmamos un modelo esperado de 4 factores con 21 ítems. Como se muestra en la Tabla 4.24 los índices de bondad de ajuste resultaron aceptables para este modelo.

Tabla 4.24

Índices de bondad de ajuste para los AFC del ACESTEM

Modelo	χ^2	gl	(valor p)	χ^2/gl	RMSEA	CFI	TLI	RMSEA
4F	309.97	183	<.001	1.694	.049	.942	.933	.055

Los resultados obtenidos indican un ajuste adecuado del modelo teórico propuesto en la escala ACESTEM de modo que el resultado de 1.693 obtenido en χ^2/gl , .942 en el caso del CFI y .933 para TLI se consideran excelentes según Schermelleh-Engel, Moosbrugger y Müller (2003), mientras que el valor de RMSEA (.055) es aceptable según el criterio propuesto por los autores anteriores. Además, los ítems utilizados para medir las diferentes variables latentes presentan cargas factoriales adecuadas para cada una de ellas, siendo todas iguales o superiores a .30 (Bandalos y Finney, 2010). Ello se puede observar en el Gráfico 4.2, que ilustra el modelo teórico propuesto para la escala ACESTEM, mostrándose las covarianzas entre las dimensiones, así como las cargas factoriales de cada ítem.

En este modelo se establecen correlaciones estadísticamente significativas y fundamentadas desde el marco teórico entre los 4 factores gusto, interés, autoeficacia y utilidad ($p < 0.001$).

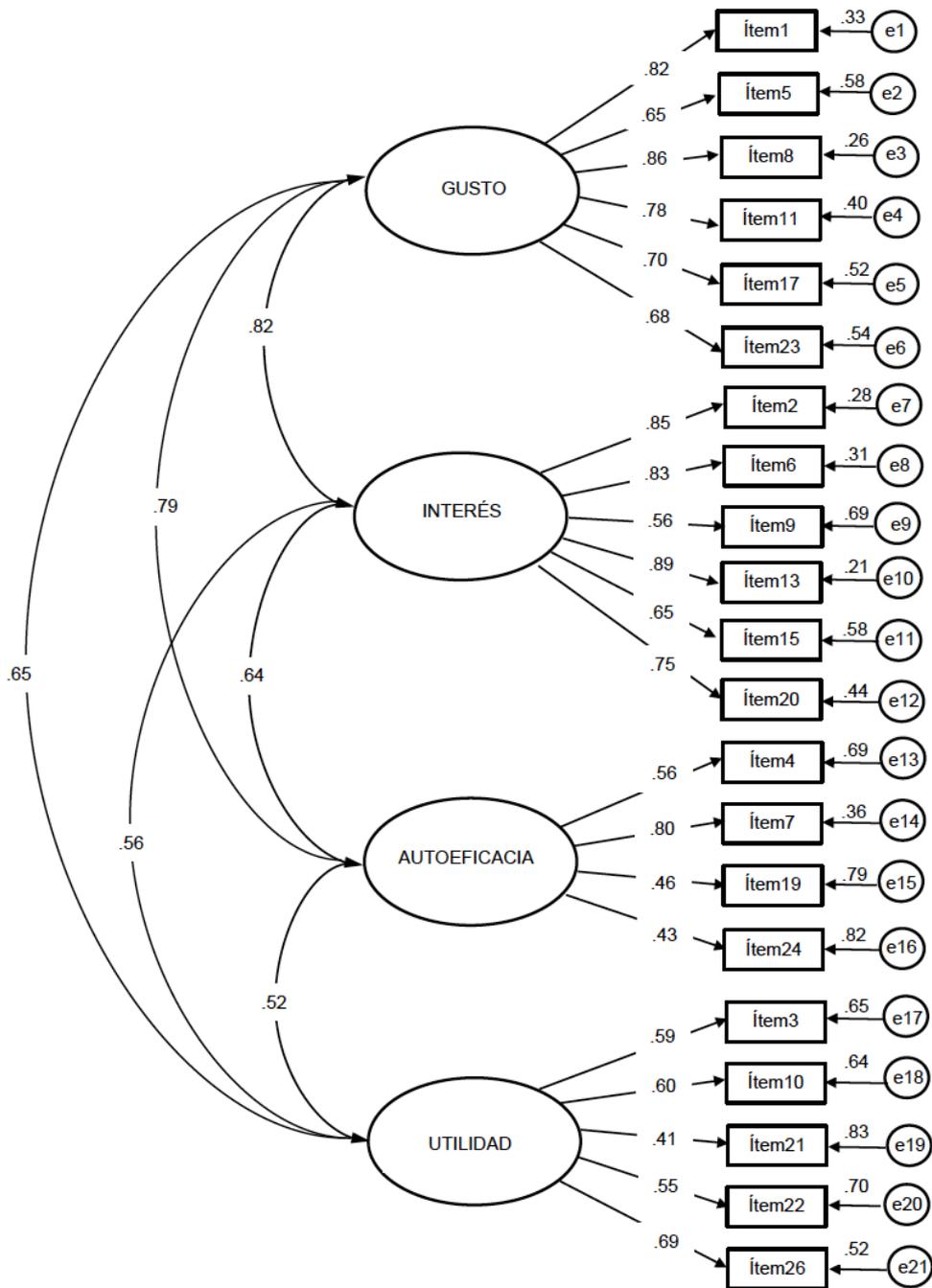


Gráfico 4.2. AFC con 21 ítems

La fiabilidad se calculó mediante el coeficiente de consistencia interna alfa de Cronbach que resultó .91, en la tabla 4.25 puede observarse la correlación de cada ítem con el total y la fiabilidad de la escala si cada ítem es eliminado.

Tabla 4.25

Factores, ítems y alfa de Cronbach del cuestionario definitivo (N = 295)

Dimensión (Factor)	Ítem	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Gusto por la ciencia (F1)	(1) Me gusta mucho la Ciencia.	.74	.91
	(5) Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre.	.57	.91
	(8) Disfruto aprendiendo Ciencias.	.77	.91
	(11) Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes.	.71	.91
	(17) Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio.	.61	.91
	(23) No me gusta la Ciencia.	.63	.91
Interés profesional por la ciencia (F2)	(2) Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro.	.78	.90
	(6) Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia.	.70	.91
	(9) No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.47	.91
	(13) Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.	.77	.90
	(15) No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.	.59	.91
Autoeficacia (F3)	(20) Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.62	.91
	(4) No voy a entender la Ciencia, aunque me esfuerce.	.46	.91
	(7) La Ciencia es fácil para mí.	.62	.91
	(19) Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.	.33	.92
	(24) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar, aunque estudies.	.30	.92

Dimensión (Factor)	Ítem	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Utilidad percibida de la ciencia (F4)	(3) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea.	.51	.91
	(10) Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.	.35	.91
	(21) Los científicos y las científicas son muy respetados.	.24	.92
	(22) Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.	.40	.91
	(26) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.	.44	.91

Asimismo, la fiabilidad de los cuatro factores de la escala se puede valorar como elevada en los dos primeros y aceptable en el factor 3 y 4; alfa F1 (6 ítems) = .88; alfa F2 (6 ítems) = .89; alfa F3 (5 ítems) = .68; alfa F4 (4 ítems) = .70. En las tablas 4.26, 4.27, 4.28, y 4.29 puede observarse la correlación de cada ítem con el total de la dimensión y la fiabilidad de las dimensiones si cada ítem es eliminado.

Tabla 4.26

Distribución por ítems del alfa de Cronbach en el factor 1 (Gusto por la ciencia)

Dimensión (Factor)	Ítem	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Gusto por la ciencia (F1)	(1) Me gusta mucho la Ciencia.	.74	.85
	(5) Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre.	.62	.87
	(8) Disfruto aprendiendo Ciencias.	.80	.84
	(11) Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes.	.72	.86
	(17) Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio.	.67	.86
	(23) No me gusta la Ciencia.	.62	.87

Tabla 4.27

Distribución por ítems del alfa de Cronbach en el factor 2 (Interés profesional por la ciencia)

Dimensión (Factor)	Ítem	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Interés profesional por la ciencia (F2)	(2) Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro.	.77	.86
	(6) Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia.	.76	.86
	(9) No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.56	.89
	(13) Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.	.82	.85
	(15) No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.	.62	.88
	(20) Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.71	.87

Tabla 4.28

Distribución por ítems del alfa de Cronbach en el factor 3 (Autoeficacia)

Dimensión (Factor)	Ítem	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Autoeficacia (F3)	(4) No voy a entender la Ciencia, aunque me esfuerce.	.46	.91
	(7) La Ciencia es fácil para mí.	.62	.91
	(19) Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.	.33	.92
	(24) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar, aunque estudies.	.30	.92

Tabla 4.29

Distribución por ítems del alfa de Cronbach en el factor 4 (Utilidad percibida de la ciencia)

Dimensión (Factor)	Ítem	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Utilidad percibida de la ciencia (F4)	(3) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea.	.41	.67
	(10) Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.	.50	.64
	(21) Los científicos y las científicas son muy respetados.	.37	.70
	(22) Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.	.45	.66
	(26) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.	.58	.60

4.4. Consideraciones finales

A lo largo de este capítulo hemos mostrado la validez y la fiabilidad de la escala ACESTEM que nos permitirá analizar las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en niños y niñas de edades comprendidas entre los 10 y los 14 años. Hemos sometido a juicio de expertos una primera versión que constaba de 68 ítems agrupados en cinco dimensiones (interés profesional por la ciencia, gusto por la ciencia, utilidad percibida de la ciencia, autoeficacia y acciones de los referentes importantes para el alumnado). Revisadas y analizadas las aportaciones obtenemos una versión de 34 ítems.

Tras la validación del contenido del cuestionario hemos valorado la fiabilidad y la consistencia interna del mismo a través de una prueba con un α de Cronbach de .91.

Después, hemos realizado el AFE de los elementos que integran la escala ACESTEM y nos hemos quedamos con una escala de 24 ítems y una estructura de cuatro factores (interés profesional por la ciencia, gusto por la ciencia, utilidad percibida de la ciencia, autoeficacia).

El AFC pone de manifiesto que se establecen correlaciones estadísticamente significativas y fundamentadas desde el marco teórico entre los cuatro factores. Se confirma el modelo esperado de cuatro factores, obteniendo unos índices de ajuste satisfactorios, quedando una escala de 21 ítems.

Capítulo 5.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

“La empresa científica no se reduce a los productos teóricos obtenidos por la ciencia, sino que incluye la actividad de generarlos. Es decir, incluye los procesos de indagación, argumentación y modelización que permiten “idear” modelos interpretativos que nos sirvan para describir, predecir, explicar e intervenir en los fenómenos de acuerdo con lo que sabemos y las pruebas disponibles y que puedan transferirse a otros contextos.”

Digna Couso (2020)

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE LOS DATOS

5.1. Análisis de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en el alumnado (muestra 1).

5.1.1. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la edad.

5.1.2. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de los cursos en la etapa educativa.

5.1.3. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo.

5.1.4. Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la profesión del padre y de la madre.

5.1.5. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del autoconcepto académico y de la autopercepción académica.

5.2. Análisis de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en el alumnado (muestra 2).

5.2.1. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la edad.

5.2.2. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de los cursos en la etapa educativa.

5.2.3. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo.

5.2.4. Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la profesión del padre y de la madre.

5.2.5. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del autoconcepto académico y de la autopercepción académica.

5.3. Consideraciones finales.

5.1. Análisis de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en el alumnado (muestra 1)

En los capítulos tercero y cuarto hemos dado respuesta al primer objetivo de esta investigación al elaborar una escala capaz de medir las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM con características psicométricas de fiabilidad y validez aceptables. Hemos confirmado la estructura del constructo y comprobado la existencia de cuatro factores o dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia).

A continuación, presentamos los resultados encontrados en nuestra investigación que permiten dar respuesta al resto de objetivos, realizando un análisis de los datos y una interpretación de los resultados.

El análisis descriptivo de cada una de las variables se ha realizado a través de distribuciones de frecuencias, tablas de contingencia, medias y desviaciones típicas en variables cuantitativas. Para el análisis diferencial de las variables se ha realizado el contraste de medias a través del análisis de la t de Student, utilizando como variables independientes la edad, el sexo, la profesión del padre y de la madre, el autoconcepto académico y la autopercepción académica, mostrando información sobre el valor de la t de Student, la probabilidad asociada a este valor (p)³⁶, los grados de libertad (gl) y el tamaño del efecto (d) o diferencia tipificada³⁷ (d Cohen).

³⁶ El nivel de confianza utilizado en todos los casos el habitual (a partir de $p = 0.05$).

³⁷ Entre las diferentes alternativas para realizar este análisis, se ha escogido la de Cohen (1988) por ser la más utilizada. Según este autor un valor del tamaño de efecto de 0.20 representa una diferencia pequeña, un valor de 0.50 una diferencia moderada y un valor de más de 0.80 puede ser considerado como grande.

Los datos se han tratado estadísticamente con el programa IBM SPSS para Windows versión 20.0.

A continuación, procederemos a analizar los resultados estadísticos obtenidos del estudio de la primera muestra formada por 408 estudiantes (210 chicas y 198 chicos) que cursan 5.º y 6.º de Educación Primaria (EP) y 1.º y 2.º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de tres centros de diferente titularidad (público, concertado y privado) de la Comunidad de Madrid. Su media de edad fue de 11.79 años (DT = 1.28, mín. = 9 y máx. = 16).

5.1.1. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la edad

Tal y como vimos en el capítulo 2 numerosas investigaciones realizadas sobre la edad y las actitudes hacia la ciencia coinciden en que, a medida que aumenta la edad del alumnado, las actitudes favorables hacia la ciencia disminuyen drásticamente (Archer et ál., 2013; Marbá-Tallada y Márquez, 2010; Osborne et ál., 2003; Said, Summers, Abd-El-Khalick, y Wang, 2016; Vázquez y Manassero, 2008). Por tanto, la hipótesis de estudio de la que partimos en el caso de la edad es:

Hipótesis 1. Existe una relación estadísticamente significativa y negativa entre la edad y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia).

Presentamos a continuación las correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad (Tabla 5.1).

Tabla 5.1

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad (N = 404)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
Edad	<i>r</i>	-.17**	-.22**	.008	-.20**	-.17**
	<i>p</i>	.001	.000	.877	.000	.001

El análisis de los datos de la Tabla 5.1 nos lleva a afirmar que las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones gusto, utilidad y autoeficacia con la edad son negativas y estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden considerarse de magnitud baja³⁸. De todo el estudio destacamos la correlación más alta que es la que se establece con la dimensión de gusto ($r = -.22$), corroborando el hecho de que a medida que la edad del alumnado aumenta es menor el gusto que muestran por la ciencia. Con la única dimensión con la que la edad no establece relación es con la del interés profesional ($p > 0.05$).

Si calculamos las correlaciones existentes entre la edad y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus cuatro dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia), en la muestra de las chicas obtenemos los siguientes valores (Tabla 5.2):

³⁸ La *r* de Pearson utiliza como criterio orientador los siguientes tipos de relaciones: relación muy baja ($r \leq .20$), relación baja ($r =$ entre $.20$ y $.40$), relación moderada ($r =$ entre $.40$ y $.60$), relación apreciable, alta ($r =$ entre $.60$ y $.80$) y relación alta o muy alta ($r =$ entre $.80$ y 1) (Morales, 2008, p. 146). Cohen (1988, pp. 77-81) establece como criterio para valorar los coeficientes de correlación: $r = .10$, correlación pequeña, $r = .30$ media y $r = .50$ grande. Para valorar la magnitud de las relaciones tendremos en cuenta estos valores.

Tabla 5.2

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad de las chicas (N=209)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
Edad	<i>r</i>	-.13	-.17*	.07	-.19**	-.20**
	<i>p</i>	.070	.015	.285	.007	.003

En este caso, observamos que estas relaciones siguen la misma pauta que en la muestra general si bien los valores de las correlaciones son menores. De nuevo el interés profesional es la única dimensión con la que no se establece relación estadísticamente significativa ($p>0.05$).

Por último, si realizamos el análisis correlacional de la edad en la muestra de chicos y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones (Tabla 5.3.) los valores son los siguientes:

Tabla 5.3

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad de los chicos (N=195)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
Edad	<i>r</i>	-.22**	-.27**	-.06	-.21**	-.14
	<i>p</i>	.002	.000	.382	.003	.055

En el caso de los chicos las correlaciones son algo más altas que en las chicas y en la misma dirección en actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, gusto y utilidad, aunque en la muestra de los chicos no existe relación estadísticamente significativa ni con el interés profesional ni con la autoeficacia ($p>0.05$). Es interesante resaltar que el estudio en la muestra de las chicas confirma que existía correlación con la autoeficacia y en este caso no.

5.1.2. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de los cursos en la etapa educativa

Los análisis de diferentes investigaciones concluyen que las actitudes del alumnado hacia la ciencia disminuyen a medida que estos progresan hacia la escuela secundaria, lo que nos ha llevado a elaborar la siguiente hipótesis:

Hipótesis 2. Existe una relación estadísticamente significativa entre los cursos en la etapa educativa y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia).

Las correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el curso las mostramos en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el curso (N=405)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
Curso	<i>r</i>	-.12*	-.21**	.06	-.14**	-.12*
	<i>p</i>	.017	.000	.242	.005	.014

A partir de los datos anteriores podemos afirmar que las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones gusto, utilidad y autoeficacia con el curso son negativas y estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque deben considerarse bajas. De todo el estudio la correlación más alta es la que se establece con la dimensión de gusto ($r = -.209$), corroborando el hecho de que a medida que el alumnado progresa en los cursos es menor el gusto que muestra hacia las ciencias. Al igual que pasaba con

la edad, la única dimensión con la que el curso no establece relación es con la del interés profesional ($p>0.05$).

Si el análisis de los datos lo hacemos por etapa educativa, uniendo en un grupo los alumnos de 5.º y 6.º de Educación Primaria y en otro los de 1.º y 2.º de la ESO, obtenemos los datos que aparecen en la Tabla 5.5.

Tabla 5.5

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la etapa educativa (Educación Primaria y Secundaria Obligatoria)

	Curso	N	Media	DT	t	gl	p	d
Actitud	5.º y 6.º Primaria	181	3.46	.70	3.19	403	.002	0.32
	1.º y 2.º ESO	224	3.24	.71				
Gusto	5.º y 6.º Primaria	181	3.58	.94	4.41	403	.000	0.43
	1.º y 2.º ESO	224	3.16	1.01				
Interés profesional	5.º y 6.º Primaria	181	2.96	.98	.35	403	.730	0.04
	1.º y 2.º ESO	224	2.92	1.02				
Utilidad	5.º y 6.º Primaria	181	3.96	.77	2.61	403	.009	0.24
	1.º y 2.º ESO	224	3.78	.70				
Autoeficacia	5.º y 6.º Primaria	181	3.42	.82	3.15	403	.002	0.31
	1.º y 2.º ESO	224	3.16	.84				

Los datos mostrados explicitan que 5.º y 6.º de Primaria poseen medias diferentes y más altas de forma estadísticamente significativa ($p<0.01$) con respecto a 1.º y 2.º de ESO en

actitud hacia la ciencia en la Educación STEM (media de 5.º y 6.º de Primaria 3.46 y media de 1.º y 2.º ESO, 3.24). Esto se repite en todas las dimensiones excepto en la del interés profesional (media de 5.º y 6.º de Primaria 2.96 y media de 1.º y 2.º ESO, 2.92) donde no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) aunque la tendencia es la misma. Si tenemos en cuenta los niveles de probabilidad asociados a la t de Student podemos observar como no todas las diferencias de medias son estadísticamente significativas ($p < 0.05$). Sí lo son en el caso de actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ($p = 0.002$) y las dimensiones gusto ($p = 0.000$), utilidad ($p = 0.009$) y autoeficacia ($p = 0.002$), aunque no lo son en el caso de interés profesional, con una $p = 0.730$.

Para valorar la magnitud de la diferencia entre las medias se calcula también el tamaño del efecto de la misma³⁹. Los cálculos dan como resultado una $d = 0.32$ para la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, $d = 0.43$ en el caso de gusto, $d = 0.04$ en relación al interés profesional, $d = 0.24$ para la utilidad y, por último, $d = 0.31$ para la dimensión de autoeficacia.

No obstante, estas diferencias tan solo podemos considerarlas bajas entre 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de ESO en las dimensiones de utilidad gusto y autoeficacia y en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.

³⁹ Para calcular el tamaño del efecto se ha utilizado la calculadora online de David Walkers Calculators: <https://www.cedu.niu.edu/~walker/calculators/effect.asp> *Effect Size calculator*. En este caso al introducir la media, la desviación y el número de sujetos de dos grupos calcula los tamaños del efecto más habituales.

Si analizamos los datos solo con el grupo de los chicos por etapa educativa estudiando 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de la ESO, obtenemos los resultados que aparecen en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la etapa educativa

	Curso	N	Media	DT	t	gl	p	d
Actitud	5.º y 6.º Primaria	93	3.61	.62	2.60	194	.010	0.36
	1.º y 2.º ESO	103	3.35	.73				
Gusto	5.º y 6.º Primaria	93	3.74	.85	3.65	194	.000	0.52
	1.º y 2.º ESO	103	3.27	.94				
Interés profesional	5.º y 6.º Primaria	93	3.16	.93	.86	194	.392	0.12
	1.º y 2.º ESO	103	3.04	1.03				
Utilidad	5.º y 6.º Primaria	93	4.05	.69	2.41	194	.017	0.34
	1.º y 2.º ESO	103	3.79	.77				
Autoeficacia	5.º y 6.º Primaria	93	3.52	.80	1.13	194	.258	0.16
	1.º y 2.º ESO	103	3.38	.83				

A partir de los datos anteriores puede observarse que, en el caso de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y en las dimensiones gusto y utilidad se producen diferencias estadísticamente significativas entre las medias. Se pone de manifiesto que en la etapa de Educación Primaria (5.º y 6.º de Primaria) las dimensiones anteriores poseen medias diferentes y más altas de forma estadísticamente significativa ($p < 0.01$) con

respecto a 1.º y 2.º de ESO en actitud hacia la ciencia en la Educación STEM (media de 5.º y 6.º de Primaria 3.61 y media de 1.º y 2.º ESO 3.35), gusto (media de 5.º y 6.º de Primaria 3.74 y media de 1.º y 2.º ESO 3.27) y utilidad (media de 5.º y 6.º de Primaria 4.05 y media de 1.º y 2.º ESO 3.79). Esto se repite en todas las dimensiones excepto en la del interés profesional (media de 5.º y 6.º de Primaria 3.16 y media de 1.º y 2.º ESO 3.04) y autoeficacia (media de 5.º y 6.º de Primaria 3.52 y media de 1.º y 2.º ESO 3.38) donde no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Para valorar la magnitud de la diferencia entre las medias se calcula también el tamaño del efecto de la misma. Los cálculos dan como resultado una $d = 0.36$ para la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, $d = 0.52$ en el caso de gusto, $d = 0.12$ en relación al interés profesional, $d = 0.34$ para la utilidad y, por último, $d = 0.16$ para la dimensión de autoeficacia.

No obstante, estas diferencias tan solo podemos considerarlas bajas entre 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de ESO en la dimensión de utilidad y actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y alta entre 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de ESO en gusto.

Si el análisis de los datos lo hacemos con el grupo de las chicas por etapa educativa estudiando 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de la ESO, obtenemos los datos que aparecen en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de las chicas en función de la etapa educativa

	Curso	N	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Actitud	5.º y 6.º Primaria	88	3.31	.69	1.71	207	.089	0.22
	1.º y 2.º ESO	121	3.14	.71				
Gusto	5.º y 6.º Primaria	88	3.41	1.01	2.49	207	.014	0.35
	1.º y 2.º ESO	121	3.07	.96				
Interés profesional	5.º y 6.º Primaria	88	2.74	.96	-.56	207	.574	0.07
	1.º y 2.º ESO	121	2.82	1.05				
Utilidad	5.º y 6.º Primaria	88	3.87	.70	1.12	207	.264	0.15
	1.º y 2.º ESO	121	3.76	.65				
Autoeficacia	5.º y 6.º Primaria	88	3.32	.77	3.08	207	.002	0.42
	1.º y 2.º ESO	121	2.96	.86				

A partir de los datos anteriores puede observarse que solo en el caso de la autoeficacia existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias ($p < 0.05$).

Se pone de manifiesto que en la etapa de Educación Primaria (5.º y 6.º de Primaria) en el grupo de las chicas solo la dimensión de autoeficacia muestra una media diferente y más alta de forma estadísticamente significativa ($p < 0.01$) con respecto a 1.º y 2.º de ESO (media de 5.º y 6.º de Primaria 3.32 y media de 1.º y 2.º ESO 2.96). Para valorar la magnitud de la diferencia entre las medias calculamos el tamaño del efecto de la misma, obteniendo un valor de $d = 0.42$ que consideramos entre bajo y moderado.

5.1.3. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo

Numerosas investigaciones (Becker, 1989; DeWitt y Archer, 2015; Gardner, 1995; Schibeci, 1984; Weinburgh, 1995), apuntan a que el sexo es probablemente la variable más significativa relacionada con la actitud de los alumnos hacia la ciencia. A continuación, nos centraremos en analizar los datos que nos permitan contrastar la hipótesis:

Hipótesis 3. Existen diferencias estadísticamente significativas en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo.

El análisis de los datos de la Tabla 5.8 pone de manifiesto que los chicos poseen medias diferentes y más altas de forma estadísticamente significativa ($p < 0.01$) con respecto a las chicas en actitud hacia la ciencia en la Educación STEM (media de los chicos 3.47 y media de las chicas 3.20). Esto se repite en todas las dimensiones excepto en la de utilidad (media de los chicos 3.90 y de las chicas 3.79) donde no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) aunque la tendencia es la misma.

Para valorar la magnitud de la diferencia entre las medias calculamos también el tamaño del efecto de la misma. Los cálculos dan como resultado una $d = 0.37$ para la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, $d = 0.28$ en el caso de la dimensión gusto, $d = 0.32$ en relación al interés profesional, $d = 0.15$ para la utilidad y, por último, $d = 0.42$ para la dimensión de autoeficacia.

No obstante, solo podemos considerar bajas las diferencias entre chicos y chicas en las dimensiones de gusto, interés profesional y autoeficacia y en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.

Tabla 5.8

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo

	Sexo	<i>N</i>	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>																																															
Actitud	Chico	198	3.47	.70	3.76	406	.000	0.37																																															
	Chica	210	3.20	.71					Gusto	Chico	198	3.50	.94	2.95	406	.003	0.28	Chica	210	3.20	1.00	Interés profesional	Chico	198	3.09	.98	3.20	406	.001	0.32	Chica	210	2.77	1.02	Utilidad	Chico	198	3.90	.77	1.52	406	.128	0.15	Chica	210	3.79	.70	Autoeficacia	Chico	198	3.45	.82	4.20	406	.000
Gusto	Chico	198	3.50	.94	2.95	406	.003	0.28																																															
	Chica	210	3.20	1.00					Interés profesional	Chico	198	3.09	.98	3.20	406	.001	0.32	Chica	210	2.77	1.02	Utilidad	Chico	198	3.90	.77	1.52	406	.128	0.15	Chica	210	3.79	.70	Autoeficacia	Chico	198	3.45	.82	4.20	406	.000	0.42	Chica	210	3.11	.84								
Interés profesional	Chico	198	3.09	.98	3.20	406	.001	0.32																																															
	Chica	210	2.77	1.02					Utilidad	Chico	198	3.90	.77	1.52	406	.128	0.15	Chica	210	3.79	.70	Autoeficacia	Chico	198	3.45	.82	4.20	406	.000	0.42	Chica	210	3.11	.84																					
Utilidad	Chico	198	3.90	.77	1.52	406	.128	0.15																																															
	Chica	210	3.79	.70					Autoeficacia	Chico	198	3.45	.82	4.20	406	.000	0.42	Chica	210	3.11	.84																																		
Autoeficacia	Chico	198	3.45	.82	4.20	406	.000	0.42																																															
	Chica	210	3.11	.84																																																			

5.1.4. Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la profesión del padre y de la madre

Diferentes investigaciones estudian la influencia del “capital científico” y del “hábito científico” de las familias sobre las aspiraciones hacia la ciencia de los hijos. Por ello el siguiente paso es identificar las diferencias entre los niños y las niñas de la muestra en función de que la profesión del padre y de la madre. Recordamos que para la asignación de la profesión de los padres hemos seguido la Recomendación de la Comisión de 29 de octubre de 2009 relativa al uso de la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO-08).

La hipótesis de trabajo en este caso es:

Hipótesis 4. Existen diferencias estadísticamente significativas en la actitud hacia la Educación STEM y sus dimensiones en función de si la profesión de los padres (profesión del padre y profesión de la madre) es STEM o no lo es.

En este caso analizamos la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de que el padre tenga una profesión STEM (o asociada a STEM) o un desempeño profesional en un campo no STEM. Tal y como muestra la Tabla 5.9 observamos que aunque los niños y las niñas que tienen padres con profesiones STEM tienen medias mayores en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y en cada una de sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia), las diferencias no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$). Únicamente podemos considerar significativa la diferencia en utilidad ($p < 0.05$) en función del sexo. En este caso, los niños y las niñas que tienen un padre con profesión STEM dan mayor valor a la utilidad de la ciencia (media del padre STEM 3.99 y media del padre No STEM 3.79).

Tabla 5.9

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del de la profesión del padre

	Profesión del padre	N	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>																					
Actitud	STEM	116	3.43	.75	1.79	406	.05	0.19																					
	No STEM	292	3.29	.70					Gusto	STEM	116	3.45	.97	1.44	406	.151	0.16	No STEM	292	3.30	.98	Interés profesional	STEM	116	3.02	1.06	1.11	406	.269
Gusto	STEM	116	3.45	.97	1.44	406	.151	0.16																					
	No STEM	292	3.30	.98					Interés profesional	STEM	116	3.02	1.06	1.11	406	.269	0.12	No STEM	292	2.89	.99								
Interés profesional	STEM	116	3.02	1.06	1.11	406	.269	0.12																					
	No STEM	292	2.89	.99																									

	Profesión del padre	N	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Utilidad	STEM	116	3.99	.71	2.52	406	.012	0.27
	No STEM	292	3.79	.74				
Autoeficacia	STEM	116	3.33	.90	.74	406	.460	0.08
	No STEM	292	3.26	.82				

Para valorar la magnitud de la diferencia entre las medias calculamos también el tamaño del efecto. Consideramos bajas las diferencias entre padres con profesión STEM y no STEM en todas las dimensiones.

Si analizamos las diferencias en función de la profesión de la madre (Tabla 5.10), observamos que los niños y las niñas cuyas madres ejercen una profesión STEM muestran medias estadísticamente más altas ($p < 0.05$) en actitud hacia la ciencia en la Educación STEM (media de 3.52), interés profesional (media de 3.18) y autoeficacia (media de 3.45) que aquellos cuyas madres trabajan en otras áreas. También vemos que existen diferencias estadísticamente significativas en la actitud hacia la Educación STEM ($t = 2.15$; $gl = 406$; $d = 0.30$) y en interés profesional ($t = 2.01$; $gl = 406$; $d = 0.20$), considerando el tamaño del efecto bajo.

Tabla 5.10

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la profesión de la madre

	Profesión de la madre	<i>N</i>	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Actitud	STEM	55	3.52	.72	2.15	406	.032	0.30
	No STEM	353	3.30	.71				
Gusto	STEM	55	3.53	.98	1.57	406	.117	0.22
	No STEM	353	3.31	.98				

	Profesión de la madre	<i>N</i>	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Interés profesional	STEM	55	3.18	.99	2.01	406	.045	0.30
	No STEM	353	2.89	1.01				
Utilidad	STEM	55	3.98	.72	1.45	406	.149	0.20
	No STEM	353	3.82	.73				
Autoeficacia	STEM	55	3.45	.84	1.69	406	.093	0.25
	No STEM	353	3.25	.84				

Si el análisis lo hacemos solo en el grupo de las chicas observamos que la profesión del padre (STEM o no STEM) no diferencia las medias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ni en sus dimensiones ($p>0.05$).

Tabla 5.11

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de las chicas en función de la profesión del padre

	Profesión del padre	<i>N</i>	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Actitud	STEM	48	3,22	.76	.15	208	.881	0.02
	No STEM	162	3.20	.70				
Gusto	STEM	48	3.20	1.09	-.008	208	.994	0
	No STEM	162	3.20	.98				
Interés profesional	STEM	48	2.76	1.13	-.138	208	.891	0.01
	No STEM	162	2.78	.98				
Utilidad	STEM	48	3.91	.62	1.37	208	.172	0.23
	No STEM	162	3.76	.72				
Autoeficacia	STEM	48	3.06	.90	-.49	208	.625	0.08
	No STEM	162	3.12	.82				

Sin embargo, si analizamos en el grupo de las chicas las diferencias en función de la profesión de la madre (Tabla 5.12), vemos que existen diferencias estadísticamente significativas en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ($t = 2.09$; $gl = 208$; $d = 0.40$) y en autoeficacia ($t = 2.13$; $gl = 208$; $d = 0.42$).

Tabla 5.12

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de las chicas en función de la profesión de la madre

	Profesión de la madre	<i>N</i>	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Actitud	STEM	31	3.45	.70	2.09	208	.038	0.40
	No STEM	179	3.16	.71				
Gusto	STEM	31	3.39	1.02	1.11	208	.267	0.21
	No STEM	179	3.17	1.00				
Interés profesional	STEM	31	3.09	1.02	1.86	208	.065	0.35
	No STEM	179	2.70	1.00				
Utilidad	STEM	31	4.00	.67	1.75	208	.081	0.34
	No STEM	179	3.76	.70				
Autoeficacia	STEM	31	3.40	.77	2.13	208	.035	0.42
	No STEM	179	3.06	.84				

Si el análisis lo hacemos solo en el grupo de los chicos (Tabla 5.13) observamos que la profesión del padre (STEM o no STEM) no diferencia las medias en las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM ni en sus dimensiones ($p > 0.05$).

Tabla 5.13

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la profesión del padre (N = 198)

	Profesión del padre	N	Media	DT	t	gl	p	d																																															
Actitud	STEM	68	3.58	.71	1.70	196	.090	0.25																																															
	No STEM	130	3.40	.69					Gusto	STEM	68	3.63	.85	1.52	196	.128	0.22	No STEM	130	3.41	.98	Interés profesional	STEM	68	3.20	.97	1.12	196	.264	0.16	No STEM	130	3.03	.98	Utilidad	STEM	68	4.04	.77	1.90	196	.059	0.29	No STEM	130	3.83	.76	Autoeficacia	STEM	68	3.51	.86	.76	196	.445
Gusto	STEM	68	3.63	.85	1.52	196	.128	0.22																																															
	No STEM	130	3.41	.98					Interés profesional	STEM	68	3.20	.97	1.12	196	.264	0.16	No STEM	130	3.03	.98	Utilidad	STEM	68	4.04	.77	1.90	196	.059	0.29	No STEM	130	3.83	.76	Autoeficacia	STEM	68	3.51	.86	.76	196	.445	0.11	No STEM	130	3.42	.79								
Interés profesional	STEM	68	3.20	.97	1.12	196	.264	0.16																																															
	No STEM	130	3.03	.98					Utilidad	STEM	68	4.04	.77	1.90	196	.059	0.29	No STEM	130	3.83	.76	Autoeficacia	STEM	68	3.51	.86	.76	196	.445	0.11	No STEM	130	3.42	.79																					
Utilidad	STEM	68	4.04	.77	1.90	196	.059	0.29																																															
	No STEM	130	3.83	.76					Autoeficacia	STEM	68	3.51	.86	.76	196	.445	0.11	No STEM	130	3.42	.79																																		
Autoeficacia	STEM	68	3.51	.86	.76	196	.445	0.11																																															
	No STEM	130	3.42	.79																																																			

Por último, si tenemos en cuenta solo el grupo de los chicos (Tabla 5.14) volvemos a corroborar que la profesión de la madre (STEM o no STEM) no diferencia las medias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ni en sus dimensiones ($p > 0.05$) aspecto diferenciador del grupo de chicas donde sí se observan diferencias.

Tabla 5.14

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la profesión de la madre (N = 198)

	Profesión de la madre	N	Media	DT	t	gl	p	d								
Actitud	STEM	24	3.62	.74	1.16	196	.248	0.25								
	No STEM	174	3.44	.69					Gusto	STEM	24	3.72	.91	1.31	196	.191
Gusto	STEM	24	3.72	.91	1.31	196	.191	0.28								
	No STEM	174	3.45	.94												

	Profesión de la madre	<i>N</i>	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Interés profesional	STEM	24	3.30	.96	1.15	196	.252	0.24
	No STEM	174	3.06	.98				
Utilidad	STEM	24	3.96	.80	.38	196	.702	0.07
	No STEM	174	3.90	.77				
Autoeficacia	STEM	24	3.52	.93	.43	196	.667	0.09
	No STEM	174	3.44	.80				

5.1.5. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del autoconcepto académico y de la autopercepción académica

Diferentes autores afirman que “no se puede entender la conducta escolar sin considerar las percepciones que el sujeto tiene de sí mismo y, en particular, de su propia competencia académica”, Esnaola, Goñi y Madariaga (2008, p. 76). Este hecho nos lleva a emitir como hipótesis de estudio:

Hipótesis 5. Existe una relación estadísticamente significativa entre el autoconcepto académico y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia).

El análisis de los datos de la Tabla 5.15 nos lleva a afirmar que las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones gusto, utilidad, interés profesional y autoeficacia con el autoconcepto académico (*¿Qué lugar crees que ocuparías dentro de la clase si tuvierais en cuenta las notas?*) son positivas y estadísticamente significativas ($p < 0.01$); podemos valorar su magnitud como entre baja y moderada ($r = .31$). La correlación más alta es la que se establece con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y con la dimensión de autoeficacia ($r = .28$),

corroborando el hecho de que todo aquello que refuerza la convicción sobre el propio valor es considerado como positivo hacerlo.

Tabla 5.15

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el lugar que crees que ocuparías dentro de la clase si tuvierais en cuenta las notas (N = 408)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
¿Qué lugar crees que ocuparías dentro de la clase si tuvierais en cuenta las notas?	<i>r</i>	.31**	.25**	.21**	.28**	.28**
	<i>p</i>	.000	.000	.000	.000	.000

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Si estudiamos la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones gusto, utilidad, interés profesional y autoeficacia con el autoconcepto académico en la muestra de los chicos (Tabla 5.16), notamos relaciones estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden considerarse bajas. De nuevo la correlación más alta es la que se establece con la dimensión de autoeficacia ($r = .32$) y con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ($r = .38$).

Tabla 5.16

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el lugar que crees que ocuparías dentro de la clase si tuvierais en cuenta las notas en la muestra de los chicos (N = 198)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
¿Qué lugar crees que ocuparías dentro de la clase si tuvierais en cuenta las notas?	<i>r</i>	.38**	.28**	.31**	.30**	.32**
	<i>p</i>	.000	.000	.000	.000	.000

Si el análisis de los datos lo hacemos con la muestra de las chicas (Tabla 5.17) observamos que las relaciones son estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden

considerarse bajas. En este caso la correlación más alta es la que se establece con la dimensión de autoeficacia ($r = .25$), con la utilidad ($r = .25$) y con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ($r = .38$). A diferencia de lo que ocurría en la muestra de los chicos no existe relación estadísticamente significativa con la dimensión de interés profesional.

Tabla 5.17

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el lugar que crees que ocuparías dentro de la clase si tuvierais en cuenta las notas en la muestra de las chicas (N = 210)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
¿Qué lugar crees que ocuparías dentro de la clase si tuvierais en cuenta las notas?	<i>r</i>	.25**	.23**	.12	.25**	.25**
	<i>p</i>	.000	.001	.080	.000	.000

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Si estudiamos las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones gusto, utilidad, interés profesional y autoeficacia con la autopercepción académica (comparación social que el alumnado realiza con su clase o con otros estudiantes ajenos a su clase que tiene en cuenta los pensamientos y conductas vinculados al rendimiento de las personas que son significativas para él, como pueden ser sus padres o profesores) observamos relaciones estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden considerarse bajas. De nuevo la correlación más alta es la que se establece con la dimensión de autoeficacia ($r = .26$) y con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ($r = .26$).

Tabla 5.18

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la consideración como alumno (N = 408)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
En general te consideras...	<i>r</i>	.26**	.24**	.16**	.19**	.26**
	<i>p</i>	.000	.000	.001	.000	.000

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Si analizamos las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones con la consideración como alumno en la muestra de los chicos observamos relaciones estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden considerarse bajas. La correlación más alta es la que se establece con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ($r = .23$) y la utilidad ($r = .21$).

Tabla 5.19

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la consideración como alumno en la muestra de los chicos (N = 198)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
En general te consideras...	<i>r</i>	.23**	.18**	.17*	.21**	.16*
	<i>p</i>	.001	.008	.016	.003	.026

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Por último, el análisis de los datos de la Tabla 5.20 nos muestra las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones con la consideración como alumna en la muestra de las chicas. En este caso notamos relaciones estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden considerarse bajas con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ($r = .29$) y el gusto ($r = .28$) y la autoeficacia ($r = .34$).

Tabla 5.20

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la consideración como alumna en la muestra de las chicas (N = 210)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
En general te consideras...	<i>r</i>	.29**	.28**	.15*	.17*	.34**
	<i>p</i>	.000	.000	.029	.013	.000

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

5.2. Análisis de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en el alumnado (muestra 2)

La segunda muestra la conforman 255 estudiantes (90 chicas y 165 chicos) de edades comprendidas entre los 10 y los 14 años. Su media de edad es de 12.01 años (DT = 1.41, mín. = 10 y máx. = 14). Todos los niños y las niñas participaron durante 5 días en la sexta edición del Campus Tecnológico organizado por la Universidad Pontificia Comillas, a través de Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI). Esta propuesta educativa no curricular, durante el mes de julio, estaba dirigida a niños y niñas que en ese año hubieran cursado desde 4.º de Primaria hasta 1.º de Bachillerato, ambos inclusive, interesados en la ingeniería, la robótica y la tecnología. Para nuestro estudio hicimos una selección del alumnado de edades comprendidas entre 10 y 14 años.

5.2.1. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la edad

Con la muestra de los niños y las niñas que participaron en el campus tecnológico de ICAI analizamos la hipótesis acerca de la edad de nuestra investigación, es decir, existe una relación estadísticamente significativa y negativa entre la edad y la actitud hacia la ciencia

en la Educación STEM y sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia).

Las correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad aparecen recogidas en la Tabla 5.21.

Tabla 5.21

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad (N = 255)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
Edad	<i>r</i>	.17**	.63	.20**	.68	.16*
	<i>p</i>	.006	.317	.001	.276	.013

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

El análisis de los datos anteriores nos lleva a afirmar que las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones interés profesional y autoeficacia con la edad son positivas y estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden considerarse bajas. La correlación más baja es la que se establece con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ($r = .17$) y la más alta con el interés profesional ($r = .20$). En este caso no se corrobora el hecho de que a medida que la edad del alumnado aumenta sea menor la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, el interés profesional y la autoeficacia, sino todo lo opuesto. Se pone de manifiesto que la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, el interés profesional, la utilidad y la autoeficacia aumentan con la edad.

Si el análisis correlacional con la edad se realiza en la muestra de chicas obtenemos los valores de la Tabla 5.22.

Tabla 5.22

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad de las chicas (N = 89)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
Edad	<i>r</i>	.16	.03	.19	-.04	.14
	<i>p</i>	.136	.790	.070	.727	.180

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

En este caso, observamos que estas relaciones no son estadísticamente significativas. Ni la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ni sus dimensiones correlacionan con la edad ($p > 0.05$).

Si el análisis correlacional se realiza con la edad en la muestra de chicos los valores son:

Tabla 5.23

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la edad de los chicos (N = 165)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
Edad	<i>r</i>	.17*	.07	.20*	.10	.16*
	<i>p</i>	.033	.389	.011	.215	.045

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

A partir de los datos anteriores podemos afirmar que las relaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones interés profesional y autoeficacia con la edad son positivas y estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden considerarse bajas. La correlación más alta es la que se establece con la dimensión de interés profesional ($r = .20$) sin permitirnos corroborar el hecho de que a medida que aumenta la edad de los chicos disminuyen las actitudes hacia la ciencia, el interés profesional y la autoeficacia. Las dimensiones con las que la edad no establece relación son el gusto y la utilidad ($p > 0.05$).

5.2.2. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de los cursos en la etapa educativa

Si el análisis de los datos lo hacemos por etapa educativa estudiando 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de la ESO, obtenemos los datos que aparecen en la Tabla 5.24.

Tabla 5.24

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el curso (N = 254)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
Curso	<i>r</i>	.18**	.08	.20**	.05	.19**
	<i>p</i>	.004	.181	.002	.405	.002

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

En este caso observamos que las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones interés profesional y autoeficacia con el curso son positivas y estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden considerarse bajas. De todo el estudio las correlaciones más altas son la que se establecen con las dimensiones autoeficacia ($r = .19$) e interés profesional ($r = .20$), corroborando el hecho de que a medida que el alumnado progresa en los cursos es mayor la actitud que muestra hacia las ciencias. Las dimensiones gusto y utilidad no establecen relación ($p > 0.05$).

Si el análisis de los datos lo hacemos por etapa educativa estudiando 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de la ESO, obtenemos los datos que aparecen en la Tabla 5.25.

Tabla 5.25

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la etapa educativa (Educación Primaria y Secundaria Obligatoria)

	Curso	N	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Actitud	5.º y 6.º Primaria	114	3.71	.73	-2.76	252	.006	0.33
	1.º y 2.º ESO	140	3.95	.64				
Gusto	5.º y 6.º Primaria	114	3.87	.91	-1.33	253	.183	0.16
	1.º y 2.º ESO	141	4.03	.81				
Interés profesional	5.º y 6.º Primaria	114	3.30	1.07	-3.26	253	.001	0.41
	1.º y 2.º ESO	141	3.73	1.02				
Utilidad	5.º y 6.º Primaria	114	4.08	.73	-.10	253	.322	0.12
	1.º y 2.º ESO	141	4.17	.62				
Autoeficacia	5.º y 6.º Primaria	114	3.62	.80	-2.39	252	.018	0.29
	1.º y 2.º ESO	140	3.86	.76				

Los datos mostrados explicitan que 5.º y 6.º de Primaria poseen medias diferentes y más bajas con respecto a 1.º y 2.º de ESO en actitud hacia la Educación STEM y todas las dimensiones. En la dimensión del interés profesional (media de 5.º y 6.º de Primaria 3.30 y media de 1.º y 2.º ESO 3.73) existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden considerarse bajas. Si tenemos en cuenta los niveles de probabilidad asociados a la *t* de Student podemos observar como en ninguna de las otras dimensiones las diferencias de medias son estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Para valorar la magnitud de la diferencia entre las medias calculamos el tamaño del efecto a través de la d de Cohen. Los cálculos dan una $d = 0.33$ para la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, $d = 0.16$ en el caso del gusto, $d = 0.41$ en relación al interés profesional, $d = 0.12$ en utilidad y, por último, $d = 0.29$ para la dimensión de autoeficacia.

No obstante, estas diferencias en valor absoluto tan solo podemos considerarlas bajas entre 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de ESO en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones de utilidad, gusto y autoeficacia y moderadas entre 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de ESO en interés profesional.

Si el análisis lo hacemos por etapa educativa estudiando 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de la ESO solo en los chicos, obtenemos los siguientes datos (Tabla 5.26).

Tabla 5.26

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la etapa educativa

	Curso	N	Media	DT	t	gl	p	d
Actitud	5.º y 6.º Primaria	79	3.64	.76	-2.10	163	.037	0.31
	1.º y 2.º ESO	86	3.88	.69				
Gusto	5.º y 6.º Primaria	79	3.80	.96	-1.14	163	.255	0.17
	1.º y 2.º ESO	86	3.96	.84				
Interés profesional	5.º y 6.º Primaria	79	3.22	1.11	-2.45	163	.015	0.38
	1.º y 2.º ESO	86	3.65	1.11				
Utilidad	5.º y 6.º Primaria	79	3.99	.76	-.95	163	.335	0.15
	1.º y 2.º ESO	86	4.09	.64				

	Curso	<i>N</i>	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Autoeficacia	5.º y 6.º Primaria	79	3.59	.84	-1.87	163	.064	1.53
	1.º y 2.º ESO	86	3.83	.77				

Observamos que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Si el análisis de los datos lo hacemos con el grupo de las chicas por etapa educativa estudiando 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de la ESO, obtenemos los datos que aparecen en la Tabla 5.27.

Tabla 5.27

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de las chicas en función de la etapa educativa

	Curso	<i>N</i>	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Actitud	5.º y 6.º Primaria	35	3.87	.63	-1.52	87	.132	0.34
	1.º y 2.º ESO	54	4.06	.54				
Gusto	5.º y 6.º Primaria	35	4.02	.79	-.43	88	.669	0.10
	1.º y 2.º ESO	55	4.10	.76				
Interés profesional	5.º y 6.º Primaria	35	3.47	.95	-1.94	88	.055	0.42
	1.º y 2.º ESO	55	3.84	.84				
Utilidad	5.º y 6.º Primaria	35	4.30	.60	.14	88	.891	0.01
	1.º y 2.º ESO	55	4.28	.56				
Autoeficacia	5.º y 6.º Primaria	35	3.69	.70	-1.35	87	.179	0.29
	1.º y 2.º ESO	54	3.91	.75				

Los datos anteriores ponen de manifiesto que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

5.2.3 Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo

La hipótesis a analizar es si existen diferencias estadísticamente significativas en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo.

El análisis de los datos de la tabla 5.28 indica que las chicas poseen medias más altas estadísticamente significativas con respecto a los chicos en actitud hacia la ciencia en la Educación STEM (media de las chicas 3.99 y media de los chicos 3.77) y utilidad (media de las chicas 4.29 y media de los chicos 4.04). No obstante, estas diferencias tan solo podemos considerarlas bajas.

Tabla 5.28

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo

	Sexo	N	Media	DT	t	gl	p	d
Actitud	Chico	165	3.77	.73	-2.62	252	.009	0.32
	Chica	90	3.99	.59				
Gusto	Chico	165	3.89	.90	-1.73	253	.008	0.22
	Chica	90	4.07	.77				
Interés profesional	Chico	165	3.45	1.13	-1.95	253	.005	0.23
	Chica	90	3.70	.90				
Utilidad	Chico	165	4.04	.70	-2.828	253	.005	0.36
	Chica	90	4.29	.57				
Autoeficacia	Chico	165	3.71	.81	-1.060	252	.290	0.14
	Chica	90	3.82	.735				

5.2.4. Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la profesión del padre y de la madre

En el caso de los padres nuestra hipótesis de trabajo es que existen diferencias estadísticamente significativas en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de si la profesión de los padres es o no STEM.

En este caso analizamos la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de que el padre tengan una profesión STEM (o asociada a STEM) o un desempeño profesional en un campo no STEM. Observamos que, aunque los niños y las niñas que tienen padres con profesiones STEM tienen medias mayores en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y en las dimensiones de gusto, interés profesional y utilidad, las diferencias no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$).

Tabla 5.29

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la profesión del padre

	Profesión del padre	<i>N</i>	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Actitud	STEM	97	3.88	.68	.65	252	.516	0.07
	No STEM	158	3.82	.70				
Gusto	STEM	97	4.01	.80	.41	253	.090	0.10
	No STEM	158	3.92	.89				
Interés profesional	STEM	97	3.58	1.05	.58	253	.564	0.07
	No STEM	158	3.51	1.06				
Utilidad	STEM	97	4.20	.70	1.42	253	.158	0.18
	No STEM	158	4.08	.64				
Autoeficacia	STEM	97	3.72	.74	-.57	252	.572	0.07
	No STEM	158	3.77	.81				

Si analizamos las diferencias en función de la profesión de la madre (Tabla 5.30). observamos que los niños y las niñas cuyas madres ejercen una profesión STEM no muestran diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$).

Tabla 5.30

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de la profesión de la madre

	Profesión de la madre	<i>N</i>	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Actitud	STEM	49	3.92	0.61	.89	252	.374	0.14
	No STEM	206	3.82	0.71				
Gusto	STEM	49	3.99	0.75	.31	253	.757	0.06
	No STEM	206	3.94	0.88				
Interés profesional	STEM	49	3.66	1.00	.92	253	.360	0.12
	No STEM	206	3.53	1.07				
Utilidad	STEM	49	4.31	0.53	2.13	253	.034	0.33
	No STEM	206	4.09	0.69				
Autoeficacia	STEM	49	3.73	0.67	-.57	252	.572	0.04
	No STEM	206	3.76	0.81				

No hay diferencias si comparamos la profesión de la madre STEM o no STEM ni en la actitud ni en ninguna de las dimensiones excepto en utilidad en la que sí que existe diferencia estadísticamente significativa ($p<0.05$) y de magnitud entre baja y moderada ($d = 0.33$). Notamos que las niñas con madres con profesión STEM perciben mayor utilidad a la ciencia.

Si el análisis lo hacemos con el grupo de las chicas en función de la profesión del padre no apreciamos ninguna diferencia (Tabla 5.31).

Tabla 5.31

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de las chicas en función de la profesión del padre

	Profesión del padre	N	Media	DT	t	gl	p	d
Actitud	STEM	49	4.01	.59	.46	87	.644	0.10
	No STEM	41	3.95	.58				
Gusto	STEM	49	4.16	.71	1.19	88	.238	0.24
	No STEM	41	3.97	.83				
Interés profesional	STEM	49	3.77	.93	.77	88	.441	0.16
	No STEM	41	3.62	.86				
Utilidad	STEM	49	4.36	.51	1.17	88	.247	0.26
	No STEM	41	4.21	.64				
Autoeficacia	STEM	49	3.73	.78	-1.26	87	.210	0.27
	No STEM	41	3.93	.66				

Si el análisis lo hacemos con el grupo de las chicas en función de la profesión de la madre no apreciamos ninguna diferencia estadísticamente significativa (Tabla 5.32).

Tabla 5.32

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de las chicas en función de la profesión de la madre

	Profesión de la madre	N	Media	DT	t	gl	p	d
Actitud	STEM	19	4.10	.47	1.03	87	.307	0.25
	No STEM	71	3.95	.61				
Gusto	STEM	19	4.23	.55	1.00	88	.322	0.24
	No STEM	71	4.03	.81				
Interés profesional	STEM	19	3.94	.80	1.3	88	.190	0.33
	No STEM	71	3.63	.92				

	Profesión de la madre	<i>N</i>	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Utilidad	STEM	19	4.44	.45	1.3	88	.185	0.35
	No STEM	71	4.25	.60				
Autoeficacia	STEM	19	3.76	.69	-.40	87	.690	0.09
	No STEM	71	3.84	.75				

Por último, si analizamos las diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la profesión del padre (Tabla 5.33) y la profesión de la madre (Tabla 5.34) no observamos diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 5.33

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la profesión del padre

	Profesión del padre	<i>N</i>	Media	DT	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Actitud	STEM	48	3.74	.75	-.26	163	.797	0.04
	No STEM	117	3.77	.73				
Gusto	STEM	48	3.85	.86	-.30	163	.765	0.05
	No STEM	117	3.90	.91				
Interés profesional	STEM	48	3.40	1.15	-.34	163	.732	0.06
	No STEM	117	3.47	1.13				
Utilidad	STEM	48	4.05	.83	.14	163	.891	0.02
	No STEM	117	4.04	.64				
Autoeficacia	STEM	48	3.70	.70	-.16	163	.874	0.03
	No STEM	117	3.72	.86				

Tabla 5.34

Diferencias en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la profesión de la madre

	Profesión de la madre	N	Media	DT	t	gl	p	d
Actitud	STEM	30	3.80	.67	.31	163	.754	0.06
	No STEM	135	3.76	.75				
Gusto	STEM	30	3.83	.82	-.36	163	.719	0.06
	No STEM	135	3.90	.914				
Interés profesional	STEM	30	3.48	1.08	.20	163	.844	0.04
	No STEM	135	3.44	1.14				
Utilidad	STEM	30	4.22	.57	1.60	163	.112	0.31
	No STEM	135	4.00	.72				
Autoeficacia	STEM	30	3.71	.66	-.04	163	.969	0.01
	No STEM	135	3.71	.84				

5.2.5. Actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del autoconcepto académico y de la autopercepción académica

El análisis de los datos de la Tabla 5.35 nos lleva a afirmar que las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones gusto, interés profesional y autoeficacia con el autoconcepto académico son positivas y estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden considerarse bajas. De todo el estudio la correlación más alta es la que se establece con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ($r = .29$) y con el interés profesional ($r = .31$).

Tabla 5.35

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y el curso (N = 254)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
¿Qué lugar crees que ocuparías dentro de la clase si tuvierais en cuenta las notas?	<i>r</i>	.29**	.19**	.31**	.19	.22**
	<i>p</i>	.000	.002	.000	.000	.002

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Si estudiamos las relaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones gusto, utilidad, interés profesional y autoeficacia con la autopercepción académica (Tabla 5.36) observamos relaciones estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden considerarse bajas. De nuevo la correlación más alta es la que se establece con la dimensión de interés profesional ($r = .22$) y con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ($r = .27$).

Tabla 5.36

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la consideración como alumno (N = 254)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
En general te consideras...	<i>r</i>	.27**	.24**	.22**	.23**	.24**
	<i>p</i>	.000	.000	.000	.000	.000

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Si analizamos las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones con la consideración como alumno en la muestra de los chicos (Tabla 5.37) observamos relaciones estadísticamente significativas ($p < 0.01$) aunque pueden considerarse bajas. La correlación más alta es la que se establece con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM ($r = .32$), el gusto ($r = .30$) y la utilidad ($r = .28$).

Tabla 5.37

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la consideración como alumno en la muestra de los chicos (N = 165)

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
En general te consideras...	<i>r</i>	.32**	.30**	.26**	.28**	.20*
	<i>p</i>	.000	.000	.001	.000	.011

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

Por último, el análisis de los datos de la Tabla 5.38 nos muestra las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones con la consideración como alumna en la muestra de las chicas. En este caso no existen relaciones estadísticamente significativas ($p < 0.01$) salvo en la autoeficacia ($r = .34$) que puede considerarse baja.

Tabla 5.38

Correlaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sus cuatro dimensiones y la consideración como alumna en la muestra de las chicas

		Actitud	Gusto	Interés profesional	Utilidad	Autoeficacia
En general te consideras...	<i>r</i>	.13	.10	.10	.08	.31**
	<i>p</i>	.239	.370	.323	.439	.003

** La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral).

5.3. Consideraciones finales

En este capítulo hemos presentado el análisis descriptivo y los resultados estadísticos obtenidos del estudio con dos muestras diferentes. La primera formada por 408 estudiantes que cursan 5.º y 6.º de Educación Primaria (EP) y 1.º y 2.º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de tres centros de diferente titularidad de la Comunidad de Madrid y la segunda, por 255 estudiantes de edades comprendidas entre los 10 y los 14

años que participaron en la sexta edición del Campus Tecnológico organizado por la Universidad Pontificia Comillas, a través de Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI).

En el siguiente capítulo discutimos, con un nivel mayor de profundidad, los resultados más relevantes y las posibles interpretaciones que se derivan de los datos obtenidos.

Capítulo 6.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS, SÍNTESIS Y VALORACIÓN FINAL

“Pero creo, como muchos otros antes que yo, que esto no es más que la tempestad antes de la calma. La nueva ciencia del caos y la complejidad nos dice que un sistema inestable es un sistema preparado para el cambio. De hecho, se piensa que la evolución misma procede de manera convulsiva, con millones de años de quietud para luego dar un salto a un nuevo nivel de creatividad tras la crisis.”

Janine M. Benyus (2012)

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS, SÍNTESIS Y VALORACIÓN FINAL

6.1. Discusión de los resultados.

6.1.1. Relaciones entre la edad y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.

6.1.2. Relaciones entre la etapa educativa y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.

6.1.3. Relaciones entre el sexo y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.

6.1.4. Relaciones entre la profesión de los padres y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.

6.1.5. Relaciones entre el autoconcepto académico, la autopercepción académica y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM.

6.2. Síntesis y valoración final.

6.2.1. El estudio teórico.

6.2.2 El estudio empírico.

6.3. Limitaciones y prospectiva del estudio.

6.4. Propuestas educativas de actuación.

6.1. Discusión de los resultados

A continuación, discutimos los resultados más relevantes obtenidos en la investigación desde una posición abierta al debate que nos permita generar nuevos caminos para la estimulación y mejora de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

Vamos a contrastar las diferentes hipótesis formuladas, al comienzo de esta investigación, procediendo a aceptarlas o rechazarlas en función de los resultados obtenidos. Analizaremos las posibles interpretaciones que se derivan de los datos obtenidos.

6.1.1. Relaciones entre la edad y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM

La primera hipótesis que nos planteamos era que existía una relación estadísticamente significativa y negativa entre la edad y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia).

En función de los datos obtenidos, en el estudio realizado con la primera muestra, podemos afirmar que se corrobora dicha hipótesis. De esta manera, se confirma que a medida que aumenta la edad, el alumnado disfruta menos aprendiendo ciencia, el gusto por la misma va decayendo y el interés por las asignaturas relacionadas con la ciencia (en el caso de la Educación Primaria, Ciencias de la Naturaleza y, en el caso de la Educación Secundaria Obligatoria, Biología y Geología [1.º ESO] y Física y Química [2.º ESO]) se va perdiendo. Además, notamos que la valoración de la relevancia social otorgada por el alumnado a la ciencia y a los científicos y a las científicas (dimensión utilidad) también disminuye con la edad al igual que la autoeficacia. Sin embargo, no se establece relación entre la edad y el interés profesional o la intención que el alumnado tiene de efectuar

estudios en un futuro relacionados con la ciencia o de dedicarse a una profesión vinculada a la misma.

En línea con la literatura científica sobre el tema (Gibson y Chase, 2002; Murphy y Beggs, 2003; Pell y Jarvis, 2001; Ramsden, 1998) hemos podido constatar que las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM se transforman en desinterés conforme avanza la edad del alumnado. En este sentido, los estudios de Archer et ál. (2013) muestran que las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia son típicamente positivas, hasta aproximadamente los 10 años, pero tienden a disminuir durante la adolescencia. Nos apoyamos también en los hallazgos de Murphy y Beggs (2003) que afirman que, con el inicio de la adolescencia, la curiosidad y el interés de los niños hacia la ciencia comienzan a transformarse en desinterés y aburrimiento y, por tanto, sitúan en este periodo vital el declive de las actitudes.

Sin duda, analizar la erosión de las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y su relación con la edad requiere revisar las coordenadas de desarrollo psicológico evolutivo que nos permiten entender que los cambios biológicos de la adolescencia afectan a los estados emocionales, a los procesos de concentración, al recuerdo, a la toma de decisiones y a la percepción que se tiene de uno mismo y de los demás. Debemos tener en cuenta que la adolescencia es un periodo complejo que se prolonga durante el tiempo que requiere en cada persona la preparación para asumir responsabilidades para hacerse cargo de su propia vida (Monge, 2009) y que en él se produce una disminución en la satisfacción vital y en la autoestima (valoración afectiva que realizamos sobre la concepción de nosotros mismos), sobre todo, entre los 12 y los 16 años (Vázquez y Hervás, 2009), afectando a las actitudes hacia la ciencia.

El descenso de las actitudes positivas hacia la ciencia en la Educación STEM podría estar relacionado, además, con el hecho de que a medida que se profundiza en la ciencia el alumnado va desarrollando una imagen negativa de la misma por resultar autoritaria, aburrida, difícil, irrelevante para la vida diaria y causa de los problemas medioambientales que preocupan a la opinión pública (Vázquez y Manassero, 2008). La investigación bibliográfica también aporta información sobre el deterioro en las actitudes y su conexión con la forma en que se enseña la ciencia en las aulas en los últimos cursos de Primaria y en Secundaria Obligatoria bajo un enfoque, muchas veces, tradicional y descontextualizado que en algunos casos relega al alumnado a un papel meramente reproductivo (Solbes, Montserrat y Furió, 2007) o bien, al contenido curricular inapropiado que hace poco para despertar el interés de los niños y las niñas (Murphy y Beggs, 2003).

Por otro lado, al analizar las correlaciones existentes entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus cuatro dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia), en la muestra de las chicas obtenemos unos resultados que siguen la misma pauta que en la muestra general, aunque los valores de las correlaciones son menores. En el caso de los chicos las correlaciones son algo más altas que en las chicas y en la misma dirección, aunque no existe relación ni con el interés profesional ni con la autoeficacia. Observamos pues que la depresión actitudinal de la adolescencia parece afectar más a los chicos que a las chicas, aunque los resultados no son significativos y que en las chicas el descenso de las actitudes positivas hacia la ciencia es algo menor, coincidiendo con los hallazgos de Murphy y Beggs (2003) que atribuyen a estas, actitudes hacia la ciencia más positivas que a los chicos en Primaria y al comienzo de la Educación Secundaria.

La progresiva falta de interés por la ciencia de los niños y las niñas con la edad es preocupante, ya que, si en estas edades desarrollan y mantienen actitudes positivas hacia la ciencia, tienen más probabilidades de querer seguir estudiando estas asignaturas con las que disfrutan. El alejamiento progresivo hacia la ciencia, en general, y la escolar, en particular, tiene como consecuencia natural el abandono de los jóvenes de la ciencia y de un futuro académico y profesional vinculado a la misma.

Por último, si analizamos los datos del estudio realizado con la segunda muestra (chicos y chicas que participaron durante 5 días en la sexta edición del Campus Tecnológico organizado por la Universidad Pontificia Comillas, a través de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería) no se corrobora el hecho de que a medida que la edad del alumnado aumenta, sea menor la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, sino todo lo opuesto. Hay que destacar que, en este caso, la propuesta educativa experimentada por los niños y las niñas tenía una duración limitada de una semana y planteaba prácticas no curriculares de aprendizaje.

El análisis de los datos aportados por los niños y las niñas de la muestra 2 pone de manifiesto que la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, el interés profesional, la utilidad y la autoeficacia aumentan con la edad, aunque las relaciones deben considerarse bajas. Estos resultados no se ajustan a las evidencias empíricas aportadas por la literatura científica acerca de las actitudes hacia la ciencia quizá porque la propuesta no es escolar como en el caso de la muestra 1. Sostenemos la idea de que en la toma de decisiones sobre la participación en una actividad relacionada con la ciencia en la Educación STEM del campus tecnológico no solo participa la familia, sino que también lo hacen de forma activa los niños y las niñas y que su implicación es mayor cuanto más

edad tienen. Creemos que es fuera del aula cuando los intereses de los niños y niñas toman prioridad y que en este caso han podido elegir según sus intereses el tipo de actividad en la que han querido participar. Además, en este caso, cuanto más mayores son, más conocimientos deben poseer que les permitan conectar la ciencia con la tecnología y, posiblemente desarrollar intereses hacia estos ámbitos para los que se perciben competentes y de los que anticipan resultados positivos (Lent, Brown y Hackett, 1994). Creemos que los niños y las niñas que participan en las actividades del campus desarrollan interés en este tipo de actividades, no solo porque se perciben competentes para su desempeño, sino porque además poseen expectativas positivas de resultado. También pensamos que, aunque el crecimiento de intereses es teóricamente posible en cualquier punto de la vida, este tiende a estabilizarse al término de la adolescencia y la primera juventud por lo que en este caso el interés profesional, la utilidad y la autoeficacia aumentan con la edad.

Si el análisis lo hacemos solo con las chicas de esta segunda muestra observamos que las relaciones no son estadísticamente significativas y en el caso de los chicos podemos afirmar que las relaciones entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones interés profesional y autoeficacia con la edad son positivas y estadísticamente significativas, aunque pueden considerarse bajas. Podemos aventurar que el principal motivo de esta situación es el carácter cultural, una combinación de estereotipos y expectativas sociales.

6.1.2. Relaciones entre la etapa educativa y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM

Íntimamente relacionada con la hipótesis anterior sostenemos que existe una relación estadísticamente significativa entre los cursos en la etapa educativa y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia).

Esta hipótesis supone estudiar cómo son las actitudes del alumnado hacia la ciencia en la Educación STEM a medida que progresan en el sistema educativo. Para realizar el análisis correlacional agrupamos los dos últimos cursos de Educación Primaria (5.º y 6.º de Educación Primaria) y los dos primeros de Educación Secundaria Obligatoria (1.º y 2.º de ESO).

Nuestro estudio con la primera muestra arroja como resultados que las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM, si se tiene en cuenta el curso y la etapa educativa, son negativas y estadísticamente significativas, aunque deben considerarse bajas. Las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM, y en sus dimensiones de gusto y disfrute por la misma, de percepción de utilidad y de autoeficacia, al igual que pasaba con la edad, disminuyen en el alumnado a medida que progresa en los cursos. Notamos que en la Educación Primaria (5.º y 6.º de Primaria) las medias son diferentes y más altas de forma estadísticamente significativa con respecto a la Educación Secundaria Obligatoria (1.º y 2.º de ESO) en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, gusto, utilidad y autoeficacia. Por tanto, podemos afirmar que las actitudes del alumnado decrecen desde las más positivas manifestadas entre los más jóvenes en la etapa de Primaria (5.º y 6.º de Primaria) hasta las menos positivas en los estudiantes mayores (1.º y 2.º de ESO). Es

interesante destacar que la dimensión en la que las diferencias son más notables es el gusto, lo que significa un descenso en el disfrute del alumnado aprendiendo ciencia o haciendo actividades de ciencia en el colegio. La autoeficacia también se ve afectada, poniéndose de manifiesto la percepción de las asignaturas de ciencias como difíciles.

Encontramos valiosas investigaciones que apoyan que las actitudes hacia la ciencia suelen empeorar con el nivel o etapa educativa (Gibson y Chase, 2002; Marbá y Márquez, 2010; Vázquez y Manassero, 2008). Además, investigadores como Marbá y Márquez (2010) y Vázquez y Manassero (2008) afirman que afecta a todas las asignaturas de carácter científico, pero especialmente a la Física y Química, que en el caso del currículo de España se introduce como asignatura en 2.º de ESO. Barmby, Kind y Jones (2008), Murphy y Beggs (2003) y Pell y Jarvis (2001) apuntan a que es al finalizar la Educación Primaria cuando se produce un punto de inflexión en cuanto a las actitudes.

Nuestros resultados también son coincidentes con los obtenidos por DeWitt y Archer (2015), que, en su estudio en Reino Unido, informan de que los niños y las niñas de cursos superiores disfrutaban menos de la ciencia que los de cursos inferiores, explicando, en su caso, que esto puede deberse, al menos en parte, al mayor énfasis en la preparación para los exámenes a medida que los alumnos pasan a la escuela secundaria en el Reino Unido, actividad que puede disminuir la motivación y el disfrute.

Speering y Rennie (1996) también nos proporcionan argumentos de gran valor al sugerir que la fragmentación en materias diferenciadas (Física, Química, Biología, etc.) del currículo de ciencias de Secundaria influye negativamente sobre la percepción que los estudiantes tienen de la ciencia en esta etapa. Murphy y Beggs (2003) añaden que otros factores adicionales que podrían afectar también a la depresión actitudinal, pueden ser el

profesor, la falta de trabajo práctico o la excesiva orientación para preparar los exámenes en las clases.

En el caso de España debemos tener en cuenta que en ambas etapas (Educación Primaria y Educación Secundaria) la asignatura es la forma básica de estructuración de los contenidos del currículo. Pensamos que, aunque esta forma de organización curricular facilita la gestión disciplinar de los contenidos y, en el caso de la ciencia, contribuye a la cimentación de una cultura científica básica, la fragmentación del conocimiento dificulta su comprensión, su transferencia y su posterior aplicación a otros contextos y situaciones (Pérez Gómez, 2008), influyendo, por tanto, en las actitudes hacia la ciencia.

Además, a pesar de que los documentos sobre el enfoque competencial para Educación Primaria y Secundaria (Orden ECD/65/2015) apuestan por métodos de enseñanza como el aprendizaje por proyectos, los centros de interés, el estudio de casos o el aprendizaje basado en problemas esto no resulta fácil, sobre todo en Secundaria, debido a la atomización en materias y profesorado. Podemos argumentar que la escasa presencia de propuestas de trabajo curricular integrado que promueven las habilidades de aplicación e integración del conocimiento van desanimando y apartando al alumnado de la ciencia.

Otra posible explicación, apoyada por Pellegrini (2001) supone reconocer que el rendimiento y las actitudes hacia la ciencia disminuyen después de la Primaria porque los entornos escolares posteriores no apoyan las necesidades de desarrollo de los niños y las niñas. El profesorado de la escuela Secundaria tiene actitudes más negativas hacia los estudiantes y es más probable que crean que las capacidades académicas no se pueden modificar a través de la instrucción (Rice, Barth, Guadagno, Smith y McCallum, 2013). El entorno de la escuela Secundaria es aún menos personal y más competitivo. De esta

manera, a medida que el alumnado progresa académicamente, el entorno escolar se asocia con una disminución del apoyo del profesorado y una mayor competencia entre los compañeros, lo que puede explicar en parte la disminución de la auto percepción de los estudiantes sobre sus capacidades y actitudes hacia la ciencia y las matemáticas.

Cuando realizamos el estudio, en el caso de los chicos, observamos que a medida que estos avanzan en los cursos (etapa) disminuye la actitud positiva hacia la ciencia, el gusto y la utilidad, mientras que en las chicas no se aprecian diferencias estadísticamente significativas. Lo que sí que cambia es la autoeficacia en tanto que en los chicos no se producen variaciones a medida que pasan de curso y en las chicas va disminuyendo. Llama la atención el hecho de que la autoeficacia sea la dimensión que más diferencia a los niños y las niñas a medida que progresan de curso. Este hecho está en consonancia con algunos estudios que señalan que para el mismo nivel de competencia, las niñas tienden a subestimar sus resultados respecto al valor que le dan los niños a este mismo resultado (Bøe y Henriksen, 2013).

Debemos tener en cuenta que la autoeficacia “trata de una creencia o un conjunto de creencias que cada uno tiene con respecto a si será capaz o no de llevar a cabo algo y conseguir un nivel adecuado u óptimo de realización” (Torre, 2007, p. 42). Si entendemos que esta convicción de que uno es capaz de hacer algo bien o mal se sustenta sobre las informaciones que proporcionan las propias actuaciones (exitosas o no), las acciones observadas en los demás, las comunicaciones persuasoras de otras personas (orales o escritas) y los propios estados emocionales y fisiológicos, entendemos entonces que en numerosas ocasiones las niñas reciben mensajes sobre estereotipos implícitos desde edades tempranas (6 años) que pueden llevarlas a asociar procesos cognitivos específicos,

como el razonamiento o como la capacidad cognitiva de alto nivel (brillantez, genialidad, superdotación, etc.) con el género masculino (Bian, Leslie y Cimpian, 2017). La autoeficacia tiene un papel vital en el ámbito académico e influye en el rendimiento. Actúa como impulsor del aprendizaje, relacionándose con el esfuerzo, la persistencia y la tenacidad que se ponen en las actividades escolares y académicas. Las creencias en las propias capacidades para desempeñar dichas tareas afectan, por tanto, al nivel de aspiración de los estudiantes, al nivel de interés de logros intelectuales y a sus éxitos académicos (Bandura, 1997).

Los resultados de diferentes estudios ponen de manifiesto que las niñas que asimilan los estereotipos de género tienen menores niveles de eficacia personal y confianza en sus aptitudes que los niños (Robnett, 2015) y que esto parece estar influenciado por su contexto social, incluyendo las expectativas de sus padres (OECD, 2015), sus pares femeninas (Dasgupta y Stout, 2014), la amenaza del estereotipo y los medios de comunicación. PISA 2015 confirmó que las niñas tienen menor eficacia personal en ciencias y matemáticas.

Otros estudios aportan la idea de que a lo largo de la adolescencia, las niñas suelen expresar menos confianza en su capacidad matemática que los niños y tienen actitudes menos positivas hacia las matemáticas y las ciencias (Correll, 2001). Patrones similares se observan en la investigación sobre la transición a la escuela Secundaria realizada por Marsh y Yeung (1997), que muestra que las niñas, a pesar de tener mejores notas que los niños, poseen peores autoconceptos. En este sentido, nos parece interesante destacar que, a pesar de que varias investigaciones muestran que las chicas poseen un mejor desempeño académico que los chicos y que tienden a obtener mejores calificaciones (Pomerantz,

Altermatt y Saxon, 2002) esto no implica que tengan una mayor autoestima académica. Weiss, Kemmler, Deisenhammer, Fleischhacker y Delazer (2003) señalan que cuando los chicos superan a las chicas en el desempeño académico, disminuye la autoestima de las chicas, pero, sin embargo, cuando la situación se revierte y las chicas poseen un mejor desempeño que el de los chicos, la autoestima de las chicas no aumenta.

No creemos arriesgado afirmar, tal y como manifiesta Robnett (2015), que el sesgo de género pueda ser parcialmente responsable de alejar a las niñas y mujeres de la Educación STEM y del bajo autoconcepto de muchas de ellas. Los hallazgos sugieren que los estudiantes que perciben un mayor apoyo social para las matemáticas y las ciencias por parte de sus padres, profesores y amigos tienen actitudes más positivas hacia las matemáticas y las ciencias y un mayor sentido de su propia competencia en estas materias (Rice, Barth, Guadagno, Smith y McCallum, 2012).

Por último, no debemos olvidar la influencia del profesorado ya que si los estudiantes perciben que tienen su apoyo y la instrucción es atractiva, las actitudes son mejores y la autoeficacia en ciencia es mayor durante la transición a la escuela Secundaria (Barth et ál., 2011).

Cuando el estudio lo realizamos con la segunda muestra observamos, de la misma manera que con la edad, que las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones interés profesional y autoeficacia con el curso son positivas y estadísticamente significativas aunque pueden considerarse bajas. En este caso, en línea con lo que ocurre con la edad, tenemos que a medida que el alumnado progresa en los cursos es mayor la actitud que muestra hacia las ciencias.

6.1.3. Relaciones entre el sexo y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM

La tercera hipótesis sostiene que existen diferencias estadísticamente significativas en función del sexo en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia). Los datos obtenidos en nuestro estudio arrojan como resultado que los chicos poseen medias diferentes y más altas de forma estadísticamente significativa con respecto a las chicas en actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, el gusto, el interés profesional y la autoeficacia.

Estos datos están en la línea de numerosas investigaciones que apuntan a que los chicos manifiestan actitudes más favorables hacia la ciencia que las chicas (Dennessen, Vos, Hasselman y Louws, 2015; DeWitt y Archer, 2015; Hayes y Tariq, 2000; Tytler, 2014) y que las disparidades por sexo no radican en diferencias de aptitud innatas sino, más bien, en factores en los que pueden influir padres, profesores, políticos y líderes de opinión.

En este sentido, es interesante resaltar que son pocas las diferencias que existen a nivel fisiológico en el cerebro de los niños y las niñas que afecten al aprendizaje (Eliot, 2013) o a las capacidades cognitivas, comunicacionales y de personalidad. Aunque algunos estudios sugieren que los niños tienen mejores habilidades espaciales que las niñas, otros explican que esto puede ser debido al influjo del entorno familiar que les presta más oportunidades para la práctica de las mismas (Hoffman, Gneezy y List, 2011).

Para dar sentido a los datos obtenidos nos apoyamos en los trabajos de Kim, Sinatra y Seyranian (2018) que tratan de dar explicación a las diferencias entre los chicos y las chicas, avanzando la idea de la existencia de la identidad STEM como un tipo de identidad social. Recordemos que la identidad, “implica definir quién eres, qué valoras y qué caminos eliges seguir en la vida” (Berk, 2006, p. 593) y que su desarrollo es una tarea

importante durante la adolescencia (Erikson, 1974) ya que, en esta etapa, el sujeto define quién es él mismo, adquiere una conciencia de sí y coordina sus experiencias y proyección hacia los demás.

Apoyamos que la escuela es uno de los contextos más importantes a considerar en el desarrollo de la identidad (Kaplan y Flum, 2012). Ayuda al alumnado en la construcción de su identidad como persona con capacidad de aprender, de implicarse en la resolución de tareas, de ser responsables y de emprender, siendo numerosos los estudios sobre las conexiones entre el aprendizaje y la identidad (Kaplan y Flum, 2012). Este hecho ha llevado a diferentes investigadores a pensar que las aspiraciones de las personas en cuanto a lo que quieren ser, comienzan a solidificarse en torno a la adolescencia temprana (Bandura, Barbaranelli, Caprara y Pastorelli, 2001).

La teoría de la identidad social identifica dos motivos principales por los que las personas se identifican con un grupo social: por una parte, ganar autoestima positiva o mejora personal (Tajfel, 1981) y, por otra, reducir la sensación de incertidumbre sobre el yo (Hogg, 2007). Las identidades sociales delimitan quién pertenece a un grupo social, al tiempo que describen lo que significa ser miembro del grupo mediante un conjunto de normas, actitudes, comportamientos, rasgos y estereotipos. La representación más normativa y típica de un grupo en un contexto social particular se denomina prototipo de grupo interno (Hogg, Terry y White, 1995). De esta manera, el prototipo de miembro STEM tiende a ser blanco, masculino, socialmente incómodo y singularmente obsesionado con su campo STEM (Cheryan, Master y Meltzoff, 2015).

El miembro prototipo del grupo no solo define al grupo interno, sino que lo distingue del grupo externo. Además de las características sobre el prototipo de miembro STEM antes

descritas, se le asignan otros rasgos como que son objetivos, racionales y no emocionales, lo que significaría que los individuos que no muestran estos rasgos serían vistos como atípicos. Las personas que no se ajustan al prototipo del grupo tienden a ser miembros marginados del grupo y dado que los prototipos en muchos campos STEM tienden a ser masculinos (Cheryan, Master y Meltzoff, 2015), es probable que las estudiantes en estos ámbitos experimenten una baja prototipicidad en STEM durante la escuela.

En línea con la teoría de la identidad social, subrayamos lo difícil que es para las estudiantes identificarse con STEM debido a que el entorno social les proporciona una variedad de señales que muestran que no pertenecen ni encarnan los estereotipos y prototipos de STEM.

Los estereotipos generalizados que asocian la ciencia con el sexo masculino surgen en las primeras etapas del desarrollo (Steffens, Jelenec y Novack, 2010) y existen en todas las culturas. Bian, Leslie y Cimpian (2017) describen cómo muchos niños y niñas asimilan la idea de que la brillantez es una cualidad masculina a una edad temprana, así como el efecto inmediato que estas nociones estereotipadas tienen en los intereses de los mismos, siendo probable que reduzca el rango de carreras que un día contemplarán. En este sentido, sostienen que las aspiraciones profesionales de los niños y niñas están determinadas por los estereotipos sociales sobre el género (Wood y Eagly, 2012) y que estos influyen en sus intereses.

A pesar de la fuerte tendencia a ver el propio sexo de forma positiva, las niñas de 6 y 7 años son significativamente menos propensas que los niños a asociar la brillantez con su propio sexo, siendo probable que los mensajes culturales sobre las presuntas capacidades cognitivas de hombres y mujeres influyan a lo largo del desarrollo. En la línea de Martinot

y Désert (2007) creemos que, aunque es diferente y no siempre van unidos tener conciencia de estereotipo y respaldar el mismo, el simple hecho de estar al tanto de un estereotipo negativo puede ser suficiente para que los estudiantes rindan por debajo de su nivel de habilidad real (Gunderson, Ramirez, Levine y Beilock, 2012).

Otras investigaciones como las de Oon, Cheng y Wong (2019) apoyan estas ideas, poniendo de manifiesto que los estudiantes consideran la ciencia como una asignatura típicamente masculina, siendo percibida por los niños más favorablemente que por las niñas (Simpson y Oliver, 1985) lo que supone una amenaza estereotipada.

Los estereotipos de género en ciencia nos preocupan en la medida en que esas asociaciones afectan de forma negativa al compromiso con la Educación STEM, sobre todo en las niñas. Los estereotipos provocan, por tanto, una falta de identificación con la Educación STEM en niñas y mujeres y generan no solo actitudes negativas hacia la ciencia sino también un menor sentido de pertenencia a la Educación STEM, lo que disminuye su intención de seguir itinerarios STEM (Ito y McPherson, 2018).

Miller, Eagly y Linn (2015) proponen el uso de ejemplos repetidos de mujeres científicas en diferentes contextos para debilitar los estereotipos de género ya que si son pocos los ejemplos contraestereotipados podrían ser descartados por atípicos mediante un proceso llamado subtipificación (Bigler y Liben, 2006).

El análisis de los datos de la segunda muestra pone de manifiesto que las chicas poseen medias más altas, de forma estadísticamente significativa, con respecto a los chicos en actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y utilidad, aunque dichas diferencias tan solo podemos considerarlas bajas. Estos datos suscitan nuestro interés y requieren seguir investigando, ya que son muy diferentes a los encontrados en la primera muestra.

Pensamos que las niñas que participan de forma voluntaria en las actividades del Campus Tecnológico han desarrollado antes del inicio de esta actividad una identidad STEM, afinidad o gusto por las propuestas del campus para las que se sienten competentes, estableciendo la intención de mantener o incrementar su implicación en ellas. Creemos interesante realizar con estos grupos en un futuro nuevas investigaciones que nos permitan conocer cuál es el perfil de intereses y de valores vocacionales de las niñas que participan en estas actividades para poder discutir en profundidad los resultados, porque es posible que las niñas que participan en estas actividades puedan tener una identidad STEM ya asentada.

6.1.4. Relaciones entre la profesión de los padres y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM

La cuarta hipótesis que planteamos asume que existen diferencias estadísticamente significativas en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función de si la profesión de los padres (profesión del padre y profesión de la madre) es STEM o no lo es. Con esta hipótesis tratamos de analizar cómo influye el contexto familiar a través de la profesión de los padres (STEM o no STEM) en el impulso a la construcción de actitudes hacia la ciencia.

El análisis de datos muestra que, aunque los niños y las niñas que tienen padres con profesiones STEM poseen medias mayores en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y en cada una de sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia), las diferencias no son estadísticamente significativas.

Si analizamos las diferencias en función de la profesión de la madre, observamos que los niños y niñas cuyas madres ejercen una profesión STEM muestran medias

estadísticamente mayores en actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, interés profesional y autoeficacia que aquellos cuyas madres trabajan en otras áreas. En este caso opinamos como Piatek-Jimenez, Cribbs y Gill (2018) que tener una madre con un mayor nivel de educación como modelo a seguir afecta a las percepciones de los estudiantes sobre los estereotipos de género al ver a las mujeres de manera más positiva.

Los datos anteriores corroboran el hecho de que la familia tiene un rol fundamental en la configuración de las actitudes hacia la ciencia y en las aspiraciones científicas de los niños y las niñas. Los padres y las madres son importantes agentes socioculturales y factores como el estado socioeconómico de estos (Johnson y Hull, 2014) y sus ocupaciones (OCDE, 2014) parecen tener relaciones con el desempeño escolar de los niños y las niñas (Osborne et ál., 2003).

Apoyamos la idea de que las actitudes hacia la ciencia y las aspiraciones científicas de los niños y las niñas se forman dentro de las familias al desempeñar un papel importante, aunque complejo, en la configuración de los límites y la naturaleza de lo que los niños y las niñas pueden concebir como posible y deseable, y la probabilidad de que puedan alcanzarlo (Archer et ál., 2012).

Los resultados de diferentes estudios muestran que los estudiantes cuyos padres trabajan en ocupaciones profesionales que precisan de estudios avanzados, generalmente tienen un desempeño superior en matemáticas y ciencias que aquellos cuyos padres trabajan en ocupaciones elementales (Chi, Wang, Liu y Zhu, 2017; OCDE, 2014). Aschbacher, Li, y Roth (2010) en su investigación identifican la relación que parece existir entre los resultados académicos, el nivel socioeconómico familiar y el capital social científico y cómo la combinación de recursos económicos, sociales y culturales apoyan el logro.

En línea con lo anterior Archer et ál. (2012) estudian la influencia del *capital científico* y del *hábito científico* de las familias sobre las actitudes y las aspiraciones hacia la ciencia de los hijos. Consideran que el capital científico es clave ya que la cantidad del mismo que posea una familia afecta a la probabilidad de que un estudiante desarrolle actitudes positivas hacia la ciencia y aspire a una carrera relacionada con la misma. Estos autores sugieren que la interacción del capital familiar y el hábito, aunque de ninguna manera determinista, proporciona un contexto estructurador poderoso que influye en la forma en que los niños formulan sus aspiraciones (informando lo que se considera pensable y deseable) y la probabilidad de que puedan seguirlos. Descubren que la probabilidad de que un niño mantenga sus aspiraciones científicas a lo largo del tiempo puede estar fuertemente mediada por el capital científico y que los niños y las niñas cuyas familias tienen niveles más altos de capital científico (con padres y madres con títulos de ciencias y/o que tienen trabajos científicos) son mucho más propensos que sus compañeros a expresar sus aspiraciones científicas (Archer et ál., 2013). En este estudio se considera como factor integrante de un capital científico alto o medio el que los padres (madre, padre o ambos) tengan una cualificación de nivel de grado STEM o un trabajo en un campo STEM. De esta manera, un estudiante de una familia con un capital científico medio o alto es más probable que desarrolle actitudes positivas hacia la ciencia y que aspire a una carrera relacionada con algún campo STEM. Tener el capital científico medio o alto se asocia con una mayor probabilidad de que un estudiante exprese aspiraciones científicas, mientras que si este es bajo, el estudiante expresa aspiraciones no relacionadas con el ámbito STEM.

Este hecho coincide con los datos que hemos obtenido. En nuestro caso los niños y las niñas con padres y madres con profesión STEM expresan actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM y en sus dimensiones más positivas.

Creemos, siguiendo a DeWitt y Archer (2015), que en aquellas familias en las que uno de los integrantes o ambos tienen una profesión STEM, las actitudes familiares hacia la ciencia, su estímulo y fomento en la vida familiar cotidiana pueden ser una influencia importante no solo para el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia sino también para las aspiraciones científicas de los estudiantes. Es posible que las familias con padres y madres STEM construyan una relación colectiva con la ciencia, ayudando a dar forma y facilitar las aspiraciones y la participación en ciencia de sus hijos e hijas a través de la combinación de actitudes, valores, prácticas y formas de ser en las que se involucran.

Además, el estudio DeWitt y Archer (2015), esboza la idea de que aquellas familias con capital científico bajo, a pesar de tener una actitud generalmente positiva hacia la ciencia, podrían tener carencias acerca de dónde puede llevar estudiar ciencia, prevaleciendo la idea de que el objetivo laboral solo puede ser un trabajo como científico, profesor de ciencias o médico. Dicho de otro modo, las actitudes positivas hacia la ciencia parecen extenderse a través de diferentes niveles del capital científico familiar, lo que sugiere que las actitudes positivas de los padres hacia la ciencia no son, por sí mismas, suficientes para conducir a aspiraciones en la ciencia, aunque sean una influencia.

Siguiendo con los hallazgos de nuestra investigación, si el análisis lo hacemos solo en el grupo de los chicos observamos que la profesión del padre (STEM o no STEM) o la profesión de la madre (STEM o no STEM) no diferencia las medias ni en las actitudes ni en sus dimensiones. Sin embargo, si el análisis lo hacemos solo en el grupo de las chicas

observamos que la profesión del padre (STEM o no STEM) no diferencia las medias en las actitudes ni en sus dimensiones mientras que en el caso de la profesión de la madre, se observan diferencias estadísticamente significativas en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y en la dimensión autoeficacia. Esto coincide con los estudios de la OECD (2015), que afirman que el desempeño de las niñas en ciencias pareciera estar más fuertemente asociado con antecedentes de madres con estudios superiores (profesión STEM) o las investigaciones de Melhuish et ál. (2008) y Sirin (2005) que explican que el nivel educacional de las madres es un factor relevante en el rendimiento matemático de los niños y las niñas.

Además de los datos anteriores un estudio llevado a cabo por Sáinz y Müller (2017) con adolescentes españoles destaca que las niñas con madres con estudios de alto nivel tenían más probabilidades de aspirar a estudios relacionados con la Educación STEM. Aunque en nuestra investigación hemos tenido en cuenta la profesión de los padres (STEM o no STEM) para el análisis de los datos, es preciso aclarar que las profesiones STEM requieren niveles de formación altos (grados universitarios, licenciados, másteres o enseñanzas de formación profesional de grado superior). Otros estudios destacan el papel de la madre en la configuración de los resultados educativos de los jóvenes (Duncan y Brooks-Gunn, 1997) al relacionar que la educación materna estaba vinculada significativamente a los resultados intelectuales de los niños.

Para Sáinz y Müller (2017) es sorprendente que el nivel educativo de la madre, y no el del padre, sea el que muestra efecto sobre la motivación extrínseca en las aspiraciones hacia la ciencia. Podría ocurrir que en España las madres con una profesión STEM conocedoras del contexto laboral español en este ámbito se esfuercen por transmitir, sobre

todo a las niñas, mensajes alentadores que promuevan actitudes positivas hacia la ciencia con el deseo de superar un posible destino de cuidado o de trabajo doméstico de género.

Por último y en concordancia con nuestros hallazgos nos parece interesante destacar el papel de la profesión de la madre en el desarrollo de la autoeficacia de las niñas. Según Bandura (1997) los juicios de autoeficacia personal se basan en cuatro fuentes principales: las experiencias de desempeño satisfactorias (experiencia directa), las experiencias vicarias adquiridas a partir de la observación de ejecuciones de los demás, la persuasión verbal y los estados fisiológicos de base afectivo emocional a partir de los cuales las personas juzgan en parte su capacidad, y su resistencia y vulnerabilidad a la disfunción.

De todas estas fuentes que son el origen de las creencias que los sujetos mantienen sobre su propia eficacia nos parece interesante resaltar el papel de las experiencias vicarias que las niñas con madres con profesión STEM experimentan. De acuerdo con Bandura (1997) creemos que viendo a otras personas similares a sí mismas, en este caso del mismo sexo, actuar con éxito en la realización de su profesión, pueden modelar creencias positivas de autoeficacia, generando así un juicio favorable sobre su propia capacidad para dominar actividades similares, en este caso relacionadas con los ámbitos STEM. Esta observación vicaria puede influir especialmente sobre la autoeficacia de las niñas, animándolas a mantener el esfuerzo en la ejecución ante experiencias de fracaso.

También es posible que la indicación directa a las niñas por parte de las madres con profesión STEM de que poseen las capacidades necesarias para desempeñar con éxito una tarea en este ámbito, fortalezca la percepción de eficacia personal. Esto puede favorecer el esfuerzo del sujeto, lo que conduce a la mejora de competencias y se traduce

en creencias positivas sobre la propia capacidad y sobre las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

El análisis de los datos de la segunda muestra que, aunque los niños y las niñas que tienen padres con profesiones STEM tienen medias mayores en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y en las dimensiones de gusto, interés profesional y utilidad, las diferencias no son estadísticamente significativas. Si estudiamos las diferencias en función de la profesión de la madre no obtenemos diferencias estadísticamente significativas. No hay diferencias si comparamos la profesión de la madre STEM o no STEM, ni en la actitud, ni en ninguna de las dimensiones excepto en utilidad en la que sí que existe diferencia estadísticamente significativa de magnitud entre baja y moderada por lo que podemos afirmar que las niñas con madres con profesión STEM perciben mayor utilidad a la ciencia. La justificación de estos datos sería la misma que hemos realizado para la muestra 1.

Si el análisis lo hacemos con el grupo de las chicas en función de la profesión de la madre no apreciamos ninguna diferencia estadísticamente significativa y al analizar las diferencias en la actitud hacia la ciencia en la educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la profesión del padre y la profesión de la madre, tampoco observamos diferencias estadísticamente significativas.

6.1.5. Relaciones entre el autoconcepto académico, la autopercepción académica y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM

La última hipótesis que planteamos era que existía una relación estadísticamente significativa entre el autoconcepto académico y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia).

Creemos que tener en cuenta el autoconcepto académico es interesante para entender mejor la conducta escolar. En este caso el análisis de los datos nos lleva a afirmar que las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones gusto, utilidad, interés profesional y autoeficacia con el autoconcepto académico son positivas y estadísticamente significativas aunque valoramos su magnitud entre baja y moderada.

En este sentido, se pone de manifiesto, tal y como afirma Nieswandt (2005), que el autoconcepto es un elemento relevante en el aprendizaje de las ciencias y el desarrollo de actitudes positivas hacia la misma. De esta manera, compartimos la idea de que un autoconcepto positivo permite un buen funcionamiento personal, social y profesional y que de él depende en buena medida, la satisfacción personal y el sentirse bien consigo mismo.

Coincidimos en que cuanto mayor es la confianza que el alumnado tiene en sí mismo más positivas son las actitudes hacia la ciencia y más la valoran (Bryan, Glynn y Kittleson, 2011; Mohammadpour, Shekarchizadeh y Kalantarrashidi, 2015; Osborne, Simon y Collins, 2003) y la existencia de una relación entre la actitud hacia la ciencia y el autoconcepto que el propio individuo tiene sobre su propia capacidad (Simpson y Oliver 1985).

Por último, es interesante resaltar que la correlación más alta en este estudio es la que se establece con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM con la dimensión de autoeficacia corroborando el hecho de que las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM se relacionan con el autoconcepto y la autoestima, ya que todo aquello que refuerza la convicción sobre el propio valor es considerado como positivo hacerlo.

Esto está en la línea de los estudios de Bandura (1999) en cuanto a que las creencias en las propias capacidades para desempeñar dichas tareas afectan el nivel de aspiración de los estudiantes, su preparación para diferentes carreras, así como su nivel de interés de logros intelectuales y sus éxitos académicos.

Relacionado con el autoconcepto también hemos estudiado las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones con la autopercepción, observando relaciones estadísticamente significativas aunque bajas. De nuevo la correlación más alta es la que se establece con la dimensión de autoeficacia y con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM. De esta manera el pensamiento autorreferencial y la propia consideración del estudiante como buen alumno se relaciona con actitudes más favorables hacia la ciencia y con una mayor autoeficacia.

En el caso de la segunda muestra se repiten los resultados anteriores aunque destacamos que la correlación más alta en el autoconcepto es la que se establece con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y con el interés profesional. En cuanto al sexo, en la muestra de los chicos observamos relaciones estadísticamente significativas aunque pueden considerarse bajas, siendo, la correlación más alta la que se establece con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, el gusto y la utilidad y en las chicas no

existen relaciones estadísticamente significativas salvo en la autoeficacia que puede considerarse baja.

Hemos expuesto los resultados encontrados en nuestra investigación, así como el análisis de los mismos, siguiendo una dinámica de referencia a partir de las hipótesis que planteamos al inicio de la investigación. Mostramos a continuación las conclusiones, estableciendo la relación entre los resultados analizados y los objetivos del estudio planteados.

6.2. Síntesis y valoración final

En este apartado recogemos las principales conclusiones de nuestra investigación. Para ello revisamos las tareas realizadas y exponemos las reflexiones sobre los resultados extraídos que aportan ideas sugerentes sobre las cuestiones más relevantes presentadas a lo largo de este trabajo.

Pretendemos ofrecer una síntesis de los hallazgos más importantes realizados que nos permitan esbozar futuras líneas de acción para promover actitudes positivas hacia la Educación STEM en las aulas de Educación Primaria, dejando abierto un camino para nuevas vías de investigación.

Después incluimos reflexiones sobre las limitaciones identificadas a lo largo del desarrollo del estudio y de las futuras líneas de investigación y acción en las que se tiene intención de seguir trabajando derivadas de la necesidad de responder a nuevos interrogantes surgidos a lo largo de este trabajo.

6.2.1. El estudio teórico

Previo al marco metodológico que nos ha permitido obtener datos sobre las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM de niños y niñas de edades comprendidas entre los 10 y 14 años, hemos abordado un marco teórico que ha posibilitado fundamentar la trayectoria de nuestra investigación práctica.

Uno de los desafíos del marco teórico ha sido explicar lo que significa la Educación STEM en el marco del enfoque competencial, conceptos que, desde nuestro punto de vista, se encuentran íntimamente relacionados.

El enfoque competencial, cuya presencia queda justificada desde el momento en el que se determina como punto de referencia social y culturalmente acordado por la Comisión Europea, entiende la competencia como saber que se aplica y adecúa a una diversidad de contextos, tiene un carácter integrador de conocimientos, pero también de aptitudes prácticas y comportamentales y de componentes sociales y afectivos compartidos con la propuesta profundamente innovadora de la Educación STEM.

Esta perspectiva introductoria sobre las competencias nos ha permitido acercarnos a la Educación STEM, cuyo interés inicial centrado en alcanzar una economía más competitiva, se ha ido enriqueciendo con aportaciones que le han dado una dimensión más equitativa y de calidad. De esta manera, la hemos conceptualizado como un acercamiento interdisciplinario a aprender, donde rigurosos conceptos académicos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas se aplican en contextos reales, generando conexiones entre la escuela, la comunidad y el trabajo.

Afirmamos que la Educación STEM debe ser parte esencial de la educación básica y general de todas las personas ya que, proporciona conocimientos, habilidades y actitudes necesarias para crear sociedades inclusivas y sostenibles. Por tanto, va más allá del “aprender a conocer y aprender a hacer” integrando “el aprender a vivir juntos y el aprender a ser”, pilares sobre los que se sustenta el enfoque competencial.

El enfoque competencial y la Educación STEM entran en diálogo porque más allá de cumplir como objetivos satisfacer nuestras necesidades sociales y económicas incluyen el desarrollo de las necesidades personales que nos conviertan en ciudadanos responsables y participantes.

Nos atrevemos a afirmar que todo el trabajo que llevemos a cabo en el contexto de la Educación STEM nos llevará al desarrollo de competencias del alumnado que favorecen la participación activa de las personas en la sociedad, el acceso continuo al conocimiento, al aprendizaje y al desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo y los valores. Además, ambas permiten el desarrollo de capacidades transversales relacionadas con la comunicación, la colaboración, el pensamiento crítico, la creatividad, el pensamiento computacional y la autorregulación. Reconocen la necesidad de que el alumnado resuelva retos auténticos y socialmente relevantes, aplicando los aprendizajes construidos en diferentes contextos y situaciones; identifican la transferencia como uno de los propósitos de los procesos de enseñanza y aprendizaje al establecer conexiones entre el contexto académico en el que se enseña y el contexto real en el que vivimos. Comparten los fundamentos base para el aprendizaje (aprendizaje significativo y transferencia del conocimiento) y poseen un carácter holístico e integrador que potencia los vínculos

interdisciplinarios, en el caso de la Educación STEM en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas que conducen al desarrollo de las competencias del siglo XXI.

Resaltamos que las prácticas relacionadas con la Educación STEM subrayan la importancia del aprendizaje situado (clave en el enfoque competencial) que permite la construcción del conocimiento en contextos reales con propuestas de carácter experiencial que desarrollan capacidades reflexivas y críticas, permitiendo la participación en las prácticas sociales auténticas de la comunidad. En este sentido nos parece interesante resaltar que entre los enfoques para la educación STEM destacan la resolución de problemas en matemáticas, el *Design Thinking*, el fenómeno *Maker* o el *Learning by Design* en tecnología, la indagación (*Inquiry-Based Learning* [IBL] o *Inquiry-Based Science Education* [IBSE]) y la modelización en ciencia y el proceso de diseño en ingeniería.

Por último, si la Educación STEM incluye la ingeniería y entendemos que puede proporcionar un mecanismo a través del cual los estudiantes aprendan contenido STEM relevante hemos de plantearnos la necesidad de hacerla presente en las aulas y en los currículos desde la Educación Primaria. En este sentido es preciso no solo que el alumnado posea experiencia para realizar proyectos de ingeniería, sino que los maestros se involucren en las prácticas de ingeniería.

Destacamos que a pesar de que la Educación STEM de la ciudadanía se muestra imprescindible existe un preocupante declive en el interés por estos estudios durante los años de escolaridad y una brecha persistente en las aspiraciones STEM de futuro entre los niños y las niñas, teniendo estas menos probabilidades de seguir itinerarios relacionados con la Educación STEM. Creemos que se han descuidado los aspectos

emocionales y afectivos y que el origen del desinterés puede encontrarse en las actitudes negativas hacia la ciencia y la tecnología, adquiridas a lo largo de toda la escolaridad.

Este hecho nos ha llevado a conducir nuestra investigación hacia el estudio específico de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM. Hemos revisado su concepto, funciones, fundamentos, componentes y los factores o variables que lo condicionan por su papel en el desarrollo del interés y el compromiso hacia cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología y porque promover la motivación, el gusto y el interés por la Educación STEM puede aumentar la proporción de alumnos (y, especialmente, de alumnas) que podrían considerar seguir un itinerario relacionado con la Educación STEM en un futuro.

Concluimos que las investigaciones de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM son una temática de interés creciente por las repercusiones que tienen en los procesos de enseñanza y aprendizaje, en la toma de decisiones del alumnado sobre su futuro, en la motivación y por considerarlas predictores del rendimiento.

Hemos destacado respecto a las actitudes cómo el comportamiento se convierte en el foco de interés más que las actitudes en sí mismas, por lo que nuestra investigación explora la actitud del alumnado hacia la ciencia, analizando las creencias y percepciones relativas a la competencia científica (autoeficacia), la utilidad percibida de la ciencia, así como las reacciones afectivas que los niños y las niñas manifiestan en forma de gusto y disfrute hacia el estudio de la ciencia. Tenemos en cuenta el marco teórico de la TRAPB que da sentido y define las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM, como un constructo de elevada carga evaluativa determinado por las creencias que nos ayudarán a examinar la interacción entre el sexo, la edad, la profesión de los padres, el autoconcepto académico

y la autopercepción académica y las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM. Por tanto, indagamos en uno de los elementos constitutivos del modelo causal de Azjen y Fishbein (2010) como son las actitudes.

Consideramos, por consiguiente, que la principal conclusión a la que hemos llegado en esta Fase I es haber alcanzado el objetivo de configurar qué es la Educación STEM y sus vínculos con el enfoque competencial, destacando la importancia del estudio de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM que ayuden en el proceso de conocimiento sobre la construcción de intereses hacia la misma en edades tempranas.

6.2.2. El estudio empírico

Uno de los productos más relevantes de la investigación lo constituye el diseño de una escala para analizar las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM entre los 10 y los 14 años ya que existen pocas específicamente desarrolladas y validadas para estas edades. Nuestro interés por este tramo de edad se justifica por el hecho de que diferentes investigaciones concluyen que las aspiraciones por un itinerario relacionado con la Educación STEM comienzan a construirse durante la infancia (Tai et ál., 2006) y porque en estas edades el sujeto desarrolla un sentido de quién es como estudiante de ciencias y de matemáticas (Jorgensen y Larkin, 2017).

Atendiendo a las consideraciones anteriores diseñamos un instrumento que por sus características psicométricas mide de manera objetiva, fiable y válida las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM de estudiantes españoles entre 10 y 14 años. Hemos podido mostrar la validez y la fiabilidad del mismo, confirmando su unidimensionalidad, lo que ha supuesto analizar y comparar las dimensiones más comunes y relevantes que

consideramos esenciales para que los estudiantes formen actitudes positivas hacia la ciencia.

La primera versión del instrumento en el que estructuramos el constructo Actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM (ACESTEM) constaba de 68 ítems y cinco dimensiones (interés profesional por la ciencia, gusto por la ciencia, utilidad percibida de la ciencia, autoeficacia y acciones de los referentes importantes para el alumnado). Sometido a juicio de expertos y analizadas las aportaciones obtuvimos una versión de 34 ítems. Tras la validación del contenido del cuestionario procedimos a la valoración de la fiabilidad y la consistencia interna del mismo a través de una prueba, obteniendo una fiabilidad de α de Cronbach de .91. Después, realizamos el análisis factorial exploratorio de los elementos que integran la escala ACESTEM y nos quedamos con una escala de 24 ítems. Hay que destacar que observamos la estructura de cuatro factores (interés profesional por la ciencia, gusto por la ciencia, utilidad percibida de la ciencia, autoeficacia), desapareciendo uno de los factores iniciales (acciones de los referentes importantes para el alumnado).

El análisis factorial confirmatorio se realizó con una muestra de 295 estudiantes, concluyendo que se establecen correlaciones estadísticamente significativas y fundamentadas desde el marco teórico entre los cuatro factores (gusto, interés, autoeficacia y utilidad) con un alfa de Cronbach de .91. Se confirmó el modelo esperado de cuatro factores, obteniendo unos índices de ajuste satisfactorios, y se eliminaron tres ítems, quedando una escala de 21 ítems. Esto unido al reducido número de ítems de la escala creemos que permite una aplicación más operativa ya que minimiza el efecto fatiga dadas las edades de aplicación del mismo.

De esta manera confirmamos el logro del objetivo específico sobre la construcción de una escala que mida el constructo actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM y que nos permite recopilar información valiosa sobre las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM así como de los numerosos factores o variables que lo condicionan.

Otro de los aspectos interesantes ha sido explorar en la Fase III la relación entre las características individuales y del autoconcepto académico y la autopercepción académica y las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones. Para ello nos hemos propuesto objetivos específicos y en función de cada uno, distintas hipótesis de trabajo (Tabla 6.1).

Tabla 6.1

Objetivos específicos de la investigación e hipótesis asociadas

Objetivos específicos	Hipótesis
Determinar si el gusto por la ciencia, la utilidad percibida de la ciencia, la autoeficacia y el interés profesional por la ciencia presentan variaciones significativas respecto a la edad.	Existe una relación estadísticamente significativa y negativa entre la edad y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones.
Explorar si el gusto por la ciencia, la utilidad percibida de la ciencia, la autoeficacia y el interés profesional por la ciencia presentan variaciones significativas respecto al curso y a la etapa educativa.	Existe una relación estadísticamente significativa entre los cursos en la etapa educativa y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones.
Constar si el gusto por la ciencia, la utilidad percibida de la ciencia, la autoeficacia y el interés profesional por la ciencia presentan variaciones significativas respecto al sexo.	Existen diferencias estadísticamente significativas en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones en función del sexo.
Explorar si el gusto por la ciencia, la utilidad percibida de la ciencia, la autoeficacia y el interés profesional por la ciencia presentan variaciones significativas respecto a las profesiones de los padres.	Existen diferencias estadísticamente significativas en la actitud general y sus dimensiones en función de si la profesión de los padres (profesión del padre y profesión de la madre) es STEM o no lo es.
Determinar si el gusto por la ciencia, la utilidad percibida de la ciencia, la autoeficacia y el interés profesional por la ciencia presentan variaciones significativas respecto al autoconcepto académico y la autopercepción académica.	Existe una relación estadísticamente significativa entre el autoconcepto académico y autopercepción académica y la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia).

Las dos muestras que nos han permitido recoger los datos en la investigación son muy diferentes. La primera muestra (muestra 1) está conformada por 408 estudiantes (210 chicas y 198 chicos) de entre 10 y 14 años que cursan 5.º y 6.º de Educación Primaria (EP) y 1.º y 2.º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de tres centros de diferente titularidad (público, concertado y privado) de la Comunidad de Madrid; la segunda muestra (muestra 2) la constituyen 255 estudiantes (90 chicas y 165 chicos) de los mismos cursos y edades que la anterior. Queremos destacar que entre ambas muestras existen diferencias esenciales ya que mientras que la toma de datos de la muestra 1 se realizó en el contexto escolar (educación formal), los niños y las niñas de la muestra 2 eran participantes de la sexta edición del Campus Tecnológico organizado por la Universidad Pontificia Comillas, a través de ICAI y, por tanto, el contexto formativo en este caso se encuadra en la educación no formal. Nos gustaría destacar que uno de los aspectos más estimulantes de nuestra investigación se relaciona con los resultados tan opuestos obtenidos en cada una de las muestras.

Los resultados obtenidos en la primera muestra (muestra 1) nos llevan a realizar una serie de reflexiones que recogemos a continuación.

- Concluimos que la edad es un determinante significativo en el estudio de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM. Podemos afirmar que a medida que aumenta la edad, el alumnado disfruta menos aprendiendo ciencia y el gusto, la valoración de la relevancia social otorgada a la ciencia y a los científicos y a las científicas va disminuyendo al igual que la autoeficacia. Dichos resultados están alineados con los obtenidos por otros investigadores y lo relacionamos, no solo con el momento de desarrollo psicológico evolutivo en el que se encuentran los

estudiantes, sino también con la forma en que se enseña la ciencia en las aulas en los últimos cursos de Primaria y en Secundaria Obligatoria, muchas veces, bajo un enfoque tradicional y descontextualizado que no favorece la propuesta de retos auténticos y socialmente relevantes que les permitan aplicar los aprendizajes construidos.

Estos datos avalan la importancia de estimular la Educación STEM desde una edad temprana, ya que si los niños y las niñas desarrollan y mantienen actitudes positivas hacia la ciencia tienen más probabilidades de participar activamente en futuros itinerarios relacionados con la Educación STEM.

- Al analizar el curso y la etapa educativa nuestro estudio arroja como resultados que las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM son negativas y estadísticamente significativas, aunque deben considerarse bajas, en línea con lo que ocurre con la edad. Notamos que en la Educación Primaria (5.º y 6.º de Primaria) las medias son diferentes y más altas de forma estadísticamente significativa con respecto a la Educación Secundaria Obligatoria (1.º y 2.º de ESO) en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, gusto, utilidad y autoeficacia. La dimensión en la que las diferencias son más notables es el gusto, lo que significa un descenso a medida que se progresa de curso y etapa, en el disfrute del alumnado aprendiendo ciencia o haciendo actividades de ciencia en el colegio. La autoeficacia también se ve afectada, poniéndose de manifiesto la percepción de las asignaturas de ciencias como difíciles. En este caso argumentamos que la escasa presencia de propuestas de trabajo curricular interdisciplinar que promueven las habilidades de aplicación e integración del conocimiento van desanimando y apartando al alumnado de la ciencia.

En cuanto a las diferencias entre los chicos y las chicas observamos que a medida que los chicos avanzan en los cursos (etapa) la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM es menos positiva y disminuye el gusto y el sentido de utilidad de la ciencia mientras que en las chicas no se aprecian diferencias estadísticamente significativas.

Queremos destacar que la autoeficacia es la dimensión que más diferencia a los chicos y a las chicas a medida que progresan de curso. Mientras que en los chicos no se producen variaciones en esta dimensión, en las chicas va disminuyendo a medida que se progresa en los cursos. Creemos que una de las razones puede ser que las chicas asimilan los estereotipos de género y muestran menores niveles de eficacia personal y confianza en sus aptitudes que los chicos.

- Respecto al sexo obtenemos como resultado que los chicos poseen medias diferentes y más altas de forma estadísticamente significativa con respecto a las chicas en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, el gusto, el interés profesional y la autoeficacia. Los chicos disfrutan más que las chicas aprendiendo ciencia, manifiestan un mayor interés por la ciencia en el futuro y no consideran la ciencia difícil para ellos. Subrayamos en línea con la teoría de la identidad social lo difícil que es para las chicas identificarse con STEM debido a que el entorno social les proporciona una variedad de señales que muestran que no pertenecen ni encarnan los estereotipos y prototipos de STEM. Nos preocupan las asociaciones relacionadas con los estereotipos de género en ciencia porque no solo generan actitudes negativas hacia la misma sino también un menor sentido de pertenencia a la Educación STEM, sobre todo en las niñas. Este hecho puede provocar que disminuya la intención de seguir itinerarios STEM en un futuro.

- En cuanto a la profesión de los padres constatamos que los chicos y las chicas que tienen un padre con profesión STEM poseen medias mayores en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y en cada una de sus dimensiones (gusto, interés profesional, utilidad y autoeficacia). Por tanto, reconocen el valor de la ciencia para el avance de las sociedades, cómo poseer conocimientos de ciencia ayuda en la toma de decisiones sobre la salud y a entender el mundo que nos rodea y creen que los científicos y científicas son muy respetados.

Cuando analizamos las diferencias en función de la profesión de la madre, observamos que aquellos chicos y chicas cuyas madres ejercen una profesión STEM muestran medias estadísticamente mayores en actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, interés profesional y autoeficacia que aquellos cuyas madres trabajan en otras áreas.

Siguiendo con los hallazgos de nuestra investigación si el análisis lo hacemos solo en el grupo de los chicos observamos que la profesión del padre (STEM o no STEM) o la profesión de la madre (STEM o no STEM) no diferencia las medias ni en las actitudes ni en sus dimensiones. Sin embargo, si el análisis lo hacemos solo en el grupo de las chicas observamos que mientras la profesión del padre (STEM o no STEM) no diferencia las medias en las actitudes ni en sus dimensiones, en el caso de la profesión de la madre, se observan diferencias estadísticamente significativas en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y en la dimensión autoeficacia. Concluimos que la formación STEM de las madres parece ser un factor relevante en las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en el caso de las niñas. Seguramente las madres con una profesión STEM transmiten, sobre todo a las niñas, mensajes alentadores que

promueven actitudes positivas hacia la ciencia. De esta manera las niñas fortalecen la percepción de eficacia personal que poseen al ver a sus madres actuar con éxito en la realización de una profesión relacionada con los ámbitos STEM. También es posible que la indicación directa a las niñas por parte de las madres con profesión STEM de que tienen las capacidades necesarias para desempeñar con éxito una tarea en este ámbito se traduce en creencias positivas sobre la propia capacidad y sobre las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

- Por último, podemos afirmar que las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones gusto, utilidad, interés profesional y autoeficacia con el autoconcepto académico son positivas y estadísticamente significativas aunque valoramos su magnitud entre baja y moderada.

Corroboramos que las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM se relacionan con el autoconcepto y la autoestima, ya que todo aquello que refuerza la convicción sobre el propio valor es considerado como positivo hacerlo. De la misma manera afirmamos que existen relaciones estadísticamente significativas, aunque bajas, entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones con la autopercepción. Creemos que el pensamiento autorreferencial y la propia consideración del estudiante como buen alumno se relaciona con actitudes más favorables hacia la ciencia y con una mayor autoeficacia.

Respecto a las observaciones que podemos hacer acerca de los resultados obtenidos en la segunda muestra (muestra 2) destacamos los siguientes.

- Aunque las relaciones se consideran bajas, resulta llamativo que tanto la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, el interés profesional, la utilidad y la

autoeficacia aumenten con la edad y con la etapa. Creemos que los niños y las niñas del Campus han elegido según sus intereses (en este caso claramente relacionados con la Educación STEM) el tipo de actividad en la que han participado. Además, en este caso, cuánto más mayores son más conocimientos poseen que les permiten conectar la ciencia con la tecnología y, posiblemente desarrollar intereses hacia estos ámbitos para los que se perciben competentes y de los que anticipan resultados positivos. Este hecho exige seguir investigando para averiguar por qué con la edad decaen las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM cuando las propuestas son curriculares, mientras que en las no curriculares asociadas a STEM ocurre lo contrario.

- En cuanto al sexo los resultados suscitan nuestro interés y requieren seguir investigando, ya que son muy diferentes a los encontrados en la primera muestra. En este caso las chicas poseen medias más altas estadísticamente significativa con respecto a los chicos en actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y utilidad, aunque dichas diferencias tan solo podemos considerarlas bajas. Pensamos que las niñas que participan de forma voluntaria en las actividades del Campus Tecnológico han desarrollado antes del inicio de esta actividad una identidad STEM, afinidad o gusto por las propuestas del campus para las que se sienten competentes, estableciendo la intención de mantener o incrementar su implicación en ellas. Será interesante realizar con estos grupos en un futuro nuevas investigaciones para averiguar el perfil de intereses y de valores vocacionales de las niñas que participan en estas actividades.
- En cuanto a las profesiones de los padres concluimos que, aunque los niños y las niñas que tienen padres con profesiones STEM tienen medias mayores en la

actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y en las dimensiones de gusto, interés profesional y utilidad, las diferencias no son estadísticamente significativas. No hay diferencias si comparamos la profesión de la madre STEM o no STEM, ni en la actitud, ni en ninguna de las dimensiones, excepto en utilidad en la que sí que existe diferencia estadísticamente significativa de magnitud entre baja y moderada por lo que podemos afirmar que las niñas con madres con profesión STEM perciben mayor utilidad a la ciencia.

Si el análisis lo hacemos con el grupo de las chicas en función de la profesión de la madre no apreciamos ninguna diferencia estadísticamente significativa y al analizar las diferencias en la actitud hacia la ciencia en la educación STEM y sus dimensiones en el grupo de los chicos en función de la profesión del padre y la profesión de la madre tampoco observamos diferencias estadísticamente significativas.

- En el caso de la segunda muestra se repiten los resultados de la primera, aunque destacamos que la correlación más alta en el autoconcepto es la que se establece con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y con el interés profesional. En cuanto al sexo en la muestra de los chicos, la correlación más alta se establece con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, el gusto y la utilidad. En las chicas no existen relaciones estadísticamente significativas, salvo en la autoeficacia que puede considerarse baja.

Los resultados extraídos de la investigación realizada aportan ideas sugerentes en lo que respecta a las variaciones significativas de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones respecto a la edad, la etapa, el sexo, la profesión de los padres (padre y madre), el autoconcepto y la autopercepción académicas del alumnado. También

invitan a una reflexión sobre cómo *aterrizar* en el aula esta investigación con el interés de mejorar las actitudes hacia la ciencia en el Educación STEM, dejando así un amplio espacio abierto a nuevas vías de trabajo.

6.3. Limitaciones y prospectiva del estudio

A continuación, exponemos las principales limitaciones surgidas a lo largo del proceso de investigación, así como la perspectiva de futuro resultante de las mismas.

La primera limitación encontrada se relaciona con el método de selección de la muestra de estudiantes dado que se realizó mediante un muestreo no probabilístico de conveniencia. Según Ferrando y Anguiano-Carrasco (2008) este hecho, en el análisis factorial, además de la no representatividad plantea un problema estadístico relacionado con la atenuación debida a la restricción de rango. Esto tiene como consecuencia que nuestra investigación posea una baja capacidad para extrapolar los datos a la población (validez externa del diseño), aunque creemos que nuestros resultados pueden ser una referencia para otros investigadores. Por tanto, en próximos estudios deberíamos ampliar la muestra para que fuese más representativa de la población de interés.

Otra de las limitaciones analizadas se relaciona con la imposibilidad de haber realizado un pilotaje previo del cuestionario entre los niños y las niñas para depurar aún más la expresión de algunos ítems. Proponemos, como método adicional para establecer la validez, tal y como sugieren Osborne et ál. (2003), seleccionar convenientemente una submuestra de estudiantes de cada curso y preguntarles acerca de su experiencia en la realización del cuestionario en formato digital. Esto nos hubiera permitido *a priori*

determinar cómo conceptualizan cada pregunta y cuáles son las dificultades que tienen para responderlas, así como identificar los términos o ítems que son difíciles de entender, escuchando sus recomendaciones. También sugerimos que los profesores presentes en el momento de la prueba registren las preguntas y los comentarios expresados por los estudiantes y las dificultades que han tenido para implementar el cuestionario. Naturalmente, todo esto supondría revisar y mejorar el cuestionario.

Por otra parte, el reconocimiento del diferente nivel de lectura entre los estudiantes, sobre todo, en edades tempranas (10 años) podría limitar la capacidad de estos para acceder al cuestionario e interpretar el significado de algunos ítems. Por ello pensamos que en próximas encuestas podríamos darles la opción de escuchar las preguntas.

Por último, solo hemos recogido datos cuantitativos de los estudiantes y no del resto de colectivos implicados en el proceso de enseñanza y aprendizaje como, por ejemplo, los profesores. Obtener retroalimentación de los maestros que conocen bien a los estudiantes aumentaría más la validez de la medida y nos ayudaría a mejorar el proceso de la encuesta.

En definitiva, podríamos revisar algunos aspectos de nuestra investigación, mejorándola con el empleo de técnicas cualitativas para enriquecer la visión que se consigue sólo con el empleo del cuestionario.

La investigación futura podría incluir el estudio de variables adicionales como, por ejemplo, el estado socioeconómico familiar, las actitudes STEM de los padres o las prácticas docentes STEM. También nos gustaría llevar a cabo un estudio similar al presentado en la etapa de Educación Infantil.

Por último, uno de los proyectos más ambiciosos de futuras investigaciones será estudiar las relaciones causales subyacentes sugeridas por el marco de la TRAPB. Analizar la relación que existe entre las intenciones de los estudiantes de elegir un itinerario relacionado con la Educación STEM en el futuro, los factores que influyen en estas intenciones y la consistencia con la que estas intenciones predicen el comportamiento de los estudiantes.

6.4. Propuestas educativas de actuación

Si algo hemos constatado en esta investigación, es la urgencia de encontrar formas de inspirar el interés y las actitudes positivas hacia la ciencia en la Educación STEM de los estudiantes y que nunca es demasiado temprano para comenzar a fomentarla, ya que el descubrimiento del mundo que nos rodea y la forma en que se pertenece al mismo se aprende y estructura, sobre todo, durante la infancia. En este sentido, diferentes estudios aportan información significativa sobre el estrecho vínculo que existe entre el interés inicial por las áreas STEM y las decisiones profesionales posteriores (Holmes et ál., 2018; Tai et ál., 2006). De esta manera, si conseguimos despertar y mantener el interés de los estudiantes por la Educación STEM en etapas de aprendizaje temprano (Educación Primaria e Infantil) estos tendrán más probabilidades de participar en itinerarios STEM en su futuro. Necesitamos establecer las bases para el aprendizaje y el interés a temprana edad mediante intervenciones escolares, que ofrezcan a los niños y a las niñas oportunidades para resolver problemas auténticos del mundo real en entornos de colaboración, emulando a los profesionales STEM, para alterar los estereotipos STEM

relacionados con el sexo y comprender la relevancia de la Educación STEM para ellos mismo y el conjunto de la sociedad.

A partir del proceso de fundamentación teórica e investigación práctica realizado, sugerimos distintas acciones a desarrollar por algunos de los agentes educativos (Administraciones, centros, profesores, familias...) que impactarían positivamente en la calidad de la enseñanza y en las actitudes hacia la ciencia para conseguir una Educación STEM *para todos*. Algunas de las propuestas que creemos que pueden afectar al desarrollo del interés, la autoeficacia y el compromiso de las niñas y los niños por las áreas STEM están inspiradas, entre otras, en investigaciones como las de So, Chen y Chow (2020), UNESCO (2020) y Wang y Degol (2017) y son:

- Realizar un análisis de las disposiciones legales sobre currículo y metodología para ajustar el sistema educativo al marco social, cultural, tecnológico y económico del siglo XXI marcado por la revolución tecnológica de los sistemas de información y el conocimiento. Si la Educación STEM incluye la tecnología y la ingeniería además de las ciencias y las matemáticas, es preciso revisar las disposiciones legales de la Educación Primaria e Infantil para hacer explícita su presencia. Por ello, recomendamos incluir la formación tecnológica de los estudiantes desde la Educación Primaria, además de como herramienta transversal, como asignatura que permitiría despertar el interés de los estudiantes por estas áreas de conocimiento (pensamiento computacional, robótica, programación basada en bloques, programación de apps para el móvil, impresión 3D...). En cuanto a la ingeniería no creemos que sea necesario crearla como una nueva asignatura y sugerimos incluirla como práctica y enfoque asociado a otras

asignaturas como las ciencias y las matemáticas, convirtiendo el aula en un espacio en el que reproducir prácticas análogas a las que se dan en el mundo profesional STEM.

Incluir de forma explícita la tecnología y la ingeniería en los currículos de Educación Primaria (incluso de Educación Infantil) redundaría en beneficio de los principios de atención a la diversidad y equidad, ya que todos (en especial los estudiantes de entornos desfavorecidos y las niñas) accederían a una Educación STEM efectiva. La Educación STEM es una necesidad de aprendizaje *para todos y todas* y desde esta perspectiva, no puede convertirse en una herramienta de exclusión.

- Promover experiencias de formación, asesoramiento y acompañamiento del profesorado que les permitan hacer frente al reto que supone implementar la Educación STEM en las aulas. Proponemos llevar a cabo acciones relacionadas con el intercambio de materiales y propuestas metodológicas vinculadas a la Educación STEM mediante seminarios, talleres o enseñanza recíproca. En este sentido comienzan a funcionar en España comunidades y redes de aprendizaje entre centros, a las que podrían unirse investigadores y expertos interesados en la Educación STEM en apoyo del desarrollo del aprendizaje STEM. Este planteamiento exige el diseño e intercambio de auténticas propuestas STEM para el aula que no solo permitan integración, transferencia y aprendizaje situado, sino que además favorezcan el tratamiento interdisciplinar para desarrollar el pensamiento crítico y analítico.

Por otro lado, y con el fin de mejorar la formación de todos los docentes, deberían producirse cambios en los Planes de Grado de Educación Primaria e Infantil. Será

necesario mostrar a los futuros docentes un camino que les estimule y les apasione para adoptar el papel de diseñadores de experiencias STEM para sus futuros alumnos, incidiendo en las maneras de integrar el conocimiento, reforzando el tratamiento didáctico de las ciencias y las matemáticas e incluyendo la tecnología (robótica, pensamiento computacional, programación basada en bloques, programación de apps para el móvil, impresión 3D...) como área de conocimiento. Por último y, dado que tanto la tecnología, como los procesos de enseñanza-aprendizaje evolucionan día a día, será necesario la implantación de planes de formación continua del profesorado relacionados con la Educación STEM para “orientar al cambio metodológico mediante la integración del conocimiento, la interdisciplinariedad, la cooperación entre el alumnado y el profesorado y el diseño de situaciones de aprendizaje que posibiliten la aplicación del conocimiento y la resolución de problemas” (Martín y Santaolalla, 2020).

- Combatir los estereotipos negativos sobre las profesiones STEM, informando a los niños y a las niñas desde la Educación Primaria sobre la amplia gama de actividades y oportunidades que ofrece el campo STEM para tener una mejor comprensión de la naturaleza de estas ocupaciones (*¿qué hace un ingeniero o ingeniera?, ¿a qué se dedica un matemático o una matemática?, ¿qué profesiones desarrolla un científico o una científica?, etc.*)

Relacionado con lo anterior y para promover concepciones menos estereotipadas o inexactas de los profesionales STEM entre los estudiantes de Educación Primaria podrían diseñarse programas específicos de visibilización de mujeres profesionales de los ámbitos STEM. La presencia de modelos de rol femeninos desafía los estereotipos negativos y promueve en las niñas creencias positivas

sobre sus habilidades aumentando la confianza, la motivación y las actitudes positivas hacia la Educación STEM.

- Comunicar a los niños y a las niñas la relevancia social de la Educación y las profesiones STEM para su vida cotidiana. Este hecho parece ser particularmente decisivo para las niñas ya que, si valoran la vida familiar o social como más importante que un futuro STEM, es posible que consideren que el equilibrio entre el trabajo y la vida en un campo STEM es inalcanzable (Eccles y Wang, 2016). Para minimizar las opiniones estereotipadas de los estudiantes de Primaria sobre la capacidad personal y la vida social de los profesionales de STEM será preciso proporcionar imágenes y descripciones de profesionales en campos STEM, mostrando que son creativos, apasionados y cooperativos, que hacen contribuciones a la sociedad, pudiendo equilibrar el trabajo y la vida personal. En este sentido incidir en la dimensión de utilidad social de la Educación STEM, resaltando que puede ser beneficiosa para la sociedad en su conjunto podría aumentar el interés de las niñas por la misma.
- Aumentar la exposición de las niñas a la Educación STEM, proponiendo actividades en el aula que integren temas sociales y científicos, involucren acciones relacionadas con la experimentación, la práctica y la reflexión para aumentar el sentimiento de aceptación y ajuste a la Educación STEM.
- Sensibilizar a los docentes para que eviten en su práctica docente y en la gestión de aula etiquetar a sus estudiantes con comentarios como: “esto es solo para alumnos de sobresaliente”, “es solo para los alumnos y las alumnas a las que se les dan bien las matemáticas y las ciencias. Recomendamos que relacionen las

habilidades necesarias en un profesional STEM (capacidad de trabajo en equipo, organización, iniciativa) con las que muestran sus estudiantes.

- Orientar a las familias en la construcción del concepto, sentido y valor de la Educación STEM para que cualquier niño o niña pertenezca o no a una familia con capital científico, pueda plantearse un posible futuro STEM.
- Brindar oportunidades para que *todos* los niños y las niñas puedan acceder a la educación informal en STEM (museos, campus tecnológicos, *Fablab...*).

Finalizamos esta tesis, reconociendo el papel cada vez más activo que los procesos de investigación desempeñan en la construcción del significado de la Educación STEM y sus propósitos educativos. También con el deseo de contribuir a que se produzcan cambios en el sistema que permitan proporcionar una Educación STEM de calidad, inclusiva y sensible al género para todos los niños y las niñas.

“Y luego, cuando ante ti se abran muchos caminos y no sepas cuál recorrer, no te metas en uno cualquiera al azar: siéntate y aguarda.

Respira con la confiada profundidad con que respiraste el día en que viniste al mundo, sin permitir que nada te distraiga: aguarda y aguarda más aún. Quédate quieta, en silencio, y escucha a tu corazón. Y cuando te hable, levántate y ve donde él te lleve.”

Susanna Tamaro, 1994

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias bibliográficas

- Abad, F. J., Olea, J., Ponsoda, J. y García, C. (2011). *Medición en ciencias sociales y de la salud*. Síntesis.
- Abascal, J. (2003). El sí mismo en los procesos de enseñanza-aprendizaje. En M^a. V. Trianes y J. A. Gallardo (Coords.), *Psicología de la educación y del desarrollo* (pp. 496–522). Pirámide.
- Abd-El-Khalik, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein A., Niaz M., Treagust D., & Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419.
- Abd-El-Khalick, F., Summers, R., Said, Z., Wang, S., & Culbertson, M. (2015). Development and largescale validation of an instrument to assess Arabic-speaking students' attitudes toward science. *International Journal of Science Education*, 37(16), 2637–2663.
- Abell, S. K. & Lederman, N. G. (2007). *Handbook of Research on Science Education*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Abril, A. M., Ariza, M. R., Quesada, A. & 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, 22–33.
- Acevedo, J. A. (2005). Proyecto ROSE: relevancia de la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 440–447.

- Acevedo, J. A. (2009). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): una perspectiva. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las Ciencias* 6(2), 164–189.
- ACOLA (2013). *STEM: Country Comparisons, International Comparisons of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education* (2013). Final Report.
- Adderley, K., Ashwin, C., Bradbury, P., Freeman, J., Goodlad, S., Greene, J., Jenkins, D., Rae, J. and Uren, O. (1975). *Project Methods in Higher Education*. Society for Research into Higher Education.
- Aditomo, A., Goodyear, P., Bliuc, A. & Robert A. Ellis (2013). Inquiry-based learning in higher education: principal forms, educational objectives, and disciplinary variations. *Studies in Higher Education*, 38(9), 1239–1258.
- Aguilera D. y Perales-Palacios F. J. (2019). Actitud hacia la Ciencia: Desarrollo y validación estructural del School Science Attitude Questionnaire (SSAQ). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16(3), 3103.
http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3103
- Aiken, R. L. & Aiken, D. R. (1969). Recent research on attitudes concerning science. *Science Education*, 53, 295–305.
- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions: A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckman (Eds.), *Action-control: From cognition to behavior* (pp. 11–39). Springer.
- Ajzen, I. (1988). *Attitudes, personality, and behavior*. Dorsey Press.

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179–211.
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1977). Attitude-behavior relations: A theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological Bulletin*, 84, 888–918.
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Prentice-Hall.
- Ajzen, I., & Fishbein, M. (2005). The influence of attitudes on behavior. In D. Albarracín, B. T. Johnson, & M. P. Zanna (Eds.), *The handbook of attitudes* (pp. 173–221). Lawrence Erlbaum Associates.
- Ajzen, I., & Madden, T. J. (1986). Prediction of goal-directed behavior: Attitudes, intentions, and perceived behavioral control. *Journal of Experimental Social Psychology*, 22, 453–474.
- Akpınar, E., Yıldız, E., Tatar, N., & Ergin, Ö. (2009). Students' attitudes toward science and technology: an investigation of gender, grade level, and academic achievement. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 2804–2808.
<http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.498>
- Aladé, F., Lauricella, A. R., Beaudoin-Ryan, L., & Wartella, E. (2016). Measuring with Murray: Touchscreen technology and preschoolers' STEM learning. *Computers in Human Behavior*, 62, 433–441. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2016.03.080>
- Albalat A. (2017). Design thinking en STEAM. *Revista Ciències*, 34, 29–34.
- Alexander, T., Roodin, P. & Gorman, B. (1998). *Psicología evolutiva*. Pirámide.

- Allen, D. W. & Clark, R. J. (1967). Microteaching: Its Rationale. *The High School Journal*, 1, 75–79.
- Allport, G. W. (1935). Attitudes. In C. Murchinson (Ed.), *A handbook of social psychology* (pp. 798–884). Clark University Press.
- Allport, G. W. (1954). *The nature of prejudice*. Addison-Wesley.
- Almirall, R. (2011). Abordando la relación familia-escuela desde una perspectiva colaborativa. En E. Martín y I. Sole (Coords.), *Orientación educativa. Modelos y estrategias de intervención, Vol. I* (pp. 91–108). Graó, MEC.
- Alonso Tapia, J. & Caturla Fita, E. (1996). *La motivación en el aula*. PPC.
- Alsina, À. (2010). La “pirámide de la educación matemática”, una herramienta para ayudar a desarrollar la competencia matemática. *Aula de Innovación Educativa*, 189, 12–16.
- Alsina, À. (2015). *Cómo fomentar el aprendizaje de las matemáticas en el aula. Ideas clave para la Educación Primaria*. Editorial Casals.
- Alsina, À. (2019). *Itinerarios didácticos para la enseñanza de las matemáticas (6–12 años)*. Graó.
- Álvarez Blanco, L. (2006). *Familia y abandono escolar. Importancia de la implicación familiar en el proceso educativo*. Ediciones Cinca.
- Álvarez González, M. y Bisquerra Alzina, R. (2012). *Orientación educativa*. Wolters Kluwer Educación.

- Álvarez, S., Pérez, A. & Suarez, M. (2008). *Hacia un enfoque de la educación en competencias*. Principado de Asturias: Consejería de Educación y Ciencia.
- Anderson R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry? *Journal of Science Teacher Education* 13(1), 1–2.
- Angell, C., Guttersrud, Ø, Henriksen, E., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, but fun. *Science Education*, 88(5), 683–706.
- Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2012). Science aspirations and family habitus: How families shape children's identification and engagement with science. *American Educational Research Journal*, 49(5), 881–908.
- Archer, L., Osborne, J., Dillon, J., DeWitt, J., Willis, B., Wong, B., & Orpwood-Russell, M. (2013). *What shapes children's science and career aspirations age 10-13? Interim Research Summary, ASPIRES Project*. London: King's College London. <http://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/education/research/aspires/ASPIRES-summary-spring-2013.pdf>
- Ariza, M. R., Aguirre, D., Quesada, A., Abril, A. M. y García, F. J. (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), 297–311.
- Armitage, C. J., & Conner, M. (2001). Efficacy of the theory of planned behavior: A meta-analytic review. *British Journal of Social Psychology*, 40, 471–499.

- Aschbacher, P. R., Li, E., & Roth, E. J. (2010). Is science me? High school students' identities, participation and aspirations in science, engineering, and medicine. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 564–582.
- Asenjo Gómez, J. T. (2017). *La competencia europeísta: Definición del constructo, diseño y validación de un instrumento de medida y análisis de su relación con el programa de movilidad Erasmus* [tesis de doctorado no publicada]. Repositorio Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/jspui/handle/11531/18829>
- Ates, Ö., & Eryilmaz, A. (2011). Effectiveness of hands-on and minds-on activities on students' achievement and attitudes towards physics. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 12(1), 1–22.
- Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51, 267–272.
- Baker, D., & Leary, R. (1995). Letting girls speak out about science. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(1), 3–27. <http://doi.org/10.1002/tea.3660320104>
- Balka, D. (2011). *Standards of mathematical practice and STEM*. Math-Science Connector Newsletter. School Science and Mathematics Association.
- Bandalos, D. L. y Finney, S. J. (2010). Factor Analysis: Exploratory and Confirmatory. In G. R. Hancock y R. O. Mueller (Eds.), *Reviewer's guide to quantitative methods*. Routledge.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioural Change. *Psychological Review*, 84(2), 191–215.
- Bandura, A. (1997). *Self-Efficacy: The Exercise of Control*. Macmillan Publishers.

- Bandura, A., Barbaranelli, C., Caprara, G. V., & Pastorelli, C. (2001). Self-efficacy beliefs as shapers of children's aspirations and career trajectories. *Child Development, 72*, 187–206. <http://doi.org/10.1111/1467-8624.00273>
- Banet, E. (2010). El medio natural en la LOE: ¿continuidad o cambio en el currículo de educación primaria? *Investigación en la Escuela, 70*, 71–78.
- Bar-Tal, D. (1990). *Group beliefs*. Springer-Verlag.
- Baram-Tsabari, A., & Yarden, A. (2008). Girls' biology, boys' physics: Evidence from free-choice science learning settings. *Research in Science & Technological Education, 26*(1), 75–92.
- Barmby, P, Kind P. M., & Jones K. (2008). Examining Changing Attitudes in Secondary School Science. *International Journal of Science Education, 30*(8), 1075–1093.
- Barriga, J. y Viveros, M. (2009). *Cronología de conceptualizaciones de los términos alfabetización, analfabetismo y cultura escrita*. CreFAL.
- Barth, J. M., Todd, B., McCallum, D. M., Goldston, M., Guadagno, R. E., Roskos, B., & Burkhalter, C. (2011). Effects of engaging classroom strategies and teacher support on student outcomes over school transitions. *Proceedings of the American Society for Engineering Education*. <http://www.asee.org/public/conferences/1/papers/2446/view>.
- Bauman, Z. (2005). *Modernidad líquida*. Fondo de Cultura Económica.
- Becker, B. J. (1989). Gender and science achievement: are analysis of studies from two metaanalyses. *Journal of Research in Science Teaching, 26*, 141–169.

- Bell, D. (1976). *El advenimiento de la sociedad post-industrial: un intento de prognosis social*. Alianza.
- Bennett, J., & Hogarth, S. (2009). Would you want to talk to a scientist at a party? High school students' attitudes to school science and to science. *International Journal of Science Education*, 31, 1975–1998.
- Bentler, P. (1989). *EQS structural equations program manual*. BMDP Statistical Software.
- Bereiter, C. (1997). Situated cognition and how to overcome it. In D. Kirshner y J. A. Whitson (Eds.), *Situated cognition. Social, semiotic and psychological perspectives* (pp. 281–300). Lawrence Erlbaum.
- Berk, L. E. (2006). *Desarrollo del niño y del adolescente*. Pearson Educación, S.A.
- Bevins, S., & Price, G. (2016). Reconceptualising inquiry in science education. *International Journal of Science Education* 38(1), 17–29.
<http://doi.org/10.1080/09500693.2015.1124300>
- Bian, L., Leslie, S. J., & Cimpian, A. (2017). Gender stereotypes about intellectual ability emerge early and influence children's interests. *Science*, 355(6323), 389–391.
<http://doi.org/10.1126/science.aah6524>
- Bigler, R. S., & Liben, L. S. (2006). *A developmental intergroup theory of social stereotypes and prejudice*. In R. V. Kail (Ed.), *Advances in child development and behavior*: Vol. 34. *Advances in child development and behavior* (p. 39–89). Elsevier Academic Press.
[http://doi.org/10.1016/S0065-2407\(06\)80004-2](http://doi.org/10.1016/S0065-2407(06)80004-2)

- Bilgin, I., Karakuyu, Y., & Ay, Y. (2015). The effects of project based learning on undergraduate students' achievement and self-efficacy beliefs towards science teaching. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(3), 469–477.
- Bisquerra, R. (coord.) (2011). *Educación emocional. Propuestas para educadores y familias*. Desclée de Brouwer.
- Blakemore, S. y Frith, U. (2007). *Cómo aprende el cerebro. Las claves para la educación*. Planeta.
- Blalock, C. L., Lichtenstein, M. J., Owen, S., Pruski, L., Marshall, C., & Topperwein, M. (2008). In pursuit of validity: A comprehensive review of science attitude instruments. *International Journal of Science Education*, 30, 961–977.
- Blumenfeld, P. C., Solloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3&4), 369–398.
- Bøe, M. V., & Henriksen, E. K. (2013). Love It or Leave It: Norwegian Students' Motivations and Expectations for Postcompulsory Physics. *Science Education*, 97(4), 550–573. <http://doi.org/10.1002/sce.21068>
- Boisot, M. (1979). Disciplina e interdisciplinariedad. En L. Apostel, G. Berge, A. Briggs y G. Michaud. *Interdisciplinariedad. Problemas de la Enseñanza y de la Investigación en las Universidades*. Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza superior.

- Boix Mansilla, V., Miller, W. C., & Gardner, H. (2000). On disciplinary lenses and interdisciplinary work. In S. Wineburg & P. Grossman (Eds.), *Interdisciplinary curriculum: Challenges of implementation*. Teachers College Press.
- Bolívar, A. & J. Moya (2007). Las competencias básicas, como poderes básicos una nueva ciudadanía. En A. Bolívar y J. Moya (Eds.), *Las competencias básicas: cultura imprescindible de la ciudadanía. Carpeta Construyendo ciudadanía* (pp. 17–24). Proyecto Atlántida.
- Bourdieu, P. (1997). *Capital cultural, escuela y espacio social*. Siglo XXI.
- Bordignon, F. R. A., Iglesias, A. A. y Hahn, A. (2016) Prácticas maker en la Escuela Secundaria. *Comunicación y pedagogía*, 291, 72–79.
- Botero, J. (2018). Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender. STEM Educación Colombia.
- Breakwell, G. M., & Beardsell, S. (1992). Gender, parental and peer influences upon science attitudes and activities. *Public Understanding of Science*, 1, 183–197.
- Breckler, S. J. (1984). Empirical validation of affect, behavior, and cognition as distinct components of attitude. *Journal of Personality and Social Psychology*, 47(6), 1191–1205.
- Briñol, P., Falces, C., y Becerra, A. (2007). Actitudes. En J. F. Morales, C. Huici, M. Moya y E. Gaviria (Eds.), *Psicología Social* (pp. 457–490). McGraw-Hill.
- Brophy, J. E. (2013). *Motivating students to learn*. Routledge.

- Brown, J., Collins, A. y Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32–42.
- Brown, R., Brown, J., Reardon, K., & Merrill, C. (2011). Understanding STEM: Current Perceptions. *Technology and Engineering Teacher*, 70(6), 5–9.
<http://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090606.55>
- Brown, S. W., Lawless, K. A., & Boyer, M. A. (2013). Promoting positive academic dispositions using a web-based PBL environment: The GlobalEd 2 Project. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 7(1), 7.
- Brown, T. A. (2006). *Confirmatory factor analysis for applied research*. Guilford Press.
- Bryan, R. R., Glynn, S. M., & Kittleson, J. M. (2011). Motivation, achievement, and advanced placement intent of high school students learning science. *Sci. Ed.*, 95, 1049–1065.
<http://doi.org/10.1002/sce.20462>
- Buxton, C. A. (2010). Social problem solving through science: An approach to critical, place-based science teaching and learning. *Equity & Excellence in Education*, 43(1), 120–135.
<http://doi.org/10.1080/10665680903408932>
- Bybee, R. (1997) *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth: Heinemann.
- Bybee, R. (2011). Scientific and Engineering Practices in K-12 Classrooms: Understanding "A Framework for K-12 Science Education". *Science Teacher*, 78(9), 34–40.
- Bybee, R. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association.

- Bybee, R., & McCrae, B. (2011). Scientific literacy and student attitudes: Perspectives from PISA 2006 science. *International Journal of Science Education*, 33(1), 7–26.
- Caamaño A. (2011). Contextualización, indagación y modelización. Tres enfoques para el aprendizaje de la competencia científica en las clases de química. *Aula de Innovación Educativa*, 207, 17–21.
- Cabero, J. y Llorente, M. C. (2013). La aplicación del juicio de experto como técnica de evaluación de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación*, 7(2), 11-22.
- Caleon, I. S., & Subramaniam, R. (2008). Attitudes towards science of intellectually gifted and mainstream upper primary students in Singapore. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 940–954.
- Campbell, D. T. (1963). Social attitudes and other acquired behavioral dispositions. In S. Koch (Ed.), *Psychology: A study of a science* (Vol. 6, pp. 94–172). McGraw-Hill.
- Cañal, P. (2012). Saber ciencias no equivale a tener competencia profesional para enseñar ciencias. En E. Pedrinaci (Coord.), *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 217–237). Graó.
- Cañas, A., Martín-Díaz, M. y Nieda, J. (2007). *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico. La competencia científica*. Alianza Editorial.
- Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. (2nd ed.). Sense Publishers.

- Carretero, M. (1993). *Constructivismo y Educación*. Edelvives.
- Carretero, M. (2008). *Psicología del pensamiento: teoría y prácticas*. Alianza editorial.
- Carretero, M. y Asensio, M. (Coord.) (2008). *Psicología del pensamiento. Teoría y prácticas*. Alianza editorial.
- Carretero, M. y León, J.A. (1991). Desarrollo cognitivo y aprendizaje en la adolescencia. En J. Palacios, A. Marchesi y C. Coll (Comps.), *Desarrollo psicológico y educación, Vol. I*. (pp. 311–326). Alianza.
- Castellanos, J., Haya, P. A., & Urquiza-Fuentes, J. (2017). A novel group engagement score for virtual learning environments. *IEEE Transactions on Learning Technologies, 10*(3), 306–317. <https://doi.org/10.1109/TLT.2016.2582164>
- Cebrián, M. (2009). Complejidad de la Sociedad d la Información y del Conocimiento. En M. Cebrián (Dir.). *Sociedad de la Información y del Conocimiento en los países nórdicos: semejanzas y divergencias con el caso español* (pp. 23–54). Gedisa.
- Ceci, S. J., & Williams, W. M. (2011). Understanding current causes of women’s underrepresentation in science. *PNAS, 108*, 3157–3162. <http://doi.org/10.1073/pnas.1014871108>.
- CEDEFOP Forecasts (2014). Available at: <http://www.cedefop.europa.eu/en/publications-and-resources/statistics-and-indicators/databases/cedefop-skills-forecasts-detailed>.
- Centro Nacional de Innovación e Investigación Educativa (CNIIE) (2013). *Guía para la formación en centros sobre las competencias básicas*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España. <http://www.mecd.gob.es>

- Chen, X. (2009). Students Who Study Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) in Postsecondary Education. Stats in Brief. NCES 2009-161. National Center for Education Statistics.
- Cheng, M. W., Yung, B. H. W., & Wong, S. L. (2006). Gender differences in students' performance. In B. H. W. Yung (Ed.), *Learning from TIMSS: Implications for teaching and learning science at the junior secondary level* (pp. 51–74). The Government of the Hong Kong Special Administrative Region.
- Cheryan, S., Master, A., & Meltzoff, A. N. (2015). Cultural stereotypes as gatekeepers: Increasing girls' interest in computer science and engineering by diversifying stereotypes. *Frontiers in Psychology*, 6, 1–8. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00049>
- Chetcuti, D. A., & Kioko, B. (2012). Girls attitudes towards science in Kenya. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1571–1589.
- Cheung, S.-F., & Chan, D. K.-S. (2000). The role of perceived behavioral control in predicting human behavior: A meta-analytic review of studies on the theory of planned behavior. *Unpublished manuscript, Chinese University of Hong Kong.*
- Chi S., Wang Z., Liu X., & Zhu L. (2017). Associations among attitudes, perceived difficulty of learning science, gender, parents' occupation and students' scientific competencies. *International Journal of Science Education* 39(16), 2171–2188.
- Cleaves, A. (2005). The formation of science choices in secondary school. *International Journal of Science Education*, 27(4), 471-486.
<http://doi.org/10.1080/0950069042000323746>

- Coll, C. (2007). Las competencias en la educación escolar: algo más que una moda y mucho menos que un remedio. *Aula de Innovación Educativa*, 161, 34–39.
- Colucci-Gray, L., Burnard, P., Gray, D., & Cooke, C. (2019). A Critical Review of STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics). In P. Thomson (Ed.), *Oxford Research Encyclopedia of Education* (pp. 1-26). Oxford University Press.
- Comas, M. (1931). *El Método de Proyectos en las escuelas urbanas*. Publicaciones de la Revista de Pedagogía.
- Comer, M., Sneider, C., & Vasquez, J. A. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3-8: integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann.
- Comisión Europea (1995). *Enseñar y aprender hacia la sociedad cognitiva*. <http://www.uhu.es/cine.educacion/didactica/1libroblanco.htm>
- Committee on Science, Engineering, and Public Policy (2007). *Beyond Bias and Barriers: Fulfilling the Potential of Women in Academic Science and Engineering*. Committee on Maximizing the Potential of Women in Academic Science and Engineering. Committee on Science, Engineering, and Public Policy. National Academy of Sciences (US), National Academy of Engineering (US), and Institute of Medicine (US). National Academies Press (US)
- Committee on STEM Education, National Science and Technology Council. (2013). *Federal science, technology, engineering and mathematics (STEM) education: 5-year strategic plan*. www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf

- Conner, M., & Sparks, P. (2005). Theory of planned behaviour and health behaviour. In *Predicting health behaviour: Research and practice with social cognition models* (pp. 170–222). Open University Press.
- Consejo y Comisión sobre la ejecución del programa de trabajo Educación y Formación (2010). *Facilitar el aprendizaje permanente para fomentar el conocimiento, la creatividad y la innovación* [Diario Oficial C 86 de 5.4.2008].
- Córdoba, A. I., Descals, A. y Gil, M. D. (2006). *Psicología del desarrollo en la edad escolar*. Pirámide.
- Correll, S. J. (2001). Gender and the career choice process: The role of biased self-assessments. *The American Journal of Sociology*, 106(6), 1961–1730.
- COSCE (2005). *Acción CRECE. Comisiones de Reflexión y Estudio de la Ciencia en España*. Rubes.
- COSCE (2011). *Informe ENCIENDE. Análisis, reflexiones y propuestas para un acercamiento de la ciencia al mundo escolar que promueva en los niños el interés por la ciencia, el aprendizaje científico y una visión no estereotipada de la empresa científica y sus protagonistas*. Couso, D. (Secretaria Ejecutiva); Jiménez-Aleixandre, M. P., López-Ruiz, J., Mans C., Rodríguez Espinosa, J. M., Sanmartí, N. (comité de expertos); Rodríguez-Simarro, C. (Colaboradora). (pp. 1–115). Editorial Rubes.
- Council of the European Union. *Report from the Education Council to the European Council "The Concrete Future Objectives of Education and Training Systems."* Brussels, 14 February 2001, 5980/01, 2001.

- Couso, D. (2017). Per a què estem a STEM? Un intent de definir l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 34, 22–30.
- Couso, D., Jimenez-Liso, M.R., Refojo, C. & Sacristán, J.A. (Coords) (2020). *Enseñando Ciencia con Ciencia*. FECYT & Fundacion Lilly. Penguin Random House.
- Crujeiras, B., y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Participar en las prácticas científicas. Aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre pasta de dientes. *Alambique: Didáctica de Las Ciencias Experimentales*, 72, 12–19.
- Cunningham, C. M., & Carlsen, W. S. (2014). Teaching Engineering Practices. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 197–210. <http://doi.org/10.1007/s10972-014-9380-5>
- Curie. E. (1966). *La vida heroica de María Curie descubridora del radio (contada por su hija)*. Espasa-Calpe, S. A.
- Dasgupta, N. (2011) Ingroup experts and peers as social vaccines who inoculate the self-concept: The stereotype inoculation model. *Psychological Inquiry*, 22(3), 231–246.
- Dasgupta, N. y Stout, J. G. (2014). Girls and women in science, technology, engineering, and mathematics STEMing the tide and broadening participation in STEM careers. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, (1)1, 21–29. <http://doi.org/10.1177/2372732214549471>.
- Dean, C. B. (2012). *Classroom instruction that works: Research-based strategies for increasing student achievement*. ASCD.

- Denessen, E., Vos, N., Hasselman, F., & Louws, M. (2015). The relationship between primary school teacher and student attitudes towards science and technology. *Education Research International*, 2015, 1–7. <http://doi.org/10.1155/2015/534690>
- Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181–199. <http://doi.org/10.3102/0013189X08331140>
- Devlin, K. (1994). *Mathematics: The science of patterns*. Scientific American Library.
- Dewey, J. (1916). Method in science teaching. *The Science Quarterly*, 1, 3–9.
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Collier Books.
- DeWitt, J., & Archer, L. (2015). Who aspires to a science career? A comparison of survey responses from primary and secondary school students. *International Journal of Science Education*, 37(13), 2170–2192. <http://doi.org/10.1080/09500693.2015.1071899>
- DeWitt, J., Archer, L., & Osborne, J. (2014). Science-related aspirations across the primary-secondary divide: Evidence from two surveys in England. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1609–1629. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.871659>.
- Dhindsa, H. S., & Chung, G. (2003). Attitudes and achievement of Bruneian science students. *International Journal of Science Education*, 25(8), 907–922.
- Díaz Barriga, F. y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*. McGraw-Hill.

- Domènech-Casal, J. (2018a). Comprender, Decidir y Actuar: una propuesta-marco de Competencia Científica para la Ciudadanía. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 110501–110512.
- Domènech-Casal, J. (2018b). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(2), 29–42. <http://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- Domènech-Casal, J., Lope, S., y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 16(2), 2203. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- Donnelly, J. (2001). Contested terrain or unified project? ‘The nature of science’ in the National Curriculum for England and Wales. *International Journal of Science Education*, 23, 181–195.
- Dorie, B. L., Cardella, M. E., & Svarovsky, G. N. (2014). *Capturing the design thinking of young children interacting with a parent*. Paper presented at the 121st SEE Annual Conference and Exposition.
- Duncan, G. J., & Brooks-Gunn, J. (1997). *Consequences of growing up poor*. Russell Sage.
- Duschl, R., & Grandy, R. (2013). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science Education* 22, 2109–2139. <http://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- Eagly, A. H., & Chaiken, S. (1993). *The psychology of attitudes*. Harcourt Brace.

- Eccles, J. S., & Wang, M.-T. (2016). What motivates females and males to pursue careers in mathematics and science? *International Journal of Behavioral Development*, 40(2), 100–106. <https://doi.org/10.1177/0165025415616201>
- Eccles, J. S., Wigfield, A., & Schiefele, U. (1998). Motivation. In N. Eisenberg (Ed.), *Handbook of child psychology* (Vol. 3, pp. 1017–1095). Wiley.
- Echevarria, A y Villareal, M. (1995). Psicología Social del Racismo. En A. Echevarria; M.T. Garaigordobil; J.L González y M. Villareal (eds.), *Psicología Social del Prejuicio y el Racismo* (pp. 209–240). Ramón Areces.
- Eiser, J. R. (1989). *Psicología Social: actitudes, cognición y conducta social*. Pirámide.
- Eiser, J. R. (1994). *Attitudes, chaos and the connectionist mind*. Blackwell Publishing.
- Elías, M. J., Tobías, S. E. y Friedlander, B. S. (2001). *Educación de adolescentes con inteligencia emocional*. Plaza y Janés.
- Eliot, L. (2013). Single-sex education and the brain. *Sex Roles. A Journal of Research*, 69(7-8), 1–19. <http://doi.org/10.1007/s11199-011-0037-y>.
- Elkind, D. (1970). *Children and adolescents*. Oxford University Press.
- Elzo, J. (2006). *Los jóvenes y la felicidad*. PPC.
- Endendijk, J. J., Groeneveld, M. G., van Berkel, S. R., Hallers-Haalboom, E. T., Mesman, J., & Bakermans-Kranenburg, M. J. (2013). Gender stereotypes in the family context: Mothers, fathers, and siblings. *Sex Roles*, 68(9–10), 577–590.

- English, L. D. (2016). STEM education K-12: perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 3. <http://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1>
- Erdogan, N., Navruz, B., Younes, R., & Capraro, R. M. (2016). Viewing how STEM project-based learning influences students' science achievement through the implementation lens: A latent growth modeling. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(8), 2139–2154. <http://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1294a>
- Erikson, E. (1974). *Dimensions of a New Identity*. Norton.
- Erickson, G., & Erickson, L. (1984). Females and science achievement: evidence, explanations and implications. *Science Education*, 68, 63–89.
- Escámez, J. y Ortega, R (1986). *La enseñanza de actitudes y valores*. Nau Llibres.
- Escámez, J., García, R., Pérez, C. y Llopis, A. (2007). *El aprendizaje de valores y actitudes. Teoría y práctica*. Octaedro-OEI.
- Escamilla, A. (2008). *Las competencias básicas. Claves y propuestas para su desarrollo en los centros*. Graó.
- Escamilla, A. (2009). *Las competencias en la programación de aula. Infantil y Primaria (3-12 años)*. Graó.
- Escamilla, A. (2011). *Las competencias en la programación de aula de Secundaria (12-18 años)*. Graó.
- Escamilla, A. (2014). *Las inteligencias múltiples. Claves y propuestas para su desarrollo en el aula*. Graó.

Escamilla, A. (2015). Proyectos para desarrollar inteligencias múltiple y competencias clave. Graó.

Escamilla González, A. (2016). *La competencia para aprender a aprender en educación secundaria obligatoria: fundamentos y herramientas de un programa integrado para su desarrollo* [tesis de doctorado no publicada]. Repositorio de la UCM <https://eprints.ucm.es/40506/1/T38140.pdf>

Esnaola, I., Goñi, A. y Madariaga, J. M. (2008). El autoconcepto: perspectivas de investigación. *Revista de Psicodidáctica*, 13(1), 69-96.

European Commission (1996). *White Paper on Education and Training "Teaching and Learning. Towards the Knowledge Society."* Official Publications of the European Communities.

European Commission (2012). *Rethinking education: investing in skills for better socio-economic outcomes.* Official Publications of the European Communities. <http://www.eqavet.eu/gns/library/policy-documents/policy-documents-2012.aspx>

European Commission (2013). *Horizon 2020. Work Programme 2014-2015.* General introduction. Official Publications of the European Communities.

European Commission (2014). *Research and innovation as sources of renewed growth.* Luxemburg: Official Publications of the European Communities.

European Commission (2015). *Science Education for Responsible Citizenship.* Luxemburg: Official Publications of the European Communities.

European Council. Lisbon European Council 23 and 24 March 2000. Presidency conclusions.

Press Release: Lisbon (24-3-2000), Nr: 100/1/00.

European Council. Stockholm European Council 23 and 24 March 2001. Presidency

conclusions. Press Release: Stockholm (24-3-2001), Nr: 100/1/01.

European Union (2001). *The concrete future objectives of education systems. Report from the*

Commission. COM (2001) 59 final, 31 January 2001. [EU Commission - COM Document] UNSPECIFIED

Eurydice (2002). *Competencias clave. Un concepto en expansión dentro de la educación general obligatoria.* Unidad Europea de Eurydice.

Evans, R. (2015). Self-efficacy in learning science. *Encyclopedia of Science Education*, 961–964.

Fazio, R. H. (1995). Attitudes as object-evaluation associations: Determinants, consequences, and correlates of attitude accessibility. In R. E. Petty & J. A. Krosnick (Eds.), *Attitude strength: Antecedents and consequences* (pp. 247–282). Erlbaum.

Fazio, R. H., & Towles-Schwen, T. (1999). The MODE model of attitude-behavior processes. In S. Chaiken & Y. Trope (Eds.), *Dual-process theories in social psychology* (pp. 97–116). Guilford Press.

Ferrando, P. J. y Anguiano-Carrasco, C. (2008). El análisis factorial como técnica de investigación en psicología. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 18–33.

Fierro, A. (2008). Conocimiento contra infelicidad: para una psicología epicúrea. *Escritos de psicología*, 2(1), 7–23.

- Fishbein, M. (1967). Attitude and the prediction of behavior. In M. Fishbein (Ed.), *Readings in attitude theory and measurement* (pp. 477–492). Wiley.
- Fishbein, M. (2000). The role of theory in HIV prevention. *AIDS Care*, *12*, 273–278.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1974). Attitudes towards objects as predictors of single and multiple behavioral criteria. *Psychological Review*, *81*, 59–74.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Addison-Wesley.
- Fishbein, M., Ajzen, I. (2010). *Predicting and Changing Behavior*. Psychology Press.
- Fisher, J. D., & Fisher, W. A. (1992). Changing AIDS-risk behavior. *Psychological Bulletin*, *111*, 455–474.
- Fisher, R. (2003). *Cómo desarrollar la mente de su hijo*. Obelisco.
- Flavell, F. (1987). Speculations about the nature and development of metacognition. In F. Weinert y R. Kluwe (Eds.), *Metacognition, motivation, and understanding* (pp. 21–29). Lawrence Erlbaum.
- Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problema solving. In L. B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence* (pp. 43–64). Lawrence Erlbaum.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychologist*, *34*(10), 906–911.
- Flavell, J. H. (1984). *El desarrollo cognitivo*. Visor.

- Flavell, J. H. & Wellman, H. (1977). Metamemory. In R. V. Kail y J. Hagen (Eds.), *Perspectives on the development of memory and cognition* (pp. 3–33). Erlbaum.
- Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(10), 1081–1110.
- Fraser B. L. (1978) Development of a test of science-related attitudes. *Science Education*, *62*(4), 509–515.
- Fraser, B. L. (1982). *Test of Science Related Attitudes*. Camberwell: Australian Council for Educational Research.
- http://www.ecu.edu/ncspacegrant/docs/RESTEPdocs/TOSRA_BJF_paper.pdf.
- Fredrikson, B. L. & Joiner, T. (2002). Positive emotions trigger upward spirals toward emotional wellbeing. *Psychological Science*, *13*, 172–175.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*(23), 8410–8415. <http://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Freund, A. M., Weiss, D., & Wiese, B. S. (2012). *Graduating from high school: the role of gender-related attitude, attributes, and motives for a central transition in late adolescence*. Switzerland: Department of Psychology, University of Zurich.
- <http://doi.org/10.1080/17405629.2013.772508>. Unpublished manuscript

- Friedman, T. L. (2005). *The world is flat. A brief history of the twenty-first century*. Farrar, Straus and Giroux.
- Funes, J. (2010). *9 ideas clave. Educar en la adolescencia*. Graó.
- Gairín, J. (2011). Formación de profesores basada en competencias. *Bordón*, 63(1), 93–108.
- Garaigordóbil, M. (2000). *Intervención psicológica con adolescentes*. Pirámide.
- Gardner, H. (2001). *La inteligencia reformulada. Las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Paidós.
- Gardner, H. (2004). *Mentes flexibles. El arte y la ciencia de saber cambiar nuestra opinión y la de los demás*. Paidós.
- Gardner, H. (2008). *Las cinco mentes del futuro*. Ediciones Paidós.
- Gardner, P. L. (1975) Attitudes to Science: A Review. *Studies in Science Education*, 2(1), 1–41. <http://doi.org/10.1080/03057267508559818>
- Gardner, P. L. (1995). Measuring attitudes to science. *Research in Science Education*, 25, 283–289.
- Gauld, C. F. & Hukins, A.A. (1980). Scientific attitudes: a review. *Studies in Science Education*, 7, 129–161.
- George, R. (2000). Measuring change in students' attitudes toward science over time: An application of latent variable growth modeling. *Journal of Science Education and Technology*, 9, 213–225.

- George, R. (2006). A Cross-Domain Analysis of Change in Students' Attitudes toward Science and Attitudes about the Utility of Science. *International Journal of Science Education, 28*(6), 571–589.
- Germann, P. J. (1988) Development of the attitude toward science in school assessment and its use to investigate the relationship between science achievement and attitude toward science school. *Journal of Research in Science Teaching, 25*(8), 689–703.
- Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal Impact of an Inquiry-Based Science Program on Middle School Students' Attitudes toward Science. *Science Education, 86*, 693–705. <http://doi.org/10.1002/sce.10039>
- Ginzberg, E. (1972). Toward a theory of occupational choice: A restatement. *Vocational Guidance Quarterly, 20*, 169–175.
- Gollwitzer, P. M. (1996). The volitional benefits of planning. In P. M. Gollwitzer & J. A. Bargh (Eds.), *The psychology of action: Linking cognition and motivation to behavior* (pp. 287–312). Guilford.
- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM): A primer*. Washington: Congressional Research Service. https://www.ccc.edu/departments/Documents/STEM_labor.pdf.
- Goñi, J. M. (2008). *3²-2 ideas clave. El desarrollo de la competencia matemática*. Graó.

- Goodrum, D., Hackling, M., & Rennie, L. (2001). *The status and quality of teaching and learning of science in Australian schools*. A research report for the Department of Education, Training and Youth Affairs. Canberra: Department of Education, Training and Youth Affairs.
- http://www.dest.gov.au/sectors/school_education/publications_resources/science_in_australian_schools/documents/sciencereport_pdf.htm
- Gottfredson, L. S. (1981). Circumscription and compromise: A developmental theory of occupational aspirations. *Journal of Counseling Psychology Monograph*, 28, 545–579.
- Grau, R. (2009) *Altres formes de fer ciència. Alternatives a l'aula de secundària*. Rosa Sensat.
- Guerra, L., Allen, D. T., Crawford, R. H., & Farmer, C. (2012). *A unique approach to characterizing the engineering design process*. Paper presented at the meeting of the American Society for Engineering Education, San Antonio, TX.
- Gunderson, E. A., Ramirez, G., Levine S. C., & Beilock, S. L. (2012). The role of parents and teachers in the development of gender-related math attitudes. *Sex Roles*, 66(3–4), 153–166. <http://doi.org/10.1007/s11199-011-9996-2>
- Gusdorf, G. (1983). Pasado, presente y futuro de la investigación interdisciplinaria. En L. Apostel et al.: *Interdisciplinariedad y ciencias humanas* (pp. 32–52). Tecnos-UNESCO.
- Guzey S. S., Harwell M., & Moore T. (2014). Development of an instrument to assess attitudes toward Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). *School Science and Mathematics*, 114, 271–279. <http://doi.org/10.1111/ssm.12077>

- Guzey, S. S., Moore, T. J. & Harwell, M. (2016). Building up STEM: An analysis of teacher-developed engineering design-based STEM integration curricular materials. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 6(1), 11–29. <http://doi.org/10.7771/2157-9288.1129>
- Hadden, R. A., & Johnstone, A. H. (1983). Secondary school pupils' attitudes to science: the year of erosion. *European Journal of Science Education*, 5, 309–318.
- Haladyna, T., & Shaughnessy, J. (1982). Attitudes towards science: A quantitative synthesis. *Science Education*, 66, 547–563.
- Haladyna, T., Olsen, R., & Shaughnessy, J. (1982). Relations of student, teacher, and learning environment variables to attitudes to science. *Science Education*, 66, 671–687.
- Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. (2015). How Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Project-Based Learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089–1113.
- Haney, J. J., Lumpe, A. T., Czerniak, C. M., & Egan, V. (2002). From beliefs to actions: The beliefs and actions of teachers implementing change. *Journal of Science Teacher Education*, 13, 171–187. <http://doi.org/10.1023/A:1016565016116>
- Harlen, W. (2015) *Working with Big Ideas of Science Education*. Science Education Programme of IAP.

- Harlen, W., & Holroyd, C. (1997). Primary teachers' understanding of concepts of science: Impact on confidence and teaching. *International Journal of Science Education*, *19*, 93–105. <http://doi.org/10.1080/0950069970190107>
- Hasni, A., & Potvin, P. (2015). Student's Interest in Science and Technology and its Relationships with Teaching Methods, Family Context and Self-Efficacy. *International Journal of Environmental and Science Education*, *10*(3), 337–366.
- Hassan, G. (2008). Attitudes toward science among Australian tertiary and secondary school students. *Research in Science & Technological Education*, *26*(2), 129–147.
- Hattie, J. A. C. (2009). *Visible learning: A synthesis of 800 meta-analyses on achievement*. Routledge.
- Hayes, B. C., & Tariq, V. N. (2000). Gender differences in scientific knowledge and attitudes toward science: a comparative study of four Anglo-American nations. *Public Understanding of Science*, *9*(4), 433–447. <http://doi.org/10.1088/0963-6625/9/4/306>
- Hazelkorn, E. (2015). *Science Education for Responsible Citizenship*. European Commission.
- Hendley, D., Parkinson, J., Stables, A., & Tanner, H. (1995). Gender differences in pupil attitudes to the national curriculum foundation subjects of english, mathematics, science and technology in Key Stage 3 in South Wales. *Educational Studies*, *21*, 85–97.
- Hilgard, E. R. (1980). The trilogy of mind: Cognition, affection, and conation. *Journal of the History of the Behavioral*, *16*: 107–117. [http://doi.org/10.1002/1520-6696\(198004\)](http://doi.org/10.1002/1520-6696(198004))
- Hill, C., Corbett, C., & St. Rose, A. (2010). *Why so few? Women in science, technology, engineering, and mathematics*. American Association of University of Women.

- Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science, and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25–57.
- Hoffman, M., Gneezy, U. & List, J. A. (2011). Nurture affects gender differences in spatial abilities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(36), 14786-14788. <http://doi.org/10.1073/pnas.1015182108>.
- Hoffmann, L. (2002). Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. *Learning and Instruction*, 12, 447–465.
- Hogg, M. A., Terry, D. J., & White, K. M. (1995). A tale of two theories: Critical comparison of Identity Theory and Social Identity Theory. *Social Psychology Quarterly*, 58, 255-269.
- Holmes, K., Gore, J., Smith, M., & Lloyd, A. (2018). An integrated analysis of school students' aspirations for STEM careers: Which student and school factors are most predictive? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(4), 655–675.
- Holmes, V. L., & Hwang, Y. (2016). Exploring the effects of project-based learning in secondary mathematics education. *The Journal of Educational Research*, 109(5), 449–463.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, A. (2014). *STEM integration in K-12 education: status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
- Hopkins, K. (2012). Education: College Mentors Key to Prospective Female STEM Majors. U.S. News and World Report. <https://www.usnews.com/education/high-schools/articles/2012/05/31/college-mentors-key-to-prospective-female-stem-majors>

- Hovland, C. I., Lumsdaine, A. A., & Sheffield, F. D. (1949). *Experiments on mass communication*. (Studies in social psychology in World War II). Princeton University Press.
- Hughes, E. F. (1971). Role playing as a technique for developing a scientific attitude in elementary teacher trainees, *Journal of Research in Science Teaching*, 8, 113–122.
- Hull, G. A. (2003). Youth Culture and Digital Media: New Literacies for New Times. *Research in the Teaching of English*, 38(2). 229–233.
<http://ebooks6.com/download.php?id=72251>
- Ito, T., & McPherson, E. (2018). Factors influencing high school students' interest in pSTEM. *Frontiers in Psychology*, 9, 1–13.
- Jantsch, E. (1979). Hacia la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en la enseñanza y la innovación. En L. Apostel, G. Berge, A. Briggs y G. Michaud. *Interdisciplinariedad. Problemas de la Enseñanza y de la Investigación en las Universidades* (pp. 110–141). México: Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza superior.
- Jarvis, T., & Pell, A. (2004). Primary teachers' changing attitudes and cognition during a two-year science inservice program and their effect on pupils. *International Journal of Science Education*, 26, 1787–1811. <http://doi.org/10.1080/0950069042000243763>
- Jenkins, E. W., & Nelson, N.W. (2005). Important but not for me: students' attitudes towards secondary school science in England. *Research in Science and Technological Education*, 23(1), 41–57.

- Jerrim, J., & Schoon, I. (2014). Do teenagers want to become scientists? A comparison of gender differences in attitudes toward science, career expectations, and academic skill across 29 countries. In I. Schoon & J. Eccles (Eds.), *Gender differences in aspirations and attainment* (pp. 203–223). Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson, U. I., & Hull, D. M. (2014) Parent Involvement and Science Achievement: A Cross-Classified Multilevel Latent Growth Curve Analysis. *The Journal of Educational Research*, 107(5), 399–409. <http://doi.org/10.1080/00220671.2013.807488>
- Jöreskog, K. G. (1970). A General Method for Analysis of Covariance Structure. *Biometrika* 57, 239-251.
- Jorgensen, R., & Larkin, K. (2017). Analysing the relationships between students and mathematics: A tale of two paradigms. *Mathematics Education Research Journal*, 29, 113–130. <http://doi.org/10.1007/s13394-016-0183-1>.
- Jornet, J. M., González Such, J. y Perales, M. J. (2012). Diseño de cuestionarios de contexto para la evaluación de sistemas educativos: optimización de la medida de constructos complejos.
http://www.uv.es/gem/gemeduco/publicaciones/Diseno_de_cuestionarios_de_contexto_para_la_evaluacion_de_sistemas.pdf.
- Jovanovic, J., & King, S. S. (1998). Boys and girls in the performance-based science classroom: who's doing the performing? *American Educational Research Journal*, 35, 477–496.

- Kang, H., & Lundeberg, M. A. (2010). Participation in science practices while working in a multimedia case-based environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(9), 1116–1136. <http://doi.org/10.1002/tea.20371>
- Kaplan, A., & Flum, H. (2012). Identity formation in educational settings: A critical focus for education in the 21st century. *Contemporary Educational Psychology*, 37, 171–175. <http://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2012.01.005>
- Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (Eds.). (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. National Academies Press.
- Katz, D. (1960). The functional approach to the study of attitudes. *Public Opinion Quarterly*, 24(2), 163–204.
- Katz, D., & Stotland (1959) A preliminary statement to a theory of attitude structure and change. *Psychology. A study of a science*, 3, 423–475.
- Kaufman, D., Moss, D., & Osborn, T. (2003). *Beyond the boundaries: A transdisciplinary approach to learning and teaching*. Westport, CT: Praeger.
- Kennedy, J. P., Quinn, F. & Taylor, N. (2016) The school science attitude survey: a new instrument for measuring attitudes towards school science. *International Journal of Research & Method in Education*, 39(4), 422–445. <http://doi.org/10.1080/1743727X.2016.1160046>
- Kermani, H., & Aldemir, J. (2015). Preparing children for success: Integrating science, math, and technology in early childhood classroom. *Early Child Development and Care*, 185(9), 1504– 1527. <http://doi.org/10.1080/03004430.2015.1007371>.

- Kilpatrick, J. (1978), Research on Problem Solving in Mathematics. *School Science and Mathematics*, 78: 189–192. <http://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1978.tb09345.x>
- Kilpatrick, W. E. (1918). *The Project Method: the use of the purposeful act in the educative process*. Teachers college, Columbia University.
- Kim, A. Y., Sinatra, G. M., & Seyranian, V. (2018). Developing a STEM Identity Among Young Women: A Social Identity Perspective. *Review of Educational Research*, 88(4), 589–625. <http://doi.org/10.3102/0034654318779957>
- Kind, P., Jones, K., & Barmby, P. (2007). Developing attitudes towards science measures. *International Journal of Science Education*, 29(7), 871–893.
- Kirikkaya, E. B. (2011). Grade 4 to 8 primary school students' attitudes towards science: Science enthusiasm. *Educational Research and Reviews*, 6(4), 374–382.
- Klassen, S. (2007). The application of historical narrative in science learning: The atlantic cable story. *Science & Education*, 16(3), 335–352.
- Klopfer, L. E. (1971) Evaluation of learning in science. In Bloom, B.S., Hastings, J. T., & Madaus, G. F. (Eds.) *Handbook on summative and formative evaluation of student learning*. McGraw-Hill.
- Klopfer, L. E. (1976). A structure for the affective domain in relation to science education. *Science Education*, 60(3), 299–312. <http://doi.org/10.1002/sce.3730600304>
- Knoll, M. (1997). The project method: Its vocational education origin and international development. *Journal of Industrial Teacher Education*, 34(3), 59–80.

- Koballa, T. R. (1995). Learning science in the schools: Research reforming practice. In S. M. Glynn & R. Duit (Eds.), *Children's attitudes toward learning science* (pp. 59–84). Lawrence Erlbaum Associates.
- Koballa, T. R., & Glynn, S. M. (2007). Attitudinal and motivational constructs in science learning. In S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 75–102). Routledge.
- Koballa, T. R., Jr., & Crawley, F. E. (1985). The influence of attitude on science teaching and learning. *School Science and Mathematics*, 85, 222–232.
- Kolbe, T., & Jorgenson, S. (2018). Meeting instructional standards for middle-level science: Which teachers are Most prepared? *The Elementary School Journal*, 118(4), 549–577.
- Kolodner, J. L. (2006). “Case-based Reasoning”. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 225–242). Cambridge University Press.
- Krech, D., & Crutchfield, R. S. (1948). *Theory and problems of social psychology*. McGraw-Hill.
- Krug, D., & Shaw, A. (2016). Reconceptualizing ST®E(A)M(S) education for teacher education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 16(2), 183–200.
- Kuhn, D. (1992). Thinking as Argument. *Harvard Educational Review*, 62(2), 155–179.
- Lam, T. Y. P., & Lau, K. C. (2014). Examining factors affecting science achievement of Hong Kong in PISA 2006 using hierarchical linear modeling. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2463–2480.

- Lamberth, J. (1980). *Social Psychology*. Macmillan.
- Larmer J., Mergendoller J., & Boss S. (2015). *Setting the standard for project based learning: a proven approach to rigorous classroom instruction*. ASCD.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Lederman, L. (September, 1998). ARISE: American Renaissance in Science Education. *Fermilab-TM-2051*. Fermi National Accelerator Lab.
- Lefever-Davis, S. & Pearman, C. J. (2015). “Reading, Writing and Relevancy: Integrating 3R's into STEM”. *Open Communication Journal*, 9(1), 61–64.
- Lehrer, R. (2016). *Perspectives on Integrating Elementary STEM Education. Paper delivered at the forum: Putting STEM Education under the microscope. Melbourne: Deakin University*.
- Lent, R. W., Brown, S. D., & Hackett, G. (1994) Toward a Unifying Social Cognitive Theory of Career and Academic Interest, Choice, and Performance. *Journal of Vocational Behavior* 45(1), 79–122. <http://doi.org/10.1006/jvbe.1994.1027>
- Levinson, R., & PARRISE Consortium (2014). Socio-scientific issue-based learning: taking off from STEPWISE. In J. Bencze (Ed.), *Science & technology education promoting wellbeing for individual, societies & environments*. Dordrecht: Springer Science + Business Media B.V.
- Levy, J. (2003). Students’ perceptions of interpersonal aspects of the learning environment. *Learning Environment Research*, 6, 5–36.

- Lewis, T. (2006). Design and inquiry: Bases for an accommodation between science and technology education in the curriculum? *Journal of Research in Science Teaching*, 43(3), 255–281
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa.
- Lightbody, P., & Durndell, A. (1996). The masculine image of careers in science and technology – fact or fantasy. *British Journal of Educational Psychology*, 66, 231–246.
- López, V., Couso, D., y Simarro, C. (2018). Educación STEM en y para el mundo digital. Cómo y por qué llevar las herramientas digitales a las aulas de ciencias, matemáticas y tecnologías. RED. *Revista de Educación a Distancia*, 5XX.
<http://www.um.es/ead/red/XX>
- Madden, T. J., Ellen, P. S., & Ajzen, I. (1992). A comparison of the theory of planned behavior and the theory of reasoned action. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 18, 3–9.
- Maloney, E. A., Ramirez, G., Gunderson, E. A., Levine, S. C., & Beilock, S. L. (2015). Intergenerational effects of parents' math anxiety on children's math achievement and anxiety. *Psychological Science*, 26(9), 1400–1488.
- Manstead, A. S. R., & van Eekelen, S. A. M. (1998). Distinguishing between perceived behavioral control and self-efficacy in the domain of academic intentions and behaviors. *Journal of Applied Social Psychology*, 28, 1375–1392.
- Marbà-Tallada, A. y Márquez Bargalló, C. (2010). ¿Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? Un estudio transversal de sexto de primaria a cuarto de ESO. *Enseñanza de*

las Ciencias, 28(1), 19-30.

<https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v28n1/02124521v28n1p19.pdf>

Marchand, G. C., & Taasoobshirazi, G. (2013). Stereotype threat and women's performance in physics. *International Journal of Science Education*, 35(18), 3050–3061.

Marchesi, A. (2007). *Sobre el bienestar de los alumnos*. Alianza Editorial.

Marco, B. (2002). Alfabetización científica y enseñanza de las ciencias: estado de la cuestión.

En P. Membiela (Coord.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad* (pp. 33–46). Narcea.

Marín, J., Barlam, J. y Oliveres, C. (2011). *Enseñar en la sociedad del conocimiento. Reflexiones desde el pupitre*. ICE. Horsori.

Marín, M. (2006) Alfabetización académica temprana. *Lectura y vida* 27(4), 30–39.

http://www.lecturayvida.fahce.unlp.edu.ar/numeros/a27n4/27_04_MarIn.pdf

Marina, J. A. (2006). *Anatomía del miedo. Un tratado sobre la valentía*. Anagrama.

Marina, J. A. (2012). *La inteligencia ejecutiva*. Ariel

Marina, J. A. y Bernabeu, R. (2007). *Competencia Social y Ciudadana*. Alianza Editorial.

Marsh, H. W. & Yeung, A. S. (1997). Coursework selection: Relations to academic selfconcept and achievement. *American Educational Research Journal*, 34, 691–720.

Martin-Hansen, L. (2002). Defining Inquiry. *The Science Teacher*, 69(2), 34–37.

- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F.J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 1–24. <http://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Martín, E. (2008). Aprender a aprender: clave para el aprendizaje a lo largo de la vida. *Participación Educativa*, 9, 77-83.
- Martin, L. (2015). The Promise of the Maker Movement for Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 5(1), 30–39.
- Martin, M. O. (1996). Third international mathematics and science study: An overview. In M. O. Martin & D. L. Kelly (Eds.), *Third international mathematics and science study: Technical report* (Vol. 1, pp. 1-1–1-1–19). Boston College, MA: IEA.
- Martín, O. y Santaolalla, E. (2020). Educación STEM: Formación con «con-ciencia». *Padres y Maestros* (381), 41–46. <https://doi.org/10.14422/pym.i381.y2020.006>
- Martín, O., Santaolalla, E. y Urosa, B. (2019). Fomento de la educación STEM en edades tempranas. Un estudio sobre la intención del comportamiento y el contexto familiar. En Sola Martínez, T. et ál. (Eds.), *Innovación educativa en la sociedad digital* (pp. 2377–2391). Editorial Dykinson.
- Martinot, D., & Désert, M. (2007). Awareness of a gender stereotype, personal beliefs and self-perceptions regarding math ability: When boys do not surpass girls. *Social Psychology of Education*, 10, 455–471. <http://doi.org/10.1007/s11218-007-9028-9>

- Mattke, S., Epstein, A. M., & Leatherman, S. (2006). The OECD Health Care Quality Indicators Project: history and background. *International Journal for Quality in Health Care*, 18(1), 1–4, <http://doi.org/10.1093/intqhc/mzl019>
- Mayer, R. (2000). Diseño educativo para un aprendizaje constructivista. En Ch. Reigeluth (Ed.), *Diseño de instrucción, teorías y modelos* (pp. 89–120). Santillana.
- Mayes, R. (2019). Quantitative Reasoning and Its Rôle in Interdisciplinarity. In B. Doig et al. (Eds.), *Interdisciplinary Mathematics Education, ICME-13 Monographs* (pp. 113–133). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11066-6_8
- Mazas, B. y Bravo-Torija, B. (2018) Actitudes hacia la ciencia del profesorado en formación de educación infantil y educación primaria. Profesorado. *Revista de Currículum y Formación del Profesorado* 22(2), 329–348.
- McGuire, W. J. (1985). The nature of attitudes and attitude change. In G. Lindzey & E. Aronson (Eds.), *Handbook of social psychology* (3 ed.), (Vol. 2, pp. 223–346). Random House.
- McLoughlin, C. y Lee, M. J. W. (2008). The three p’s of pedagogy for the networked society: personalization, participation, and productivity. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 20(1), 10–27.
- McNees, P. (2004). Why Janie can’t engineer: Raising girls to succeed. *The Washington Post*, p. C09.
- Meece, J. L. (2002). *Child and adolescent development for educators* (2nd ed.). McGraw-Hill.

- Melhuish, E. C., Sylva, K., Sammons, P., Siraj-Blatchford, I., Taggart, B., Phan, M. B., & Malin, A. 2008. Pre-school influences on mathematics achievement. *Science*, 321(5893), 1161-1162. <http://doi.org/10.1126/science.1158808>.
- Mello, Z. R. (2008). Gender variation in developmental trajectories of educational and occupational expectations and attainment from adolescence to adulthood. *Developmental Psychology*, 44, 1069–1080.
- Merrill, C. (2009). The future of TE masters degrees: STEM. Paper presented at the 70th Annual International Technology Education Association Conference. Louisville, Kentucky.
- Miaoulis, I. (2010). K-12 engineering the missing core discipline. In *Holistic engineering education* (pp. 37–51). New York, NY: Springer.
- Michaels, S., Shouse, A. W., & Schweingruber, H. A. (2008). *Ready, Set, Science! Putting Research to Work in K-8 Science Classrooms*. Board on Science Education, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. The National Academies Press.
- Miller, D. I., Eagly, A. H., & Linn, M. C. (2015). Women's representation in science predicts national gender-science stereotypes: Evidence from 66 nations. *Journal of Educational Psychology*, 107(3), 631–644.
- Mills, J.E. & Treagust, D. F. (2003). Engineering education – Is problem-based or project-based learning the answer? *Australasian Journal of Engineering Education*. : http://www.aeee.com.au/journal/2003/mills_treagust03.pdf

- Mitchell, D., & Hoff, L. (2006). (Dis)Interest in Science: How Perceptions About Grades May Be Discouraging Girls. *Electronic Journal of Science Education* 11(1).
- Mıhladı, G., Duran, M., y Doğan, A. (2011). Examining primary school students' attitudes towards science in terms of gender, class level and income level. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15, 2582–2588. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.150>
- Mohammadpour, E., Shekarchizadeh, A., & Kalantarrashidi, S. A. (2015) Multilevel Modeling of Science Achievement in the TIMSS Participating Countries. *The Journal of Educational Research*, 108(6), 449–464. <http://doi.org/10.1080/00220671.2014.917254>
- Monereo, C. (2003). Internet y competencias básicas. *Aula de Innovación educativa*, 126, 16–20.
- Monereo, C. (2011). Competencias, incidentes críticos y evaluación auténtica en la formación del psicólogo de la educación. En J. M. Román, M. A. Carbonero y J. D. Valdivieso, *Educación, aprendizaje y desarrollo en una sociedad multicultural* (pp. 64–92). Asociación nacional de Psicología y Educación.
- Monge, C. (2009). *Tutoría y Orientación Educativa. Nuevas competencias*. Wolters Kluwer.
- Montano, D. E. & Kasprzyk, D. (2015). Theory of reasoned action, theory of planned behavior, and the integrated behavioral model. In K. Glanz, B. K. Rimer, & K. Viswanath (Eds.), *Health behavior: Theory, research and practice* (4th ed.). Jossey-Bass.
- Moore, T. J., Miller, R. L., Lesh, R. A., Stohlmann, M. S., & Kim, Y. R. (2013). Modeling in engineering: The role of representational fluency in students' conceptual understanding. *Journal of Engineering Education*, 102(1), 141–178.

- Morales, J. F. (Coord.) (1999). *Psicología Social*. McGraw-Hill.
- Morales, P. (1988). *Medición de actitudes en Psicología y Educación: construcción de escalas y problemas metodológicos*. Universidad Pontificia Comillas.
- Morales, P. (2008). *La relación profesor-alumno en el aula* (5ª ed.). PPC.
- Moreno, A. (2010). Los estudiantes de educación secundaria: características y contextos de desarrollo. En C. Coll (coord.), *Desarrollo, aprendizaje y enseñanza en la Educación Secundaria*, (Vol. I, pp. 11–30). Graó, MEC.
- Moreno, A., & Martín, E. (2007). The development of learning to learn in Spain. *Curriculum Journal*, 18 (2), 175–193.
- Morin, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Paidós Ibérica.
- Moya, J. (2007). Competencias básicas: los poderes de la ciudadanía. En Bolívar, A. y Guarro, A. (eds.). *Educación y cultura democrática: El Proyecto Atlántida*. Ed. Praxis.
- Moya, J. y Luengo, F. (2011). Las competencias básicas como poderes de la ciudadanía. En Moya, J. y Luengo, F. (Coords), *Asociación Proyecto Atlántida. Teoría y práctica de las competencias básicas* (pp. 29–47). Graó.
- Munby, H. (1983). Thirty studies involving the "Scientific Attitude Inventory": What confidence can we have in this instrument? *Journal of Research in Science Teaching*, 20(2), 141–162.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660200206>
- Munby, H. (1990) Attitude: invited commentary. *Science Education*, 74(3), 377–381.

- Murphy, C., & Beggs, J. (2003). Children's perceptions of school science. *School Science Review*, 84(308), 109–116.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (1998-2012). *Mplus User's Guide: Statistical Analysis with Latent Variables* (7th ed.). Muthén & Muthén.
- Myers, R. E., & Fouts, J. T. (1992). A cluster analysis of high school science classroom environments and attitude toward science. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 929–937.
- Naciones Unidas (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Resolución aprobada por la Asamblea General el 25 de septiembre de 2015. A/RES/70/1, 21 de octubre.
- National Academy of Sciences (2010). *Exploring the Intersection of Science Education and 21st Century Skills*. National Academies Press.
- National Academy of Sciences (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.
- National Assessment Governing Board. (2010). *Technology and engineering literacy assessment and item specifications for the 2014 National Assessment of Educational Progress Pre-publication edition*. Author.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics (2014). *Principles to Actions: Ensuring Mathematical Success for All*. NCTM.

- National Research Council (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Board on Science Education, Center for Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. National Academies Press.
- National Research Council (2015). *Guide to Implementing the Next Generation Science Standards*. National Academies Press. <http://doi.org/10.17226/1880>
- National Research Council of the National Academies. (2012). *A Framework for K-12 science education: Practices crosscutting concepts, and core ideas*. National Academy Press.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards. A Guide for Teaching and Learning*. National Academy Press.
- National Research of the National Academies (2015). *Guide to Implementing the Next Generation Science Standards*. National Academies Press.
- National Science Teachers Association (2016). *STEM Education Opportunities and the Every Student Succeeds Act (ESSA)*. NSTA Web Seminars.
- Navarro M., Förster C., González C., & González-Pose, P. (2016). Attitudes toward science: measurement and psychometric properties of the Test of Science-Related Attitudes for its use in Spanish-speaking classrooms. *International Journal of Science Education*, 38(9), 1459–1482. <http://doi.org/10.1080/09500693.2016.1195521>

- Newcomb, T. M. (1967). *Persistence and change: Bennington College and its students after twenty-five years*. Wiley.
- Ng, K. T., Lay, Y. F., Areepattamannil, S., Treagust, D. F. & Chandrasegaran, A. L. (2012). Relationship between affect and achievement in science and mathematics in Malaysia and Singapore. *Research in Science & Technological Education*, 30(3), 225–237.
- Nieda, J. Y Macedo, B. (1997). *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años*. UNESCO. OEI.
- Nieswandt, M. (2005). Attitudes toward science: A review of the field. In S. Alsop (Ed.), *Beyond cartesian dualism* (pp. 41–52). Springer.
- Niss, M. (2002). *Mathematical competencies and the learning of mathematics: the Danish Kom Project*. Roskilde University.
- Niss, M. (2003). Mathematical competencies and the learning of mathematics: The Danish KOM Project. In A. Gagatsis & S. Papastavridis (Eds.), *Proceedings of the Third Mediterranean Conference on Mathematics Education* (pp. 115–124). Athens, Hellenic Republic.
- Niss, M., & T. Højgaard (eds.) (2011). *Competencies and mathematical learning: Ideas and inspiration for the development of mathematics teaching and learning in Denmark*, Ministry of Education, Report No. 485, Roskilde University, Roskilde, https://pure.au.dk/portal/files/41669781/thj11_mn_kom_in_english.pdf.

Nosek, B. A., Banaji, M. R., & Greenwald, A. G. (2002) Harvesting implicit group attitudes and beliefs from a demonstration website. *Group Dynamics: Theory, Research, and Practice*, 6(1), 101–115.

Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory* (2nd ed.). McGraw-Hill.

Nye, B., Konstantopoulos, S., & Hedges, L. V. (2004). How large are teacher effects? *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 26, 237–257.
<http://doi.org/10.3102/01623737026003237>

OCDE (2001). *Pisa 2000. Conocimientos y aptitudes para la vida*. Santillana.

OCDE (2002). *Definition and selection of competencies (DeSeCo): theoretical and conceptual foundations. Strategy paper*. París: OCDE. <https://www.oecd.org/edu/skills-beyond-school/41529556.pdf>.

OCDE (2002). *DeSeCo. Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations*.
<http://deseco.ch/bfs/deseco/en/index/03/02.parsys.78532.downloadList.94248.DownloadFile.tmp/2005.dscexecutivesummary.sp.pdf>

OCDE (2005). *Informe PISA 2003. Aprender para el mundo del mañana*. Santillana.

OCDE (2006). *PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. <http://www.oecd.org/pisa/39732471.pdf>

OCDE (2007). *PISA 2006. Informe Español*.
<http://www.mecd.gob.es/dctm/ievaluacion/internacional/pisainforme2006.pdf?documentId=0901e72b8010c472>

OCDE (2008). *Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo de mañana*. Santillana.

OCDE (2009). *PISA 2009. Assessment framework. Key competencies in reading, mathematics and science*. <http://www.oecd.org/dataoecd/11/40/44455820.pdf>

OCDE (2010). *Pisa 2009. Informe español*.
<http://www.mecd.gob.es/dctm/evaluacion/internacional/pisa-2009-con-escudo.pdf?documentId=0901e72b808ee4fd>

OCDE (2013). *PISA 2015. Draft science framework*.
<https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>

OCDE (2014). *Panorama de la educación. Indicadores de la OCDE 2014*. Secretaría de Estado de Educación, Formación profesional y Universidades. MECD.

OCDE-INECSE (2004). *Marcos Teóricos de PISA 2003. Conocimientos y destrezas en Matemáticas, Lectura, Ciencias y Solución de Problemas*. MEC.

OECD (2001). *Learning to change: ICT in schools*. OCDE.

OECD (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. París: OECD, <http://www.pisa.oecd.org/>.
Traducción de E. Belmonte (2004), *Marcos teóricos de PISA 2003: la medida de los conocimientos y destrezas en matemáticas, lectura, ciencias y resolución de problemas*. INECSE/MEC,

http://archivos.agenciaeducacion.cl/Marco_de_referencia_evaluacion_version_espanol.pdf.

OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. OECD Publishing.

OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Author.

OECD (2014). *Do parents' occupations have an impact on student performance?* OECD Publishing.

OECD (2015), *Skills for Social Progress: The Power of Social and Emotional Skills*. OECD Skills Studies. OECD Publishing. <http://doi.org/10.1787/9789264226159-en>

OECD (2015). *The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, Behaviour, Confidence*. OECD Publishing.

OECD (2018). "PISA for Development Science Framework", in *PISA for Development Assessment and Analytical Framework: Reading, Mathematics and Science*. OECD Publishing. <http://doi.org/10.1787/9789264305274-6-en>.

OECD (2019). *PISA 2018. Assessment and Analytical Framework, PISA*. OECD Publishing.

Ogunjuyigbe, P. O., Ojofeitimi, E. O., & Akinlo, A. (2006). Science education in Nigeria: An examination of people's perceptions about female participation in science, mathematics and technology. *Journal of Science Education and Technology*, 15(3–4), 277–284.

ONU Asamblea General, *Declaración Universal de Derechos Humanos*, 10 Diciembre 1948, 217 A (III). <https://www.refworld.org/es/docid/47a080e32.html>

Oon, P. T., Cheng, M. M. W., & Wong, A. S. L. (2020). Gender differences in attitude towards science: methodology for prioritising contributing factors. *International Journal of Science Education*, 42(1), 89–112. <http://doi.org/10.1080/09500693.2019.1701217>

Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato.

Orden Hoz, A. de la (1989). Investigación cuantitativa y medida en educación. *Bordón*, 41(2), 217–235.

Ornstein, A. (2006). The frequency of hands-on experimentation and student attitudes toward science: A statistically significant relation. *Journal of Science Education and Technology*, 15(3–4), 285–297.

Osborne, J., & Collins, S. (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: A focus group study. *International Journal of Science Education*, 23, 441–467. <http://doi.org/10.1080/09500690010006518>

Osborne, J., & Dillon, J. (2008). Science education in Europe: Critical reflections (a report to the Nuffield Foundation). London: the Nuffield Foundation. <http://www.pollen-europa.net/pollen-dev/Images/Editor/Nuffield-report.pdf>.

Osborne, J., Erduran, S., Simon, S., & Monk, M. (2001). «Enhancing the Quality of Argumentation in School Science». *School Science Review*, 82(301).

- Osborne, J., Simon, S., & Collins S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25, 1049–1079. <http://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Palacios, J. (1999). *Desarrollo psicológico y educación I: Psicología evolutiva*. Alianza editorial.
- Palacios, J. (2008). *Manual para intervenciones profesionales en adopción internacional*. Ministerio de Educación, Política social y deportes.
- Papanastasiou, C., & Papanastasiou, E. C. (2002). The process of science achievement. *Science Education International*, 13(2), 12–24.
- Papanastasiou, E. C., & Zembylas, M. (2002). The effect of attitudes on science achievement: A study conducted among high school students in Cyprus. *International Review of Education*, 48(6), 469–484.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2006). *Recomendación del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre del 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente*. Diario Oficial de la Unión Europea. (2011/C 161 E/02). 18 de mayo del 2010.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2010). *Competencias clave para un mundo cambiante: puesta en práctica del programa de trabajo «Educación y Formación 2010»*. Diario Oficial de la Unión Europea. L 394/10-18. 30 de diciembre del 2006.

- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2018). Recomendación del Consejo de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente (Texto pertinente a efectos del EEE) (2018/C 189/01). Diario Oficial de la Unión Europea. (2011/C 161 E/02) de 22 de mayo del 2018.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review* 14, 47–61.
- Pedrinaci, E. (2012). El ejercicio de una ciudadanía responsable exige disponer de cierta competencia científica. En E. Pedrinaci (Coord.), *Once ideas clave. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 15–35). Graó.
- Pell, T., & Jarvis, T. (2001). Developing attitude to science scales for use with children of ages from five to eleven years. *International Journal of Science Education*, 23(8), 847–862.
- Pellegrini, A. D. (2001). A longitudinal study of heterosexual relationships, aggression and sexual harassment during the transition from primary school through middle school. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 22, 1–15.
- Perales, F. J., García, J. A., Huertas, R. y Gómez-Robledo, L. (2013). Imagen de la Física universitaria: el punto de vista del profesor y del alumno. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 27, 131–153.
- Pérez Gómez, A. (2007). *La naturaleza de las competencias básicas y sus implicaciones pedagógicas*. Consejería de Educación de Cantabria. <http://www.redes-cepalcala>.

org/inspector/DOCUMENTOS%20y%20LIBROS/COMPETENCIAS/NATURAIEZA%20DE%20IAS%20COMPETENCIAS%20BASICAS.pdf.

Pérez Gómez, A. (2008). ¿Competencias o pensamiento práctico? La construcción de los significados de representación y de acción. En V.V. A.A (Coord. Gimeno Sacristán, J.). *Educación por competencias ¿qué hay de nuevo?* (pp. 59–102). Morata.

Pérez Manzano, A. (2012) *Actitudes hacia la ciencia en primaria y secundaria* (Tesis Doctoral). Universidad de Murcia.

Pérez Manzano, A. y Pro Bueno, A. de (2018). Algunos datos sobre la visión de los niños y de las niñas sobre las ciencias y del trabajo científico. *iQual. Revista de Género e Igualdad*, 1, 18–31. <http://doi.org/10.6018/iQual.306091>

Pérez Franco, D., Pro Bueno, A de. J. y Pérez Manzano, A. (2018). Actitudes ambientales al final de la ESO. Un estudio diagnóstico con alumnos de Secundaria de la Región de Murcia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(3), 1–17. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i3.350

Pérez, A. y Pro, A. de (2005). *Evaluación nacional de actitudes y valores hacia la ciencia en entornos educativos*. FECYT.

Perkins, D. (2008). *La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente*. Gedisa.

Perlman, D. y Cozby, P. (Eds.) (1988). *Psicología Social*. Nueva Editorial Interamericana.

Perrenoud, Ph. (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Graó.

- Peterson, N. G., Mumford, M. D., Borman, W. C., Jeanneret, P., & Fleishman, E. A. (1999). *An occupational information system for the 21st century: The development of O* NET*. American Psychological Association.
- Petty, R. E., & Cacioppo, J. T. (1981). *Attitude and persuasion: Classic and contemporary approaches*. Wm. C. Brown Company Publishers.
- Piaget, J. (1955). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Buenos Aires. Paidós.
- Piaget, J. (1958). The growth of logical thinking from childhood to adolescence. *AMC*, 10, 12–20.
- Piaget, J. (1979). “La epistemología de las relaciones interdisciplinarias”. En L. Apostel, G. Berge, A. Briggs y G. Michaud. *Interdisciplinariedad. Problemas de la Enseñanza y de la Investigación en las Universidades* (pp. 53–70). Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza superior, 1ª reimpresión.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1975). *Psicología del niño*. Morata.
- Piatek-Jimenez, K., Cribbs, J., & Gill, N. (2018). College students’ perceptions of gender stereotypes: making connections to the underrepresentation of women in STEM fields. *International Journal of Science Education*, 40(12), 1432–1454.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1482027>.
- PISA (2015). *Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos. Informe español*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Secretaría de estado de educación, formación profesional y universidades. Dirección general de evaluación y cooperación territorial.

- Plucker, J. A. (1998). Beware of Simple Conclusions: The Case for Content Generality of Creativity. *Creativity Research Journal*, 11(2), 179–182.
- Polya, G. (1962) *Mathematical Discovery: On Understanding, Learning and Teaching Problem Solving*. John Wiley y Son.
- Pomerantz, E. M., Altermatt, E. R., & Saxon, J. L. (2002). Making the grade but feeling distressed: Gender differences in academic performance and internal distress. *Journal of Educational Psychology*, 94, 396-404.
- Ponte, J. P. (2007). Investigations and explorations in the mathematics classroom. *ZDM Mathematics Education*, 39, 419–430.
- Potvin, P. & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129.
<http://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Pozo, J. I. (1996). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Ediciones Morata.
- Pozo, J. I. (2008). *Aprendices y maestros*. Alianza.
- Prensky, M. (2006). *Don't Bother Me Mom-I'm Learning!* Paragon House.
- Pressley, M. (1995). More about the development of self-regulation: Complex, long-term, and thoroughly social. *Educational Psychologist*, 30(4), 207–212.
- Prieto, L. (2007). *Autoeficacia del profesor universitario: eficacia percibida y práctica docente*. Narcea Ediciones.

- Prince, M., & Felder, R. (2007). The many faces of inductive teaching and learning. *Journal of College Science Teaching*, 36(5), 14–20.
- Pro Bueno, A. de (2007). De la enseñanza de los conocimientos a la enseñanza de las competencias. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 53, 10–21.
- Pro Bueno, A. de (2012). Presentación de la monografía: Hacia la competencia científica. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 5–8.
- Pro Bueno, A. de, & Pérez Manzano, A. (2014). Actitudes de los alumnos de Primaria y Secundaria ante la visión dicotómica de la Ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 111-132. <http://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1015>
- Pro Bueno, A. de, Tárraga Poveda, P. y Pérez Manzano, A. (2009). «¿Científico? sí, pero... opinión de los escolares españoles sobre los científicos y su trabajo». *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 3636–43 <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/294745>.
- Purzer, Ş, Strobel, J., & Cardella, M. (Eds.). (2014). *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices*. Purdue University Press. www.jstor.org/stable/j.ctt6wq7bh
- Rabadán, J. M. y Flor, J. I. (1998). La modificación de la práctica docente. Un estudio longitudinal en el tiempo. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 15, 47–54.
- Ramsden, J. M. (1998) Mission impossible? Can anything be done about attitudes to science? *International Journal of Science Education*, 20, 125–137.

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.

Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria.

Reyes, L. (2007). La Teoría de la Acción Razonada. Implicaciones para el estudio de las actitudes. *Investigación Educativa Duranguense*, 7, 66–77

Rice, L., Barth, J. M., Guadagno, R. E., Smith, G. P. A., & McCallum, D. M. (2013). The Role of Social Support in Students' Perceived Abilities and Attitudes toward Math and Science. *Journal of Youth Adolescence*, 42, 1028–1040. <http://doi.org/10.1007/s10964-012-9801-8>

Rico, L. (2005). *Pisa 2003. Pruebas de Matemáticas y de Solución de Problemas*. Instituto Nacional de Evaluación y Calidad del Sistema Educativo (INECSE).

Robles, A., Solbes, J., Cantó, J. R. y Lozano, O. R. (2015). Actitudes de los estudiantes hacia la ciencia escolar en el primer ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 361–376

Robnett, R. D. (2015). Gender bias in STEM fields: Variation in prevalence and links to STEM self-concept. *Psychology of Women Quarterly*, 40(1), 65–79. <http://doi.org/0361684315596162>

Rocard, Y. (2007) *Science Education Now*. Report EU22-845, European Commission. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf

Rodríguez González, A. (1989). Interpretación de las actitudes. En Mayor y Pinillos (eds.) *Creencias, actitudes y valores*. Alhambra.

Rodríguez, A. y Seoane, J. (Coords.) (1989). *Creencias, actitudes y valores*. Alhambra.

Rokeach, M. (1979). Some unresolved issues in theories of beliefs, attitudes and values. *Nebraska Symposium on Motivation*.

Rosenberg, M. J., & Hovland, C. I. (1960). Cognitive, affective and behavioural components of attitudes. In C. I. Hovland & M. J. Rosenberg (Eds.), *Attitude organisation and change: An analysis of consistency among attitude components* (pp. 1–14). Yale University Press.

Rosenstock, I. M., Strecher, V. J., & Becker, M. H. (1994). The health belief model and HIV risk behavior change. In R. J. DiClemente & J. L. Peterson (Eds.), *Preventing AIDS: Theories and methods of behavioral interventions. AIDS prevention and mental health* (pp. 5–24). Plenum Press.

Rossi, A. y Barajas, M. (2015). Elección de estudios CTIM y desequilibrios de género. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(3), 59-76.

Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (2006). *Las competencias clave para el bienestar personal, social y económico*. (D. S. Rychen & L. H. Salganik, Eds.). Ediciones Aljibe.

Sadri, G., & Robertson, I. T. (1993). Self-efficacy and work-related behaviour: A review and meta-analysis. *Applied Psychology: An International Review*, 42(2), 139–152.
<http://doi.org/10.1111/j.1464-0597.1993.tb00728.x>

SAEM Thales (2003). *Principios y Estándares para la Educación Matemática*. Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.

- Said, Z., Summers, R., Abd-El-Khalick, F., & Wang, S. (2016). Attitudes toward science among grades 3 through 12 Arab students in Qatar: findings from a cross-sectional national study. *International Journal of Science Education*, 38(4), 621–643. <http://doi.org/10.1080/09500693.2016.1156184>
- Sáinz, M., & Müller, J. (2018). Gender and family influences on Spanish students' aspirations and values in STEM fields. *International Journal of Science Education*, 40(2), 188–203. <http://doi.org/10.1080/09500693.2017.1405464>
- Sandall, B. K., Sandall, D. L., & Walton, A. L. (2018). Educators' Perceptions of Integrated STEM: A Phenomenological Study. *Journal of STEM Teacher Education*, 53(1), 3.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMAnia. *The Technology Teacher*, 68(4), 20–27.
- Sarabia, B. (1992). El aprendizaje y la evaluación de actitudes. En C. Coll, J. I. Pozo B. Sarabia y E. Valls. *Los contenidos de la reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes* (pp. 88–132). Editorial Santillana.
- Satchwell, R. E. and Loepf, F. L. (2002). Designing and Implementing an Integrated Mathematics, Science, and Technology Curriculum for the Middle School. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3), 41–66.
- Scantlebury, K., Baker, D., Sugi, A., Yoshida, A., & Uysal, S. (2007). Avoiding the issue of gender in Japanese science education. *International Journal of Science & Mathematics Education*, 5(3), 415–438.

- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H., & Müller, H. (2003). Evaluating the Fit of Structural Equation Models: Tests of Significance and Descriptive Goodness-of-Fit Measures. *Methods of Psychological Research*, 8(2), 23–74.
- Schibeci, R. A. (1984). Attitudes to science: an update. *Studies in Science Education*, 11, 26–59.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning: A project of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 334–370). Macmillan Publishing Co, Inc.
- Schreiner, C., & Sjøberg, S. (2004). *ROSE: The relevance of science education. Sowing the seeds of ROSE*. Acta didactica, 4. University of Oslo, Faculty of Education, Department of Teacher Education and School Development. <http://www.ils.uio.no/forskning/rose/>.
- Schunk, D. H. (1987). Peer models and children's behavioral change. *Review of Educational Research*, 57, 149–174
- Schunn, C. D. (2009). How kids learn engineering: The cognitive science perspective. *The Bridge: Linking Engineering and Society*, 39(3), 32–37.
- Scuraati, C. y Daminano, E. (1977). *Interdisciplinarietà y didáctica*. Adara.
- Sensat, R. (1934). *Hacia la nueva escuela*. Publicaciones de la Revista de Pedagogía.

- Shahali, E. H. M., Halim, L., Rasul, M. S., Osman, K., & Zulkifeli, M. A. (2017). STEM learning through engineering design: Impact on middle secondary students' interest towards STEM. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(5), 1189–1211.
- Sharp, C., Hutchison, D., Davis, C., & Keys, W. (1996). *The take-up of advanced mathematics and science courses*. Schools Curriculum and Assessment Authority).
- Sheeran, P. (2002). Intention-behavior relations: A conceptual and empirical review. In W. Stroebe & M. Hewstone (Eds.), *European review of social psychology*, (Vol. 12, pp. 1–36). Wiley.
- Sheppard, B. H., Hartwick, J., & Warshaw, P. R. (1988). The theory of reasoned action: A meta-analysis of past research with recommendations for modifications and future research. *Journal of Consumer Research*, 15, 325–342.
- Sherif, C., Sherif, M., & Nebergall, R. (1965) *Attitude and attitude change: The Social Judgment involvement approach*. Penn.
- Sherif, M., & Cantril, H. (1945). The psychology of 'attitudes': Part I. *Psychological Review*, 52(6), 295–319.
- Shrigley, R. L., & Koballa, T. R., Jr. (1992). A decade of attitude research based on Hovland's Learning Theory Model. *Science Education*, 76, 17–42.
- Simarro, C. y Couso, D. (2018). Visiones en educación STEAM: y las mates, ¿qué? *Uno revista de la Didáctica de las matemáticas* 81.

- Simarro, C.; López, V., Cornellà, P., Peracaula, M., Niell, M. y Estebanell, M. (2016). Més enllà de la programació i la robòtica educativa: el pensament computacional en l'ensenyament STEAM a infantil i primària. *Ciències. Revista del Professorat de Ciències d'Infantil, Primària i Secundària*, 32, 38–46.
- Simpson, R. D., & Oliver, J. S. (1985). Attitude towards science and achievement motivation profiles of male and female students in grade six through ten. *Science Education*, 69, 511–526.
- Simpson, R. D., Koballa, Jr., T. H., Oliver, J. S., & Crawley F. E. (1994). Research on the affective dimension of Science Learning. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 211–234). McMillan Publishing Company.
- Sirin, S. R. (2005). Socio-economic status and academic achievement: A meta-analytic review of research. *Review of Educational Research*, 75(3), 417-453. <http://doi.org/10.3102/00346543075003417>.
- Sjøberg, S. (1997). Scientific literacy and school science: arguments and second thoughts. (Ed.). In S. Sjøberg & E. Kallerud (Eds.), *Science, Technology and Citizenship. The Public Understanding of Science and Technology in Science Education and Research Policy* (pp. 9–28). Institute for Studies in Research and Higher Education.
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2005). *Young people and science. Attitudes, values and priorities. Evidence from the ROSE project. Keynote presentation at EU's Science and Society Forum 2005. Session 4: How to foster diversity, inclusiveness and equality in science.* Unión Europea.

- Sjøberg S., & Schreiner C. (2010) *The ROSE project. An overview and key findings*.
<http://roseproject.no/network/countries/norway/eng/nor-Sjoberg-Schreineroverview-2010.pdf>
- Skamp, K. (1991). Primary science: How confident are teachers? *Research in Science Education*, 21,290–299. <http://doi.org/10.1007/BF02360483>
- Sniehotta, F.F., Presseau, J., & Araújo-Soares, V. (2014) Time to retire the theory of planned behavior. *Health Psychology Review*, 8(1), 1–7.
<http://doi.org/10.1080/17437199.2013.869710>
- Snyder, M., & Miene, P. (1994). Stereotyping of the elderly: a functional approach. *British Journal of Social Psychology*, 33(1), 63–82
- So, W.W.M., Chen, Y. & Chow, S.C.F. (2020). Primary school students' interests in STEM careers: how conceptions of STEM professionals and gender moderation influence. *International Journal of Technology and Design Education* (2020).
<https://doi.org/10.1007/s10798-020-09599-6>
- Society for Research into Higher Education. Working Party on Teaching Methods. Techniques Group. & Adderley, Kenneth. (1975). *Project methods in higher education*. Society for Research into Higher Education.
- Solbes, J., Montserrat, R. y C. Furió (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91–117.

- Sorge, C. (2007). What happens? Relationship of age and gender with science attitudes from elementary to middle school. *Science Educator*, 16(2), 33–37.
- Speer, J. R., & Flavell, J. H. (1979). Young children's Knowledge of the relative difficulty of recognition and recall memory tasks. *Developmental Psychology*, 15, 214–217.
- Speering, W., & Rennie, L. (1996). Students' perceptions about science: The impact of transition from primary to secondary school. *Research in Science Education*, 26(3), 283–298.
- Stadler, H., Duit, R., & Benke, G. (2000). Do boys and girls understand physics differently? *Physics Education*, 35(6), 417–422.
- Steen, L. (Ed.) (1990). *On the shoulders of giants*. Washington DC: National Academy Press.
- Steffens, M. C., Jelenec, P., & Noack, P. (2010). On the leaky math pipeline: Comparing implicit math-gender stereotypes and math withdrawal in female and male children and adolescents. *Journal of Educational Psychology*, 102, 947–963.
<http://doi.org/10.1037/a0019920>
- Steinkamp, M. W. (1982). Sex-related differences in attitude toward science: A quantitative synthesis of research (ERIC Document Reproduction Service No. ED220285).
- Strecher, V. J., Champion, V. L., & Rosenstock, I. M. (1997). The health belief model and health behavior. In D. S. Gochman (Ed.), *Handbook of health behavior research 1: Personal and social determinants* (pp. 71–91). Plenum Press.
- Stump, S. L., Bryan, J. A., & McConnell, T. J. (2016). Making STEM connections. *Mathematics Teacher*, 109(8), 576-583.

- Summers, R., & Abd-El-Khalick, F. (2018). Development and validation of an instrument to assess student attitudes toward science across grades 5 through 10. *Journal of Science Teacher Education*, 55, 172–205. <http://doi.org/10.1002/tea.21416>
- Sundberg, M. D., Dini, M. L., & Li, E. (1994). Decreasing course content improves student comprehension of science and attitudes toward science in freshman biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 679–693.
- Tamaro, S. (1994). *Donde el corazón te lleve*. Seix Barral.
- Taconis, R., Ferguson-Hessler, M.G.M. & Broekkamp, H., (2001). Teaching science problem solving: An overview of experimental work, *Journal of Research in Science Teaching*, 38(4), 442–468
- Tai, R. H., Liu, C. Q., Maltese, A. V., & Fan, X. (2006). Planning early for careers in Science. *Science*, 312(5777), 1143–1144. <http://doi.org/10.1126/science.1128690>
- Tajfel, H. (1981). *Human groups and social categories*. Cambridge University Press.
- Tedesco, J. C (2011). Los desafíos de la educación en el siglo XXI. *Revista iberoamericana de educación*, 55, 31–47. <http://www.rieoei.org/rie55a01.pdf>.
- Tedesco, J. C. (2003). Los pilares de la educación del futuro. En *Debates de educación* (2003: Barcelona) [ponencia en línea]. Fundación Jaume Bofill; UOC. <http://www.uoc.edu/dt/20367/index.html>
- Telli, S., den Brok, P., & Cakiroglu, J. (2010). The importance of teacher-student interpersonal relationships for Turkish students' attitudes towards science. *Research in Science & Technological Education*, 28(3), 261–276.

- The White House (2018). Charting a course for success: America's strategy for STEM education. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>.
- Thomas, W. I., & Znaniecki, F. (1918). *The Polish peasant in Europe and America* (Vol. 1). Boston: Badger.
- Tobón, S. (2006). *Manual para el diseño del plan docente acorde con el EES*. UCM.
- Tobón, S. (2010). La formación por competencias y la calidad de la educación. *Revista teoría y praxis investigativa*, 5(1), 13–17.
- Tobón, S., Rial, A., Carretero, M.A. y García Fraile, J. A. (2006). *Competencias básicas y educación Superior*. Magisterio.
- Toma, R. B., & Greca, I. M. (2018). The Effect of Integrative STEM Instruction on Elementary Students' Attitudes toward Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1383–1395.
- Torre, J. C. (2007). *Una triple alianza para un aprendizaje universitario de calidad*. Universidad Pontificia Comillas.
- Torres Santomé, J (2008). Obviando el debate sobre la cultura en el sistema educativo. Cómo ser competentes sin conocimientos. En V.V.A.A. (Coord. Gimeno Sacristán, J.). *Educación por competencias ¿qué hay de nuevo?* (pp. 143–175). Morata.
- Torres Santomé, J. (1994). *Globalización e interdisciplinariedad*. Morata.

- Tosun, T. (2000). The beliefs of preservice elementary teachers towards science and science teaching. *School Science and Mathematics, 100*, 374–379. <http://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2000.tb18179.x>
- Toulmin, C.N.& Groome, M. (2007). Building a Science, Technology, Engineering, and Math Agenda. *National Governors Association*
- Tress, B., Tress, G., & Fry, G. (2005). Defining concepts and the process of knowledge production in integrative research. In B. Tress, G. Tress, G. Fry, & P. Opdam (Eds.), *From Landscape Research to Landscape Planning: Aspects of integration, Education, and Application* (pp. 13–26). Dordrecht, the Netherlands: Springer. <http://www.tress.cc>
- Triandis, H. C. (1977). *Interpersonal behavior*. Brooks/Cole.
- Triandis, H. C., Carnevale, P., Gelfand, M., Robert, C., Wasti, A., Probst, T., et al. (2001). Culture, personality and deception: A multilevel approach. *International Journal of Cross-Cultural Management, 1*, 73–90
- Trice, A. D., & McClellan, N. (1994). Does childhood matter? A rationale for the inclusion of childhood in theories of career decision. *California Association for Counseling and Development Journal, 14*, 35–44.
- Tsupros, N., Kohler, R., & Hallinen, J. (2009). STEM education: A project to identify the missing components. *Intermediate Unit, 1*, 11–17.
- Tytler, R. (2014). Attitudes, identity, and aspirations toward science. In S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (Vol. II, pp. 82–103). Routledge.

UNESCO (2003). *Towards Knowledge Societies. An Interview with Abdul Waheed Khan*.
http://www.unesco.org/science/world_sc_july03.pdf

UNESCO (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento*. Ediciones UNESCO.

UNESCO (2008). *El desafío Mundial de la Alfabetización*. Ediciones UNESCO.

UNESCO (2016). *Declaración de Incheon: Educación 2030: Hacia una Educación Inclusiva y Equitativa de Calidad y un Aprendizaje a lo Largo de la Vida para Todos*. Ediciones UNESCO.

UNESCO (2019). *Descifrar el código: La educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)*. Ediciones UNESCO.

Valla, J. M., & Ceci, S. J. (2014). Breadth-Based Models of Women's Underrepresentation in STEM Fields: An Integrative Commentary on Schmidt (2011) and Nye et al. (2012). *Perspect Psychol*, 9(2), 219–224. <http://doi.org/10.1177/1745691614522067>

Van Aalderen-Smeets, S. I., & Walma van der Molen, J. H. (2013). Measuring primary teachers' attitudes toward teaching science: Development of the Dimensions of Attitude towards Science (DAS) instrument. *International Journal of Science Education*, 35, 577–600. <http://doi.org/10.1080/09500693.2012.755576>

Van Aalderen-Smeets, S. I., & Walma van der Molen, J. H. (2015). Improving primary teachers' attitudes toward science by attitude-focused professional development. *Journal of research in science teaching*, 52(5), 710–734. <http://doi.org/10.1002/tea.21218>

Van Aalderen-Smeets, S. I., Walma van der Molen, J. H., & Xenidou-Dervou, I. (2019). Implicit STEM ability beliefs predict secondary school students' STEM self-efficacy

- beliefs and their intention to opt for a STEM field career. *Journal of research in science teaching*, 56(4), 465-485. <http://doi.org/10.1002/tea.21506>
- Van Driel, J.H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reforming science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 137–158. [http://doi.org/10.1002/1098-2736\(200102\)38:2](http://doi.org/10.1002/1098-2736(200102)38:2)
- Vaske, J. J. (2008). *Survey research and analysis: Applications in parks, recreation and human dimensions*. Venture Publishing, Inc.
- Vasquez, J. (2015). Beyond the acronym. *Educational Leadership*, 72(4), 10–15.
- Vasquez, J., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3–8: Integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann
- Vázquez Alonso, Á., Acevedo Díaz, J. A., Manassero Mas, M. A. y Acevedo Romero, P. (2006). Actitudes del alumnado sobre ciencia, tecnología y sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 8(2), 1-37. <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/145/250>
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (1995). Actitudes relacionadas con la ciencia: una revisión conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 337–346.
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2004). Imagen de la ciencia y la tecnología al final de la educación obligatoria. *Cultura y Educación*, 16(4), 385–398.
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Eureka*, 5(3), 274–292.

- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2011). El descenso de las actitudes hacia la ciencia de chicos y chicas en la educación obligatoria. *Ciência & Educação (Bauru)*, 17(2), 249–268.
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2015). La elección de estudios superiores científico-técnicos: análisis de algunos factores determinantes en seis países. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(2), 264–277.
<http://hdl.handle.net/10498/17251>
- Vázquez, A., Acevedo, J. A. y Manassero, M. A. (2005). Más allá de una enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2). <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- Vázquez, A., Acevedo, J., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2006). Actitudes del alumnado sobre ciencia tecnología y sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 8 (2), 1-38.
<http://redie.uabc.mx/index.php/redie/article/view/145/250>
- Vázquez, C. y Hervás, G. (2009). *La ciencia del bienestar: Fundamentos de una psicología positiva*. Alianza editorial.
- Volk, K., Yip, W. M., & Lo, T. K. (2003). Hong Kong Pupils' Attitudes toward Technology: The Impact of Design and Technology Programs. *Journal of Technology Education*, 15(1), 48–63.
- Von Roten, F. (2004). Gender differences in attitudes toward science in Switzerland. *Public Understanding of Science*, 13(2), 191–199. <http://doi.org/10.1177/0963662504043870>

Vossoughi, S., & Bevan, B. (2014). Making and Tinkering: A Review of the Literature.

National Research Council Committee on Out of School Time STEM: 1–55.

http://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_089888.pdf

Vygotsky, L. (1986). *Pensamiento y lenguaje*. Buenos Aires: La Pléyade.

Walczak, M. M., & Walczak, D. E. (2009). Do Student Attitudes toward Science Change during a General Education Chemistry Course? *Journal of Chemical Education*, 86(8), 985–991.

Wang, M., & Degol, J. L. (2017). Gender Gap in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM): Current Knowledge, Implications for Practice, Policy, and Future Directions. *Educ Psychol Rev* 29(1), 119–140. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9355x>

Wang, T. & Berlin, D. (2010) Construction and Validation of an Instrument to Measure Taiwanese Elementary Students' Attitudes toward Their Science Class. *International Journal of Science Education*, 32(18), 2413–2428.
<http://doi.org/10.1080/09500690903431561>

Warshaw, P. R., & Davis, F. D. (1985). Disentangling behavioral intention and behavioral expectation. *Journal of Experimental Social Psychology*, 21, 213–228.

Wassermann, S. (1994). *Introduction to case method teaching*. Teachers College Press, Columbia University.

Watson, J. B. (1925). *Behaviorism*. Norton.

- Weber, K., & Custer, R. (2005). Gender Differences in Interest, Perceived Personal Capacity, and Participation in STEM-Related Activities. *Journal of Technology Education, 16*(2), 55–71.
- Weigel, R. H., & Newman, L. S. (1976). Increasing attitude-behavior correspondence by broadening the scope of the behavioral measure. *Journal of Personality and Social Psychology, 33*, 793–802.
- Weinburgh, M. (1995). Gender differences in student attitudes toward science: a meta-analysis of the literature from 1970 to 1991. *Journal of Research in Science Teaching, 32*, 387–398.
- Weinstein, N. D. (1993). Testing four competing theories of health-protective behavior. *Health Psychology, 12*(4), 324–333.
- Weiss, E. M., Kemmler, G., Deisenhammer, E. A., Fleischhacker, W. W., & Delazer, M. (2003). Sex differences in cognitive functions. *Personality and Individual Differences, 35*(4), 863–875.
- Wenger, E. (1998). Communities of practice: Learning as a social system. *Systems Thinker, 9*(5), 2–3.
- Whitehead, J. M. (1996). Sex stereotypes, gender identity and subject choice at A level. *Educational Research, 38*, 147–160.
- Wicker, A. W. (1969). Attitudes versus actions: The relationship of verbal and overt behavioral responses to attitude objects. *Journal of Social Issues, 25*, 41–78.

- Williams, K., Kurtek, K., & Sampson, V. (2011). The Affective Elements of Science Learning: A Questionnaire to Assess – and Improve – Student Attitudes toward Science. *Science Teacher*, 78(1), 40–45.
- Willingham, D. T. (2008). Critical Thinking: Why Is It So Hard to Teach? *Arts Education Policy Review*, 109(4), 21–32.
- Wood, W., & Eagly, A. H. (2012). Biosocial Construction of Sex Differences and Similarities in Behavior. In *Advances in Experimental Social Psychology* (pp. 55-123). Academic Press Inc. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-394281-4.00002-7>
- Wu, M. (2010). Measurement, Sampling, and Equating Errors in Large-Scale Assessments. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 29(4), 15–27.
- Wyer, R.S. (1991). *Advances in cognitive social psychology*. LEA.
- Xue, Y. & Larson, R., (2015). STEM crisis or STEM surplus? Yes and yes. *Monthly Labor Review*, U.S. Bureau of Labor Statistics. <http://doi.org/10.21916/mlr.2015.14>
- Yakman, G. (2008). STΣ@M Education: an overview of creating a model of integrative education. Virginia Polytechnic and State University.
<https://www.iteea.org/File.aspx?id=86752&v=75ab076a>
- Zabala A. y Arnau, L. (2007). *Cómo aprender y enseñar competencias. 11 ideas clave*. Graó.
- Zabala, A. y Arnau, L. (2015). *Métodos para la enseñanza de competencias*. Graó.

Zhang D., & Campbell T. (2011) The psychometric evaluation of a three-dimension elementary science attitude survey. *Journal of Science Teacher Education*, 22, 595–612. <http://doi.org/10.1007/s10972-010-9202-3>

Zollman, A. (2012), Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. *School Science and Mathematics*, 112, 12–19. <http://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x>

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario *Three-Dimensions of Student Attitude Towards Science (TDSAS)* de Zhang y Campbell (2011).

Anexo 2. Cuestionario *Asian Student Attitudes Toward Science Class Survey (ASATSCS)* de Wang y Berlin (2010).

Anexo 3. Cuestionario *School Science Attitude Survey (SSAS)* de Kennedy, Quinn y Taylor (2016).

Anexo 4. Cuestionario *Behaviors, Related Attitudes, and Intentions toward Science (BRAINS)* de Summers y Abd-El-Khalick (2018).

Anexo 5. Versión española del TOSRA realizada por Navarro, Förster, González y González-Pose (2016).

Anexo 6. Carta con el protocolo para la valoración de expertos y cuestionario.

Anexo 7. Comunalidades.

Anexo 8. Matriz de componentes.

Anexo 1

Cuestionario *Three-Dimensions of Student Attitude Towards Science* (TDSAS) de Zhang y Campbell (2011).

Ítems (versión en inglés)	Ítems (traducción al castellano)
1. I think it is very important to learn science	1. Creo que es muy importante aprender inglés.
2. I like learning science very much	2. Me gusta mucho aprender ciencia.
3. I think learning science is fun	3. Creo que aprender ciencia es divertido.
4. I always ask my parents science questions	4. Siempre pregunto a mis padres cosas sobre ciencia.
5. Science is very important to our life	5. La ciencia es muy importante para nuestras vidas.
6. I enjoy doing scientific experiments	6. Disfruto hacienda experimentos científicos.
7. I want to know more about the natural world around me	7. Quiero saber más sobre la naturaleza de nuestro alrededor.
8. I talk about science with my friends quite often	8. Hablo de ciencia con mis amigos frecuentemente.
9. I like to help others to solve the problems by using science knowledge I have learned	9. Me gusta ayudar a otros a resolver problemas aplicando lo que he aprendido de ciencias.
10. I think it is fun to solve science problems.	10. Creo que es divertido resolver problemas científicos.
11. I like to find out why something happens by doing experiments rather than by being told	11. Me gusta más descubrir la razón por la que pasan las cosas que que me lo cuenten.
12. To answer a science question, I would think it over before asking for help	12. Para responder a una pregunta sobre ciencia, primero lo pienso yo antes de pedir ayuda.
13. The most important thing in learning science is to remember scientific concept and theories	13. Lo más importante para aprender ciencia es recordar conceptos y teorías científicos.
14. I like watching the TV shows of science.	14. Me gusta ver shows sobre ciencia en la televisión.
15. Sometimes, there are multiple answers for one science question	15. A veces, hay más de una respuesta para una pregunta de ciencias.
16. Learning science will help me to learn other subjects	16. Aprender ciencias me ayudará a aprender otras asignaturas.
17. I want to be a scientist when I grow up	17. De mayor quiero ser científico.
18. I like reading science books	18. Me gusta leer libros de ciencia.

Ítems (versión en inglés)	Ítems (traducción al castellano)
19. Team work is often needed for solving hard science problems	19. Muchas veces el trabajo en equipo es necesario para resolver problemas de ciencia difíciles.
20. I do not like to spend much time on doing science experiments	20. No me gusta pasar mucho tiempo haciendo experimentos científicos.
21. I would try different ways to know more about science	21. Probaría distintos caminos para saber más sobre ciencia.
22. Science is relevant to our lives.	22. La ciencia es importante para nuestras vidas.
23. When we talk about science, I always have different opinion from my friends	23. Cuando hablamos sobre ciencia, siempre tengo una opinión contraria a la de mis amigos.
24. The primary purpose to learn science is to try to solve the real world problems	24. El principal objetivo de la ciencia es el de intentar resolver problemas de la vida real.

Anexo 2

Cuestionario *Asian Student Attitudes Toward Science Class Survey (ASATSCS)* de Wang y Berlin (2010).

Ítems (versión en inglés)	Ítems (traducción al castellano)
1. In science class, doing experiments is boring.	1. En clase de ciencias, hacer experimentos es aburrido.
2. In science class, experiments are difficult.	2. En clase de ciencias, los experimentos son difíciles.
3. In science class, listening to the lectures from the teacher is interesting.	3. En clase de ciencias, escuchar al profesor en las clases magistrales es interesante.
4. I usually understand what is taught in my science class.	4. Normalmente entiendo lo que se enseña en la clase de ciencias.
5. The experiments I do in science class are useful.	5. Los experimentos que hago en clase de ciencias son útiles.
6. The questions in the science workbook are easy for me.	6. Las preguntas del libro de ciencias son fáciles para mí.
7. In science class, I learn more science when I work in a group.	7. En clase de ciencias, aprendo más cuando trabajo en grupo.
8. I enjoy Reading the science textbook.	8. Disfruto leyendo el libro de ciencia.
9. I do not like answering the questions in my science workbook.	9. No me gusta responder a las preguntas del libro de ciencias.
10. The material in the science textbook is hard for me.	10. El contenido del libro de ciencias es difícil para mí.
11. I would enjoy school more if there was no science class.	11. Disfrutaría más del colegio si no hubiese clase de ciencias.
12. I like when the teacher teaches our science class outside.	12. Me gusta cuando el profesor de ciencias nos da la clase fuera.
13. I am afraid to answer questions in science class.	13. Me da miedo responder preguntas en clase de ciencias.
14. During science class, I like to read science posters.	14. Durante la clase de ciencias, me gusta leer posters de ciencia.
15. My science class is interesting.	15. Mi clase de ciencias es interesante.
16. Science class is hard for me.	16. La clase de ciencias me cuesta.
17. In science class, watching a science film on TV is boring.	17. Ver una película de ciencia en clase de ciencias es aburrido.

Ítems (versión en inglés)	Ítems (traducción al castellano)
18. Science class is a waste of time.	18. La clase de ciencias es una pérdida de tiempo.
19. Science class provides me with knowledge to use in my daily life.	19. La clase de ciencias me da conocimientos para utilizar en mi vida diaria.
20. I usually get good scores in science class.	20. Suelo sacar buenas notas en clase de ciencias.
21. In science class, science posters do not help me to learn science.	21. En la clase de ciencias, los posters no me ayudan a aprender ciencia.
22. I like to do experiments in science class.	22. Me gusta hacer experimentos en clase de ciencias.
23. I don't like science class.	23. No me gusta la clase de ciencias.
24. The material in the science textbook helps me to learn science.	24. El contenido del libro de ciencias me ayuda a aprender ciencias.
25. The questions in the science workbook do not help me to learn science.	25. Las preguntas del libro de ciencias no me ayudan a aprender ciencias.
26. In science class, watching a science film on TV helps me to learn science.	26. Ver una película científica en clase de ciencias me ayuda a aprender ciencias.
27. I do not like field trips in my science class.	27. No me gustan las salidas/visitas/excursiones en clase de ciencias.
28. In my science class, field trips do not help me to learn science.	28. Las salidas/visitas/excursiones en clase de ciencias no me ayudan a aprender.
29. It is easy for me to understand the teacher's lectures in science class.	29. Me resulta fácil entender las explicaciones del profesor en la clase de ciencias.
30. I look forward to science class.	30. Espero con ganas la clase de ciencias.

Anexo 3

Cuestionario *School Science Attitude Survey* (SSAS) de Kennedy, Quinn y Taylor, (2016).

Ítems (versión en inglés)	Ítems (traducción al castellano)
1. I am very likely to enroll on a science course in Year 11.	1. Es muy probable que elija un curso de Ciencias de la Naturaleza* en la ESO.
2. I think science is:	2. Pienso que la Ciencias de la Naturaleza es:
3. I struggle with completing the assignments for science class.	3. Me cuesta terminar las tareas para la clase de Ciencias de la Naturaleza.
4. I think I am very good at science.	4. Pienso que soy muy bueno en Ciencias de la Naturaleza.
5. A job as a scientist would be interesting.	5. Un trabajo como científico o científica sería interesante.
6. For my planned career, knowledge of school science will be:	6. Para mis futuros estudios, el conocimiento de las clases de Ciencias de la Naturaleza es:
7. Science helps to make life better.	7. La ciencia ayuda a mejorar la vida.
8. I want to learn about plants in my area.	8. Quiero aprender sobre las plantas de mi entorno.
9. For my everyday life, I think school science is:	9. Para mi vida diaria, creo que la Ciencias de la Naturaleza es:
10. I want to learn about electricity and how it is used in the home.	10. Quiero aprender sobre la electricidad y saber cómo se usa en una casa.

Anexo 4

Cuestionario *Behaviors, Related Attitudes, and Intentions toward Science (BRAINS)* de Summers y Abd-El-Khalick (2018).

Ítems (versión en inglés)	Ítems (traducción al castellano)
1. I enjoy science	Me gustan las Ciencias.
2. Scientists are highly respected	Los científicos son muy respetados.
3. Most people should understand science because it affects their lives ^f	La gran mayoría de las personas deberían entender las Ciencias porque les afecta en sus propias vidas.
4. I will study science if I get into a university	Voy a estudiar Ciencias si entro en la Universidad.
5. I am sure I can do well on science tests	Estoy seguro/a de que puedo hacerlo bien en los exámenes de Ciencias.
6. I usually give up when I do not understand a science concept	Me doy por vencido/a cuando no entiendo un concepto de Ciencias.
7. Science is one of the most interesting school subjects	Las Ciencias son una de las asignaturas más interesantes del colegio.
8. Teachers encourage me to understand concepts in science classes	Los profesores me animan a entender los conceptos en las clases de Ciencias.
9. Members of my family work in scientific careers	Algunos miembros de mi familia trabajan en profesiones relacionadas con la Ciencia.
10. Science is easy for me	Las Ciencias son fáciles para mí.
11. I will not pursue a science-related career in the future	No voy a elegir una profesión relacionada con las Ciencias en el futuro.
12. I cannot understand science even if I try hard	No voy a entender las Ciencias aunque me esforzara
13. I will become a scientist in the future	Voy a ser científico en el futuro.
14. I can understand difficult science concepts	Entiendo conceptos complicados de Ciencias.
15. I really enjoy science lessons	Disfruto mucho de las clases de Ciencias.
16. I will continue studying science after I leave school	Voy a seguir estudiando Ciencias después de terminar la etapa escolar.
17. My family encourages my interest in science	Mi familia apoya mi interés por las Ciencias.
18. I am confident that I can understand science	Puedo entender las Ciencias sin problemas.

Ítems (versión en inglés)	Ítems (traducción al castellano)
19. We live in a better world because of science	Vivimos en un mundo mejor gracias a las Ciencias.
20. I would enjoy working in a science-related career	Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con las Ciencias.
21. Knowing science can help me make better choices about my health	Las Ciencias pueden ayudarme a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.
22. My family encourages me to have a science related career	Mi familia me anima a escoger una profesión relacionada con las Ciencias.
23. I would like to do science experiments at home	Me gustaría realizar experimentos de Ciencias en casa
24. I really like science	Me gustan mucho las Ciencias
25. Scientists usually like to go to work even when they have a day off	A los científicos les gusta ir a trabajar, incluso en sus días de descanso.
26. Knowledge of science helps me protect the environment	Los conocimientos de Ciencias me ayudan a proteger el medio ambiente.
27. Science will help me understand the world around me	Las Ciencias me ayudan a entender el mundo que nos rodea.
28. I will take additional science courses in the future	Voy a seguir haciendo cursos de Ciencias en el futuro.
29. People with science-related careers have a normal family life	Las personas con una profesión relacionada con las Ciencias tienen una vida familiar normal.
30. I do not like science	No me gustan las Ciencias.

Anexo 5

Versión española del TOSRA realizada por Navarro, Förster, González y González-Pose (2016).

Ítems (versión en inglés)	Ítems (traducción al castellano)
1. Money spent on science is well worth spending.	1. El dinero que se invierte en ciencia es dinero bien invertido.
2. Science is man's worst enemy.	2. La ciencia es el peor enemigo del hombre.
3. Public money spent on science in the last 10 years has been used wisely.	3. El dinero público dedicado a la ciencia en los últimos años ha sido utilizado con inteligencia.
4. Scientific discoveries are doing more harm than good.	4. Los descubrimientos científicos están produciendo más daño que beneficio.
5. The government should spend more money on scientific research.	5. El gobierno debe gastar más dinero en la investigación científica.
6. Too many laboratories are being built at the expense of the rest of education.	6. Se están construyendo demasiados laboratorios a costa de la disminución de inversión para el resto de la educación
7. Science helps to make life better.	7. La ciencia contribuye a mejorar la calidad de vida.
8. This country is spending too much money on science.	8. Nuestro país está gastando demasiado dinero en la ciencia.
9. Science can help to make the world a better place in the future.	9. La ciencia puede ayudar a hacer del mundo un lugar mejor.
10. Money used on scientific projects is wasted.	10. El dinero utilizado en proyectos científicos es dinero desperdiciado.
11. Scientists usually like to go to their laboratories when they have a day off.	11. A los científicos les gusta ir a sus laboratorios cuando tienen un día libre.
12. Scientists are about as fit and healthy as other people.	12. Los científicos son tan saludables y tienen la misma condición física que el resto de las personas.
13. Scientists do not have enough time to spend with their families.	13. Los científicos no tienen suficiente tiempo para estar con sus familias.
14. Scientists like sport as much as other people do.	14. Los científicos gustan del deporte tanto como el resto de las personas.
15. Scientists are less friendly than other people.	15. Los científicos son menos amigables que otras personas.

Ítems (versión en inglés)	Ítems (traducción al castellano)
16. Scientists can have a normal family life.	16. Los científicos pueden tener una vida familiar normal.
17. Scientists do not care about their working conditions.	17. Los científicos no están preocupados por sus condiciones de trabajo.
18. Scientists are just as interested in art and music as other people are.	18. Los científicos están tan interesados en el arte y la música como el resto de la gente.
19. Few scientists are happily married.	19. Pocos científicos tienen éxito en su vida matrimonial.
20. If you met a scientist he would probably look like anyone else you might meet.	20. Si conocieras a un científico, probablemente él se vería como una persona común y corriente.
21. I would prefer to find out why something happens by doing an experiment than by being told.	21. Preferiría averiguar el porqué de un fenómeno haciendo un experimento a que me lo cuenten.
22. Doing experiments is not as good as finding out information from teachers.	22. Hacer experimentos no es tan bueno como obtener información de un profesor.
23. I would prefer to do experiments than to read about them.	23. Preferiría hacer experimentos que leer sobre ellos.
24. I would rather agree with other people than do an experiment to find out for myself.	24. Preferiría concordar con otras personas que hacer un experimento para averiguar por mí mismo.
25. I would prefer to do my own experiments than to find out information from a teacher.	25. Preferiría hacer mis propios experimentos que recibir la información de un profesor.
26. I would rather find out about things by asking an expert than by doing an experiment.	26. Preferiría averiguar acerca de las cosas preguntándole a un experto, que hacer un experimento.
27. I would rather solve a problem by doing an experiment than be told the answer.	27. Preferiría resolver un problema haciendo un experimento a que me digan la respuesta.
28. It is better to ask the teacher the answer than to find it out by doing experiment.	28. Es mejor preguntar al profesor la respuesta que llegar a ella por medio de experimentos.
29. It would prefer to do an experiment on a topic than to read about it in science magazines.	29. Preferiría hacer un experimento sobre un tema que leer sobre éste en revistas científicas.
30. It is better to be told scientific facts than to find them out from experiments.	30. Es mejor que los hechos científicos sean contados a descubrirlos a partir de experimentos.
31. I enjoy reading about things which disagree with my previous ideas.	31. Me gusta leer sobre temas que no están de acuerdo con mis ideas.
32. I dislike repeating experiments to check that I get the same results.	32. No me gusta repetir los experimentos para comprobar que me dan los mismos resultados.
33. I am curious about the world in which we live.	33. Tengo curiosidad acerca del mundo en que vivimos.

Ítems (versión en inglés)	Ítems (traducción al castellano)
34. Finding out about new things is unimportant.	34. No es importante investigar sobre cosas nuevas.
35. I like to listen to people whose opinions are different from mine.	35. Me gusta escuchar a las personas cuyas opiniones son diferentes a las mías.
36. I find it boring to hear about new ideas.	36. Me parece aburrido oír ideas nuevas.
37. In science experiments I, like to use new methods which I have not used before.	37. En los experimentos científicos, me gusta usar métodos que no he usado antes.
38. I am unwilling to change my ideas when evidence shows that the ideas are poor.	38. No estoy dispuesto a cambiar mis ideas aunque la realidad muestre que éstas no tienen suficiente base.
39. In science experiments I report unexpected results as well as expected ones.	39. En los informes científicos reporto tanto los resultados esperados como los inesperados.
40. I dislike listening to other people's opinions.	40. No me gusta escuchar las opiniones de otras personas.
41. Science lessons are fun.	41. Las clases de ciencia son entretenidas.
42. I dislike science lessons.	42. No me gustan las clases de ciencia.
43. School should have more science lessons each week.	43. La escuela debería tener más horas de ciencia a la semana.
44. Science lessons bore me.	44. Las clases de ciencia me aburren.
45. Science is one of the most interesting school subjects.	45. Las asignaturas científicas son las más interesantes del colegio.
46. Science lessons are a waste of time.	46. Las clases de ciencia son una pérdida de tiempo.
47. I really enjoy going to science lessons.	47. Realmente me gusta asistir a las clases de ciencias.
48. The material covered in science lessons is uninteresting.	48. Los contenidos de los programas de ciencias no son interesantes.
49. I look forward to science lessons.	49. Espero con ansias las clases de ciencias.
50. I would enjoy school more if there were no science lessons.	50. Disfrutaría más el colegio si no hubiera clases de ciencia.
51. I would like to belong to a science club.	51. Me gustaría pertenecer a un club de la ciencia.
52. I get bored when watching science programs on TV at home.	52. Me aburro cuando veo en mi casa programas científicos en la televisión.
53. I would like to be given a science book or a piece of scientific equipment as a present.	53. Me gustaría recibir como regalo un libro de ciencias o un instrumento científico.

Ítems (versión en inglés)	Ítems (traducción al castellano)
54. I dislike reading books about science during my holidays.	54. No me gusta leer libros de ciencia durante mis vacaciones.
55. I would like to do science experiments at home.	55. Me gustaría hacer experimentos científicos en mi casa.
56. Talking to friends about science after school would be boring.	56. Sería aburrido conversar con los amigos sobre ciencia después del colegio.
57. I would enjoy having a job in a science laboratory during my school holidays.	57. Disfrutaría tener un trabajo en un laboratorio de ciencias durante mis vacaciones escolares.
58. Listening to talk about science on the radio would be boring.	58. Sería aburrido escuchar un programa de ciencia en la radio.
59. I would enjoy visiting a science museum at the weekend.	59. Me gustaría visitar un museo de ciencias durante mis fines de semana.
60. I dislike reading newspaper articles about science.	60. No me gusta leer artículos periodísticos sobre ciencia.
61. I would dislike being a scientist after I leave school.	61. Al finalizar mis estudios, me desagradaría ser un científico o científica.
62. When I leave school, I would like to work with people who make discoveries in science.	62. Cuando termine mis estudios, me gustaría trabajar con personas que hacen descubrimientos científicos.
63. I would dislike a job in a science laboratory after I leave school.	63. No me gustaría trabajar en un laboratorio de ciencias después de terminar mis estudios.
64. Working in a science laboratory would be an interesting way to earn a living.	64. Trabajar en un laboratorio de ciencias podría ser una interesante manera de ganarse la vida.
65. A career in science would be dull and boring.	65. Ejercer una carrera científica sería tedioso y aburrido.
66. I would like to teach science when I leave school.	66. Cuando termine mis estudios me gustaría enseñar ciencias.
67. A job as a scientist would be boring.	67. En el futuro, tener un trabajo científico sería aburrido.
68. A job as a scientist would be interesting.	68. Sería interesante trabajar como científico.
69. I would dislike becoming a scientist because it needs too much education.	68. No me gustaría ser un científico porque se requieren demasiados estudios.
70. I would like to be a scientist when I leave school.	69. I would like to be a scientist when I leave school.

Anexo 6

Carta con el protocolo para la valoración de expertos y cuestionario.

Estimado/a profesor/a:

Me dirijo a usted con el fin de solicitar su colaboración en el proceso de validación de un cuestionario cuyo objetivo es evaluar las actitudes y predisposición del alumnado de 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de Educación Secundaria Obligatoria para seguir estudios de ciencia (STEM). La investigación forma parte de la tesis doctoral que preparo en la Universidad Pontificia Comillas bajo la dirección de Isabel Muñoz San Roque y codirección de Elsa Santaolalla Pascual.

El protocolo para la valoración se adjunta en el presente correo. Se trata de un formulario para completar en Word. Una vez cumplimentado adjúntelo al correo de respuesta.

Le agradecemos de antemano muy sinceramente su atención y colaboración en este proyecto de investigación. En el caso de que desee obtener información adicional o realizar cualquier tipo de consulta, no dude en hacerlo a través de esta misma dirección de correo electrónico o por teléfono.

Atentamente

PROTOCOLO PARA LA VALORACIÓN DE EXPERTOS

CUESTIONARIO SOBRE ACTITUDES HACIA LA CIENCIA (STEM)

Objetivo del instrumento

Explorar la relación entre las características individuales (el sexo, la edad y la profesión de los padres) y del autoconcepto académico y la autopercepción académica y las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia en la Educación STEM.

Destinatarios del instrumento

Alumnos de Educación Primaria y Secundaria Obligatoria de centros públicos, concertado y privados de la Comunidad de Madrid con edades comprendidas entre los 10 y los 14 años.

Secciones del instrumento

1. Datos Sociodemográficos. El cuestionario es anónimo aunque se realizan una serie de preguntas con el objetivo de establecer patrones de respuesta en función de las variables sexo, edad y la profesión del padre y de la madre.
2. Autoconcepto y autopercepción académica.
3. Dimensiones:
 - *Interés profesional por la ciencia.* Considera la intención que el alumnado tiene de realizar estudios en un futuro relacionados con la ciencia o de dedicarse a una profesión relacionada con la misma.
 - *Gusto por la ciencia.* Se relaciona con el agrado o el disfrute que provoca aprender, hacer ciencia o asistir a actividades relacionadas con la ciencia.

- *Utilidad percibida de la ciencia.* Se valora la relevancia social otorgada por el alumnado a la ciencia y a los científicos y las científicas.
- *Autoeficacia.* Se relaciona con las creencias y percepciones que el alumnado tiene sobre sus propias capacidades para comprender, aprender y hacer ciencia.
- *Acciones de los referentes importantes para el alumnado.* Valora el apoyo que el alumnado recibe de la familia, los profesores y los compañeros relacionado con si debería o no, seguir estudiando ciencia.

Se presentan entre 8 y 23 ítems para cada dimensión.

Normas para la validación por expertos.

Se solicita, que valore si los datos de identificación son pertinentes de cara a establecer relaciones entre las respuestas obtenidas como variables para el posterior estudio estadístico.

También se pide que valore tanto la relevancia como la claridad de cada uno de los ítems, habiéndose establecido en ambos casos una valoración del 1 al 5, representando 1 el mínimo y 5 el máximo:

- Valorar el grado de relevancia de los ítems de cada categoría. Se le invita a añadir o suprimir alguno, o a modificar los ya existentes.

Nada relevante		Muy relevante		
1	2	3	4	5

- Valorar la claridad del ítem. Se le invita a añadir o suprimir alguno, o a modificar los ya existentes según esté expresado o no con claridad y esté escrito de manera comprensible.

Nada claro		Muy claro		
1	2	3	4	5

- Se incluye un apartado de Observaciones para que se especifique si cree que falta o sobra algún ítem o si conviene reformular alguno de los que se presenta.

Cuestionario sobre actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM

Tengo: _____ años

Soy: Chico Chica

Vivo en _____

Ocupación del padre _____

Curso que estás realizando: _____

Ocupación de la madre: _____

¿Qué lugar crees que ocuparías dentro de la clase si tuvierais en cuenta las notas?

Entre los últimos de la clase.

Por el medio, pero más cerca de los últimos.

Por el medio, pero más cerca de los primeros.

Entre los primeros de la clase.

En general te consideras...

Muy mal estudiante.

Mal estudiante.

Dentro de la media.

Buen estudiante.

Muy buen estudiante

Por favor, lea cuidadosamente cada frase y elija la respuesta que mejor la define

Interés profesional por la ciencia	Relevancia					Claridad				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1. Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.										
2. Voy a seguir estudiando Ciencia después de terminar la etapa escolar.										
3. Voy a seguir haciendo cursos de Ciencia en el futuro.										
4. Voy a estudiar Ciencia si entro en la Universidad.										
5. Voy a ser científico o científica en el futuro.										

Interés profesional por la ciencia	Relevancia					Claridad				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
6. No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.										
7. Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.										
8. No quiero un trabajo como científico o científica en el futuro										
9. No seguiré una carrera relacionada con la Ciencia en el futuro.										

Observaciones:

Gusto por la ciencia	Relevancia					Claridad				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
10. Me gusta mucho la Ciencia.										
11. Me gusta aprender Ciencia.										
12. Disfruto mucho de las clases de Ciencia.										
13. Disfruto mucho estudiando Ciencia.										
14. Disfruto aprendiendo Ciencia.										
15. No me gusta la Ciencia.										
16. Las asignaturas de Ciencia son las más interesantes del colegio.										
17. Los temas de Ciencia son mis favoritos.										
18. Me gusta realizar experimentos de Ciencia en casa.										
19. Me gusta asistir a actividades relacionadas con la ciencia en mi tiempo libre.										
20. Me gusta hacer actividades de ciencia en la escuela.										

Observaciones:

Utilidad percibida de la ciencia	Relevancia					Claridad				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
21. La Ciencia me ayuda a entender el mundo que nos rodea.										
22. La Ciencia me ayuda a proteger el medio ambiente.										
23. La Ciencia puede ayudarme a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.										

Utilidad percibida de la ciencia	Relevancia					Claridad				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
24. Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.										
25. La gran mayoría de las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.										
26. Los profesores me animan a entender los conceptos en las clases de Ciencia.										
27. Los científicos y las científicas son muy respetados.										
28. Las personas con una profesión relacionada con la Ciencia tienen una vida familiar normal.										
29. A los científicos les gusta ir a trabajar, incluso en sus días de descanso libre.										
30. Es importante conocer la ciencia para obtener un buen trabajo.										
31. Las personas deben entender la Ciencia ya que es una parte importante de sus vidas.										
32. La Ciencia ayuda a resolver los problemas de la vida cotidiana.										
33. Tienes que estar un poco loco para ser un científico o una científica.										
34. Las personas que se dedican a la Ciencia son varones.										
35. Los científicos no tienen tiempo suficiente para divertirse.										
36. Nuestro mundo es mejor debido a la Ciencia.										
37. Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas.										
38. Los descubrimientos de Ciencia no afectan a cómo vivo.										
39. La Ciencia es útil solo para los científicos.										
40. Los descubrimientos científicos no ayudan a las personas a vivir mejor.										
41. Las cosas que los científicos descubren a través de su trabajo no afectan a otras personas en mi vida.										
42. Los chicos tienen más talento que las chicas para la Ciencia.										
43. Las mujeres con una profesión relacionada con la Ciencia no tienen tiempo suficiente para divertirse.										

Observaciones:

Autoeficacia	Relevancia					Claridad				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
44. Puedo entender la Ciencia sin problemas.										
45. La Ciencia es fácil para mí.										
46. Entiendo conceptos complicados de Ciencias.										
47. Estoy seguro o segura de que puedo hacerlo bien en los exámenes de Ciencias.										
48. No voy a entender la Ciencia aunque me esfuerce.										
49. Me doy por vencido o vencida cuando no entiendo un concepto de Ciencias.										
50. La mayoría de los estudiantes parecen entender la Ciencia.										
51. No importa cómo lo intente, no puedo entender lo que el maestro describe en la clase de Ciencias.										
52. Me pone nervioso pensar en estar en una clase de ciencias.										
53. No lo hago muy bien en Ciencia.										
54. A menudo pienso, "no puedo hacer esto" cuando se enseña Ciencia.										
55. Me da miedo tener que estudiar Ciencias.										
56. La Ciencia es difícil para la mayoría de los estudiantes.										
57. Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan menos aprobar aunque estudies.										
58. Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar aunque estudies.										
59. Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.										

Observaciones:

Acciones de los referentes importantes para el alumno	Relevancia					Claridad				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
60. Mi familia apoya mi interés por las Ciencia.										
61. Algunos miembros de mi familia trabajan en profesiones relacionadas con la Ciencia.										
62. Mi familia me anima para que estudie Ciencia en un futuro.										
63. Mi familia comparte mi interés con la Ciencia.										

64. Los miembros de mi familia trabajan en Ciencia.												
65. Mis profesores me animan con la Ciencia.												
66. Mis compañeros piensan que no es importante la Ciencia.												
67. Los compañeros que son importantes para mí pensarían que es bueno para mí estudiar Ciencia en un futuro.												
68. Creo que a mis compañeros de clase les gustaría que estudiase en un futuro Ciencia.												

Anexo 7

Comunalidades

Comunalidades	Inicial	Extracción
(1) Me gusta mucho la Ciencia.	1.000	.701
(2) Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro.	1.000	.688
(3) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea.	1.000	.558
(4) No voy a entender la Ciencia, aunque me esfuerce.	1.000	.551
(5) Mis profesores me animan a esforzarme con la Ciencia.	1.000	.534
(6) La mayoría de los estudiantes parecen entender la Ciencia.	1.000	.538
(8) Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre.	1.000	.565
(9) Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia.	1.000	.718
(10) La Ciencia es fácil para mí.	1.000	.680
(11) Disfruto aprendiendo Ciencias.	1.000	.679
(12) No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	1.000	.447
(13) Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.	1.000	.512
(14) Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes.	1.000	.593
(15) Puedo entender la Ciencia sin problemas.	1.000	.675
(17) Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.	1.000	.769
(18) Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas.	1.000	.533
(19) No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.	1.000	.632
(21) Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio.	1.000	.633
(22) Me gustaría realizar experimentos de Ciencia en casa.	1.000	.608
(23) Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.	1.000	.592

Comunalidades

	Inicial	Extracción
(24) Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	1.000	.675
(25) Los científicos y las científicas son muy respetados.	1.000	.536
(27) Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.	1.000	.532
(28) No me gusta la Ciencia.	1.000	.542
(29) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a proteger el medio ambiente.	1.000	.471
(30) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar, aunque estudies.	1.000	.594
(31) Los chicos tienen más talento que las chicas para la Ciencia.	1.000	.438
(32) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.	1.000	.503
(33) Mi familia me anima para que estudie Ciencia en un futuro.	1.000	.593
(34) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan menos aprobar aunque estudies.	1.000	.421

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Anexo 8

Matriz de componentes.

	Matriz de componente ^a					
	Componente					
	1	2	3	4	5	6
(1) Me gusta mucho la Ciencia.	.815	.057	.069	-.134	.104	-.020
(11) Disfruto aprendiendo Ciencias.	.790	.136	.037	-.162	.089	.014
(2) Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro.	.768	-.226	-.204	.009	.016	.073
(14) Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes.	.755	.060	.008	.028	-.095	-.099
(17) Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.	.712	-.387	-.325	.060	-.060	.030
(1) Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio.	.711	.163	.085	-.180	-.026	-.247
(10) La Ciencia es fácil para mí.	.708	-.086	.306	-.133	-.099	.226
(8) Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre.	.688	.015	-.087	-.174	.043	-.228
(9) Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia.	.687	-.365	-.328	.028	-.004	.066
(24) Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.681	-.318	-.305	-.042	-.105	-.071
(28) No me gusta la Ciencia.	.680	-.112	.103	.070	.101	-.201
(15) Puedo entender la Ciencia sin problemas.	.672	-.089	.346	-.177	-.132	.217
(3) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea.	.611	.383	-.049	.003	.168	.080
(27) Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.	.569	.276	-.024	.255	-.196	.169

Matriz de componente ^a						
	Componente					
	1	2	3	4	5	6
(32) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.	.565	.338	-.001	.182	-.182	-.053
(22) Me gustaría realizar experimentos de Ciencia en casa.	.550	.213	.037	-.212	.016	-.462
(33) Mi familia me anima para que estudie Ciencia en un futuro.	.508	-.342	-.359	-.047	-.284	-.075
(14) No voy a entender la Ciencia, aunque me esfuerce.	.477	-.079	.383	.158	.199	.326
(29) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a proteger el medio ambiente	.386	.539	-.028	.116	-.025	-.132
(13) Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.	.413	.458	.019	.288	-.164	.148
(19) No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro.	.366	-.412	-.252	.403	.302	.101
(23) Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.	.268	-.392	.584	.052	.034	-.147
(30) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar, aunque estudies.	.215	-.495	.545	.071	.012	-.017
(18) Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas.	.374	.146	.218	.568	-.005	-.034
(31) Los chicos tienen más talento que las chicas para la Ciencia	.152	.220	.061	.463	.065	-.380
(12) No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.261	-.319	-.123	.154	.483	.069
(5) Mis profesores me animan a esforzarme con la Ciencia.	.389	.304	.083	-.242	.450	.151
(6) La mayoría de los estudiantes parecen entender la Ciencia.	.233	.332	-.125	-.391	.442	.100
(34) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan menos aprobar aunque estudies.	.244	-.182	.192	-.334	-.423	.002
(25) Los científicos y las científicas son muy respetados	.345	.316	-.155	.018	-.293	.455

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. 6 componentes extraídos.

