



**COMILLAS**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

# Trabajo Fin de Grado

Proyecto de Innovación en Educación STEM  
para la etapa de Educación Primaria

## **Valoración de las habilidades transversales en propuestas educativas STEM**

**Elena Güemes González**

Directoras: Elsa Santaolalla y Olga Martín

Doble Grado de Educación Primaria e Infantil

Curso 2019/2020

24 de abril 2020



Proyecto de Innovación en Educación STEM  
para la etapa de Educación Primaria

**Valoración de las habilidades transversales  
en propuestas educativas STEM**

**Elena Güemes González**

Directoras: Elsa Santaolalla y Olga Martín

24 de abril 2020



## RESUMEN

El ciudadano del siglo XXI tiene que desarrollar las competencias y habilidades específicas que permitan satisfacer las necesidades y demandas propias de una sociedad tecnológica llena de cambios e incertidumbre. La educación STEM trata de dar respuesta a este reto que se plantea porque desarrolla un aprendizaje competencial a través de habilidades que son imprescindibles para el desarrollo global del individuo a nivel profesional y personal. La Educación Infantil y Primaria son dos etapas claves para fomentar y desarrollar estas habilidades.

Con el objetivo de que la educación STEM se lleve a cabo de manera adecuada desde las primeras edades (6 – 12 años), se propone un instrumento que sirva de guía tanto para la valoración como para el diseño de propuestas educativas que desarrollen las habilidades transversales que caracterizan una formación STEM. Por eso, estas últimas, creatividad, colaboración, comunicación, resolución de problemas, pensamiento crítico e investigación, son las seis categorías de referencia y cada una de ellas tiene asignados cuatro indicadores, lo que permite configurar un instrumento de valoración con 24 indicadores en total. Para aplicarlo se propone usar una escala tipo Likert de cinco niveles y una representación gráfica, un gráfico radial que representa de un modo visual y claro las puntuaciones asignadas a cada habilidad.

Finalmente, se ha aplicado la escala a la propuesta STEM titulada *El Invernadero* y desarrollada en Scientix, una prestigiosa comunidad para la enseñanza de las ciencias en Europa, que ha permitido valorar el grado de desarrollo de las distintas habilidades transversales en dicha práctica educativa de la etapa de primaria.

**Palabras clave:** STEM; escala; Educación Primaria; indicadores; habilidades transversales.

## ABSTRACT

21st century citizens should develop specific competences and skills to satisfy the needs and demands for a technological society that is uncertain and in continuous change. STEM Education responds to this challenge by developing learning through competences that are essential for the overall development of the individual on a professional and personal level. Infant and Primary Education are two key stages in fostering and developing these skills.

In this work, a novel strategy to guarantee that STEM Education is carried out adequately from the earliest ages (6 - 12 years) is presented. This tool will be used to assess and aid in the design of educational practices that develop transversal skills that characterize a STEM formation. Creativity, collaboration, communication, problem solving, critical thinking and research, are the six reference transversal skill categories. In this proposal, each of them has four indicators, resulting on an assessment scale with 24 indicators in total. To apply it, it is advised to use a five-level Likert-type scale and a graphic representation. For the latter, a radial graph has been selected as the most appropriate method to achieve a visual and clear representation of the punctuation assigned to each skill.

Finally, this assessment scale has been applied to evaluate the degree of development of transversal skills in a STEM activity for Primary Education called *The Greenhouse*. This activity was developed in Scientix, which is a prestigious community for science education in Europe.

**Keywords:** STEM; scale; Primary Education; indicators; transversal competences.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN PERSONAL.....</b>	<b>8</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO.....</b>	<b>11</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>

## MARCO TEÓRICO

<b>4. La educación STEM .....</b>	<b>15</b>
4.1. Educación STEM: definición y características .....	18
4.2. Objetivos de la educación STEM .....	21
4.3. Proyectos internacionales de educación STEM .....	23
<b>5. Aprendizaje competencial y educación STEM .....</b>	<b>28</b>
5.1. Habilidades transversales a las competencias.....	37
5.2. Descripción de las seis habilidades transversales.....	40
5.2.1. Creatividad.....	40
5.2.2. Colaboración.....	41
5.2.3. Comunicación .....	41
5.2.4. Resolución de problemas .....	42
5.2.5. Pensamiento crítico.....	42
5.2.6. Investigación.....	43
<b>6. Práctica docente y evaluación STEM .....</b>	<b>44</b>
6.1. El docente STEM.....	44
6.2. Aprendizaje basado en proyectos (ABP) .....	47
6.3. Evaluación: conceptos generales .....	49
6.4. La evaluación de las competencias y las habilidades transversales .....	52

## PROPUESTA DE INNOVACIÓN

<b>7. Presentación y objetivos de la propuesta .....</b>	<b>59</b>
<b>8. Escala de valoración de habilidades transversales en propuestas STEM .....</b>	<b>61</b>

8.1.	Indicadores de las seis habilidades transversales .....	61
8.1.1.	Indicadores de la habilidad transversal creatividad .....	61
8.1.2.	Indicadores de la habilidad transversal colaboración .....	64
8.1.3.	Indicadores de la habilidad transversal comunicación .....	65
8.1.4.	Indicadores de la habilidad transversal resolución de problemas .....	67
8.1.5.	Indicadores de la habilidad transversal pensamiento crítico .....	70
8.1.6.	Indicadores de la habilidad transversal investigación .....	72
8.2.	Aplicación de la escala de valoración de habilidades transversales en propuestas STEM.....	74
8.3.	Representación gráfica de la escala de valoración .....	79
<b>9.</b>	<b>Aplicación de la escala a la propuesta educativa STEM <i>El Invernadero</i> .....</b>	<b>84</b>
9.1.	Scientix .....	84
9.2.	STEM4Math.....	85
9.3.	Desarrollo de la propuesta STEM <i>El Invernadero</i> .....	86
9.4.	Aplicación de la escala a la propuesta <i>El Invernadero</i> .....	90
<b>10.</b>	<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>111</b>
10.1.	Revisión de los objetivos propuestos.....	111
10.2.	Debilidades y fortalezas del proyecto de innovación .....	112
10.3.	Aportación y utilidad para el ámbito de la educación .....	114
10.4.	Aportación del trabajo a nivel personal.....	114
<b>11.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>117</b>
<b>12.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>122</b>
	ANEXO 1. Ejemplos de gráficos radiales para representar los datos obtenidos de la escala.....	122
	ANEXO 2. Ficha del profesor recuperada de la propuesta <i>El Invernadero</i> .....	126
	ANEXO 3. Cuaderno del alumno de la propuesta <i>El Invernadero</i> . .....	133



**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Nivel transdisciplinario: aporte de las asignaturas para una educación STEM Integrada.....	19
<b>Figura 2.</b> Características educación STEM. ....	21
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de estudiantes de 15 años participantes que desean realizar una carrera científica, ingeniera o informática.....	23
<b>Figura 4.</b> Estudiantes Universitarios en disciplinas STEM en España.....	24
<b>Figura 5.</b> Estudiantes matriculados por rama.....	25
<b>Figura 6.</b> Motivos por los que no escogerían formarse en la rama de Ingeniería y Arquitectura.....	26
<b>Figura 7.</b> Pasos del proceso de diseño de la ingeniería como eje vertebrador de la educación STEM.....	36
<b>Figura 8.</b> Las matemáticas como eje vertebrador de las áreas STEM.....	36
<b>Figura 9.</b> Relación que existe entre las habilidades STEM y las habilidades para una sociedad eminentemente tecnológica.....	39
<b>Figura 10.</b> Tipos de evaluación según la finalidad y el momento.....	51
<b>Figura 11.</b> Características del ciudadano del siglo XXI basadas en las 6 habilidades.....	60
<b>Figura 12.</b> Ejemplo de gráfico de radial para evaluar propuestas STEM. ....	80
<b>Figura 13.</b> Ejemplo de gráfico radial para valorar las habilidades transversales de una propuesta STEM.....	82
<b>Figura 14.</b> Metodología STEM4Math. ....	86
<b>Figura 15.</b> Actividad <i>participa</i> del cuaderno del alumno de la propuesta <i>El Invernadero</i> .....	91
<b>Figura 16.</b> Versiones de los tipos de invernaderos.....	92

<b>Figura 17.</b> Actividad <i>investiga</i> del cuaderno del alumno de la propuesta	
<i>El Invernadero</i> .....	93
<b>Figura 18.</b> Reto y problemas a afrontar en la propuesta	
<i>El Invernadero</i> .....	94
<b>Figura 19.</b> Actividad <i>medir la temperatura</i> en la propuesta	
<i>El Invernadero</i> .....	94
<b>Figura 20.</b> Ejemplo de gráfico de las temperaturas .....	95
<b>Figura 21.</b> Instrucciones para compartir los datos de las temperaturas.....	96
<b>Figura 22.</b> Fase de planificación de la propuesta	
<i>El Invernadero</i> .....	98
<b>Figura 23.</b> Proceso de creación del invernadero.....	98
<b>Figura 24.</b> Preguntas para guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje.....	99
<b>Figura 25.</b> Actividad de comparar y compartir de la propuesta	
<i>El Invernadero</i> .....	100
<b>Figura 26.</b> Instrucciones para la elaboración de escalas.....	101
<b>Figura 27.</b> Actividad <i>haz tu informe</i> de la propuesta	
<i>El invernadero</i> .....	102
<b>Figura 28.</b> Instrucciones actividad de medida de temperaturas.....	103
<b>Figura 29.</b> Actividad del proceso de investigación del proyecto.....	103
<b>Figura 30.</b> Gráfico radial de la propuesta <i>El Invernadero</i> .....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Comparación de la clasificación de las competencias básicas y clave según la LOE (2006) y la LOMCE (2013).....	30
<b>Tabla 2.</b> Subcompetencias científicas.....	32
<b>Tabla 3.</b> Evolución del concepto evaluación en España. ....	49
<b>Tabla 4.</b> Resumen de las competencias de las fuentes consultadas. ....	55
<b>Tabla 5.</b> Resumen de las habilidades de las fuentes consultadas. ....	57
<b>Tabla 6.</b> Indicadores para valorar habilidades transversales en prácticas STEM.....	75
<b>Tabla 7.</b> Resumen de las puntuaciones y medias del ejemplo propuesto.....	81
<b>Tabla 8.</b> Objetivos de la propuesta STEM <i>El Invernadero</i> .....	88
<b>Tabla 9.</b> Áreas de conocimiento de la propuesta STEM <i>El Invernadero</i> .....	88
<b>Tabla 10.</b> Descripción de las actividades del proyecto STEM <i>El Invernadero</i> .....	89
<b>Tabla 11.</b> Escala de valoración de la propuesta <i>El Invernadero</i> .....	105
<b>Tabla 12.</b> Resumen de las puntuaciones y medias de la propuesta STEM <i>El Invernadero</i> .....	108

## ABREVIATURAS

**ABC:** Aprendizaje Basado en Competencias

**ABL:** Aprendizaje Basado en Lecciones

**ABP:** Aprendizaje Basado en Proyectos

**ACOLA:** Australian Council of Learned Academies

**Col:** Colaboración

**Com:** Comunicación

**cont.:** continuación

**Cr:** Creatividad

**CTIM:** Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas

**ECD:** Equipo de Comunicación de Datos

**et al.:** *et alii*, indicación de la omisión de autores

**FP:** Formación Profesional

**ICT:** Information and Communication Technology

**I + D:** Investigación + Desarrollo

**In:** Investigación

**INTEF:** Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado

**LGE:** Ley General de Educación y Financiación de la Reforma Educativa

**LOE:** Ley Orgánica de Educación

**LOGSE:** Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo

**LOMCE:** Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa

**MEFP:** Ministerio de Educación y Formación Profesional

**NRC:** National Research Council

**OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

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

**P21:** Partnership for 21st Century Skills

**PBL:** Problem Based Learning

**PC:** Pensamiento crítico

**PISA:** Programme for International Student Assessment

**PjBL:** Project Based Learning

**PNC:** Puntos Nacionales de Contacto

**pp.:** páginas

**RP:** Resolución de problemas

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

**STEM:** Science, Technology, Engineering, Mathematics

**STEM + B:** Science, Technology, Engineering, Mathematics + Business

**STREAMS:** Science, Technology, Reading-Writing, Engineering, Arts, Mathematics

**TIC:** Tecnologías de la Información y Comunicación

**UNESCO:** United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization

## 1. INTRODUCCIÓN PERSONAL

“No me gustan las matemáticas y la ciencia es muy aburrida.  
Estas asignaturas son muy difíciles y no las entiendo”.

“No me sirven para nada, las clases son interminables,  
todo el rato es teoría y más teoría”.

Elena Güemes (a los 12 años)

Estas son solo algunas de las frases que decía cuando era pequeña, y bueno, no tan pequeña, porque la verdad es que durante toda mi etapa académica en el Colegio e Instituto nunca fui capaz de llegar a comprender la verdadera esencia de las ciencias ni de las matemáticas. A pesar de que en mi familia casi todos se dedican a profesiones científico-matemáticas: médicos, matemáticos, ingenieros... Yo tenía claro que no iba a realizar ninguna carrera de ese ámbito, siempre había querido ser MAESTRA y este sueño nadie ni nada me lo iba a impedir.

En el Instituto mis profesores nunca me apoyaron en la elección de mi profesión, ya que afirmaban que una persona como yo no podía dedicarse a la enseñanza y debía seguir los pasos de mi familia. Sin embargo, esta siempre me animó a conseguir aquello que de verdad quería.

La visión que tenía de estas asignaturas científicas hasta que empecé la carrera era muy negativa. No me gustaba estudiarlas, recuerdo estar horas y horas haciendo ejercicios sin ningún sentido, intentando memorizar fórmulas, datos e información que en cuanto llegaba al examen escribía y borraba de mi mente para dejar “hueco” al siguiente tema. Por eso, cuando tuve ocasión, decidí optar por un camino más social-humanístico para poder separarme así lo más posible de materias como la física, la química, la biología, la tecnología...

Parecía imposible que fuera capaz de recuperar la ilusión por estas materias; sin embargo, mi sorpresa llegó cuando entré en la Universidad. He sido capaz de darme cuenta de que las asignaturas no son compartimentos estancos y todas ellas se relacionan entre sí. Por eso necesitamos por ejemplo las matemáticas para entender la lengua y la música, las ciencias para comprender la educación física..., y así una larga

lista de conexiones curriculares que permiten dar sentido a todo lo que se aprende en la escuela. Hay que apostar por un modelo educativo que sea interdisciplinar en el que sea posible aprender y disfrutar a la vez.

Mi motivación, gusto y admiración por todo lo relacionado con estas materias ha ido aumentando a lo largo de estos cuatro años gracias a las diferentes clases que hemos tenido en asignaturas como por ejemplo Actualización Científica y Currículo de las Matemáticas o de las Ciencias y Didáctica de Matemáticas y Ciencias. Con ellas aprendí que las ciencias no consisten en coger un libro y memorizar toda su información como si no hubiera un mañana o que las matemáticas no hay que aprendérselas porque todo lo que dice la profesora es verdad, sino que tienen una base teórica y práctica detrás que explica absolutamente todo lo que aprendemos.

El ejemplo que permitió abrirme los ojos por completo y que supuso un punto de inflexión en mi actitud hacia la ciencia fue el que realicé en 3º con mis profesoras Olga y Elsa titulado *El Abrazo de la vida y los números*. Además, tuve la oportunidad de poder realizarlo tanto desde el punto de vista de un alumno como del de un maestro, ya que en dos ocasiones pude ser yo misma quien enseñaba este taller a unos estudiantes.

Sin duda, mi modo de ver estas materias ha cambiado por completo desde entonces, por eso...

Al empezar 4º de carrera tenía claro que quería hacer un Trabajo de Fin de Grado científico y cuando mi tutora Elsa Santaolalla me propuso la idea de hacer un proyecto relacionado con las áreas de ciencia, matemáticas, ingeniería y tecnología, no dudé en escogerlo. Supe que era la oportunidad perfecta para demostrar que es posible enseñar y aprender de una forma totalmente diferente a como yo lo había hecho todo mi vida.

La educación STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) me ha abierto los ojos y la profunda investigación que he realizado sobre este tema me ha permitido darme cuenta de que todas estas áreas son imprescindibles para el desarrollo personal en una sociedad tecnológica como es en la que vivimos y que el proceso de enseñanza-aprendizaje debe realizarse de manera interdisciplinar.

Ahora, mi sueño de ser maestra está casi cumplido y me propongo otro reto: conseguir que mis futuros alumnos<sup>1</sup> sean conscientes de la importancia de las áreas STEM en su vida diaria y disfruten y aprendan de ellas a través de una educación adaptada a las necesidades del siglo XXI. Para ello, creo que la formación del profesorado es imprescindible y precisamente por esto, el objetivo de mi proyecto está destinado principalmente, pero no de manera exclusiva, a los docentes: propongo una herramienta muy útil para que sean ellos mismos quienes valoren si una propuesta<sup>2</sup> educativa desarrolla las habilidades transversales que caracterizan una educación STEM de calidad.

Espero y deseo que la escala que propongo pueda servir en un futuro a muchos profesores porque “la nueva generación de maestros y maestras STEM ya está en camino y viene, ¡pisando fuerte!” (Martín y Santaolalla, 2019, p. 46).

---

<sup>1</sup> Es importante puntualizar que a lo largo de todo el documento se usará el género masculino para referirse a ambos sexos y poder agilizar así la lectura. De este modo se emplearán términos como: profesor, alumno, maestro... No obstante, también es importante tener en cuenta la importancia del género femenino en la Educación STEM para poder equiparar las vocaciones, aumentar el número de puestos STEM en las mujeres, etc.

<sup>2</sup> El término *propuesta*, aunque no aparezca junto con la palabra educativa, siempre se va a referir a propuestas educativas, entendiéndolas como aquellas que engloben actividades, ejercicios, talleres, etc.



## 2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO FIN DE GRADO

“La Educación es el arma más poderosa para cambiar el mundo”

Nelson Mandela

Los maestros que ejercen en el siglo XXI tienen ante sus manos la posibilidad de enseñar a futuros ciudadanos que van a vivir en un mundo incierto y cambiante. Por eso, serán los propios docentes quienes tendrán que formarse para dar respuesta a las necesidades y demandas de los estudiantes, ofreciéndoles las herramientas y técnicas necesarias para que posteriormente ellos pueden formar parte de la sociedad. Esta labor requiere mucha responsabilidad por parte del profesorado, ya que el reto que se plantea es decisivo y marcará sin duda el futuro del alumnado.

Es importante tener en cuenta que la educación no solo se centra en el presente, sino que también tiene que preparar a los alumnos para la vida futura, así, por ejemplo, los adelantos en las telecomunicaciones producen un contexto caracterizado por la incertidumbre, la celeridad y lo complejo. La enseñanza se tiene que adaptar a las nuevas demandas y necesidades proponiendo un nuevo enfoque educativo: la educación STEM.

Desarrollarla implica una transformación profunda en la manera de enseñar y de aprender, siendo el profesor un agente de cambio imprescindible en este proceso. El enfoque que el docente use para enseñar las áreas STEM tiene un papel imprescindible en cómo los alumnos van a aprender esas materias y en cómo finalmente desarrollan las habilidades y actitudes necesarias para el siglo XXI. Por ello, el profesorado debe diseñar un programa en el que todos los elementos implicados en el proceso de enseñanza-aprendizaje (objetivos, metodologías, evaluación...) estén muy determinados.

La educación STEM permite precisamente dar respuesta al desafío que plantea este siglo y por ello, se ha escogido este tema con el objetivo de investigar y profundizar más sobre él para poder llevarlo al área educativa desarrollando una herramienta que permita analizar y valorar las propuestas STEM que se llevan al aula en la Educación Primaria.

El proyecto que se presenta se considera de innovación educativa porque en él se diseña, se elabora y se aplica una propuesta concreta no desarrollada anteriormente en este ámbito.

El trabajo se ha estructurado en tres grandes bloques, cada uno con sus correspondientes capítulos: marco teórico, propuesta de innovación y aplicación de la escala a la propuesta STEM *El Invernadero*.

El **marco teórico** recoge diferentes aspectos y revisiones bibliográficas realizadas sobre el enfoque STEM en educación, su evolución, situación actual y otra información relevante. Los diferentes capítulos permiten motivar y justificar la propuesta de innovación que se presenta posteriormente. En el primer apartado titulado **la educación STEM** se trata de dar respuesta a preguntas muy generales sobre este tema: qué es, cuál es su origen, cuáles son las características y objetivos clave y cuál es el impacto a nivel mundial.

En el capítulo **aprendizaje basado en competencias** se describe la importancia de desarrollar una serie de competencias y habilidades necesarias para el siglo XXI y la repercusión que estas tienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje STEM.

**La práctica docente y evaluación STEM** es un capítulo clave para poder entender el objetivo de este proyecto, ya que en él se indican las características de un profesor STEM, así como las metodologías más adecuadas para llevar a cabo este tipo de educación. Además, se presenta el término evaluación de una manera general, para poco a poco ir enfocándolo a la que es propia de la práctica STEM y poder concluir con la necesidad de elaborar una herramienta concreta como la que se desarrolla en este proyecto de innovación.

Una vez contextualizado el marco sobre el que se va a basar este proyecto, se presenta el bloque titulado **propuesta de innovación** donde se desarrolla de manera específica la herramienta diseñada para valorar las habilidades trasversales en las prácticas STEM, pudiendo dar respuesta al objetivo general del trabajo. Este instrumento novedoso servirá no solo para evaluar la eficacia de las propuestas educativas que integren el universo STEM en el conjunto curricular de forma atractiva, sino también para guiar el proceso de diseño de estas prácticas. Además, se propone

representar de una manera visual y clara las puntuaciones recogidas en la escala de valoración a través del diseño de un gráfico radial.

Posteriormente, en el bloque titulado **aplicación de la escala a la propuesta educativa STEM *El Invernadero***, se ha seleccionado de un banco europeo de recursos educativos (Scientix) una propuesta STEM concreta a la que se aplica la herramienta diseñada con el objetivo de valorar el grado de desarrollo de las habilidades transversales en ella.

Para finalizar, se presenta un capítulo de **conclusión** en el que se reflexiona sobre las debilidades y fortalezas de la propuesta y las consecuencias del proyecto en el ámbito educativo y personal.

### 3. OBJETIVOS

#### Objetivo general

- ✓ Diseñar un instrumento que permita valorar si una propuesta educativa para la etapa de Educación Primaria desarrolla las habilidades transversales que caracterizan una formación STEM.

#### Objetivos específicos

1. Analizar y describir la importancia de llevar a cabo la educación STEM en la etapa de primaria.
2. Crear un marco teórico que permita fundamentar la necesidad de usar las habilidades transversales como indicadores para analizar propuestas STEM.
3. Redactar unos indicadores concretos que permitan analizar el desarrollo de las habilidades transversales a través de una propuesta STEM.
4. Elaborar la propuesta de escala y aplicarla a una práctica educativa STEM ya diseñada y considerada como tal.
5. Definir las ventajas e inconvenientes de la herramienta de valoración propuesta.

## MARCO TEÓRICO

En esta sección se desarrollarán algunos aspectos teóricos que son fundamentales para entender la propuesta de innovación que se plantea. En primer lugar, se hará un recorrido sobre el desarrollo de la educación STEM en la actualidad, analizando su evolución, características y objetivos. Posteriormente, se presentará un análisis exhaustivo del aprendizaje competencial propio del ciudadano del siglo XXI y la relación que tiene con la educación STEM. Para terminar, se recogerán en las tablas 4 y 5 las aportaciones que diferentes instituciones, referentes internacionales y autores han realizado a lo largo de los años sobre la importancia del desarrollo de las competencias y habilidades y su evaluación.

### 4. LA EDUCACIÓN STEM

“Estamos formando a personas para trabajos que todavía no existen, que emplearán tecnología que aún no se ha inventado y resolverán problemas que no conocemos”

Jaume Carbonell (2017)

¿Por qué es importante el desarrollo de la educación STEM? Este apartado trata de dar respuesta a la cuestión planteada analizando el origen del término, las características y los objetivos de este nuevo modelo educativo y la perspectiva nacional e internacional del mismo.

Actualmente vivimos en un mundo de continuos y numerosos cambios que suponen, en muchas ocasiones, situaciones, retos o problemas a los que la sociedad debe enfrentarse. La progresiva digitalización ya ha transformado muchas de las facetas de las vidas de las personas (ICT Literacy Panel, 2002) y seguirá haciéndolo en los próximos tiempos (Bounfour, 2016). Esta nueva era se caracteriza por la progresiva aparición y sofisticación de diferentes herramientas digitales, plataformas, redes sociales, entornos virtuales..., que han modificado notablemente no solo las interacciones entre las personas, sino también la forma de actuar e intervenir en el mundo. Por ello, el ciudadano competente del siglo XXI precisa tener conocimientos

cognitivos, habilidades y características intrapersonales e interpersonales que apoyen un aprendizaje más profundo y transferible, es decir, que sean personas culturalmente abiertas, cognitivamente flexibles y capaces de trabajar de manera colaborativa con los demás.

El ciudadano de hoy debe saber apreciar los avances que se producen en la sociedad y conocer la esencia de los mismos. Ante esta nueva situación la persona debe estar preparada tanto a nivel profesional para realizar un trabajo determinado, como a nivel personal para desarrollar su vida como miembro de un país.

El objetivo principal del maestro es formar futuros ciudadanos capaces de dar respuesta a las distintas necesidades y demandas que se presentan. Aunque la educación tiene un papel imprescindible en esta situación, en muchos aspectos todavía sigue anclada en el pasado y se continúa enseñando bajo un enfoque educativo tradicional.

La pedagogía está determinada por su contexto y es por ello por lo que es necesario realizar una innovación educativa que no es algo puntual, sino que supone un largo proceso, en la que progresivamente se introduzcan y se provoquen cambios en las prácticas educativas vigentes, para poder así adaptarse a la realidad social actual y futura.

Tonucci (1990) señaló la existencia de dos tipos principales de escuelas. La primera, la más clásica se correspondería con la escuela transmisiva en la que el profesor es el poseedor de los conocimientos y la labor del alumno es aprenderlos de una manera memorística o poco activa. Pozo (1996) afirma que el modelo tradicional no asegura el uso flexible y dinámico de los conocimientos aprendidos en contextos externos al aula y esto produce y explica en muchos casos la falta de motivación y desinterés por parte del alumnado. Es por esto por lo que muchos alumnos no encuentran el sentido a lo que aprenden y estudian, y en muchas ocasiones no piensan la utilidad de los conocimientos enseñados para su desarrollo personal y profesional futuro.

El segundo tipo es una escuela mucho más actual. Es la escuela constructivista, donde destacan entre otros, autores como Piaget (1979), Vygotsky (1934) o Bruner (1991) que afirman que el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje es el alumno, quien aprende a través de diferentes metodologías activas que pretenden conseguir su

desarrollo integral y global a nivel cognitivo, afectivo, social y motor. Para ello, el profesor debe ser el guía del proceso de enseñanza-aprendizaje de cada uno de los estudiantes, ofreciéndoles las herramientas, habilidades y conocimientos necesarios para que poco a poco sean ellos mismos quienes construyan su propio aprendizaje.

Los retos a los que se enfrentan los ciudadanos de hoy en día exigen conocimientos interdisciplinares y es necesario que la educación enseñe desde este punto de vista, teniendo como objetivo el desarrollo personal y global de los alumnos en la sociedad en la que viven. De esta manera, cuando la persona se enfrente a un nuevo reto o problema ha de ser capaz de conectar y aplicar todos los conocimientos necesarios para buscar la solución. Esto implica que las diferentes asignaturas deben enseñarse estableciendo conexiones entre ellas.

Un ejemplo de aprendizaje interdisciplinar se encuentra en la educación STEM. El acrónimo STEM hace referencia a *Science, Technology, Engineering, Mathematics*<sup>3</sup> y hoy en día es un término utilizado a nivel mundial y muy en auge en muchos sistemas educativos. En muchas ocasiones el uso de este término se está haciendo de forma impropia, por eso es importante describir las bases que verdaderamente lo definen porque supone una nueva instrucción de las áreas descritas anteriormente y en consecuencia un cambio en el aprendizaje y enseñanza de las mismas. Este marco teórico pretende dar respuesta a esta cuestión.

Es difícil explicar el concepto de educación STEM y de momento no se ha determinado una definición concreta común y consensuada, ya que es un término muy amplio que abarca diferentes competencias y campos. Sin embargo, teniendo en cuenta la importancia que tiene en el desarrollo profesional y personal, varios autores han intentado dotar de un significado pedagógico y didáctico a este concepto, puesto que es importante para poder entender e implementar la enseñanza adecuadamente (Bybee, 2010).

El origen del término STEM se remonta al año 1990 cuando *National Science Foundation* lo denominó como “SMET” (*Science, Maths, Engineering and Technology*).

---

<sup>3</sup> El acrónimo en castellano es CTIM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), pero actualmente, el más usado es el inglés STEM.

No todos estuvieron de acuerdo en ofrecer este nombre pues afirmaban que se parecía mucho a la palabra inglesa *smut* (tizón). Es por esto por lo que el término STEM fue usado por primera vez por la Dra. Judith A. Ramaley<sup>4</sup> para referirse a aquellas políticas educativas que tienen como objetivo mejorar la competitividad en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, teniendo en cuenta las similitudes y puntos en común de las cuatro áreas.

#### 4.1. Educación STEM: definición y características

En la actualidad, una de las definiciones de educación STEM más completa y sencilla de entender es la que se presenta a continuación y esta será clave para describir posteriormente sus características:

“La educación STEM es un acercamiento interdisciplinario al aprendizaje que remueve las barreras tradicionales de las cuatro disciplinas (ciencias, tecnología, ingeniería, matemáticas) y las integra al mundo real con experiencias rigurosas y relevantes para los estudiantes.” (Comer, Sneider y Vásquez, 2013. Citado por Botero, 2018, p.50).

Partiendo de la definición expuesta anteriormente, a continuación, se desglosan y analizan cada una de las diferentes partes que la componen para poder entenderla con mayor precisión. De este modo se irán destacando las características básicas de la educación STEM.

**Acercamiento interdisciplinario al aprendizaje:** esta frase implica que las diferentes asignaturas están integradas de una manera global, holística, es decir, interdisciplinar. Significa que los alumnos tienen que ser capaces de realizar conexiones entre ellas para poder entender y comprender los conceptos o ideas de la asignatura: se tienen que combinar, coordinar y superponer.

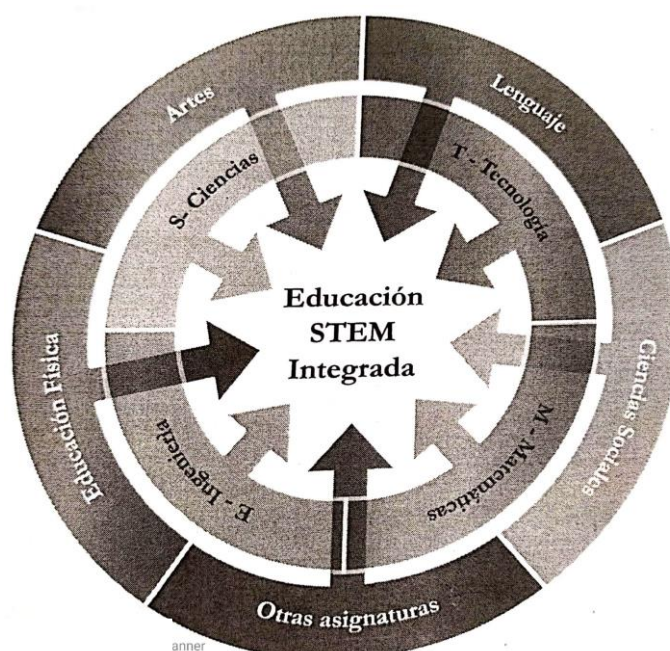
Además de las cuatro grandes áreas (ciencias, tecnología, matemáticas e ingeniería) se desarrollan otras disciplinas relacionadas con estas, logrando así una mayor fusión del currículo y en consecuencia un aprendizaje profundo. Por ello, existen

---

<sup>4</sup> Exdirectora de la División de Educación y Recursos Humanos en *National Science Foundation*.



otras acepciones del término STEM como es por ejemplo STEAM, STEM + B, STREAMS... El primero fue desarrollado por la Doctora Yakman (2008) y trató de incluir la A de artes relacionada con la arquitectura y su diseño. Ella consideraba que dentro de las artes se podían incluir muchas de las asignaturas del currículo como son lengua, ciencias, educación física, música, sociales... El segundo incorpora la B de *Business* con las ramas de economía y contabilidad. El tercero añade a STEAM la R de *Reading* y *wRiting*, ya que se considera que las habilidades lingüísticas forman parte de todo el resto de las asignaturas del currículo. La figura 1 muestra de forma sencilla cómo las diferentes asignaturas ayudan a una educación STEM integrada a través de este nivel transdisciplinario en el que las materias del currículo se fusionan.



**Figura 1.** Nivel transdisciplinario: aporte de las asignaturas para una educación STEM Integrada. Fuente: J. Botero (2018, p.164)

**Remueve las barreras tradicionales de las cuatro disciplinas:** tradicionalmente las asignaturas se impartían de forma independiente, sin conexión entre ellas, dificultando que los alumnos vieran la transferencia en el aprendizaje. Sanders (2009) señaló que la educación STEM es un proceso de enseñanza-aprendizaje integrado, en el que están involucradas dos o más de cualquiera de las áreas temáticas STEM y/o entre un tema STEM y una o más del resto de las asignaturas escolares. Vilorio (2014) afirma que los campos STEM están estrechamente relacionados y se complementan entre sí.

Por ejemplo, las matemáticas proporcionan la base para la física y la física a su vez, para la ingeniería.

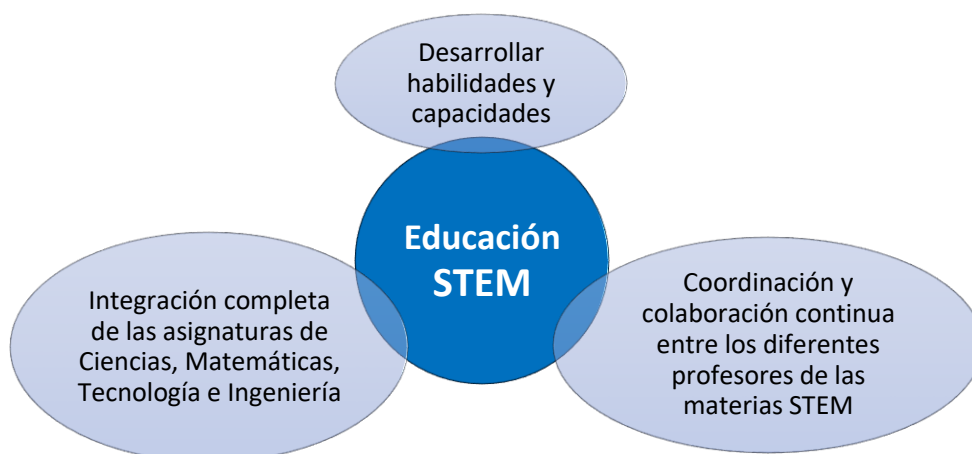
**Las integra al mundo real:** la educación STEM permite que los alumnos apliquen todo lo aprendido en su día a día, pudiendo resolver los problemas o dificultades que se encuentren. Así, no solo se tiene como objetivo conseguir que aumente el número de profesionales de esas áreas, sino permitir alfabetizar y dotar de competencias a los futuros ciudadanos con el fin de crear una sociedad que sea capaz de involucrarse y hacer frente a los retos científico-tecnológicos.

**Con experiencias rigurosas y relevantes para los estudiantes:** en la educación STEM se sigue el marco del constructivismo, por lo que los alumnos deben participar de una manera activa (cognitiva, afectiva, social y físicamente) en la construcción de su aprendizaje y para ello tienen que estar expuestos a distintos retos (cotidianos y de su interés) que permitan desarrollar el máximo potencial de cada uno de ellos, viendo la relación entre lo que aprenden en la escuela y su vida diaria.

Para el docente, la planificación de un proceso de enseñanza-aprendizaje STEM integrado no es tarea fácil, ya que exige un nivel alto de coordinación, compenetración y comunicación entre los distintos profesores<sup>5</sup>. Las características más representativas de la educación STEM y que la diferencia de otros modelos se reflejan en la figura 2.

---

<sup>5</sup> En el capítulo titulado *Práctica Docente y Evaluación STEM* se desarrollará con mayor precisión este tema.



**Figura 2.** Características educación STEM. Fuente: elaboración propia

De este modo, pese a la dificultad de establecer una definición concreta de la educación STEM, sí se pueden señalar determinados **indicadores que determinan lo que no es educación STEM**. Morrison (2006) describió algunos de ellos:

- Usar el término STEM sin tener en cuenta la existencia del método científico y el uso de una metodología activa.
- Considerar cada asignatura STEM como independiente, de modo que los profesores solo pueden enseñar su propia materia. Las asignaturas tradicionales del currículo, ciencias y matemáticas llevan un plan de estudios diferente y separado.
- Afirmar que tanto la tecnología como la ingeniería son dos asignaturas adicionales al currículo y que en muchas ocasiones su enseñanza puede generar problemas. Relacionar la tecnología exclusivamente con la robótica o la informática.

Una vez analizadas las características propias de la educación STEM es necesario describir los principales objetivos de la misma.

#### 4.2. Objetivos de la educación STEM

Según Bybee (2010) y Botero (2018) los tres principales objetivos de la formación STEM para conseguir contribuir y mejorar el sistema educativo de un país son:

- **Desarrollar una sociedad instruida capaz de identificar sus necesidades y resolverlas** aplicando habilidades y conocimientos relacionados con las áreas STEM. El conocimiento y la comprensión de los fenómenos, materiales o recursos STEM que nos rodean enriquecen tanto el mundo personal como el cultural.
- **Desarrollar una sociedad eminentemente tecnológica para el siglo XXI** capaz de dar respuesta a las necesidades y demandas tecnológicas a través de la alfabetización científica de los estudiantes.
- **Desarrollar una fuerza laboral enfocada hacia la innovación y el emprendimiento**, de modo que se puedan responder a los distintos desafíos económicos que existen.

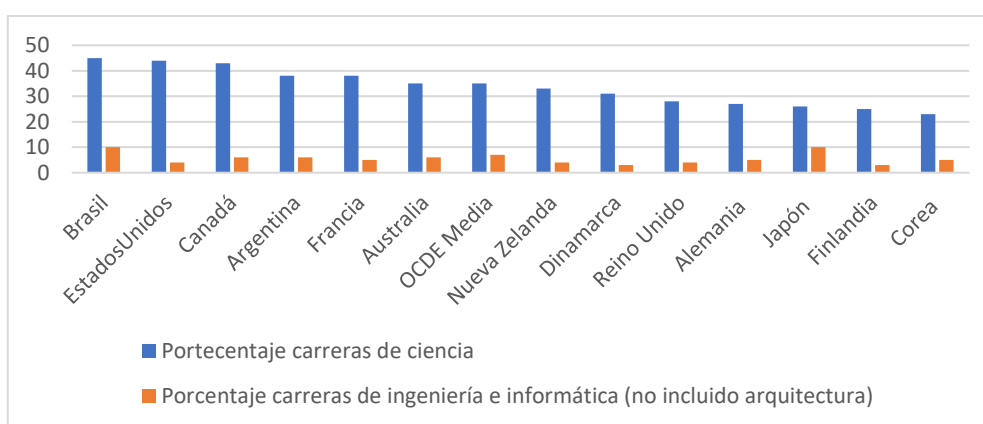
La educación STEM, por lo tanto, no es solo para aquellos estudiantes que tienen claro que en un futuro quieren dedicarse a algo relacionado con esas disciplinas o para aquellos que tienen más interés, sino que es para todos los alumnos. Desde los colegios hay que ofrecer a los estudiantes las oportunidades para encontrar y desarrollar distintas capacidades necesarias para poder actuar y desenvolverse en el “nuevo” mundo tecnológico.

El principal motivo por el que la alfabetización STEM es importante, es porque lleva implícito un desarrollo competencial que enriquece a todos los ciudadanos de esta sociedad tecnológica. Además, gran parte de la prosperidad económica (crecimiento económico nacional) y social (creación de empleo) de un país se fundamenta en las cuatro áreas STEM y precisamente su desarrollo y progreso determina el liderazgo e independencia del territorio a nivel global. Se necesitan y se demandan empleos relacionados con las áreas STEM, no solo en trabajos de esas materias, sino en otros sectores económicos.

Relacionado con este último aspecto, existe en todo el mundo una gran preocupación, ya que los datos indican que no hay suficientes vocaciones científico-tecnológicas entre el alumnado, pudiendo tener esto en un futuro un gran impacto social (pues los ciudadanos no van a tener las competencias que permitan dar respuesta a los desafíos del siglo XXI) y económico (relacionado con las dificultades en el desarrollo de políticas de innovación y de transferencia tecnológica).

### 4.3. Proyectos internacionales de educación STEM

Tal es la preocupación de los países por el desarrollo de una sociedad alfabetizada STEM y por incrementar las vocaciones científico-tecnológicas, que muchos han analizado la situación de cada uno en relación a distintas variables relacionadas con las áreas STEM (gustos y preferencias entre los jóvenes, número de vocaciones científicas, porcentaje de universitarios matriculados en estas áreas...). A nivel mundial, la figura 3 indica que el número de alumnos de 15 años que tienen vocación en algunas de las áreas STEM (ciencia, ingeniería, informática) no supera en ningún caso el 50%.



**Figura 3.** Porcentaje de estudiantes de 15 años que desean realizar una carrera científica, ingeniera o informática. Fuente: recuperado de Informe ACOLA (2013, p. 91)<sup>6</sup>

El informe ACOLA (2013)<sup>7</sup> publicado por Australia tiene como objetivo analizar las diferentes experiencias de otros países con respecto a la situación de las áreas STEM, así como los proyectos llevados a cabo por estos países. Las conclusiones de este informe ACOLA (2013) fueron muy claras:

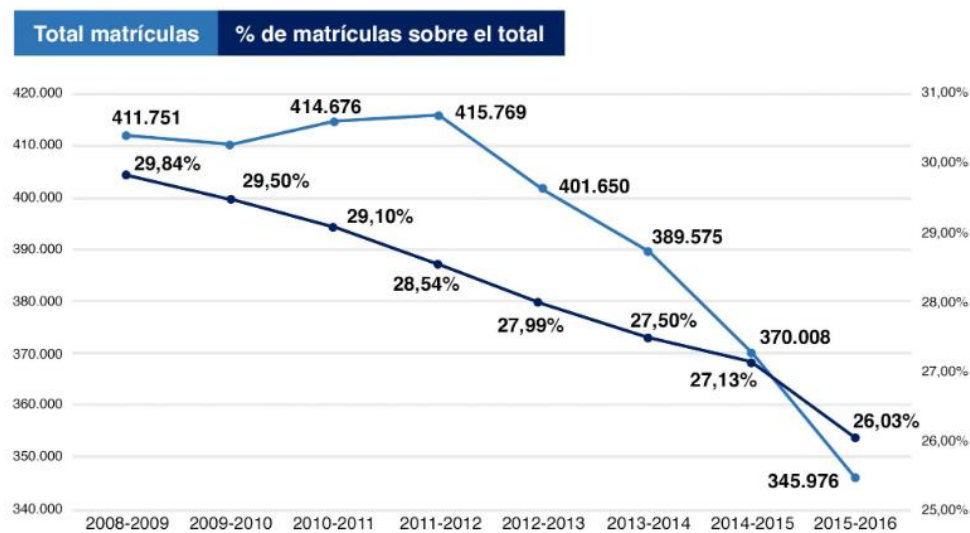
- La ciencia y tecnología son los dos pilares fundamentales en la economía de un país.
- Se tiende a reducir el número de profesionales de las áreas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas).

<sup>6</sup> Basado en el documento de la OECD (2012). *Education at a Glance 2012: OECD Indicators*. DOI: <https://doi.org/10.1787/eag-2012-en>.

<sup>7</sup> Informe ACOLA publicado en 2013 en el documento titulado *STEM Country Comparison*.

- La participación de la mujer en las áreas STEM es necesaria, ya que la proporción de participación en los puestos de trabajo relacionados con estas áreas es muy baja.
- Los países con mayor éxito educativo implantaron programas activos de reforma en el plan de estudios y pedagogía. Todos ellos estaban enfocados en hacer el proceso de la ciencia y las matemáticas mucho más atractivo, dinámico y práctico a través de metodologías como la indagación o el aprendizaje basado en problemas que permiten el desarrollo de diferentes habilidades (creatividad, pensamiento crítico...) usando en todo este proceso la tecnología y la ingeniería como guías.

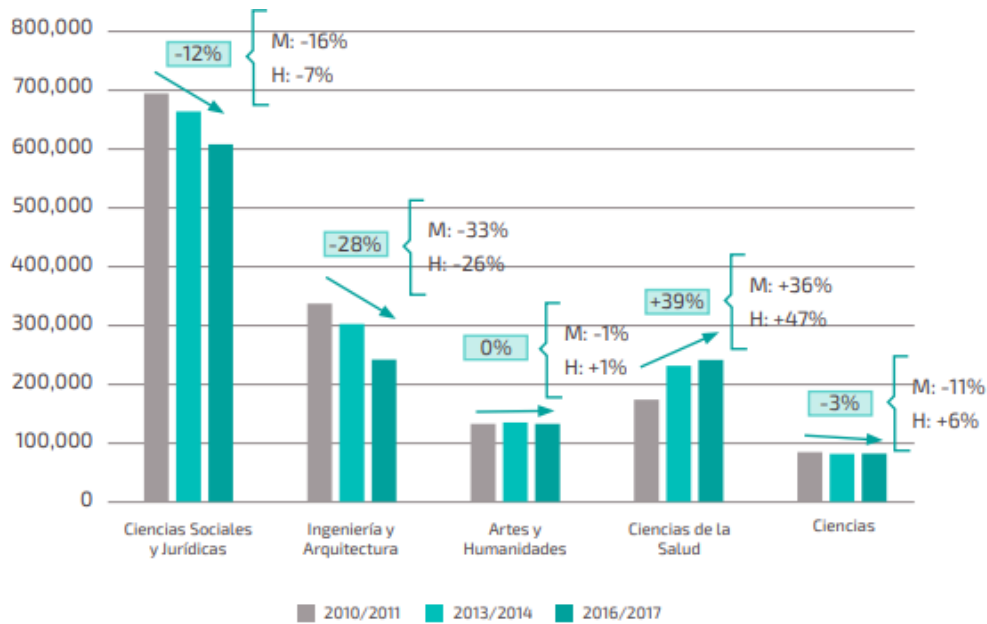
En España las estadísticas y datos ofrecidos por el Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEFP, 2018) que se reflejan en la figura 4, demuestran que cada vez menos jóvenes se interesan por las vocaciones de índole científico-tecnológica y claramente existe una tendencia a la baja de titulados STEM.



**Figura 4.** Estudiantes Universitarios en disciplinas STEM en España. Fuente: *Randstand Research* a partir de datos del MEFP (2018).

La figura 5 muestra que entre 2010 y 2017 el número de matriculaciones en estudios de arquitectura e ingeniería descendieron en España alrededor de un 28%. A pesar de que este tipo de perfiles son cada vez más demandados por las empresas,

actualmente existen unas 10.000 vacantes en el sector tecnológico del mercado laboral español por falta de cualificación.

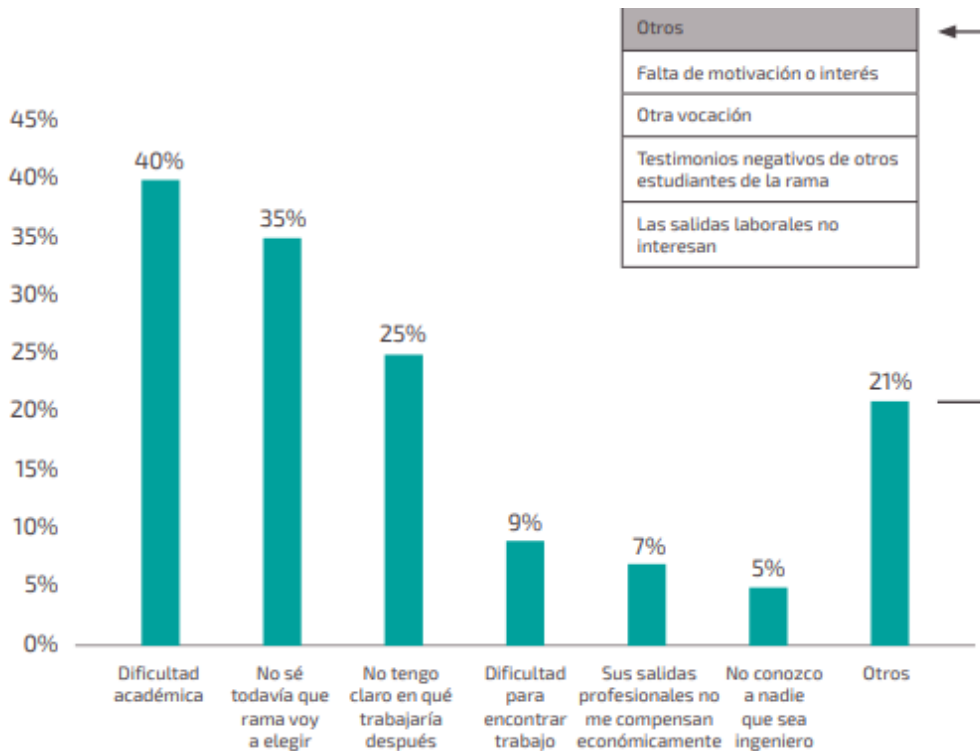


**Figura 5.** Estudiantes matriculados por rama. Fuente: estudio elaborado por DigitalES<sup>8</sup> a partir de los Datos y Cifras del MECD (2019, p.7)

Osborne y Dillon (2008) ya afirmaron que este desinterés científico está relacionado con la actitud negativa hacia estas materias: es necesario volver a reactivar ese interés científico para dar respuesta a los retos del nuevo mundo. La figura 6 muestra que los motivos por los que los alumnos de Educación Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional (FP) no escogerían formarse en la rama de ingeniería y arquitectura son principalmente: la dificultad académica (40%) y la falta de orientación y conocimiento (65%) que incluye el resto, destacando que hay un 25% de estos alumnos que no tienen claro qué salida laboral tendrían después de los estudios. Por ello, se remarca la importancia de desarrollar la educación STEM desde edades tempranas.

<sup>8</sup> Estudio elaborado por DigitalES (Asociación Española para la Digitalización) titulado: *El desafío de las vocaciones STEM: por qué los jóvenes españoles descartan los estudios de ciencia y tecnología.*

Valoración de las habilidades transversales en propuestas educativas STEM



**Figura 6.** Motivos por los que los estudiantes de secundaria, bachillerato y FP no se formarían en ingeniería ni arquitectura. Fuente: DigitalES (2019, p. 10)<sup>9</sup>.

Analizando este último aspecto, es necesario citar a Vygotsky (1978) quien afirmó que, desde la primera infancia, los niños van adquiriendo diferentes herramientas y habilidades que les permiten resolver problemas cada vez más complicados, aplicando distintos conocimientos a través de la actividad y la interacción con su entorno. Por ello es fundamental que el cambio comience con la transformación del proceso de enseñanza y aprendizaje desde las primeras edades y continúe en etapas superiores. Según Murphy (2005), la mayoría del profesorado afirma que, aunque el alumnado de la etapa de primaria sí que desarrolla un gusto especial por el aprendizaje de ciencias, poco a poco va decayendo, haciéndose más notable este desinterés en secundaria, cuando los alumnos no se enfrentan a diferentes retos y desafíos intelectuales. Precisamente muchos países introducen el término “K-12<sup>10</sup> STEM

<sup>9</sup> Recuperado de <https://www.digitales.es/wp-content/uploads/2019/09/Informe-EL-DESAFIO-DE-LAS-VOCACIONES-STEM-DIGITAL-AF-1.pdf>

<sup>10</sup> K-12 es el término que se usa en algunos sistemas educativos para la escolarización primaria y secundaria.



*Education*” para referirse a la inclusión de la educación STEM desde la Educación Infantil hasta el 12º grado (Educación Secundaria).

Como afirman Maltese y Tai (2011), las actitudes de los estudiantes hacia las áreas STEM son un factor relevante que influye en la motivación e interés que estos tienen por aprender materias de esas áreas y en consecuencia en los logros que permiten continuar los estudios en carreras STEM.

En este apartado se han desarrollado las características, los objetivos y se han ofrecido diferentes datos sobre la preocupación que existe a nivel mundial en este campo. A modo conclusión se apuesta por la educación STEM en la primera infancia y Educación Primaria, porque es en estas etapas cuando se forja la identidad en el campo de las ciencias y las matemáticas, pudiendo de esta manera conseguir fomentar y animar al alumnado a trabajar las áreas de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas desde un modelo integrador y coordinado. El enfoque STEM permite que los ciudadanos sean capaces de dar respuesta a los desafíos a los que se enfrentan gracias al desarrollo de diferentes habilidades y competencias, para ello, es importante llevar a cabo en la escuela un modelo de aprendizaje que las favorezca y las fomente: Aprendizaje Basado en Competencias (ABC).

## 5. APRENDIZAJE COMPETENCIAL Y EDUCACIÓN STEM

“Los objetivos básicos de la educación deben ser aprender a aprender, aprender a resolver, aprender a ser”

UNESCO (1996, p.6)

Los jóvenes de hoy en día viven inmersos en una sociedad del conocimiento y de la tecnología, y es por esto por lo que necesitan una serie de competencias<sup>11</sup> y habilidades<sup>12</sup> específicas del siglo XXI, siendo necesario que los sistemas educativos las faciliten. Este apartado es fundamental tenerlo en cuenta para el desarrollo de la escala final ya que en él se dan las claves del ABC y se explican los motivos de la relación que tiene con la formación STEM.

No se debe olvidar nunca que la educación apuesta por un aprendizaje integrado que contribuya al pleno desarrollo de las personas. Por ello no solo se deben trabajar contenidos conceptuales, sino que también estos deben ser complementados con los actitudinales y los procedimentales. Todos ellos son necesarios para dar respuesta a las necesidades que se plantean. Sin duda, esto es un reto y un desafío que se tiene que afrontar, pero para ello, es necesario que en todo este proceso la comunidad educativa permanezca unida y se involucre de manera activa y sistemática.

La escuela tiene una labor muy importante en este proceso ya que debe permitir y conseguir que el proceso de enseñanza-aprendizaje competencial se trabaje desde todas las áreas de conocimiento. De este modo, los individuos serán capaces de transferir todos los conocimientos adquiridos a su vida diaria. Tal y como se recoge en

---

<sup>11</sup> **Competencia:** implica más que solo conocimiento o habilidades, ya que supone la habilidad para satisfacer demandas complejas, recurriendo y movilizando recursos psicosociales (incluidas habilidades y actitudes) en un contexto particular. La competencia se conceptualiza como un “saber hacer” que se aplica a distintos contextos sociales, académicos y profesionales, de este modo se deben integrar conocimientos con habilidades y destrezas prácticas de un modo transversal, dinámico e integral que se van adquiriendo poco a poco y no de manera puntual.

<sup>12</sup> **Habilidad:** se define este término como la capacidad para solucionar problemas y realizar tareas. Por el contrario, afirma que la competencia no se limita solo a elementos cognitivos, sino que abarca otros aspectos (funcionales, valores éticos, atributos interpersonales) y que es la capacidad de aplicar los aprendido a un determinado contexto.

el Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria:

La finalidad de la Educación Primaria es facilitar a los alumnos los aprendizajes de la expresión y comprensión oral, la lectura, la escritura, el cálculo, la resolución de problemas y la geometría, la adquisición de nociones básicas de la cultura, y el hábito de convivencia así como los de estudio y trabajo, el sentido artístico, la creatividad y la afectividad, con el fin de garantizar una formación integral que contribuya al pleno desarrollo de su personalidad y de prepararlos para cursar con aprovechamiento la Educación Secundaria Obligatoria (Real Decreto 126/2014, p. 7)

La educación STEM es una tendencia mundial que está muy relacionada no solo con el aprendizaje formal, sino también con el no formal y el informal. Es necesario apostar por un enfoque de enseñanza-aprendizaje concreto para el mundo actual: el Aprendizaje Basado en Competencias.

El Parlamento y el Consejo Europeo (2006) publicaron en la Recomendación 2006/962/CE las ocho competencias clave para el aprendizaje permanente:

1. **Comunicación en la lengua materna:** supone la habilidad para interpretar y expresar sentimientos, conceptos, pensamientos, opiniones y hechos tanto de forma oral como escrita.
2. **Comunicación en una lengua extranjera:** además de lo anterior, incluye otras capacidades de mediación (resumir, parafrasear, interpretar o traducir) y la comprensión intercultural.
3. **Competencia matemática, científica y tecnológica:** implica el dominio del cálculo, la comprensión de la naturaleza y la habilidad para aplicar los conocimientos y la tecnología a las necesidades humanas.
4. **Competencia digital:** supone el uso crítico y seguro de las distintas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para el ocio, el trabajo y la comunicación.
5. **Aprender a aprender:** es la habilidad que tienen los individuos de gestionar su propio aprendizaje de una manera eficaz.
6. **Competencias sociales y cívicas:** son las habilidades necesarias que permiten participar de una manera constructiva y eficaz en la vida social y profesional de

cada uno. Además, supone la participación activa y democrática en sociedades cada vez más diversificadas.

7. **Sentido de la iniciativa y espíritu de empresa:** implica la habilidad para transformar las ideas en actos a través de la innovación, la asunción de riesgos, la creatividad, así como la habilidad para planificar y gestionar proyectos.
8. **Conciencia y expresión culturales:** es la habilidad para apreciar y valorar la importancia creativa de las experiencias, ideas y las emociones a través de diferentes medios (música, literatura, artes escénicas y plásticas).

En España estas ocho competencias fueron denominadas por la Ley Orgánica de Educación (LOE) en el Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, como competencias básicas. Posteriormente, la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) <sup>13</sup> aprobada en el año 2013 las modifica a siete denominándolas competencias clave. La tabla 1 muestra precisamente este cambio.

LOE (COMPETENCIAS BÁSICAS)	LOMCE (COMPETENCIAS CLAVE)
1. Competencia en comunicación lingüística	1. Competencia en comunicación lingüística
2. Competencia matemática	2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología
3. Competencia en el conocimiento y la interacción en el mundo físico	
4. Tratamiento de la información y competencia digital	3. Competencia digital
5. Aprender a aprender	4. Aprender a aprender
6. competencia social y ciudadana	5. Competencias sociales y cívicas
7. Autonomía e iniciativa personal	6. Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor
8. Competencia cultural y artística	7. Conciencia y expresiones culturales

**Tabla 1.** Comparación de la clasificación de las competencias básicas y clave según la LOE (2006) y la LOMCE (2013) respectivamente. Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo anterior, la persona que esté educada dentro de las áreas STEM tendrá una serie de habilidades, aptitudes y conocimientos en esas disciplinas. Sin embargo, para llegar a adquirirlas es importante conocer en primer lugar lo que significan y las características básicas de la instrucción de esas materias. Además, es

<sup>13</sup> La LOMCE propone en el Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, el currículo básico de la Educación Primaria.

importante destacarlas ya que varias servirán de referencia a la hora de realizar los indicadores de la escala para analizar las actividades STEM.

## Ciencias

*National Academy of Sciences* (2010) afirma que la ciencia es el estudio del mundo natural y sus leyes asociadas con la física, la química y la biología, e incluye el tratamiento y/o aplicación de distintos hechos, principios y conceptos asociados a estas disciplinas.

Según Comer *et al.* (2013) la persona educada en ciencias es aquella que posee los conocimientos, leyes, principios, conceptos y teorías en las disciplinas de ciencias y realiza conexiones con otras áreas. También, es aquella que a través de la práctica es capaz de resolver situaciones cotidianas usando en muchas ocasiones conceptos e ideas de otras disciplinas (ingeniería, tecnología...).

Otros autores como Cardella, Purzer y Strobel (2014) aportan que la persona instruida en ciencias tiene la capacidad de razonar y reflexionar sobre las afirmaciones basadas en evidencias, pudiendo realizar una crítica a los temas científicos y de otras áreas. Básicamente esta nueva perspectiva de enseñanza y aprendizaje de esta materia permite que los alumnos entiendan el por qué y el cómo de los diferentes fenómenos que ocurren a su alrededor, viendo que la teoría tiene un sentido práctico muy importante.

PISA<sup>14</sup> (OCDE<sup>15</sup>, 2015) define la competencia científica como la capacidad de implicarse e interesarse en distintos temas e ideas sobre la ciencia como ciudadano consciente y reflexivo. Relacionado con lo anterior, la Orden ECD/65/2015 la describe como la capacidad de involucrarse en aquellos temas que estén relacionados con la ciencia y todas las ideas científicas, como un ciudadano reflexivo. Aquella persona que

---

<sup>14</sup> PISA (*Programme for International Student Assessment*) es un programa internacional realizado a alumnos de 15 años que tiene como objetivo la evaluación educativa de tres competencias fundamentales: lectora, matemática y científica. Dos de las áreas STEM se encuentran evaluadas en este programa, por ello que es importante tener en cuenta los criterios/capacidades/habilidades que usa este estudio para evaluar las competencias matemáticas y científica.

<sup>15</sup> OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos.

posee conocimientos científicos participa en un discurso razonado sobre tecnología y ciencia. De este modo, detrás de esta definición se esconden tres subcompetencias muy importantes para los alumnos que están reflejadas en la tabla 2:

SUBCOMPETENCIA	DEFINICIÓN
<b>Explicar fenómenos científicamente</b>	Reconocer, ofrecer y evaluar explicaciones para diferentes fenómenos naturales y tecnológicos.
	Comprender los límites de ese conocimiento y la construcción del mismo.
<b>Evaluar y diseñar la investigación científica</b>	Describir y evaluar las investigaciones, proponiendo diferentes formas de abordar las cuestiones científicamente.
	Usar la observación y la experimentación para la recogida de datos e información que permitirán el desarrollo de hipótesis y modelos explicativos que posteriormente serán probadas de manera experimental.
<b>Interpretar datos y pruebas científicamente</b>	Analizar y evaluar datos, información y argumentos usando diferentes representaciones y elaborando conclusiones científicas apropiadas.
	La persona científicamente competente será aquella que tenga en cuenta que la incertidumbre es una característica propia e inherente a todas las mediciones.

**Tabla 2.** Subcompetencias científicas. Fuente: elaboración propia a partir de los datos e información de PISA 2015.

## Matemáticas

Para *National Academy of Sciences* (2010) las matemáticas son el estudio de distintos patrones y las relaciones entre cantidades, números y espacio. Apunta además que, a diferencia de la ciencia donde la evidencia empírica busca aceptar o refutar una hipótesis (método científico), las matemáticas se justifican a través de distintos argumentos lógicos. También, es importante resaltar que las matemáticas se usan tanto en la ciencia como en la ingeniería y la tecnología.

Según Comer *et al.* (2013) la persona instruida en matemáticas es aquella capaz de, por un lado, explicar ideas matemáticas y, por otro lado, expresar matemáticamente los problemas cotidianos, teniendo en cuenta que esta disciplina está muy presente en la vida diaria. Tal y como afirma la OCDE (2017) este modo de enseñanza permite que los alumnos tengan una visión más positiva de las matemáticas, viéndolas como útiles, necesarias y significativas para las situaciones cotidianas y su desarrollo a nivel personal

y profesional. Así, los alumnos son conscientes de la importancia de esta materia a la hora de resolver sus problemas, usando y desarrollando diferentes habilidades y técnicas (razonamiento, pensamiento crítico...) que les permiten describir, explicar y predecir fenómenos.

La competencia matemática es la capacidad del individuo para formular, emplear e interpretar las matemáticas en distintos contextos. Incluye razonar matemáticamente y utilizar conceptos, procedimientos, herramientas y hechos matemáticos para describir, explicar y predecir fenómenos. Esto ayuda a las personas a reconocer la presencia de las matemáticas en el mundo y a emitir juicios y decisiones bien fundamentados que necesitan los ciudadanos constructivos, comprometidos y reflexivos.

PISA (OCDE, 2015) tras haber analizado y recopilado diferentes capacidades empleadas por otras pruebas, sociedades o prácticas, reduce de ocho a siete las capacidades matemáticas fundamentales que se usan en este marco:

- **Matematización:** es la capacidad que permite transformar un problema del mundo real en una forma estrictamente matemática. Esto supone la conceptualización, estructuración, conceptualización, la elaboración de suposiciones o la formulación de un modelo. También permite interpretar o valorar un modelo o resultado matemático que tiene relación con el problema original.
- **Comunicación:** la persona recibe o percibe un desafío del cual tiene que leer, decodificar e interpretar los enunciados, las preguntas, las tareas u los objetos con el objetivo de formar un modelo mental de la situación. Esto es un paso fundamental para la comprensión, clarificación y formulación de un problema. Durante el proceso de resolución, a veces es necesario resumir y presentar distintos resultados intermedios. Además, cuando ya se ha encontrado la solución, la persona que resuelve el problema tiene que ser capaz de presentarla a los demás y de ofrecer una explicación o justificación.
- **Representación:** es la capacidad que implica la selección, la interpretación, la traducción y el uso de diferentes representaciones que permiten reflejar una situación, interactuar con un problema o presentar un trabajo propio. De este

modo, se pueden realizar tablas, gráficos, diagramas, ecuaciones, imágenes, fórmulas o materiales concretos.

- **Razonamiento y argumentación:** esta capacidad se requiere en las diferentes fases y actividades matemáticas e implica los distintos procesos de pensamiento lógicos que exploran y conectan los elementos de un problema para poder realizar a partir de ellos, inferencias, comprobar y/o proporcionar una justificación de los enunciados o soluciones de los problemas.
- **Diseño de estrategias para resolver problemas:** esta capacidad implica el conjunto de procesos de control imprescindibles que guían a una persona para que pueda reconocer, formular y resolver problemas eficazmente.
- **Utilización de operaciones y un lenguaje simbólico, formal y técnico:** esta capacidad implica la interpretación, comprensión, manipulación y uso de diferentes expresiones simbólicas en un contexto matemático que está regido por unas convenciones y reglas concretas.
- **Utilización de herramientas matemáticas:** el uso de herramientas y materiales físicos (instrumentos de medición, calculadoras, herramientas informáticas...) es requerido por esta capacidad, implicando el conocimiento de las limitaciones que tienen y la habilidad para su uso, pues estas tienen un papel crucial en la comunicación de los resultados.

## Tecnología

*National Academy of Sciences* (2010) afirma que, a lo largo de la historia, los humanos han creado tecnología para satisfacer sus deseos y necesidades y precisamente esta es producto de la aplicación sistemática de la ciencia, la matemática y la ingeniería. Además, la relación también es a la inversa pues las herramientas tecnológicas son utilizadas en todos los campos anteriores.

El uso de la tecnología en la escuela no implica el desarrollo de la educación STEM. La persona que tenga claro, por un lado, los diferentes conceptos sobre las distintas tecnologías existentes y las que están en desarrollo y sean capaces de determinar las ventajas e inconvenientes o riesgos de cada una de ellas y, por otro lado,



conozca la infraestructura propia de las tecnologías teniendo en cuenta su fabricación, operación y mantenimiento, será la que verdaderamente esté instruida en este campo (Comer *et al.*, 2013). De este modo se presenta la tecnología de una manera diferente a la que los alumnos solían estar acostumbrados, conectándola con otras disciplinas y comprendiendo la relación entre ellas.

## Ingeniería

En esta disciplina<sup>16</sup> es fundamental la habilidad para identificar y resolver problemas aplicando distintos conocimientos y pudiendo cumplir así los objetivos, teniendo en cuenta siempre el proceso de diseño llevándolo a cabo de forma sistemática e interactiva. Además, es importante tener en cuenta la relación de la ingeniería con otras áreas como las ciencias, las artes, el diseño etc., sabiendo que su función es muy útil para responder a los problemas de la sociedad.

La OCDE (2017) afirma que la ingeniería contribuye tanto al desarrollo académico (aspectos cognitivo) como al propio desarrollo personal, ya que fomenta y trabaja hábitos mentales y ayuda a los alumnos a pensar y razonar como ingenieros.

*National Research Council* (NRC, 2009) propone que una forma muy eficaz y útil de aplicar la educación consiste en usar la ingeniería como columna vertebral del proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que permite el desarrollo de diferentes habilidades STEM y es el vehículo para enseñar matemáticas, conceptos tecnológicos y ciencias. Para ello, en la figura 7 se describen los pasos específicos que permiten llevar a cabo el proceso de diseño de manera adecuada para los alumnos.

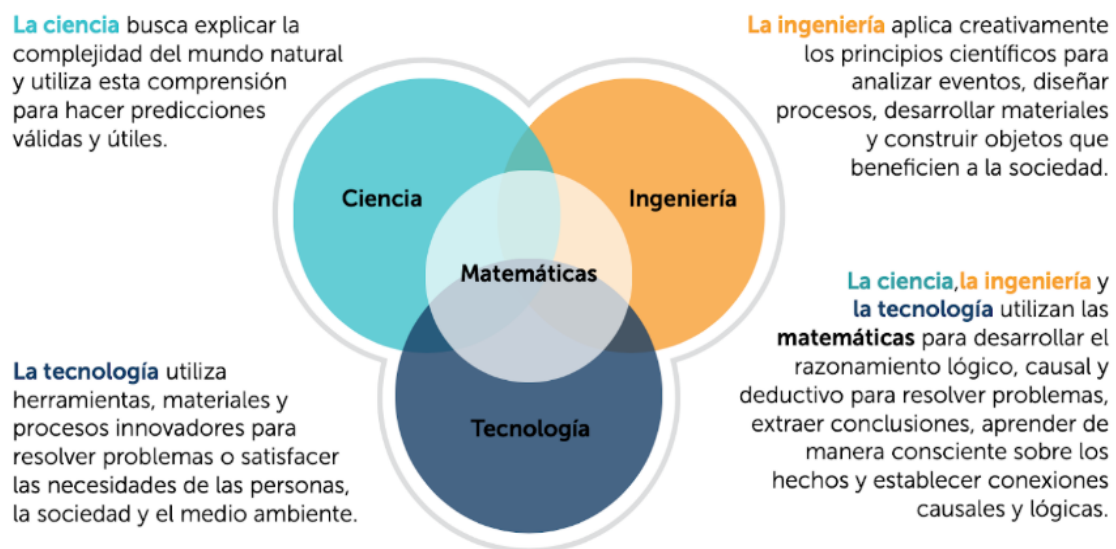
---

<sup>16</sup> Anecdóticamente *National Academy of Engineering* es una academia independiente a *National Academy of Sciences*, donde sí se incluyen las matemáticas, las ciencias y la tecnología.



**Figura 7.** Pasos del proceso de diseño de la ingeniería como eje vertebrador de la educación STEM. Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, no todos los autores están de acuerdo en la idea de que la ingeniería es el eje vertebrador. *Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education* (2016) afirma, como refleja la figura 8, que las matemáticas son las que permiten establecer esa conexión entre todas las áreas.



**Figura 8.** Las matemáticas como eje vertebrador de las áreas STEM. Fuente: traducción de *Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education* (2016).

Una vez conocidas las competencias y la implicación que tienen en las áreas STEM, es necesario desarrollar las habilidades transversales a las mismas.

### 5.1. Habilidades transversales a las competencias

La educación STEM y el enfoque competencial coinciden precisamente en el desarrollo de las habilidades transversales. A continuación, se tratan de detallar las propuestas de distintas instituciones, organismos y autores con el objetivo de seleccionar aquellas que sean comunes y que servirán de guía para la realización de los indicadores de la escala final, ya que todas estas habilidades transversales son precisas para el enfoque STEM.

La Recomendación 2018/C 189/01 añade una serie de habilidades transversales a todas las competencias clave descritas anteriormente: **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**. Estas mismas se desarrollan también en el documento *Exploring the Intersection of Science Education and 21st Century Skills: A Workshop Summary* (2010) elaborado por *National Academy of Science*, bajo las siguientes denominaciones:

- **Adaptabilidad:** implica la capacidad y voluntad de hacer frente a nuevas, cambiantes e inciertas situaciones, incluyendo una respuesta rápida y eficaz. También incluye el aprendizaje de nuevos procedimientos, tareas o tecnologías y la adaptación a culturas, estilos de comunicación y capacidades físicas diferentes.
- **Comunicaciones complejas y habilidades sociales:** suponen las habilidades en el procesamiento e interpretación de la información (verbal o no verbal) con el objetivo de poder responder adecuadamente a las circunstancias. La persona comunicadora debe ser capaz de usar las herramientas comunicativas en función del propósito, el contexto y la audiencia a la que se dirija.
- **Resolución de problemas no rutinarios:** esta habilidad está muy relacionada con la creatividad ya que esta es necesaria para poder generar soluciones y respuestas nuevas e innovadoras. Además, el solucionador de problemas debe dar respuesta

a los diferentes retos que se le plantean usando todos sus conocimientos previos y su formación profesional y personal.

- **Autogestión y autodesarrollo:** capacidad de poder trabajar de manera autónoma, motivada y autocontrolada en diferentes equipos virtuales. También incluye la capacidad y voluntad de adquirir nuevas habilidades y conocimiento relacionado con el trabajo.
- **Pensamiento sistémico:** se define como la capacidad de comprender el funcionamiento de un sistema o acción, así como la toma de decisiones, el juicio y razonamiento abstracto y la evaluación de sistemas.

La OECD<sup>17</sup> (2015) en el documento titulado *Skills for a Social Progress*<sup>18</sup> las organiza en dos grupos: **cognitivas**, aquellas relativas a la adquisición del conocimiento, pensamiento y experiencias que permiten reflexionar, relacionar e interpretar distintas ideas basadas en los conocimientos previos y **socioemocionales**, en las que las capacidades individuales se manifiestan a través de los sentimientos, pensamientos y comportamientos. Se afirma que las habilidades cognitivas se corresponden con el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la investigación; mientras que en las de tipo socioemocional se encuentran la colaboración, comunicación y la creatividad.

*The Partnership for 21st Century Skills (P21)*<sup>19</sup> tiene como objetivo fomentar y favorecer un diálogo en este país sobre la importancia de las habilidades del siglo XXI en la educación actual. Desarrollaron en 2002 las conocidas como las **4 C's (pensamiento crítico, comunicación, colaboración y creatividad)** a las que también añadieron posteriormente en 2017 la **investigación** (muy relacionada con la creatividad) y la **resolución de problemas**, que completan y complementan la formación de las diferentes asignaturas que ya se imparten en las aulas. Consideraron que estas habilidades se deberían ofrecer y fomentar en el contexto de las materias

---

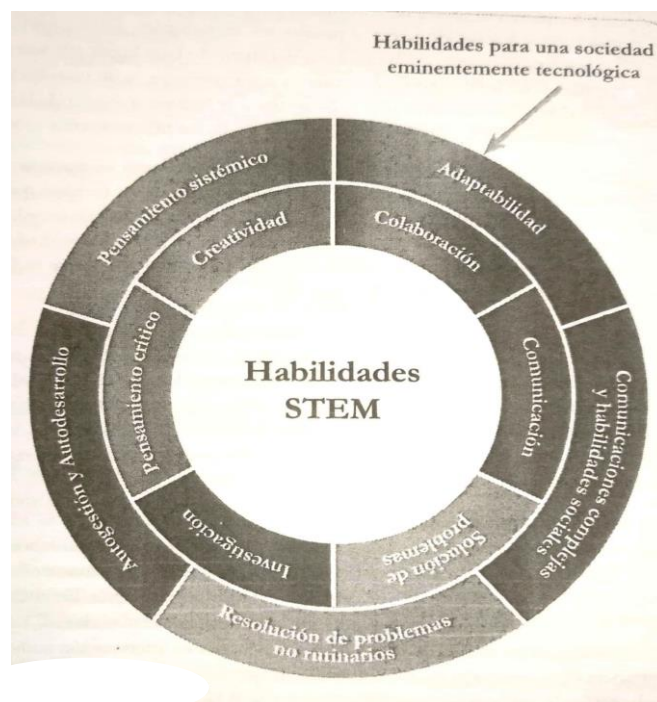
<sup>17</sup> OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development

<sup>18</sup> *Skills for a Social Progress*: documento de la OCDE desarrollado en el año 2015 donde se recogen las habilidades para el progreso social.

<sup>19</sup> Partnership for 21st Century Skills (P21) es una organización sin ánimo de lucro fundada en el año 2002 por el departamento educativo de Estados Unidos, asociaciones y profesionales de la educación para impulsar la enseñanza de las destrezas del siglo XXI.

fundamentales (entre las que se encuentran las disciplinas STEM) y los ámbitos temáticos del siglo XXI. Es por esto por lo que se considera muy importante tenerlas en cuenta para la realización de la escala final que va a permitir analizar en qué grado es una actividad STEM, sabiendo que todas las habilidades anteriores son comunes a todas las áreas.

Una vez descritas las habilidades anteriores, Botero (2018) utilizó la clasificación final realizada por P21 (2017) y realizó una recopilación de todas ellas, estableciendo una lista de habilidades concretas de la educación STEM: **pensamiento crítico, solución de problemas, investigación, creatividad, comunicación y colaboración**. La relación que existe entre las habilidades STEM y las de una sociedad eminentemente tecnológica están reflejadas en la figura 9.



**Figura 9.** Relación que existe entre las habilidades STEM y las habilidades para una sociedad eminentemente tecnológica. Fuente: Botero (2018, p.46)

Finalmente, tras haber analizado las diferentes propuestas, estas últimas seis habilidades, que engloban a su vez todas las habilidades y competencias que se han ido desarrollando anteriormente, servirán de referencia en la escala final elaborada. Estas son fundamentales tenerlas en cuenta a la hora de desarrollar propuestas STEM en el

aula de primaria. Por ello, se describirán y desarrollarán las características propias de cada una de ellas.

## 5.2. Descripción de las seis habilidades transversales

Las habilidades transversales son clave en este proyecto de innovación y por eso se ha considerado oportuno describir y desarrollar las seis que propone *The Partnership for 21st Century Skills* (2017), ya que hoy en día esta organización es relevante y puntera en la enseñanza de las destrezas del siglo XXI.

### 5.2.1. Creatividad

P21 (2017) define la creatividad como la capacidad de generar nuevos conceptos o ideas que normalmente suelen producir soluciones originales, es lo que se denomina pensamiento divergente. Las personas creativas son aquellas capaces de realizarse las preguntas más adecuadas de cara a la generación de nuevas ideas y que, además, tiene la intención no solo de pensarlas sino de conseguir hacerlas realidad. Por ello, todos aquellos individuos que cuenten con la habilidad creativa serán capaces de buscar, crear e implementar las diferentes estrategias necesarias para conseguir el desarrollo y prosperidad del mundo.

En esta capacidad se pueden diferenciar tres grandes bloques y cada uno de ellos tiene asociados una serie de rasgos característicos que son necesarios mencionar ya que de ellos se extraerán los indicadores para la escala final.

- **Pensar creativamente:** implica el uso de diferentes técnicas que permitan y fomenten el desarrollo de diferentes ideas nuevas y valiosas (como por ejemplo la técnica de la lluvia de ideas o *brainstorming*), para posteriormente analizar, refinar y evaluar las propias ideas con el objetivo de tener una visión crítica, pudiendo así maximizar y mejorar los esfuerzos creativos.
- **Trabajar de manera creativa con otros:** es importante que la persona sea capaz de desarrollar, implementar y comunicar nuevas ideas a otros de una manera efectiva, mostrándose abierto y receptivo a las aportaciones de los demás. Además, la creatividad es una capacidad que se va desarrollando gracias a los

diferentes éxitos y errores que se van cometiendo durante el proceso de aprendizaje.

- **Implementar innovaciones:** consiste en llevar a la práctica tangible aquellas ideas creativas útiles.

Robinson (2006) apuntó que el futuro de la sociedad depende de la habilidad que se tenga para reestructurar la manera de entender la capacidad humana, dando un lugar destacado a la creatividad y la innovación en nuestros sistemas educativos porque son dos requisitos fundamentales para el éxito profesional y personal.

### 5.2.2. Colaboración

Gijsbers, Hoogveld, Kirschner, Leendertse, Leis, Punie, Redecker y Stoyanov (2011)<sup>20</sup> afirmaron que otra de las habilidades fundamentales para este siglo XXI es la colaboración, entendida esta como la capacidad de poder trabajar de manera efectiva, flexible y respetuosa con diversos equipos que tienen un objetivo común, asumiendo la responsabilidad compartida del trabajo colaborativo y valorando siempre las contribuciones individuales realizadas por cada miembro del equipo. De este modo se desarrollan habilidades sociales, cognitivas y emocionales.

### 5.2.3. Comunicación

Esta habilidad está muy ligada a la anterior. Teniendo en cuenta los cuatro elementos fundamentales de la comunicación: la escucha activa, asertividad, *feed-back* y clima, hay que ser capaz de comunicar, oralmente o por escrito, de una manera clara, sólida y convincente las ideas, pensamientos, opiniones, instrucciones..., usando diferentes modos, estilos y herramientas adaptándose siempre al tipo de audiencia presente.

---

<sup>20</sup> Publicado en el documento *The Future of Learning: Preparing for Change* para la Comisión Europea.

Las capacidades comunicativas se integran también en aquellas competencias relacionadas con la información y los medios de comunicación (TIC) gracias a la existencia de diferentes dispositivos digitales.

#### 5.2.4. Resolución de problemas

Entendiendo por problema a la diferencia que existe entre la situación actual (la realidad) y la que se considera ideal (los objetivos a lograr), Niss (2002) define la resolución de problemas como la habilidad que permite hacerse preguntas y responderlas usando diferentes recursos y procesos que implican aptitudes cognitivas de orden superior: pensamiento analítico, sistémico, creativo...

De este modo, la resolución de problemas permite encontrar distintas soluciones a múltiples preguntas de diferentes contextos que no tienen por qué tener una solución predefinida, con el objetivo final de que todo lo aprendido se pueda aplicar en situaciones nuevas.

#### 5.2.5. Pensamiento crítico

Se define como la capacidad de reflexión activa e investigadora que permite evaluar de una manera crítica la información y los diferentes argumentos, tratando de analizar patrones y estableciendo conexiones que permitan construir un conocimiento significativo con el objetivo de poder aplicarlo al mundo real.

Moya y Rotondaro (2015) afirman que el pensamiento crítico permite responder a interrogantes como: ¿por qué las cosas son así?, ¿por qué no pueden ser de otro modo?, ¿por qué tú crees que son así?, ¿por qué alguien puede querer que las cosas sean así?

El pensamiento crítico es una competencia instrumental que se apoya en el dominio de otras como la reflexión, el pensamiento lógico, toma de decisiones, innovación... Precisamente por esto, la Fundación Santillana (2017) incorpora un programa específico titulado *Aprender a pensar* con el que se entrenan las estrategias y los rasgos propios del pensamiento con el objetivo de preparar a los alumnos para la vida, fomentando la observación reflexiva, el conocimiento profundo de conceptos, la



curiosidad, la motivación y desarrollando y llevando distintas estrategias de pensamiento en diferentes contextos: investigaciones, proyectos, resolución de problemas, toma de decisiones...

### 5.2.6. Investigación

Muy relacionada con la anterior, esta capacidad permite reconocer las distintas necesidades y demandas personales, sociales u organizativas con el objetivo de diseñar, probar e implementar sistemas y productos que las solucionen, de modo que los resultados suponen el logro de los objetivos propuestos. Dentro del ámbito STEM la innovación es clave para que las personas sean capaces de modificar los procesos con el fin de dar una respuesta a esas necesidades planteadas en el proceso de investigación.

En todo el proceso anterior destaca una estrategia didáctica y pedagógica fundamental: la indagación. Esta permite que el alumno sea el centro del proceso educativo y tenga una posición activa que permita la construcción del propio pensamiento a través de la investigación.

En definitiva, el aprendizaje basado en competencias se enmarca dentro del enfoque constructivista que se viene comentando a lo largo de todo el documento, ya que precisamente pretende dotar a los alumnos de las habilidades, herramientas y conocimientos necesarios en la sociedad tecnológica en la que viven. Por ello, la educación STEM, que tiene como objetivo preparar a los estudiantes para el mundo futuro, tiene muy en cuenta este modelo de enseñanza-aprendizaje.

Sin embargo, no se debe olvidar que en educación no es solo fundamental conocer la base teórica necesaria para el desarrollo educativo, sino que también es necesario analizar precisamente cómo se puede llevar a cabo en la escuela y de una manera más específica en el aula y la labor que puede y tiene que realizar el profesor.

## 6. PRÁCTICA DOCENTE Y EVALUACIÓN STEM

“No podemos olvidar jamás que, si queremos enseñar, quienes primero tenemos que estar aprendiendo constantemente somos los maestros”

César Bona (2016, p.30)

Este apartado trata de analizar la educación STEM en la etapa de Educación Primaria desde el punto de vista del profesorado, ya que su labor es imprescindible para conseguir un adecuado desarrollo del proceso de enseñanza. Por ello, se darán una serie de guías o pautas que permitan enfocar la formación STEM siguiendo lo desarrollado en los capítulos anteriores.

También, una parte muy importante del proceso de enseñanza-aprendizaje es la evaluación y concretamente esta será clave para conseguir el objetivo de este proyecto de innovación. Sin embargo, para poder llegar a realizar la escala final que permite al profesor comprobar si la propuesta que va a llevar a cabo en su aula es STEM o no, es necesario realizar previamente un análisis del concepto de evaluación y de las diferentes herramientas y técnicas evaluativas.

### 6.1. El docente STEM

Este apartado analiza la situación actual del profesorado con respecto a su formación en la educación STEM y describe los principios que todo docente debe tener en cuenta en el proceso de enseñanza-aprendizaje de estas áreas.

El profesor debe asumir su nuevo rol de guía y acompañante del alumnado, para desarrollar proyectos que partan de los intereses y motivaciones de los estudiantes, teniendo en cuenta los cambios y transformaciones que se van produciendo. Además, uno de sus mayores retos es conseguir que los alumnos adquieran determinadas habilidades como las descritas anteriormente para dar respuesta al mundo en el que viven. Precisamente, la educación STEM propone que el rol del profesor evolucione de acuerdo a la sociedad y sus necesidades.

Muchos docentes son conscientes de esta situación y claramente afirman que es necesario un cambio que permita enseñar las áreas STEM desde un punto de vista tanto práctico como intelectual. Para ello, el profesorado debe estar formado en estas áreas, es decir, debe poseer el conocimiento específico del tema y contar con la confianza y capacidad de poder enseñarlas de manera adecuada. De este modo, permitirá que los alumnos sean capaces de establecer conexiones entre las materias a través de actividades integradas. *National Academy of Sciences* (2010) afirmó que actualmente existe muy poca formación docente en programas STEM; sin embargo, varios países conscientes de la situación ofrecen numerosos programas formativos<sup>21</sup> para los maestros que les permitan adquirir contenido y conocimiento STEM didáctico y pedagógico.

Existen unos **principios** que todo docente debe tener en cuenta a la hora de llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje STEM:

- La educación STEM tal y como afirman Comer *et al.*, (2014) es un **conjunto de estrategias** que permiten a los estudiantes aplicar conceptos y competencias de distintas disciplinas con el objetivo de resolver problemas o retos significativos. Por tanto, no es el plan de estudios ni el currículo, sino una forma de trabajar y enseñar los contenidos que permite que los alumnos adquieran las habilidades del siglo XXI, pues solo poseer los conocimientos teóricos no supone el desarrollo de diferentes capacidades.
- **Hay que definir un proceso de enseñanza:** el profesor debe planificar de manera adecuada el desarrollo de la actividad, teniendo en cuenta los contenidos que se enseñarán al principio, durante y al final del proceso. Además, la selección del tema debe adecuarse a los intereses de los alumnos para que en todo momento estos se sientan motivados y activos.
- **Desarrollo de las actividades STEM de manera intencionada:** el docente debe formular los objetivos de cada actividad teniendo en cuenta siempre el fin integrador de las áreas STEM para permitir que los aprendizajes sean más

---

<sup>21</sup> El MEFP propone diferentes cursos de Formación en Red del Profesorado sobre el ámbito STEM.

profundos y duraderos. La integración debe ser explícita e intencional para poder así que los estudiantes sean capaces de conectar ideas entre disciplinas y reorganizarlas.

- **Permitir que los alumnos:** se cuestionen, investiguen, razonen y/o analicen las diferentes actividades, creando espacios donde sean ellos los protagonistas y tengan que usar los conocimientos previos que ya han sido adquiridos. Además, se tiene que permitir que el error sea una fuente de aprendizaje.
- **Trabajo en equipo con otros docentes:** el profesor debe tener en cuenta que colaborar con otros compañeros es fundamental para el éxito docente, manteniendo siempre una actitud crítica, flexible y adaptable.

Es importante destacar que todas las actividades STEM tienen en común permitir a los alumnos desarrollar habilidades y estrategias, así como aplicar conocimientos ya adquiridos durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, realizando diferentes transferencias de conocimiento entre disciplinas, bajo un enfoque donde predomina la curiosidad y la motivación de los alumnos.

La cantidad de herramientas que el profesor puede poner a disposición de los alumnos para educar en STEM son múltiples y de muy diversa índole. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el simple uso de una de estas (*MatLab, Tracker, Go-Lab...*) no implica el desarrollo de una educación STEM ni la mejora de los procesos de enseñanza.

Couso y Pintó (2009) enfatizaron que es fundamental comprender, además de las características técnicas de cada herramienta, también su función y su potencial a la hora de desarrollar el proceso de enseñanza-aprendizaje, usando aquellas que permitan e impliquen una concepción socio-constructivista del aprendizaje: el alumno construye su propio conocimiento a partir del uso y aplicación de las ideas previas que tenía y las nuevas que se van generando.

NRC (2011) afirmó que el enfoque del profesor sobre la enseñanza de las materias STEM es decisivo en la actitud que mostraban los alumnos hacia estas áreas, demostrando que aquellos que en un principio no tenían ninguna motivación por estos campos, la tuvieron. Como señala Faulder (2011) los modelos didácticos y las creencias del profesorado que las adopta son fundamentales en esta educación STEM.

Comer *et al.* (Citados por Botero, 2018, p.50) afirman que para poder llevar a cabo una implementación efectiva de la formación STEM es necesario combinar dos tipos de actividades interdisciplinarias: el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el Aprendizaje Basado en Lecciones (ABL). La principal diferencia entre ambas es que el primero suele ser de mayor duración que el segundo y normalmente este se usa como complemento, por eso es importante tener en cuenta exactamente lo que significa e implica el desarrollo de este tipo de aprendizaje que es clave en la etapa educativa a la que se dirige esta investigación: Educación Primaria.

## 6.2. Aprendizaje basado en proyectos (ABP)

El ABP se lleva utilizando en la formación escolar desde preescolar hasta grado 12 en diferentes colegios desde hace muchos años. Este se puede trabajar como *Problem Based Learning* (PBL) o como *Project Based Learning* (PjBL) en el primero la investigación permite resolver un problema, mientras que en el segundo hay un producto final tangible de la investigación realizada. El ABP es un enfoque metodológico que fomenta el aprendizaje de los distintos conceptos científicos gracias a su instrumentalización en la elaboración de un producto (PjBL) o en la resolución de un problema (PBL).

Muchas veces se asocia STEM con el ABP ya que el tipo de actividades que se llevan a cabo, implican establecer relaciones complejas entre los distintos contextos y contenidos (interdisciplinariedad) y también fomenta y permite el desarrollo de las seis habilidades transversales propuestas y de otras asociadas como la argumentación, razonamiento etc.

A modo resumen los aspectos principales del ABP en la instrucción son los siguientes:

- **Proceso de enseñanza-aprendizaje centrado en el alumno:** el docente es el guía o mentor de los estudiantes porque facilita el aprendizaje, es el encargado de generar las condiciones necesarias para que se produzca un adecuado aprendizaje (profundo y duradero). De este modo, el alumno es el que crea y

construye poco a poco el conocimiento a través de diferentes estrategias y técnicas facilitadas por el profesor.

- **Habilidad de autogestión y autodesarrollo:** el ABP permite que los alumnos sean autónomos en todo el proceso de aprendizaje, tomando distintas decisiones para el desarrollo de la actividad. La autonomía propicia el desarrollo de pensamiento crítico y resolución de problemas. Además, los alumnos podrán evaluarse y reflexionar sobre su propio aprendizaje durante todo el proceso.
- **Motivación:** es esencial en el ABP, los estudiantes tienen más interés y curiosidad por ahondar en la investigación y aprendizaje de los nuevos conocimientos, ya que el contenido que se trabaja es significativo y relevante. El problema debe partir de una pregunta o reto inicial que desafíe y estimule al alumnado, permitiendo que la dinámica generada consiga que este desarrolle un hábito de aprendizaje constante.
- **Actitud activa:** el hecho de que los alumnos se sientan involucrados en las actividades permite que estén activos y sean capaces de conectar los conocimientos previos con los que les faltan. Además, es un método que fomenta y favorece mucho el trabajo en equipo.
- **Interdisciplinariedad:** los problemas se abordan desde diferentes áreas y puntos de vista (científico, histórico, lingüístico, social...) y en consecuencia se resuelven usando multitud de habilidades de distintos campos.

Como se demuestra, el proceso de enseñanza-aprendizaje es muy diferente al tradicional.

Botero (2018, pp. 202-203) estableció el siguiente proceso de desarrollo de una actividad o proyecto STEM:

- Se parte siempre de una pregunta esencial relacionada con problemas cotidianos o con las necesidades e intereses de los alumnos. De este modo estos se sienten más motivados e intentan buscar las conexiones entre lo que se aprende y el mundo en el que viven.
- Se establecen los objetivos (a partir de currículo) de la actividad a desarrollar, teniendo en cuenta siempre el qué se va a trabajar de cada asignatura

(contenidos, actitudes y procedimientos). Además, se deben definir aquellos aspectos imprescindibles que los alumnos tienen que recordar porque son la base para futuros aprendizajes.

- El proyecto o actividad STEM siempre tiene un producto final si es PjBL (modelo, maqueta, vídeo...) o una solución a un problema si es PBL. En ambos casos, se debería exponer o presentar al resto de la comunidad educativa.

Como conclusión la mejor forma de trabajar las propuestas STEM en la Educación Primaria es usando el Aprendizaje Basado en Proyectos en cualquiera de sus dos versiones (PBL o PjBL), ya que ambos dan respuesta a las características propias de esta educación: permiten integrar las asignaturas STEM siguiendo el proceso de resolución de problemas a través de una pregunta esencial y centrada en el estudiante. Por tanto, en la escala final alguno de los indicadores tendrá mucha relación con el ABP.

### 6.3. Evaluación: conceptos generales

El término de evaluación, como se aprecia en la tabla 3, ha ido evolucionando a lo largo de los años y seguirá haciéndolo.

PERIODOS	EVALUACIÓN ENTENDIDA COMO
Hasta los años 20	Medida. Enfoque conductista
Años 1930-40	Consecución de objetivos de conocimiento
Hasta finales de los 60	Evaluación de la totalidad del sistema educativo
Década de los 70 (En España: LGE <sup>22</sup> )	Valoración del cambio ocurrido en el alumno Valoración de programas y métodos
Década de los 80	Evaluación cuantitativa/cualitativa
Década de los 90. (En España: LOGSE <sup>23</sup> )	Formativa/diferenciada / integradora
Comienzos del s.XXI (En España: LOE)	Valoración del grado de adquisición de las competencias básicas. Demostración <i>evidenciable</i> de los resultados

**Tabla 3.** Evolución del concepto evaluación en España. Fuente: Castillo (2009, p.16)

Prácticamente hasta la década de los años 80 la evaluación se entendía como una herramienta de calificación necesaria para comprobar si los estudiantes habían

<sup>22</sup> Ley 14/1970, de 4 de agosto, General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa.

<sup>23</sup> Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo.

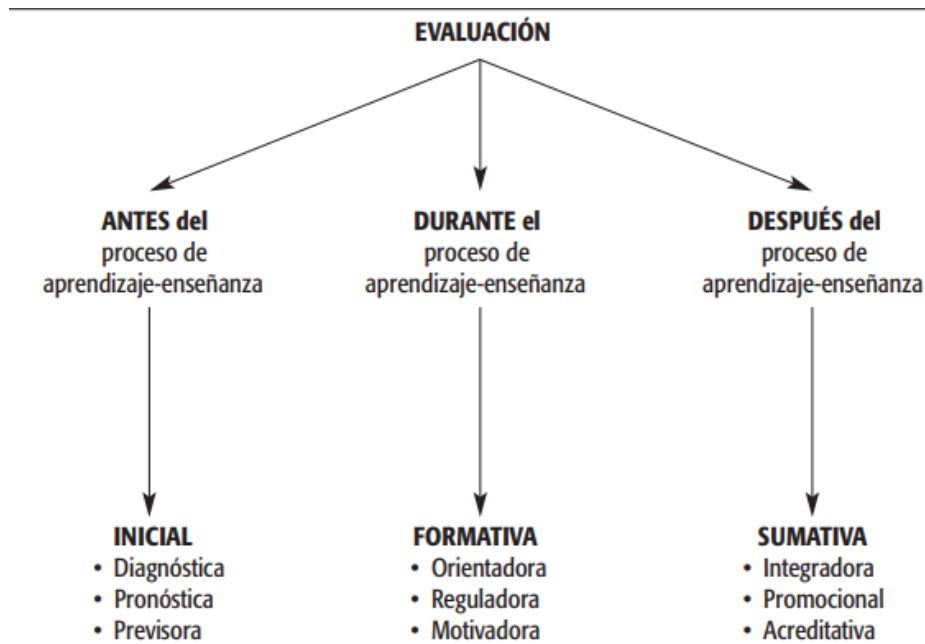
adquirido o no los conocimientos y en qué grado lo habían hecho. Esto implicaba que el alumno ponía todo el enfoque del proceso de aprendizaje en los resultados y en cómo podía mejorarlos.

Hoy en día, la evaluación adquiere un nuevo sentido. Ya no se basa solo en la mera recogida de datos cuyo resultado es fundamental para el alumno, sino que se presenta como un elemento clave para que el profesor reflexione sobre su propia práctica docente. Esta le permite, por un lado, analizar el propio proceso de enseñanza-aprendizaje con el objetivo de tener una visión crítica sobre el mismo para poder realizar las modificaciones necesarias y, por otro lado, facilitar la adaptación de los proyectos educativos a las características de los alumnos y, en consecuencia, ofrecerles la ayuda necesaria en todo momento (aprendizaje individualizado).

Además, es importante destacar que el papel del estudiante en la evaluación es imprescindible y en muchas ocasiones es él mismo quien realiza una reflexión sobre el proceso de aprendizaje-enseñanza propio (autoevaluación), de sus compañeros (coevaluación) o incluso del profesor.

Es difícil establecer una definición concreta y existe una extensa producción bibliográfica sobre el tema. Todo profesor antes de realizar cualquier tipo de evaluación debería realizarse las siguientes preguntas: *qué evaluar, cuándo evaluar y cómo evaluar*. Las respuestas a las dos primeras cuestiones, es decir, la finalidad y el momento de evaluación, se resuelven de forma esquemática en la figura 10.





**Figura 10.** Tipos de evaluación según la finalidad y el momento. Fuente: Castillo (2009, p.19)

- **Evaluación inicial:** es previa a la instrucción y es un punto de partida ya que permite establecer el grado de conocimiento de los alumnos para poder determinar el nivel de la clase y las ideas con las que inician.
- **Evaluación formativa:** se desarrolla cuando el alumno está realizando la experiencia educativa, es decir, durante la instrucción. Permite que los aprendizajes sean más profundos y duraderos porque se identifican los errores y se solucionan en el proceso (uso del error como fuente de aprendizaje).
- **Evaluación sumativa:** se realiza después del proceso de enseñanza-aprendizaje y es la que tiene como objetivo realizar una medición cualitativa o cuantitativa del conocimiento y la capacidad del estudiante sobre los conceptos trabajados.

Es importante que el docente tenga en cuenta los dos aspectos anteriores, la finalidad y el momento de la evaluación, para poder dar respuesta a la pregunta *cómo evaluar*, ya que esta siempre tendrá que ir acorde con las características del proceso de enseñanza-aprendizaje. Existen numerosos instrumentos y herramientas de evaluación que permiten tanto al docente como al propio alumno recoger información del desempeño educativo de manera muy variada a través de: rúbricas, escalas, observación, cuestionarios, exámenes, presentaciones, debates, portfolios...

De las herramientas presentadas, se describen las características de aquellas que se consideran más relevantes en la realización de este trabajo y que son más fáciles de confundir: la escala, la rúbrica y el cuestionario.

- **Escala:** es una matriz de valoración en la que se incorpora en un eje los criterios y en el otro eje la escala que se va a usar (valoración) y cuyas casillas interiores están en blanco para que el evaluador señale el grado de adquisición de cada criterio/indicador. La valoración puede ser: numérica (por ejemplo: de 1 a 5, de 0 a 4...), estimativa (mucho, poco, nada; siempre, normalmente, a veces, nunca; etc.,) o descriptiva (se hace una descripción de la característica poseída o se selecciona aquella descripción que mejor refleja la situación).
- **Rúbrica:** es un instrumento de evaluación que permiten al docente/alumno establecer los niveles de logro, gracias a que los criterios o parámetros de calificación están desarrollados en diferentes niveles de rendimiento. De este modo, la evaluación es más objetiva y permite facilitar la retroalimentación. Existen distintos tipos de rúbricas: globales (descriptores generales) o analíticas (indicadores específicos).
- **Cuestionario:** es una herramienta de evaluación en la que a través de preguntas se obtiene información sobre diferentes objetivos, normalmente sobre el grado de adquisición de los aprendizajes. Hay distintos tipos, formatos y estilos de cuestionarios en función de la finalidad específica de cada uno.

Una vez que se conoce la base teórica y los conceptos asociados a la evaluación, es importante, como se ha destacado, definir una que concuerde con el proceso de enseñanza-aprendizaje que se lleve a cabo en el aula.

#### 6.4. La evaluación de las competencias y las habilidades transversales

Este subapartado es clave porque en él se describen y detallan de una forma breve pero clara las diferentes fuentes que se han tenido en cuenta a la hora de realizar la escala final que se debe tener en cuenta para valorar si una propuesta desarrolla las habilidades que caracterizan a una actividad o proyecto STEM.

En los últimos años se han publicado artículos y libros sobre la educación STEM, se han desarrollado congresos y diferentes jornadas, se han realizado cursos de formación..., con el objetivo de aumentar el número de prácticas y experiencias de aprendizaje de estas áreas. Teniendo en cuenta lo anterior, es cierto que existen multitud de herramientas (talleres, rúbricas, mapas, escalas, pruebas empíricas, etc.) que permiten al profesor evaluar el grado de adquisición de los objetivos previamente propuestos para cada actividad STEM, pero este no es el objetivo de este trabajo.

Es difícil establecer unos criterios comunes que determinen qué prácticas educativas son STEM y cuáles no lo son en la Educación Primaria, y tras las revisiones bibliográficas realizadas no se ha encontrado una herramienta concreta de evaluación que permita determinarlo.

Por ello, es necesario recoger tanto la información aportada en los apartados anteriores, sobre todo la relacionada con la que se ha proporcionado en el titulado: *aprendizaje competencial y educación STEM*, como aquella que diferentes autores, organizaciones e instituciones han realizado sobre este tema, sabiendo siempre la importancia de desarrollar las competencias y habilidades necesarias para dar respuesta a los problemas y retos del siglo XXI.

De este modo, las tablas 4 y 5 tienen el mismo formato y muestran de una forma esquemática y por orden cronológico las ideas más importantes que han sido extraídas de esas investigaciones bibliográficas realizadas, en las que se han analizado qué es exactamente lo que cada uno propone evaluar y cómo hacerlo, terminando con algunas conclusiones relevantes que servirán de guía para la elaboración de la escala final y sus indicadores.

Las tablas también siguen en sí mismas un orden de especificidad, es decir, en primer lugar, se muestra lo más general, las competencias, a continuación, se desarrollan de manera más específica las habilidades que las componen para finalizar con aquellas relacionadas con el ámbito STEM.

En la tabla 4 se resume el sistema de evaluación de las competencias que proponen cada uno de los autores. Los instrumentos usados para ello difieren de unos a otros (rúbricas, escalas...), así como las competencias que describen. A lo largo del documento se ha hecho alusión a muchas de ellas e incluso se han descrito las propias

de las áreas STEM: matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniería. Sin embargo, como se ha indicado, el término de competencia es general y en ella se engloban diferentes capacidades y habilidades específicas que quedarán descritas en la tabla posterior.

Valoración de las habilidades transversales en propuestas educativas STEM

	QUÉ EVALÚA	CÓMO EVALÚA	INDICADORES / CONCLUSIONES
<b>Villa y Poblete (2008)</b>	El aprendizaje basado en competencias.	A través de rúbricas.	Tipos de competencias: Genéricas instrumentales (pensamiento analítico, sistémico, reflexivo, resolución de problemas...). Genéricas interpersonales (trabajo en equipo, comunicación, automotivación...). Genéricas sistémicas (creatividad, innovación, liderazgo...).
<b>Real Decreto 126/2014</b>	Las competencias clave.	A través de procedimientos de evaluación e instrumentos de obtención de datos que ofrezcan validez y fiabilidad en la identificación de los aprendizajes adquiridos.	Comunicación lingüística. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología Competencia digital. Aprender a aprender. Competencias sociales y cívicas. Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor. Conciencia y expresiones culturales.
<b>PISA (2015)</b>	Las competencias en ciencia y matemáticas	A través de exámenes escritos que previamente han sido diseñados gracias a una serie de indicadores específicos de las competencias científicas, matemáticas y lectoras.	Matemáticas (capacidades): Matematización. Comunicación. Representación. Razonamiento y argumentación. Diseño de estrategias para resolver problemas. Utilización de operaciones y un lenguaje simbólico, formal y técnico. Utilización de herramientas matemáticas. Ciencias (tres subcompetencias): Explicar fenómenos científicamente. Evaluar y diseñar la investigación científica. Interpretar datos y pruebas científicamente.
<b>Alsina (2016)</b>	Diseño, gestión y evaluación de <b>actividades competenciales</b> matemáticas.	A través de una escala.	Resolución de problemas. Razonamiento y prueba. Conexiones. Comunicación. Representación.

**Tabla 4.** Resumen de las competencias de las fuentes consultadas. Fuente: elaboración propia.

La tabla 5 recoge las habilidades que son necesarias en la sociedad tecnológica que se vive. Tal y como se indica, cada autor propone una herramienta diferente de evaluación, pero se llega a la conclusión de que hay algunas habilidades que se repiten en la mayoría de los autores. Estas son las que P21 (2017) y que posteriormente Botero (2018) recogen como aquellas que son necesarias en el aprendizaje e innovación del siglo XXI:

- Creatividad<sup>24</sup>
- Colaboración<sup>25</sup>
- Comunicación<sup>26</sup>
- Resolución de problemas<sup>27</sup>
- Pensamiento crítico<sup>28</sup>
- Investigación<sup>29</sup>

Precisamente estas fueron descritas con mayor detalle en el apartado 5.2. del documento titulado *descripción de las seis habilidades transversales*.

Finalmente, debido a la relevancia que tiene el ABP en la educación STEM se ha visto necesario hacer una recopilación de aquellos indicadores/descriptores que caracterizan el aprendizaje basado en proyectos en el ámbito STEM. Doménech-Casal (2018) propone a través de una rúbrica concreta la evaluación de los siguientes ítems:

- |                                    |                                     |
|------------------------------------|-------------------------------------|
| • Contexto                         | • Apertura y autonomía del alumnado |
| • Conflicto                        |                                     |
| • Discurso                         | • Interdisciplinariedad             |
| • Contenidos y modelos científicos |                                     |
- STEM

---

<sup>24</sup> La abreviatura que se va a utilizar para referirse a los indicadores de creatividad es Cr.

<sup>25</sup> La abreviatura que se va a utilizar para referirse a los indicadores de colaboración es Col.

<sup>26</sup> La abreviatura que se va a utilizar para referirse a los indicadores de comunicación es Com.

<sup>27</sup> La abreviatura que se va a utilizar para referirse a los indicadores de resolución de problemas es RP.

<sup>28</sup> La abreviatura que se va a utilizar para referirse a los indicadores de pensamiento crítico es PC.

<sup>29</sup> La abreviatura que se va a utilizar para referirse a los indicadores de investigación es In.

Valoración de las habilidades transversales en propuestas educativas STEM

	<b>QUÉ EVALÚA</b>	<b>CÓMO EVALÚA</b>	<b>INDICADORES / CONCLUSIONES</b>
<b>National Academy of Science (2010)</b>	Habilidades para una sociedad eminentemente tecnológica.	No propone una herramienta concreta, solo describe el significado de cada una de ellas.	Adaptabilidad. Comunicaciones complejas y habilidades sociales. Resolución de problemas no rutinarios. Autogestión y autodesarrollo. Pensamiento sistémico.
<b>OCDE (2015)</b>	Habilidades para el progreso social: cognitivas y socioemocionales.	Ofrece libertad a los colegios para crear sus propias herramientas de evaluación (integrándolas en el currículo de las propias asignaturas, calificándolas de manera independiente a las materias...).	Habilidades cognitivas: Pensamiento crítico. Resolución de problemas. Investigación. Habilidades socioemocionales: Colaboración. Comunicación. Creatividad.
<b>Recomendación 2018/C 189/01</b>	Habilidades transversales a las competencias clave	Está integrada con la evaluación de los aprendizajes adquiridos.	Pensamiento crítico. Resolución de problemas. Trabajo en equipo. Capacidades de comunicación y negociación. Capacidades analíticas. Creatividad. Capacidades interculturales.
<b>Partnership for 21st Century Skills (P21) Botero (2018)</b>	Las habilidades de aprendizaje e innovación del siglo XXI.	A través de indicadores.	Pensamiento crítico. Comunicación. Colaboración. Creatividad. Innovación. Resolución de problemas.

**Tabla 5.** Resumen de las habilidades de las fuentes consultadas. Fuente: elaboración propia.

Tras el análisis realizado se concluye que, aunque sí que hay referencias bibliográficas sobre las distintas competencias y habilidades propias del ciudadano del siglo XXI, no ha habido ningún autor que haya analizado el tratamiento que se hace de las habilidades transversales en las propuestas STEM. Por ello, se va a realizar la propuesta de innovación que se presenta a continuación en este campo, ya que es muy importante desarrollar un instrumento que permita valorar actividades STEM mediante el análisis de habilidades transversales.



## PROPUESTA DE INNOVACIÓN

### 7. PRESENTACIÓN Y OBJETIVOS DE LA PROPUESTA

Una vez descrito el marco teórico se procederá a aplicar las ideas e información recogida en él a la propuesta de innovación y mejora educativa que se desarrollada en este apartado, con el objetivo final de elaborar una herramienta innovadora y provechosa que permita valorar de una forma visual y clara si una propuesta llevada a cabo en el aula de Educación Primaria desarrolla o no las habilidades transversales que caracterizan una propuesta STEM. Precisamente por este motivo este Trabajo de Fin de Grado se titula ***valoración de las habilidades transversales en las propuestas STEM***.

Tras el análisis realizado y tratando de ver las similitudes y diferencias entre las propuestas de la tabla 4 y 5 y teniendo en cuenta las características de una actividad ABP, se llega a la conclusión de que los indicadores que se van a usar en la escala final son las 6 habilidades que P21 (2017) describió y que posteriormente Botero (2018) mencionó en su libro. Todas ellas reflejan y recogen las propuestas de las revisiones bibliográficas realizadas y se presentan en la figura 11 con las aptitudes y actitudes que son necesarias. Estas son: las 4 C's (creatividad, comunicación, pensamiento crítico y colaboración), investigación y resolución de problemas.



**Figura 11.** Características del ciudadano del siglo XXI basadas en las 6 habilidades. Fuente: Nuevas Tecnologías de Multilink Ingeniería SAS (2016, enero 23)<sup>30</sup>.

A continuación, se describen los tres objetivos concretos que tiene este apartado de desarrollo de la propuesta de innovación. Todos ellos pretenden ser respondidos a lo largo de este capítulo.

- Proponer unos indicadores para cada una de las seis habilidades transversales.
- Mostrar la escala diseñada y las indicaciones concretas de su uso y aplicación.
- Proponer una representación gráfica que sirva para interpretar visualmente los resultados del análisis con la escala de valoración.

<sup>30</sup> Recuperado de una entrada de blog titulada: *Hablemos de STEM y de IB*. <http://tecnologiasmultilink.blogspot.com/2016/01/normal-0-21-false-false-false-es-co-x.html>

## 8. ESCALA DE VALORACIÓN DE HABILIDADES TRANSVERSALES EN PROPUESTAS STEM

Con el objetivo de facilitar la lectura y comprensión de los componentes de la escala, se describen y desarrollan a continuación cada uno de los indicadores de las diferentes habilidades transversales con ejemplos representativos de cada uno de ellos. Posteriormente, se indica cómo es la manera más adecuada de usar la tabla señalando algunas indicaciones necesarias que el docente deber tener en cuenta a la hora. Por último, se propone una elaboración visual de los resultados recogidos en la escala a través del uso del gráfico radial.

### 8.1. Indicadores de las seis habilidades transversales

Es importante destacar que se ha creado un sistema de códigos que permite analizar e interpretar de manera más rápida y eficaz la escala diseñada. Para ello, se han asignado las dos o tres primeras letras de cada habilidad y un número del 1 al 4 para cada indicador. Teniendo en cuenta lo anterior, se desarrollan a continuación cada uno de los cuatro indicadores que se han redactado para las seis habilidades transversales.

#### 8.1.1. Indicadores de la habilidad transversal: creatividad

***Cr1. Pensar creativamente: permite aplicar el conocimiento científico-matemático existente para generar nuevas ideas, productos o procesos.***

Este indicador valorará cómo la propuesta facilita y favorece que los alumnos tengan que aplicar sus ideas y conocimientos previos científico-matemáticos para poder desarrollar ideas nuevas. Se tendrá en cuenta si hay actividades que fomenten este proceso cognitivo como: *brainstorming*, debates o incluso técnicas de aprendizaje cooperativo que favorezcan que los alumnos realicen esas conexiones entre lo que saben y lo que van a aprender (1-2-4, cadena de dudas...).

Además, también se prestará atención si la propuesta permite que los alumnos reconozcan sus ideas valiosas o soluciones prácticas que ya hayan sido probadas

previamente de manera satisfactoria, pudiendo modificarlas y adaptarlas a la situación nueva. De este modo, los alumnos analizan, reflexionan y evalúan las propias ideas con el objetivo de mejorarlas y ampliarlas.

***Cr2. Trabajar creativamente con otros: favorece el uso de modelos y métodos científico-matemáticos para crear trabajos originales grupales o individuales.***

Este indicador valora el grado en el que la propuesta permite que los alumnos desarrollen diferentes modelos<sup>31</sup> y métodos<sup>32</sup> científico-matemáticos con el objetivo de llevar a cabo de manera individual o colectiva (parejas, grupos...) diferentes trabajos novedosos y valiosos, identificando o no situaciones susceptibles de mejora.

Un método incluye los siguientes pasos:

1. Observación
2. Planteamiento del problema
3. Formulación de hipótesis
4. Diseño de experimentos
5. Registro y análisis de datos
6. Conclusiones

Además, existen numerosos tipos de modelos científico-matemáticos para poder representar las ideas como, por ejemplo: la representación de fenómenos a través de una fórmula, a través de objetos físicos, la resolución de problemas usando diferentes variables y representando estas en gráficos, el uso de modelos ejemplificadores (esquemas, mapas mentales...). También Alsina (2016) propone otros dos tipos de modelos como pueden ser los manipulativos (objetos físicos: regletas, cuerpos

---

<sup>31</sup> Se entiende por **modelo científico** una parte fundamental de la actividad científica que consiste en la representación conceptual y abstracta que permite describir, analizar, explicar y simular diferentes procesos y fenómenos. Un **modelo matemático** es aquel que permite representar la relación que existe entre distintos parámetros y variables con el objetivo de por interpretarlos. Es importante destacar que las diferentes formas de representar tanto las ideas como los procedimientos científico-matemáticos permiten aumentar la capacidad para interpretar y modelar distintos fenómenos.

<sup>32</sup> El **método científico-matemático** es el proceso que tiene como objetivo explicar fenómenos, establecer conexiones entre ellos y desarrollar leyes que expliquen los distintos acontecimientos físicos del mundo, para poder obtener con todos estos conocimientos aplicaciones útiles para el hombre. Es, por lo tanto, la herramienta que permite formular teorías o leyes sobre el desarrollo de algún fenómeno natural.

geométricos...) y/o los simuladores-ejemplificadores (por ejemplo, es el caso de un dibujo de un itinerario que debe realizar el niño o el plano esquemático de la red de metro).

En el caso de que la propuesta fomente el trabajo en equipo se valorará el grado en el que esta permite desarrollar, implementar y comunicar las ideas propias a todos los miembros del grupo en un clima de respeto y cercanía.

***Cr3. Pensar creativamente: favorece generar soluciones y respuestas nuevas e innovadoras ante problemas no rutinarios y/o rutinarios.***

Este indicador invita a determinar el grado en el que la propuesta permite que los alumnos desarrollen el pensamiento divergente con el objetivo de dar respuestas a situaciones de la vida cotidiana, es decir, si favorece generar una gran cantidad de ideas alternativas de forma fluida. De este modo, los estudiantes tendrán que analizarlas, refinarlas y evaluarlas con el objetivo de tener una visión crítica, pudiendo así maximizar y mejorar los esfuerzos creativos.

En este caso también se valorará si la propuesta permite que los alumnos puedan integrar los aprendizajes de otras disciplinas o ámbitos con el objetivo de poder dar respuesta a situaciones conocidas o desconocidas a través de la creación de ideas novedosas.

***Cr4. Implementar innovaciones: permite usar diferentes técnicas que fomenten el desarrollo de ideas nuevas y valiosas.***

Se tendrá en cuenta si la propuesta implica el uso de diferentes técnicas que favorezcan el desarrollo de ideas originales y útiles que posteriormente se puedan llevar o no a la práctica. Algunas de las estrategias que pueden llevarse a cabo son: lluvias de ideas, ruleta de escritura creativa, seis sombreros para pensar, mapas mentales, pensamiento lateral...

Además, se valorará si permite que los alumnos representen esas ideas de diferentes maneras: dibujos, gráficos, símbolos abstractos...

### 8.1.2. Indicadores de la habilidad transversal: colaboración

***Col1. Facilita diseñar un plan de manera conjunta que permita alcanzar la solución de un fenómeno científico-matemático.***

En este caso el profesor deberá marcar la casilla que considere apropiada teniendo en cuenta el grado en el que la actividad permita que los grupos de alumnos diseñen de manera colaborativa un plan con los pasos apropiados para conseguir llegar a la solución final del problema científico-matemático. De este modo, un plan completo debería incorporar los siguientes pasos:

1. Análisis de la situación
2. Selección y definición del problema
3. Fijación de los objetivos
4. Justificación del proyecto
5. Planificación de las acciones
6. Recursos humanos, económicos y materiales necesarios
7. Evaluación

Teniendo en cuenta lo anterior, se tendrá que dar respuesta a las cuestiones: ¿Qué se va a hacer? ¿Por qué? ¿Para qué? ¿Cuándo? ¿Dónde? ¿Cómo? ¿Con qué y con quién?

Es importante señalar que en este descriptor se busca principalmente que los alumnos colaboren y cooperen entre ellos para poder diseñar un adecuado plan científico-matemático.

***Col2. Permite participar en equipos que desarrollan proyectos para producir trabajos originales o resolver problemas.***

Este indicador mide el grado en el que la propuesta facilita que los alumnos puedan trabajar de manera cooperativa con el objetivo de desarrollar diferentes actividades. De este modo se busca que la propuesta además de conseguir que se llegue al objetivo final (de producción) movilizándolo y cohesionando a los miembros del equipo, también permita orientar y facilitar el trabajo de los mismos.

***Col3. Fomenta que todos los miembros se comprometan con el funcionamiento y gestión del equipo.***

Se mide con este indicador el grado en el que la propuesta favorece que los diferentes componentes del equipo tengan compromiso con el proyecto a realizar. De este modo, se tendrá en cuenta si se fomenta una organización del trabajo, aprovechando los recursos de los miembros del equipo, si permite que el desarrollo y gestión del trabajo en grupo sea clave para poder llevar a cabo la propuesta, si propone que los alumnos tengan que trabajar en un ámbito distinto al de la clase (por ejemplo, en casa) y/o si desarrolla una serie de tareas que implica que la participación de todos los miembros del equipo.

***Col4. Favorece la colaboración, interacción y comunicación de los miembros del equipo.***

Se tendrá en cuenta el grado en el que la propuesta permite que los alumnos puedan cooperar y expresar sus ideas entre los miembros del grupo. Por ejemplo, se valorará si el clima desarrollado es óptimo para llevar a cabo situaciones de trabajo en equipo, si propone normas o consejos para mejorar el funcionamiento del grupo y/o si permite situaciones retadoras y motivadoras que impliquen la resolución de manera cooperativa.

### **8.1.3. Indicadores de la habilidad transversal: comunicación**

***Com1. Permite describir e interpretar pruebas científico-matemáticas y comunicar y argumentar conclusiones a través del lenguaje escrito, verbal o visual.***

Esto implicará el grado en el que la propuesta permite que los alumnos puedan comprender las distintas ideas científico-matemáticas expuestas, de una manera detallada describiendo por ejemplo sus ventajas e inconvenientes, las consecuencias... Para ello, se hará uso de diferentes medios en función del que sea más apropiado para el contenido trabajado:

- **Lenguaje escrito:** a través del sistema de escritura. Por ejemplo: redacciones, resúmenes, noticias, historia escrita...

- **Lenguaje verbal:** haciendo uso de la comunicación oral. Por ejemplo: presentaciones, dramatizaciones, relato oral...
- **Lenguaje visual:** por medio de gráficos o imágenes: esquemas, diagramas, fotografías...

Estos tipos de lenguaje son herramientas fundamentales que permiten a los alumnos comprender y estructurar el conocimiento a partir del desarrollo y comunicación del pensamiento científico-matemático.

***Com2. Favorece el intercambio, la comunicación y argumentación de ideas científico-matemáticas a través del lenguaje oral, escrito, gráfico y/o simbólico a diferentes tipos de audiencias.***

Se valorará si la propuesta fomenta e impulsa el intercambio de diferentes ideas científico-matemáticas usando distintos tipos de lenguaje:

- **Oral:** comunicación verbal a través de la conversación. Por ejemplo: debates, presentaciones, exposiciones...
- **Escrito:** representación de la lengua por medio del sistema de escritura. Por ejemplo: artículos, párrafos, cartas, e-mails...
- **Gráfico:** comunicación a través de imágenes o gráficos. Por ejemplo: fotografías, iconos...
- **Simbólico:** comunicación usando símbolos. Por ejemplo: señales, operaciones matemáticas, fórmulas científicas...

También, se tendrá en cuenta la flexibilidad de la propuesta, esto implica si permite que los alumnos comuniquen las ideas a un único tipo de audiencia (por ejemplo, la clase) o si incluye a varios (la propia clase, el colegio entero...), así como si el intercambio es unidireccional (profesor-alumno) o bidireccional.

***Com3. Favorece la interacción con los demás para aprender, comprender e intercambiar las ideas matemáticas y científicas.***

En este indicador se prestará atención a cómo la propuesta permite que los alumnos interactúen con el resto de los compañeros del grupo con el objetivo de poder exponer, compartir e integrar las ideas propias ajenas y propias y entender las ideas



científico-matemáticas de cada uno de los integrantes del grupo, es decir, si la propuesta permite generar un clima de entendimiento y diálogo.

Además, se tendrá en cuenta el grado en el que la actividad anima a los alumnos a usar un lenguaje propio de las matemáticas y/o ciencias. De este modo, se valorará si permite que los estudiantes interactúen, dialoguen y negocien entre ellos sobre los contenidos científico-matemáticos, ya que cada alumno tendrá su manera de interpretarlos y en muchas ocasiones difiere de lo que el maestro espera.

***Com4. Fomenta en los alumnos el respeto por la manera de pensar y exponer los puntos de vista sobre el contenido científico-matemático.***

Se puntuará el grado en el que la propuesta permite que los alumnos desarrollen una comunicación constructiva y asertiva con el resto de los compañeros sobre los temas científico-matemático tratados. Esto implica que los alumnos desarrollen habilidades propias de la comunicación como el respeto, la empatía, la honestidad, la sinceridad, la escucha activa, la resolución de conflictos... Además, también se determinará si facilita que los alumnos puedan exponer sus ideas sobre el contenido científico-matemático de manera libre, de modo que la clase sepa las opiniones y puntos de vista de los alumnos y esto genere un clima rico, abierto y positivo.

#### **8.1.4. Indicadores de la habilidad transversal: resolución de problemas**

***RP1. Posibilita identificar y analizar un problema científico-matemático para generar alternativas de solución aplicando los métodos aprendidos.***

Con este indicador se valorará cómo la propuesta permite que los alumnos desarrollen soluciones usando distintos métodos gracias al análisis específico de una situación o de un problema científico-matemático. Existen cuatro fases que permiten dar respuesta a la resolución de problemas:

1. Comprensión del problema: los alumnos analizan los elementos más importantes para poder identificar la situación a resolver. Esta puede ser de diferentes tipos en función del enunciado, contenido, finalidad y respuesta como se describe posteriormente.

2. Realización de un plan para resolverlo: una vez definida la situación, se desarrolla un plan en el que se especifiquen los pasos necesarios para la resolución del problema. Se identifican los objetivos, las acciones, el tiempo requerido, los posibles obstáculos y/o dificultades que se pueden encontrar, así como las alternativas para solucionarlos.
3. Aplicación del plan propuesto: el plan de acción propuesto en la etapa anterior se lleva a la práctica.
4. Comprobación de los resultados: una vez aplicado el plan, se analizan y revisan los resultados y se extraen las conclusiones teniendo en cuenta siempre si cumplen o no los objetivos propuestos.

Además, también se tendrá en cuenta para la interpretación del problema las siguientes características en función del tipo de:

- **Enunciado:** verbal o visual.
- **Contenido:** completo, incompleto...
- **Finalidad:** aplicación de una técnica, aprendizaje de una estrategia...
- **Respuesta:** abierta, cerrada, sin solución.

***RP2. Promueve elaborar un plan de acción y un criterio concreto para elegir entre las opciones de solución propuestas.***

Este indicador muestra el grado en el que la propuesta invita al alumnado a realizar un plan de acción específico para poder seleccionar la respuesta más adecuada en función de las circunstancias. Los estudiantes deberán determinar en primer lugar, los objetivos y las prioridades que son importantes para poder posteriormente desarrollar una planificación adecuada (a corto, medio y/o largo plazo) describiendo soluciones y alternativas a las posibles dificultades o imprevistos que surjan. De este modo, se verá si se promueve que el estudiante esté comprometido e implicado en el proceso de resolución de problemas y si la propuesta permite que se cumplan los plazos propuestos.

En este plan de acción el alumno tiene que permanecer activo, desarrollando diferentes habilidades y aptitudes (organización, planificación, capacidad de

adaptación...). Se valorará entonces si la propuesta permite que los estudiantes imaginen, observen, experimenten, manipulen, visualicen, simulen, hagan, discutan..., para que sean ellos mismos quienes seleccionen la estrategia que mejor les convenga: cálculo mental, esquema, dibujo, gráfico, etc.

***RP3. Fomenta la construcción de manera individual o en equipo de soluciones a problemas científico-matemáticos.***

En este caso se medirá el grado en el que la propuesta permite que los alumnos puedan desarrollar de manera individual o colectiva diferentes soluciones a distintos tipos de problemas. Además, se valorará si existen materiales específicos para la resolución de problemas. Por ejemplo: orales (si existe andamiaje<sup>33</sup> por parte del profesor o si se crean zonas de desarrollo próximo<sup>34</sup>), pictóricas (a través de imágenes, dibujos o gráficos) y concretas (situaciones reales).

Si se realiza de manera colectiva, se tendrá en cuenta si se promueve la discusión de las estrategias de resolución de problemas y sus resultados, así como si se facilita que los alumnos compartan entre ellos sus experiencias y soluciones.

***RP4. Permite transferir los aprendizajes científico-matemáticos del aula a situaciones reales de otros ámbitos.***

Este indicador mide si la propuesta planteada favorece que los alumnos puedan aplicar los conocimientos científico-matemáticos desarrollados en el aula a otros ámbitos de la vida, es decir, si permite determinar el grado en el que el aprendizaje está contextualizado con las situaciones cotidianas de los alumnos. En este caso, también se valora si la propuesta permite partir de lo concreto (situaciones reales) para llegar a lo abstracto (lenguaje simbólico). De este modo, se tendrá en cuenta si la propuesta fomenta que los alumnos establezcan algunas o todas de las siguientes conexiones:

---

<sup>33</sup> *Scaffolding* o andamiaje es un concepto desarrollado por Bruner y se define como el proceso desarrollado durante la interacción en el que un estudiante es guiado en su aprendizaje por su profesor.

<sup>34</sup> La zona de desarrollo próximo es un concepto descrito por Vygotsky y se refiere la distancia entre el nivel de desarrollo efectivo del alumno, lo que es capaz de hacer por sí solo, y el nivel de desarrollo potencial, aquello que sería capaz de hacer con la ayuda de un adulto o un compañero.

- Entre los propios conocimientos e ideas científico-matemáticas: lo que permite que se reconozcan, comprendan, usen y construyan las relaciones entre los aprendizajes de estas áreas.
- Entre los conocimientos e ideas científico-matemáticas y otras situaciones: lo que permite que se reconozcan, comprendan, construyan y apliquen esos aprendizajes a otros contextos.

Además, se valorará el grado de interdisciplinariedad de la propuesta, es decir, si se ven involucradas otras áreas del currículo además de las STEM o no.

#### **8.1.5. Indicadores de la habilidad transversal: pensamiento crítico**

***PC1. Favorece la identificación y discriminación de problemas auténticos y preguntas significativas para investigar.***

En este caso se valorará si la propuesta fomenta que los alumnos tengan que reconocer y determinar aquellos aspectos relevantes para poder llevar a cabo una adecuada investigación. Para ello, tendrán que establecer una serie de preguntas que permitan comprender la tarea para llevar a cabo las estrategias, el análisis y la síntesis de los conocimientos implicados y poder resolver así diferentes retos o situaciones.

También se determinará no solo si se permite que los alumnos realicen sus propias preguntas, sino si la propia propuesta presenta o no preguntas abiertas que favorezcan situaciones de diálogo, comunicación y expresión. Estas cuestiones pueden ser realizadas por el propio profesor y se pueden desarrollar a partir de la visualización de un vídeo, etc. El objetivo principal de este indicador es valorar si la propuesta desarrolla metodologías activas como: el aprendizaje basando en problemas, estudio de casos, *flipped-classroom*, aprendizaje basado en proyectos...

***PC2. Promueve el análisis y evaluación de la coherencia de los juicios científico-matemáticos ajenos y propios.***

Este indicador determinará el grado en el que la propuesta permite que los alumnos puedan justificar y valorar los juicios científico-matemáticos tanto ajenos como propios. De este modo, se tendrá en cuenta si se promueve la realización de preguntas

sobre la situación que permiten a los propios estudiantes formular los juicios, argumentarlos, defenderlos y reflexionar sobre ellos, teniendo en cuenta siempre que estos deben ser coherentes y presentar una base teórica fiable. También se valorará si la propuesta anima a que las ideas de los demás puedan ser analizadas por toda la clase, determinando los pros y contras, los beneficios, las dificultades...

***PC3. Permite valorar las implicaciones sociales y personales de los juicios emitidos y reflexionar sobre las consecuencias de las decisiones.***

En este caso se valorará si la propuesta fomenta que los alumnos evalúen las repercusiones y consecuencias que pueden llegar a tener las propuestas tanto ajenas como propias. De este modo, se determinará si se fomenta la toma de conciencia de las implicaciones prácticas de los juicios emitidos a nivel personal y colectivo, así como la asunción de responsabilidad: consecuencias sobre los demás y sus derechos, aspectos positivos y negativos para el individuo y la sociedad...

Además, se prestará atención a si se permite que a partir de los juicios ajenos cada alumno de manera individual construya sus propias ideas o incorpore en sus razonamientos pensamientos o argumentos de otros, a través por ejemplo de actividades propuestas en grupo como los debates, los análisis de diferentes situaciones (noticias, historias, cuentos, fábulas...), etc.

***PC4. Fomenta la toma de decisiones sobre temas científico-matemáticos de una manera crítica.***

Se valorará cómo la propuesta favorece un clima relajado y de confianza que permita a los alumnos opinar, compartir y comunicar sus ideas y puntos de vista científico-matemáticos, reflexionar sobre ellos, determinar consecuencias, valorar la realidad, etc. De este modo, se prestará especial atención a si se fomenta un aprendizaje autónomo del alumnado (construcción de su propio conocimiento e ideas) en el que se potencie la capacidad de exponer, defender y argumentar sus ideas, juicios y valoraciones, sabiendo que el profesor es el guía y acompañante del proceso.

Algunas actividades que fomentan la toma de decisiones de manera crítica son los debates, *role-playing*, comparación de noticias... Para poder conseguir que los alumnos generen esos pensamientos críticos previamente se tendrá en cuenta si la

propuesta propone tareas que permitan a los alumnos establecer unos argumentos sólidos, coherentes y contrastados, a través de la investigación, visualización de vídeos, explicación del profesor o del libro del texto.

#### **8.1.6. Indicadores de la habilidad transversal: investigación**

***In1. Permite identificar situaciones o problemas científico-matemáticos que se deben mejorar.***

Este indicador determinará el grado en el que la propuesta fomenta que los alumnos puedan determinar situaciones específicas científico-matemáticas que son susceptibles de mejora. En este caso se valorará la intencionalidad, ya que la innovación no es algo casual, sino que es un proceso deliberado, intencional y sistemático. Por ejemplo, se tendrá en cuenta si la propuesta permite que los estudiantes detecten con facilidad y acierto diferentes oportunidades y necesidades de mejora en el desarrollo de su trabajo, si identifican retos o desafíos de su vida diaria...

***In2. Fomenta la detección y valoración de las alternativas y los riesgos de la investigación.***

Se tendrá en cuenta con este indicador cómo la propuesta permite que los alumnos puedan identificar y evaluar las diferentes alternativas, dificultades y/o consecuencias del proceso de investigación que se lleva a cabo. De este modo, se tendrán que reconocer en primer lugar cuáles son las situaciones de mejora, para poder a continuación determinar un plan de acción que permita llevar a cabo la investigación pertinente, destacando en la fase final de análisis y conclusiones, entre otros aspectos, aquellos puntos débiles o de mejora en los resultados.

Se valorará por lo tanto si se promueve que los alumnos puedan identificar y analizar cada uno de los posibles riesgos y los beneficios que se derivan de la investigación, describiendo los pros y contras y analizando la repercusión que podrían tener.

***In3. Favorece el uso de métodos y procedimientos científico-matemáticos para el análisis y planteamiento de procesos sistemáticos<sup>35</sup> de investigación.***

En este caso se valorará si la propuesta permite que los alumnos busquen y apliquen nuevos métodos y procedimientos del área científico-matemática para poder llevar a cabo un proceso de investigación adecuado. Algunos de ellos pueden ser la observación, manipulación, experimentación, simulación, etc. De este modo, se tendrá en cuenta si facilita que los estudiantes tengan disposición para experimentar con nuevos ensayos de recursos y procedimientos que no se hayan usado previamente o que permita utilizar otros ya existentes, pero adaptándolos y modificándolos de acuerdo al contexto de innovación.

***In4. Fomenta la innovación e indagación a través de prácticas científico-matemáticas concretas individuales o colectivas.***

En este indicador se valorará si la propuesta permite que los alumnos desarrollen las habilidades de indagación e innovación a través de diferentes situaciones científico-matemáticas de manera individual o en equipo. En este caso, se determinará si se trabajan con contextos reales (de la vida cotidiana) o hipotéticos (más abstractos) en los que sea necesario establecer y desarrollar un proceso sistemático de investigación. Algunos ejemplos de estas situaciones podrían ser: casos cercanos al contexto del alumno y/o del centro escolar (propuestas de mejora para la convivencia en el barrio, para la sostenibilidad de las casas...) o casos en los que los estudiantes tengan que realizar hipótesis ya que no lo conocen de primera mano o no tienen un contacto directo (por ejemplo, investigaciones sobre la vida en Marte, sobre la sabana africana...).

Además, si la propuesta se lleva a cabo en equipo, se valorará si permite que las reflexiones de los diferentes miembros del grupo estimulen al resto de compañeros a reflexionar sobre cómo poder realizar el proceso de investigación de forma diferente.

---

<sup>35</sup> Se entiende por proceso sistemático como aquel que es organizado y que tiene el objetivo principal de dar respuesta a una pregunta o hipótesis para poder aumentar así el conocimiento y la información que se tiene sobre un fenómeno desconocido o poco conocido.

## **8.2. Aplicación de la escala de valoración de habilidades transversales en propuestas STEM**

Tras haber descrito cada uno de los cuatro indicadores de las seis habilidades elegidas, se presenta la herramienta, en este caso es una escala que queda reflejada en la tabla 6. Esta permite a los docentes o cualquier otra persona interesada en el ámbito, valorar de una forma visual y clara si una propuesta llevada a cabo en el aula de Educación Primaria desarrolla o no las habilidades transversales que son propias de la educación STEM.

La escala tiene cuatro columnas y leyéndola de izquierda a derecha se detallan los siguientes aspectos: en primer lugar, se indica la habilidad y a la derecha de esta los indicadores correspondientes. Después, se presenta la escala de valoración del 0 (nada) al 4 (mucho) que deberá marcar el docente en función de la propuesta analizada. La última columna permite reflejar algunos comentarios u observaciones que se creen necesarios aportar en la escala. Todos estos aspectos serán más desarrollados en el próximo subapartado donde se dan algunas indicaciones de cómo el profesor debería aplicarla en una propuesta STEM.



**Título:**

**Curso:**

**Asignaturas STEM implicadas:**

**Duración:**

**Asignaturas NO STEM implicadas:**

HABILIDADES	INDICADORES	Nada		Mucho			OBSERVACIONES
		0	1	2	3	4	
<b>Creatividad</b>	<b>Cr1.</b> Pensar creativamente: permite aplicar el conocimiento científico-matemático existente para generar nuevas ideas, productos o procesos.						
	<b>Cr2.</b> Trabajar creativamente con otros: favorece el uso de modelos y métodos científico-matemáticos para crear trabajos originales grupales o individuales.						
	<b>Cr3.</b> Pensar creativamente: favorece generar soluciones y respuestas nuevas e innovadoras ante problemas no rutinarios.						
	<b>Cr4.</b> Implementar innovaciones: permite usar diferentes técnicas que fomenten el desarrollo de ideas nuevas y valiosas.						
<b>Colaboración</b>	<b>Col1.</b> Facilita diseñar un plan de manera conjunta que permita alcanzar la solución de un fenómeno científico-matemático.						
	<b>Col2.</b> Permite participar en equipos que desarrollan proyectos para producir trabajos originales o resolver problemas.						
	<b>Col3.</b> Fomenta que todos los miembros se comprometan con el funcionamiento y gestión del equipo.						
	<b>Col4.</b> Favorece la colaboración, interacción y comunicación de los miembros del equipo.						

**Tabla 6.** Indicadores para valorar habilidades transversales en prácticas STEM. Fuente: elaboración propia.

Valoración de las habilidades transversales en propuestas educativas STEM

HABILIDADES	INDICADORES	Nada		Mucho			OBSERVACIONES
		0	1	2	3	4	
Comunicación	<b>Com1.</b> Permite describir e interpretar pruebas científico-matemáticas y comunicar y argumentar conclusiones a través del lenguaje escrito, verbal o visual.						
	<b>Com2.</b> Favorece el intercambio, la comunicación y argumentación de ideas científico-matemáticas a través del lenguaje oral, escrito, gesticular, gráfico, concreto y/o simbólico a diferentes tipos de audiencias.						
	<b>Com3.</b> Favorece la interacción con los demás para aprender, comprender e intercambiar las ideas matemáticas y científicas.						
	<b>Com4.</b> Fomenta en los alumnos el respeto por la manera de pensar y exponer los puntos de vista sobre el contenido científico-matemático.						
Resolución de problemas	<b>RP1.</b> Posibilita identificar y analizar un problema científico-matemático para generar alternativas de solución aplicando los métodos aprendidos.						
	<b>RP2.</b> Promueve elaborar un plan de acción y un criterio concreto para elegir entre las opciones de solución propuestas.						
	<b>RP3.</b> Fomenta la construcción de manera individual o en equipo de soluciones a problemas científico-matemáticos.						
	<b>RP4.</b> Permite transferir los aprendizajes científico-matemáticos del aula a situaciones reales de otros ámbitos.						

**Tabla 6 (Cont.).** Indicadores para valorar habilidades transversales en prácticas STEM. Fuente: elaboración propia.

Valoración de las habilidades transversales en propuestas educativas STEM

HABILIDADES	INDICADORES	Nada		Mucho			OBSERVACIONES
		0	1	2	3	4	
<b>Pensamiento Crítico</b>	<b>PC1.</b> Favorece la identificación y discriminación de problemas auténticos y preguntas significativas para investigar.						
	<b>PC2.</b> Promueve el análisis y evaluación de la coherencia de los juicios científico-matemáticos ajenos y propios.						
	<b>PC3.</b> Permite valorar las implicaciones sociales y personales de los juicios emitidos y reflexionar sobre las consecuencias de las decisiones.						
	<b>PC4.</b> Fomenta la toma de decisiones sobre temas científico-matemáticos de una manera crítica.						
<b>Investigación</b>	<b>In1.</b> Permite identificar situaciones o problemas científico-matemáticos que se deben mejorar.						
	<b>In2.</b> Fomenta la detección y valoración de las alternativas y los riesgos de la investigación.						
	<b>In3.</b> Favorece el uso de métodos y procedimientos científico-matemáticos para el análisis y planteamiento de procesos sistemáticos de investigación.						
	<b>In4.</b> Fomenta la innovación e indagación a través de prácticas científico-matemáticas concretas individuales o colectivas.						

**Tabla 6 (Cont.).** Indicadores para valorar habilidades transversales en prácticas STEM. Fuente: elaboración propia.

Antes de rellenar la propia escala de valoración diseñada, el docente debe completar algunos apartados necesarios que permiten contextualizar la propuesta y describir algunos aspectos concretos. De este modo en primer lugar tiene que indicar el título de la propuesta STEM, el curso al que se dirige la misma y la duración (indicando el número de sesiones o el tiempo total requerido).

Posteriormente, debe señalar las asignaturas STEM y no STEM implicadas pudiendo relacionar así la propuesta con los conceptos de interdisciplinariedad y transversalidad. En el primer caso, el profesor debe indicar el número de materias STEM que están involucradas, teniendo en cuenta que estas son ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas. En el segundo, el docente señala el nombre de otras asignaturas del currículo que no sean STEM, pero que sí que se trabajan en la propuesta STEM.

A continuación, se procede a describir la propia herramienta desarrollada para esta propuesta de innovación. En este caso, el instrumento de valoración elegido es una escala formada en total por 24 indicadores (4 por cada una de las 6 habilidades transversales). Una vez descritos cada uno de ellos, se presentan algunas claves que todo docente debe tener en cuenta a la hora de aplicar la escala:

- Los indicadores están redactados en tercera persona ya que se refieren al proyecto STEM que se va a evaluar.
- El docente tendrá que marcar todos los indicadores que se muestran en la escala.
- El profesor marcará con una **X** la casilla que crea conveniente, teniendo en cuenta que la valoración es numérica: 0 es lo más bajo e implica que hay ausencia, 1 supondría insuficiente, 2 equivaldría a que a veces se desarrolla, pero aun así es mejorable, 3 si frecuentemente se realiza y 4 si se cumple mucho y/o siempre, siendo esta la puntuación más alta.
- La columna de “observaciones” permite al docente indicar algunas puntualizaciones concretas sobre cada uno de los indicadores. En ella, se pueden describir ejemplos concretos de la propuestas o cualquier otra información que el profesor considere relevante.

- La escala podrá usarse en tres momentos diferentes del proceso didáctico:
  - **Al principio:** con el objetivo de que sirva de orientación y guía para el docente a la hora de diseñar la propuesta STEM.
  - **Durante:** para poder comprobar y analizar si a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje la propuesta STEM cumple con los criterios y en qué grado.
  - **Al final:** para valorar y evaluar si realmente ha sido una propuesta STEM o no y poder analizar e identificar aquellos aspectos que hay que reforzar y/o mejorar.

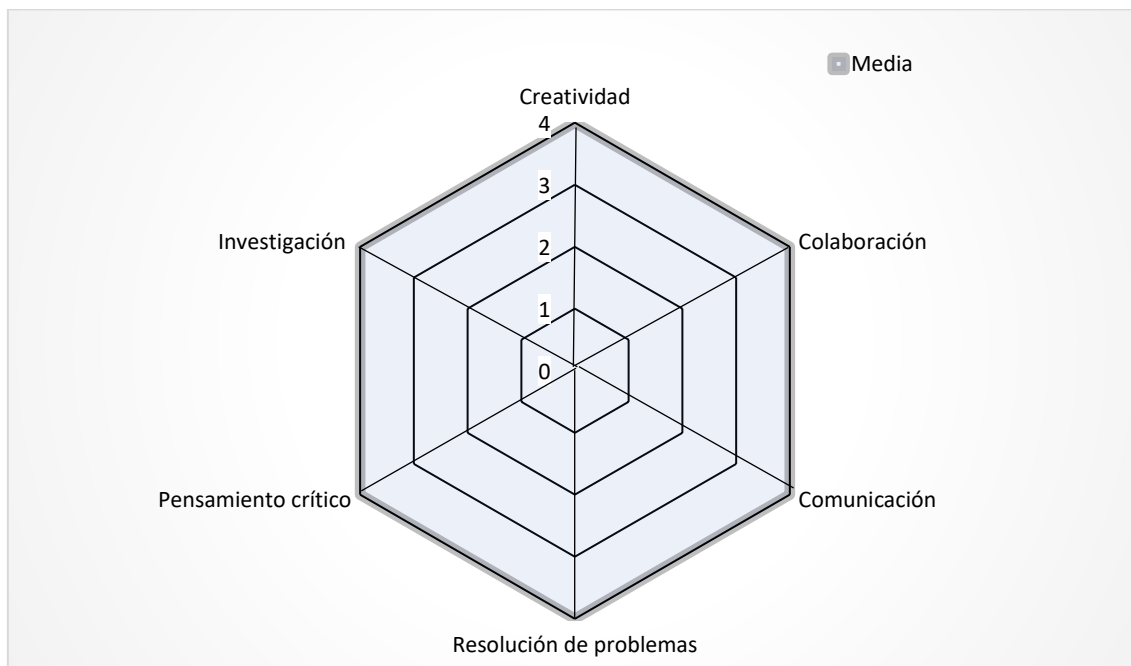
Con el objetivo de que toda la información recogida en la escala se refleje de una manera más visual, se propone y se especifica cómo el docente puede diseñar un gráfico radial.

### 8.3. Representación gráfica de la escala de valoración

El gráfico radial o gráfico de araña es una herramienta que permite representar y mostrar visualmente en qué medida determinados aspectos, cualidades o atributos se relacionan entre sí.

En este caso, el gráfico tiene forma de hexágono, ya que son seis el número de habilidades escogidas. En cada vértice se indica el nombre de cada una de ellas y la valoración es del 0 al 4. No se incorporan los dos primeros indicadores ya que el objetivo del gráfico no es analizar el número de asignaturas implicadas, sino el grado en el que las habilidades se desarrollan a través de la propuesta STEM.

El objetivo a la hora de diseñar y valorar una propuesta STEM es conseguir que, al realizar en el gráfico radial, la figura hexagonal quede lo más completa posible. Esto significaría que las habilidades del alumno del siglo XXI se desarrollan en su mayor grado a través de la propuesta STEM concreta. Así, la figura 12 representa el caso “ideal” que todos los profesores deberían buscar.



**Figura 12.** Ejemplo de gráfico de radial para evaluar propuestas STEM. Fuente: elaboración propia.

Cada indicador deberá valorarse desde la puntuación más baja (0) a la más alta (4). Sin embargo, para poder representar los datos obtenidos de la escala de manera adecuada en el gráfico, es necesario realizar la media aritmética de cada una de las habilidades. Para ello, se tendrán que sumar las puntuaciones que correspondan a las marcaciones del profesor y dividirlos entre el número de indicadores de cada habilidad transversal (en este caso siempre son 4). La fórmula correspondiente sería la siguiente, donde la palabra *habilidad* ha de ser sustituida por la correspondiente y *P* es la puntuación correspondiente a cada indicador de esa habilidad:

$$\text{Habilidad} = \frac{\text{suma de las puntuaciones marcadas en cada indicador}}{\text{número total de indicadores}} = \frac{P1+P2+P3+P4}{4}$$

Para poder realizar el gráfico, el docente podrá utilizar cualquier herramienta tecnológica o podrá realizarla a mano usando la que se expone de ejemplo en este documento.

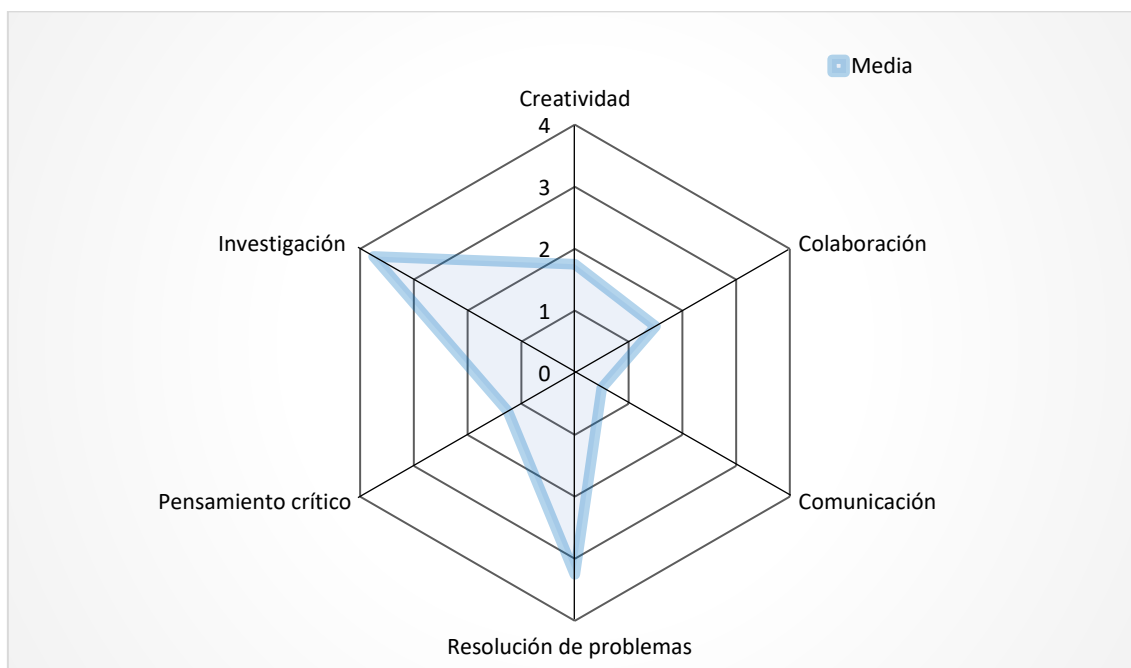
Interpretar un gráfico radial es muy sencillo, ya que a simple vista el docente podrá analizar cuáles son las debilidades o fortalezas de la propuesta STEM en cuanto al desarrollo o no de las habilidades transversales propias de las misma.

A continuación, se presenta un ejemplo<sup>36</sup> de una posible situación que el profesor se puede encontrar al realizar el gráfico radial, los pasos necesarios para realizarlo y su interpretación. Para facilitar la lectura e interpretar más fácilmente los datos, se muestra primero la tabla 7 que recoge las puntuaciones de cada indicador siguiendo el sistema de códigos establecido. Además, se añade una columna donde se realiza la media de cada una de las habilidades para poder llevar los resultados al gráfico radial de la figura 13, donde la mancha azul indica el nivel en el que se desarrolla determinada habilidad en una escala del 0 (nada) al 4 (mucho). Por último, se realiza la interpretación del gráfico.

HABILIDAD	INDICADOR	PUNTUACIÓN	MEDIAS
Creatividad	Cr1.	1	$Cr = \frac{1 + 1 + 3 + 2}{4} = 1'75$
	Cr2.	1	
	Cr3.	3	
	Cr4.	2	
Colaboración	Col1.	2	$Col = \frac{2 + 0 + 3 + 1}{4} = 1'5$
	Col2.	0	
	Col3.	3	
	Col4.	1	
Comunicación	Com1.	1	$Com = \frac{1 + 0 + 1 + 0}{4} = 0'5$
	Com2.	0	
	Com3.	1	
	Com4.	0	
Resolución de problemas	RP1.	3	$RP = \frac{3 + 4 + 3 + 3}{4} = 3'25$
	RP2.	4	
	RP3.	3	
	RP4.	3	
Pensamiento Crítico	PC1.	1	$PC = \frac{1 + 2 + 1 + 1}{4} = 1'25$
	PC2.	2	
	PC3.	1	
	PC4.	1	
Investigación	In1.	4	$In = \frac{4 + 3 + 4 + 4}{4} = 3'75$
	In2.	3	
	In3.	4	
	In4.	4	

**Tabla 7.** Resumen de las puntuaciones y medias del ejemplo propuesto. Fuente: elaboración propia.

<sup>36</sup> En el anexo se ofrecen más ejemplos ilustrativos de posibles situaciones con las que el profesor se puede encontrar una vez completada la escala.



**Figura 13.** Ejemplo de gráfico radial para valorar las habilidades transversales de una propuesta STEM. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se analiza el gráfico de la figura 13. Como se aprecia a simple vista, la propuesta de este ejemplo desarrolla en mayor o menor medida las diferentes habilidades analizadas. Claramente, hay dos que destacan y que casi completan la parte de la figura correspondiente: la investigación y la resolución de problemas. Sin embargo, el resto de las habilidades implicadas están muy poco desarrolladas en la propuesta, destacando principalmente la comunicación que casi no se lleva a cabo.

Por tanto, los puntos fuertes son la investigación y la resolución de problemas, mientras que los aspectos que se deberían mejorar son la comunicación (con actividades de debate, intercambio de ideas...), la colaboración (desarrollando el trabajo en equipo) y el pensamiento crítico (fomentando que los alumnos reflexionen y creen juicios).

El análisis realizado permite concluir que esta propuesta, aunque sí que desarrolla las habilidades propias de la educación STEM, algunas de ellas se hacen en menor medida.



Tras haber desarrollado de manera completa el proyecto de innovación, destacando los indicadores escogidos de cada una de las seis habilidades transversales que quedan recogidos en la escala diseñada y proponiendo el gráfico radial que refleja los resultados de una manera visual, se propone aplicar la escala desarrollada en este a un caso concreto titulado *El Invernadero*, con el objetivo de que el lector sepa cómo se debe aplicar la escala y cuál es una manera de interpretar los datos de la propuesta escogida.

## 9. APLICACIÓN DE LA ESCALA A LA PROPUESTA EDUCATIVA STEM *EL INVERNADERO*

Una vez que se ha diseñado el instrumento, se va a realizar un caso práctico a una propuesta seleccionada que se presenta como STEM. El análisis de la propuesta tiene como objetivos:

- Mostrar un modelo de aplicación de la escala diseñada a una propuesta STEM real.
- Valorar si la propuesta elegida es una propuesta STEM y en qué grado.
- Proponer mejoras para la propuesta STEM seleccionada si fuera pertinente.

La propuesta STEM seleccionada está recogida en la plataforma Scientix y fue creada y desarrollada en el marco del proyecto STEM4Math.

### 9.1. Scientix<sup>37</sup>

Scientix se define como la comunidad para la enseñanza de las ciencias en Europa que tiene como objetivo principal respaldar y promover la colaboración entre los distintos ámbitos educativos e investigadores de materias STEM.

Esta comunidad nace en el año 2009 tras la realización de un portal en línea en el que se recopilan y presentan distintos proyectos europeos de enseñanza de las disciplinas STEM y sus resultados. Se considera que esta es la primera fase del proyecto. También propuso distintos talleres para la formación de los docentes y el primer congreso se celebró Bruselas en mayo de 2011.

A partir de 2013 y en la segunda fase, su principal objetivo fue ampliar su comunidad dentro de los países. Para ello creó una red de Puntos Nacionales de Contacto (PNC), en el que podían participar todos los docentes y donde se exponían y desarrollaban diferentes estrategias a nivel nacional para poder adoptar metodologías innovadoras e indagatorias a la hora de enseñar ciencia y matemáticas.

---

<sup>37</sup> La página web de la comunidad para la enseñanza de las ciencias en Europa denominada Scientix es la siguiente: <http://www.scientix.eu/>

Posteriormente, en la tercera fase del proyecto (2016-2019), la comunidad contó con la financiación del programa de I+D Horizonte 2020 de la Unión Europea<sup>38</sup> y de este modo Scientix nace como una iniciativa de la Comisión Europea. Este aspecto es muy importante ya que es fundamental para realizar innovación en la enseñanza y aprendizaje y reforzar de este modo a colaboración y comunicación entre los centros educativos europeos y los docentes. Toda la coordinación corre a cargo de un consorcio de 30 Ministerios de Educación denominado *European Schoolnet* que tiene su sede en Bruselas. En España el principal contacto para este proyecto es el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF).

## 9.2. STEM4Math

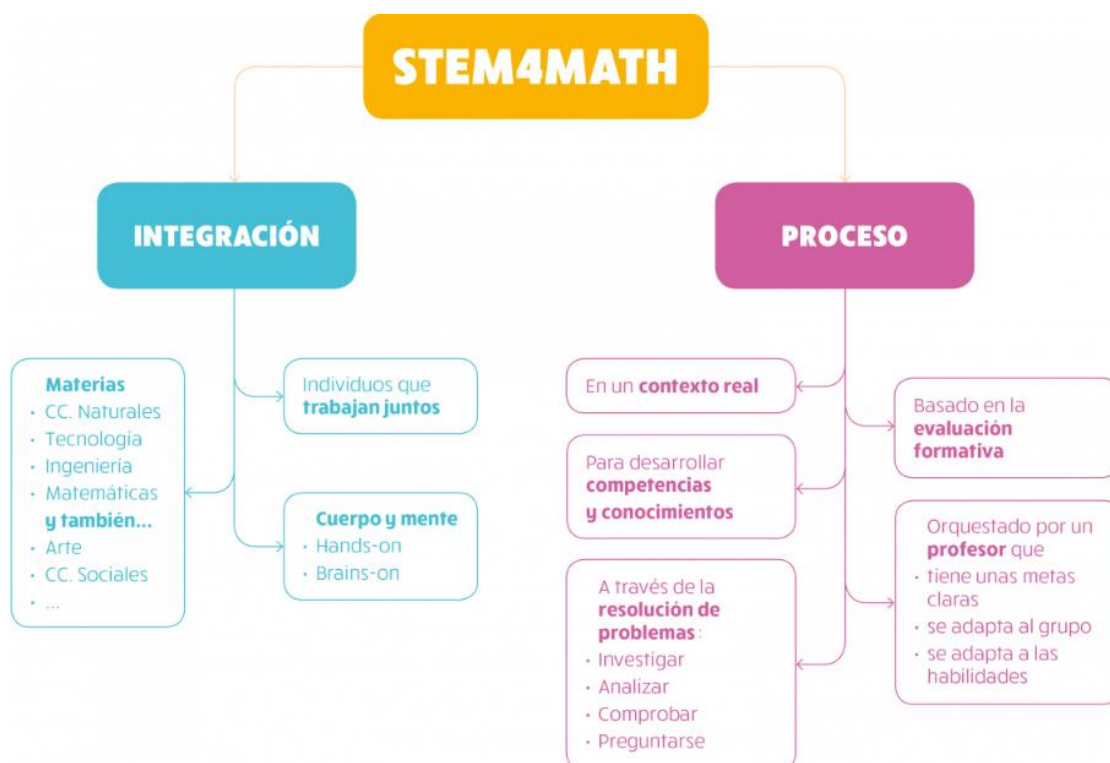
Teniendo en cuenta que Scientix es hoy en día una de las principales comunidades científico-educativas que apuestan por una educación STEM, la propuesta que se ha escogido para realizar la aplicación de la escala está publicada en ella y pertenece además al Proyecto *European Erasmus Key Action 2*<sup>39</sup> denominado STEM4Math. El principal objetivo de este es fomentar y estimular la educación integrada STEM y su valor para el aprendizaje de las matemáticas, de modo que las competencias y los conceptos se aborden desde una situación real de aprendizaje, teniendo siempre en cuenta el contexto STEM y cómo se puede enfocar todo ello en el aula.

El modelo STEM4Math desarrolla 20 prácticas con la didáctica y metodología desarrollada en la figura 14, donde se destacan claramente las claves que se han ido exponiendo a lo largo del documento para desarrollar una verdadera educación STEM.

---

<sup>38</sup> I+D hace referencia a los proyectos de Investigación y Desarrollo, así como de innovación que son llevadas a cabo en el contexto europeo en diversas áreas temáticas y que son financiados en este caso por el programa Horizonte 2020.

<sup>39</sup> El Proyecto *European Erasmus Key Action 2* tiene como objetivo fomentar y favorecer los sectores de la formación, educación y la juventud a través de diferentes actividades.



**Figura 14.** Metodología STEM4Math. Fuente: STEM4Math, recuperado de <https://www.stem4math.eu/es/didactica/metodologia-stem4math>

De todas las propuestas que se presentan en el marco del proyecto STEM4Math se ha escogido, con el objetivo de analizarla aplicando la escala de valoración desarrollada, la denominada *El Invernadero*.

### 9.3. Desarrollo de la propuesta STEM *El Invernadero*

*El Invernadero* es una propuesta pública a la que cualquier persona tiene acceso, ya que se encuentra en la página oficial de STEM4Math y además está recogida en la plataforma Scientix.

Esta propuesta STEM está dirigida a alumnos cuyas edades están comprendidas entre los 9 y los 12 años, lo que equivaldría a los cursos de 4º a 6º de Educación Primaria y pretende trabajar principalmente conceptos de álgebra desde el enfoque integrador STEM. Además, se ha elegido esta propuesta porque pone en práctica y desarrolla muchos de los aspectos mencionados en el marco teórico, como son la resolución de

problemas, el aprendizaje basado en proyectos y el alumno como centro del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En primer lugar, se describirá brevemente la propuesta completa (objetivos, metodología, actividades y evaluación) para posteriormente aplicar la escala de valoración STEM diseñada.

El lector puede obtener más información sobre el desarrollo de las actividades, así como de los materiales y recursos empleados, accediendo a la página web de la propuesta<sup>40</sup> o recurriendo a los anexos 2 y 3 que se presentan en este documento.

Para comenzar la propuesta se presenta a los alumnos el siguiente caso: “Un amigo mío me ha dejado sus plantas al mudarse a Australia. Volverá en verano y estoy muy preocupado por las plantas. ¿Puedes ayudarme a cuidarlas para que sobrevivan durante el largo invierno?”.

Siguiendo esta pregunta y reto, el objetivo principal de esta propuesta es conseguir que los estudiantes planifiquen y creen un invernadero a partir del diseño que dibujarán en un primer momento. De este modo, la actividad les permitirá explorar conceptos relacionados con la fotosíntesis, las condiciones óptimas y necesarias para que las plantas crezcan, la medición de temperaturas, etc.

Con la guía del profesor los estudiantes llevarán a cabo una serie de talleres donde desarrollarán, como se describe en la tabla 8, los diferentes objetivos relacionados con cada una de las habilidades propias de las matemáticas, de la tecnología, de la ingeniería, de la ciencia, así como otras que son más generales.

---

<sup>40</sup> Para consultar la descripción completa y los materiales adjuntos de este proyecto como es el cuaderno de los alumnos y otros, se recomienda visitar la página web: <https://www.stem4math.eu/es/el-invernadero#context>. También se encuentra en los anexos 2 y 3 de este documento.

HABILIDADES DE DOMINIO GENERAL	HABILIDADES PROPIAS DE LAS MATEMÁTICAS	HABILIDADES PROPIAS DE LA TECNOLOGÍA, INGENIERÍA Y CIENCIA
<p>Plantear y resolver problemas.</p> <p>Describir enfoques para resolver problemas sencillos.</p> <p>Crear tablas y diagramas para poder categorizar e informar de los resultados.</p> <p>Identificar y ejecutar propuestas para soluciones.</p> <p>Comparar los resultados propios con los de los demás y aplicar razonamientos simples sobre las similitudes y diferencias, y de qué dependen, así como contribuir a realizar propuestas que puedan mejorar el estudio.</p> <p>Documentar sus estudios utilizando distintas formas de expresión (texto e imágenes) y usando esa documentación en los debates y diálogos.</p> <p>Formular y elegir alternativas de acción de supongan mejoras.</p> <p>Describir y redactar de manera simple la documentación de trabajo utilizando modelos, esbozos o textos.</p>	<p>Seleccionar y usar los métodos matemáticos apropiados.</p> <p>Medir la temperatura.</p> <p>Utilizar escalas.</p> <p>Realizar estadísticas.</p>	<p>Diseñar y construir un invernadero con los materiales elegidos.</p> <p>Llevar a cabo tareas sencillas en tecnología y diseñar, mediante prueba y error, posibles ideas y sus soluciones, así como diseñar sencillos modelos físicos.</p>

**Tabla 8.** Objetivos de la propuesta STEM *El Invernadero*. Fuente: elaboración propia a partir de Scientix.

Teniendo en cuenta la tabla anterior, las áreas de conocimiento implicadas junto con los contenidos específicos de cada una se reflejan en la tabla 9.

MATEMÁTICAS	CIENCIAS	TECNOLOGÍA - INGENIERÍA
<p>Estadística: diagramas y tablas.</p> <p>Temperatura.</p> <p>Escalas.</p>	<p>Las plantas: la fotosíntesis en el proceso de nutrición</p> <p>Factores que influyen en la fotosíntesis.</p>	<p>Construcción de un invernadero con eficiencia fotosintética.</p> <p>Criterios para fabricar un invernadero adecuado.</p>

**Tabla 9.** Áreas de conocimiento de la propuesta STEM *El Invernadero*. Fuente: elaboración propia a partir de Scientix.

Una vez conocidos los objetivos y las habilidades implicadas se procederá a describir de manera muy breve las diferentes actividades en la tabla 10. La propuesta se divide en 7 partes y la duración total de la misma será de 455 minutos. El papel del profesor es muy importante a lo largo de todas las actividades ya que es el guía y facilitador de los materiales y recursos. Es importante destacar que tanto la ficha del profesor como el cuaderno del alumno están recogidos en los anexos 2 y 3 de este documento.

PARTES	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
<b>Primera parte. Plantas vivas</b>	Debate en grupo sobre los temas “por qué necesitamos las plantas y qué necesitan las plantas para sobrevivir”.	45 minutos
<b>Segunda parte. Diseña tu propio invernadero</b>	Introducción del reto: trabajo en grupos. Planificación del invernadero: forma, elementos y dibujo del diseño.	120 minutos
<b>Tercera parte. Transforma los dibujos de tu invernadero</b>	Transformación de los dibujos diseñados usando la escala más apropiada para conseguir estructuras 2D. Medición de la longitud de las plantas y cálculo de las áreas de las superficies de los dibujos.	80 minutos
<b>Cuarta parte. Construye tu invernadero</b>	Elección y construcción de una de las 3 versiones de invernadero propuestas por el profesor. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versión A: construir un prototipo del invernadero usando un boceto propio.</li> <li>• Versión B: construir un invernadero real con un presupuesto determinado.</li> <li>• Versión C: usar el imprimible que ofrece el profesor sobre la descripción de cómo hacer un invernadero con pajitas.</li> </ul>	120 minutos
<b>Quinta parte. Medir la temperatura</b>	Explicación y medición de la temperatura para comprobar la eficacia del invernadero en el patio del colegio. Debate en grupo: ¿Cómo podemos cultivar plantas en el polo norte, la Luna o Marte? Elaboración de un resumen personal del debate usando diferentes formatos (mapa mental, visual, esquemas...).	20 minutos
<b>Sexta parte. Recolección de datos</b>	Recogida de las temperaturas obtenidas en una hoja de cálculo compartida y realización de una gráfica.	40 minutos
<b>Séptima parte. Evaluación</b>	El tipo de evaluación será elegido por cada docente. En este caso se propone que el profesor lleve a cabo una evaluación formativa sobre algunos aspectos concretos (planificación, actitud del alumno, desarrollo de la actividad...) El estudiante deberá hacer una autoevaluación al final de la actividad sobre el trabajo en equipo, la planificación y sobre los conocimientos adquiridos.	20 minutos

**Tabla 10.** Descripción de las actividades del proyecto STEM *El Invernadero*. Fuente: elaboración propia a partir de Scientix.

En definitiva, el proyecto *El Invernadero* comienza con un reto real donde los alumnos están expuestos a un desafío que tendrán que resolver. Durante todo este proceso, los estudiantes aprenderán conceptos relacionados con las ciencias (fotosíntesis), las matemáticas (mediciones de temperatura, gráficos, estadísticas) y la tecnología-ingeniería (fabricación, diseño, organización y gestión del propio invernadero). Finalmente, la evaluación se llevará a cabo por parte del profesor (formativa) y por parte del alumnado (autoevaluación).

Una vez descrita la actividad que se presenta como STEM, se procederá a aplicar la escala diseñada con el objetivo de analizar en qué grado este proyecto es STEM y destacando las fortalezas y debilidades del mismo.

#### 9.4. Aplicación de la escala a la propuesta *El Invernadero*

En este caso, la herramienta sirve para valorar/evaluar la actividad una vez que ya ha sido realizada por los alumnos. De este modo, se describirán con detalle cada uno de los indicadores con tres objetivos principales:

- Mostrar al docente cómo se aplica la escala diseñada a una propuesta real.
- Evaluar el grado en el que la propuesta *El Invernadero* desarrolla las habilidades transversales.
- Identificar los aspectos positivos y negativos de la propuesta.

Antes de presentar la escala final completada, se va a realizar un recorrido por cada uno de los indicadores con el objetivo de describir aquellas evidencias concretas tomadas de la propuesta *El invernadero* que justifican la puntuación posterior.

#### Creatividad

***Cr1. Pensar creativamente: permite aplicar el conocimiento científico-matemático existente para generar nuevas ideas, productos o procesos.***

A lo largo de la propuesta hay diferentes momentos que permiten a los alumnos aplicar sus conocimientos previos y reflexionar sobre ellos. Un ejemplo de ello se desarrolla en la primera parte de la propuesta donde, a través de un debate y una lluvia





compañeros ya que todos han tenido que escoger y realizar de la misma manera una de las tres versiones propuestas.

**Cr3. Pensar creativamente: favorece generar soluciones y respuestas nuevas e innovadoras ante problemas no rutinarios.**

Aunque es cierto que el docente deja un tiempo para que los alumnos dibujen una propuesta de invernadero. Finalmente, en este caso el profesor ofrece a los estudiantes tres tipos de versiones de invernaderos que pueden realizar, indicando en todo momento los pasos para construirlo. El imprimible de la versión C se puede encontrar en la página web de la propuesta. Todos ellos se reflejan en la figura 16.

**Construye tu invernadero: trabajo en grupo**

*Los estudiantes se decantan por la versión A, B o C*

**VERSIÓN A**

Construye un prototipo del invernadero utilizando tu propio boceto.

- Escribe una letra a tu profesor indicando cuántas pajitas y cuánto film de cocina necesitas para construir tu invernadero. Justifica tus datos (¡y no te olvides de de-escalar!)
- Construye el prototipo utilizando cinta adhesiva para las uniones, pajitas para sostener la estructura y film de cocina para las superficies, y coloca dentro tu planta.
- El tamaño de la planta no debería superar los 7cm de alto x 4cm de ancho para un modelo pequeño hecho con pajitas.

**VERSIÓN B**

Construye un invernadero real con un presupuesto determinado.

- Estima los costes de tu invernadero utilizando diferentes materiales (recuerda añadir las piezas apropiadas y/o los materiales para construir las uniones). Usar materiales reciclados está bien, pero no es obligatorio siempre que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto.
- Escribe una carta a tu director/a justificando tu presupuesto y las necesidades de gasto.
- Construye el invernadero y coloca la planta dentro.

**VERSIÓN C**

Usa el imprimible: Descripción de cómo hacer un invernadero con pajitas.

**Figura 16.** Versiones de los tipos de invernaderos. Fuente: recuperado de la ficha del profesor de la propuesta STEM *El Invernadero*<sup>42</sup>.

**Cr4. Implementar innovaciones: permite usar diferentes técnicas que fomenten el desarrollo de ideas nuevas y valiosas.**

A lo largo de la propuesta se llevan a cabo diferentes estrategias que permiten a los alumnos desarrollar distintas ideas sobre un mismo concepto que son muy necesarias para el trabajo posterior. Por ejemplo, a través de debates (¿cómo cultivar

<sup>42</sup> La ficha del profesor se presenta de manera completa en el anexo 2 de este documento o accediendo a la página web oficial <https://www.stem4math.eu/es/el-invernadero#context>.

plantas en el polo norte, la Luna o Marte?) o lluvia de ideas (¿qué necesitan las plantas para sobrevivir?).

### Colaboración

**Col1. Facilita diseñar un plan de manera conjunta que permita alcanzar la solución de un fenómeno científico-matemático.**

En el cuaderno del alumno se propone una actividad concreta sobre los elementos más importantes que se tienen que tener en cuenta en la supervivencia de las plantas y en la realización del invernadero, que permite que los alumnos completen en primer lugar de manera individual y luego comparen y analicen las propuestas en parejas, con el objetivo de llegar a una conclusión común. La figura 17 es una imagen extraída del cuaderno del alumno donde se recoge esta actividad que pertenecería a la primera parte planificación del proyecto de manera grupal.

Compara tus respuestas con las de un compañero y poneros de acuerdo en cuáles son las más importantes. Explica por qué habéis elegido cada una de ellas.

.....es importante porque .....

.....es importante porque .....

.....es importante porque .....

.....es importante porque .....

.....es importante porque .....

Escribe a continuación los elementos que creéis deben ser tenidos en cuenta a la hora de fabricar un invernadero:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Figura 17.** Actividad *investiga* del cuaderno del alumno de la propuesta *El Invernadero*. Recuperado del cuaderno del alumno de la propuesta STEM *El invernadero*.

**Col2. Permite participar en equipos que desarrollan proyectos para producir trabajos originales o resolver problemas.**

La propuesta se desarrolla la mayoría del tiempo en equipos (3-4 miembros) y todos ellos cooperativamente tienen que dar respuesta al reto propuesto y a los problemas que se les plantean en la figura 18.

**Problema(s) a afrontar:**

- Crear tu propio invernadero.
- Dependiendo del tamaño de la planta... puedes crear un pequeño modelo con pajitas, o si la clase está interesada en crear uno más grande, hacerlo con madera.
- Los costes de los invernaderos deberían ser tan bajos como sea posible, especialmente si se están elaborando modelos en madera.

**Contexto real**

**Motivación en el mundo real**

"Un amigo mío me ha dejado sus plantas al mudarse a Australia. Volverá en verano y estoy muy preocupado por las plantas. ¿Puedes ayudarme a cuidarlas para que sobrevivan durante el largo invierno?"

**Figura 18.** Reto y problemas a afrontar en la propuesta *El Invernadero*. Fuente: recuperado de la ficha del profesor de la propuesta STEM *El Invernadero*.

**Col3. Fomenta que todos los miembros se comprometan con el funcionamiento y gestión del equipo.**

Aunque sí que se trabaja en equipo esto no implica necesariamente que todos los miembros trabajen por igual ni se comprometan del mismo modo. Además, hay una actividad concreta que solo es realizada por un alumno como se indica en la figura 19 mientras el resto realiza otra tarea que es en gran grupo (toda la clase).

**Medir la temperatura: teoría, trabajo en grupo y debate**

*El profesor explica cómo medir la temperatura (ver Consejos y trucos)*

Los alumnos necesitarán investigar la eficiencia de su invernadero. Para ello, tendrán que comprobar cómo se mide la temperatura en el interior del invernadero, y compararla con la temperatura exterior.

Para hacer esto pondremos los invernaderos en un lugar del patio del colegio en el que les de el sol durante unos 30 minutos, y tras este tiempo les de la sombra. Los estudiantes medirán la temperatura en diferentes momentos durante un periodo de 2 horas (ver documentación del alumno).

Encarga a un par de estudiantes que cada 10/15 minutos rellenen una tabla con la temperatura, mientras el resto de la clase debate: ¿cómo podemos cultivar plantas en el polo norte, la Luna o Marte? (hay documentales en YouTube titulados "Invernadero lunar", "Invernadero en la Tundra" o "Patatas en Marte"). Anima a los estudiantes a debatir, concluyendo con un resumen personal de dicho debate en el formato que prefieran (mapa mental / párrafos / visual...).

**Figura 19.** Actividad *medir la temperatura* en la propuesta *El Invernadero*. Fuente: recuperado de la ficha del profesor de la propuesta STEM *El Invernadero*.

**Col4. Favorece la colaboración, interacción y comunicación de los miembros del equipo.**

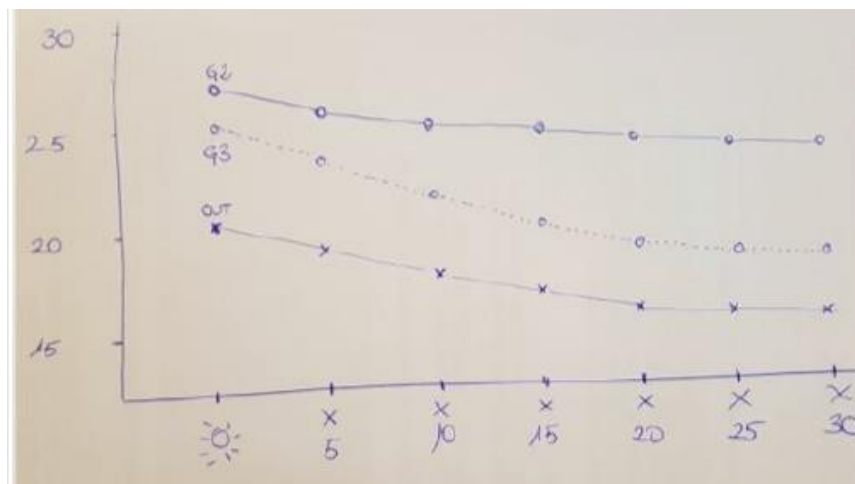
Las actividades se desarrollan la mayoría de ellas de manera grupal lo que invita a los estudiantes a compartir sus opiniones e ideas. Además, la comunicación se produce de manera bidireccional por ejemplo con las explicaciones del docente a los estudiantes o de manera inversa con las cartas escritas por los alumnos al profesor. También se realiza una interacción alumno-alumno con el trabajo en equipo y los debates creados.

Además, uno de los criterios de evaluación del profesor es precisamente reflexionar sobre el grado en el que la propuesta y él mismo han permitido que se desarrollara un clima de cooperación, colaboración y respeto en el aula.

### Comunicación

**Com1. Permite describir e interpretar pruebas científico-matemáticas y comunicar y argumentar conclusiones a través del lenguaje escrito, verbal o visual.**

En la propuesta hay varias actividades que facilitan el desarrollo de este indicador. Se usan diferentes tipos de lenguaje y recursos para exponer las conclusiones y uno de ellos es el gráfico que se muestra en la figura 20 donde tras haber recogido los datos de la temperatura, se refleja que los invernaderos se enfrían más lentamente que el exterior y a diferentes ritmos, en función de los materiales.



**Figura 20.** Ejemplo de gráfico de las temperaturas. Fuente: recuperado de la ficha del profesor de la propuesta STEM *El Invernadero*.

***Com2. Favorece el intercambio, la comunicación y argumentación de ideas científico-matemáticas a través del lenguaje oral, escrito, gesticular, gráfico, concreto y/o simbólico a diferentes tipos de audiencias.***

Además de los debates generados en el aula y otras actividades que permiten a sus alumnos compartir las ideas de manera oral y escrita. Hay una propuesta concreta que se refleja en la figura 21, que consiste en compartir los datos obtenidos en la medición de temperaturas y recogidos en un soporte gráfico (en este caso una tabla) con todos los compañeros del equipo.

Crea un gráfico con todas las medidas, comenzando con la última medida al sol, compara tu invernadero con los de otros equipos y discute y compara la forma de los gráficos, su altura, anchura, etc. Intenta entender lo que los datos nos están diciendo sobre tamaños, formas o materiales de los diferentes invernaderos, y discutid cuál o cuáles creéis que permitirían a las plantas vivir durante más tiempo.

**Figura 21.** Instrucciones para compartir los datos de las temperaturas. Fuente: recuperado del cuaderno del alumno de la propuesta STEM *El Invernadero*.

No obstante, la audiencia en este caso es muy reducida ya que se limita solo al contexto del aula.

***Com3. Favorece la interacción con los demás para aprender, comprender e intercambiar las ideas matemáticas y científicas.***

Continuamente hay un diálogo en el aula que permite que los alumnos discutan, argumente expliquen, comenten y compartan los conceptos científico-matemáticos. Esta comunicación es posible gracias a los debates generados, las preguntas del profesor, las tareas en equipo... Además, las actividades propuestas animan al alumnado a usar en muchas ocasiones un lenguaje propio de las áreas STEM: fotosíntesis, mediciones, variables, temperatura...

***Com4. Fomenta en los alumnos el respeto por la manera de pensar y exponer los puntos de vista sobre el contenido científico-matemático.***

En varias ocasiones se propone que el proceso de comunicación de las ideas sea escalonado, así se favorece que todos los alumnos participen en la reflexión y se respeten todas las ideas. De modo que en un primer momento cada estudiante de manera individual reflexiona sobre una determinada situación para a continuación ponerla en común con una pareja o un grupo pequeño y posteriormente desarrollarla y compartirla con el resto de la clase. Se desarrollan en consecuencia técnicas de trabajo cooperativo que fomentan la comunicación. Este indicador está muy relacionado con el desarrollo de técnicas cooperativas.


### Resolución de problemas

***RP1. Posibilita identificar y analizar un problema científico-matemático para generar alternativas de solución aplicando los métodos aprendidos.***

El reto inicial es planteado por el profesor y es este quien también realiza una serie de cuestiones que permiten a los estudiantes iniciar las fases del proceso de resolución de problemas, que quedan recogidas en el cuaderno del alumno. De este modo en primer lugar los estudiantes comprenden el problema (los alumnos debaten sobre el reto propuesto y comparten sus ideas), posteriormente en el apartado titulado *planifica*, describen los materiales que serían necesarios para realizar los invernaderos. A continuación, llevan a cabo el plan realizado en la parte de *crea* para poder realizar las conclusiones pertinentes (*saca conclusiones y haz tu informe*).

***RP2. Promueve elaborar un plan de acción y un criterio concreto para elegir entre las opciones de solución propuestas.***

A lo largo de la propuesta los alumnos tienen que ir completando el cuaderno personal que les sirve de guía y ayuda a la hora de elaborar un plan de acción. En este caso la figura 22 refleja la parte en el que los alumnos tienen que apuntar aquellos materiales que se consideren necesarios en la creación del invernadero. Esto correspondería a la parte de planificación del proceso de resolución de problemas.



**Planifica**

Crea una lista de materiales que necesitarás para construir tu invernadero:

Para las paredes:

---

---

---

Para el suelo y el techo:

---

---

---

Para la estructura:

---

---

---

Otras partes:

---


---

---

**Figura 22.** Fase de planificación de la propuesta *El invernadero*. Fuente: recuperado del cuaderno del alumno de la propuesta STEM *El invernadero*.

***RP3. Fomenta la construcción de manera individual o en equipo de soluciones a problemas científico-matemáticos.***

Antes de que el profesor ofrezca los tres tipos de versiones de invernaderos que se pueden realizar, deja un tiempo a los alumnos para que sean ellos los que piensan la mejor solución para dar respuesta al reto propuesto (figura 23).



**Crea**

**Mi invernadero**

Piensa cómo quieres que sea tu invernadero. Crea un par de bocetos y debate con tu equipo qué partes son necesarias y cuáles son opcionales (¿Cuatro paredes? ¿Un suelo? ¿Una puerta? ¿Un tejado? ¿Ventanas?).

Recuerda que los elementos más importantes para mantener a las plantas con vida deben ser incluidos en tu invernadero, y que necesitarás mantener un coste bajo sin perder funcionalidad.

**Figura 23.** Proceso de creación del invernadero. Recuperado del cuaderno del alumno de la propuesta STEM *El Invernadero*.



Además, se desarrollan continuamente zonas de desarrollo próximo entre los alumnos y situaciones de andamiaje por parte del profesor: debates, visualización de vídeos, etc.

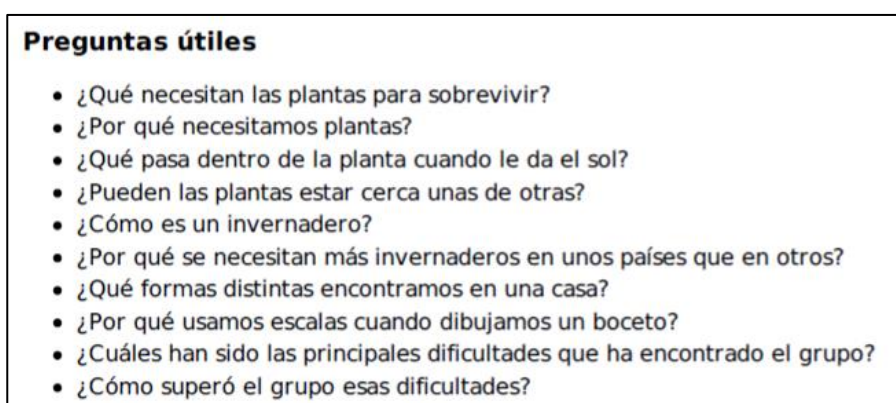
***RP4. Permite transferir los aprendizajes científico-matemáticos del aula a situaciones reales de otros ámbitos.***

La propuesta se lleva a cabo en el aula, pero parte de una situación concreta y cercana al alumno, por lo que todas las habilidades y contenidos descritos en las tablas 7 y 8 que se trabajan en las distintas actividades sí que se pueden aplicar a otros contextos, por ejemplo, si quieren construir un invernadero en su casa, si pretenden cultivar plantas, si quieren medir la temperatura o longitudes, etc.

### Pensamiento Crítico

***PC1. Favorece la identificación y discriminación de problemas auténticos y preguntas significativas para investigar.***

A lo largo de toda la propuesta tanto el profesor como los alumnos se realizan cuestiones relacionadas con las tareas a desarrollar. La figura 24 recoge algunas de las preguntas que pueden resultar útiles para que el profesor guíe el proceso de enseñanza-aprendizaje.



**Figura 24.** Preguntas para guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Fuente: recuperado de la ficha del profesor de la propuesta STEM *El invernadero*.

Además, uno de los aspectos fundamentales de este indicador era determinar si la propuesta desarrolla metodologías activas en las que el alumno sea el proceso de

enseñanza-aprendizaje. En este caso esto sí que se consigue gracias a la resolución de problemas y el aprendizaje basado en proyectos.

**PC2. Promueve el análisis y evaluación de la coherencia de los juicios científico-matemáticos ajenos y propios.**

Las preguntas que se realizan a lo largo de la propuesta, los debates y otras actividades que fomentan poner en común ideas científico-matemática invitan a los alumnos a analizar y evaluar la relación que existe entre ellas. Un ejemplo concreto es el que se refleja en la figura 25 donde de manera conjunta, los alumnos identifican y valoran los juicios que cada uno ha realizado sobre los elementos que son necesarios para que la planta sobreviva.

Compara tus respuestas con las de un compañero y poneros de acuerdo en cuáles son las más importantes. Explica por qué habéis elegido cada una de ellas.

.....es importante porque .....

.....es importante porque .....

.....es importante porque .....

.....es importante porque .....

.....es importante porque .....

**Figura 25.** Actividad de *comparar y compartir* de la propuesta *El invernadero*. Fuente: recuperado del cuaderno del alumno de la propuesta STEM *El Invernadero*.

**PC3. Permite valorar las implicaciones sociales y personales de los juicios emitidos y reflexionar sobre las consecuencias de las decisiones.**

Al trabajar en equipo continuamente los alumnos tienen que tomar decisiones teniendo en cuenta siempre las consecuencias que estas pueden tener en distintos ámbitos. Por ejemplo, a la hora de seleccionar el tipo de invernadero tienen que reflexionar sobre los gastos materiales, la forma de realizarlo, las consecuencias que puede tener para el cultivo de las plantas, etc.

**PC4. Fomenta la toma de decisiones sobre temas científico-matemáticos de una manera crítica.**

La propuesta sí que permite que los alumnos realicen diferentes decisiones sobre distintos aspectos relacionados con ella. Por ejemplo, anima a los alumnos a que sean ellos mismos quienes elijan una de las tres versiones de invernaderos que propone el profesor según el criterio que los alumnos quieran y hayan elegido (tipo de material, costes, facilidad de construcción...). También, como se indica en la figura 26 se propone que sean los propios alumnos quienes, ayudados por el profesor, seleccionen el índice de la escala más apropiado.

<p><b>Transforma los dibujos de tu invernadero: trabajo en grupo</b></p> <p><i>El profesor ayuda a los estudiantes a transformar sus dibujos utilizando diferentes escalas.</i></p> <p>Ayuda a los estudiantes a transformar los dibujos de la parte #2 en diferentes estructuras 2D que, una vez unidas, darán forma a los muros, el techo y el suelo (si los hay). Mide las plantas para hacer dibujos a escala con el índice apropiado (por simplicidad, intenta usar sólo 10:1, 5:1 o 2:1), para que cada estructura pueda caber en un solo trozo de papel.</p> <p><i>El profesor ayuda a los estudiantes con los cálculos.</i></p>
---

**Figura 26.** Instrucciones para la elaboración de escalas. Fuente: recuperado de la ficha del profesor de la propuesta STEM *El Invernadero*.

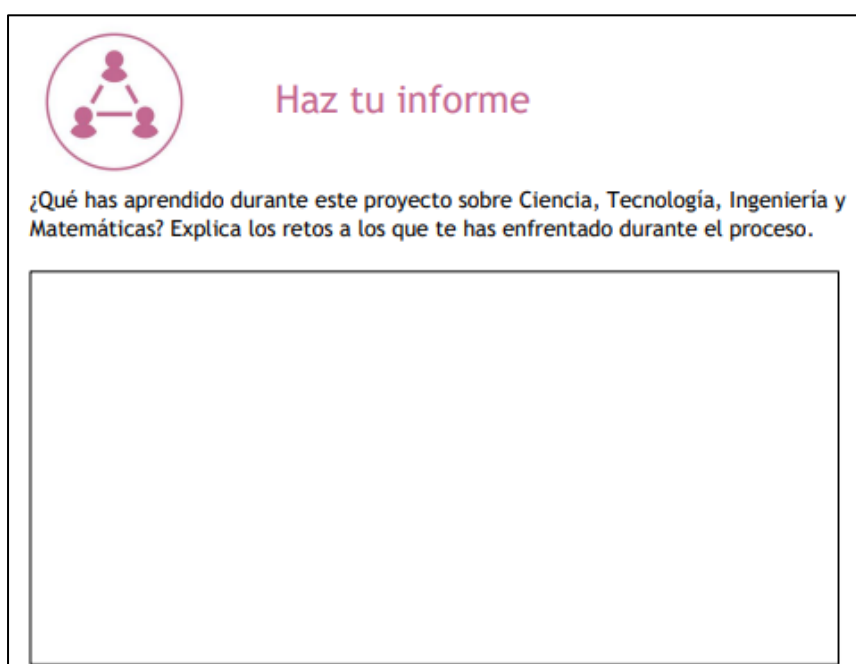
## Investigación

**In1. Permite identificar situaciones o problemas científico-matemáticos que se deben mejorar.**

Aunque el reto inicial es propuesto por el profesor, este solo es el punto de partida que permite a los alumnos dar respuesta a diferentes desafíos y situaciones relacionados con las plantas y su supervivencia: qué elementos son necesarios para que sobrevivan las plantas, por qué son importantes, qué se debe tener en cuenta para crear un invernadero, etc. Además, anima a los estudiantes a que traten de resolver aquellos obstáculos con los que se encuentren, por ejemplo, a la hora de realizar las mediciones de temperatura, construcción del invernadero, etc.

***In2. Fomenta la detección y valoración de las alternativas y los riesgos de la investigación.***

A través de las preguntas que realiza el profesor a lo largo de las distintas actividades y de las cuestiones que se hacen los propios alumnos, estos determinan soluciones a las dificultades encontradas. Concretamente, en el cuaderno del alumno hay una actividad específica que es la que se muestra en la figura 27 y que pretende que los estudiantes hagan una breve recopilación de los conocimientos aprendidos y también de los retos o dificultades que se han encontrado a lo largo del proceso.



La imagen muestra una tarjeta de actividad con un icono de tres personas conectadas en un triángulo. El título es 'Haz tu informe' en color rosa. El texto principal pregunta: '¿Qué has aprendido durante este proyecto sobre Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas? Explica los retos a los que te has enfrentado durante el proceso.' Debajo del texto hay un recuadro vacío para escribir.

**Figura 27.** Actividad *haz tu informe* de la propuesta *El invernadero*. Fuente: recuperado del cuaderno del alumno de la propuesta STEM *El Invernadero*.

Además, uno de los aspectos a evaluar del estudiante es precisamente si este ha sido capaz a lo largo de la propuesta de identificar las dificultades y proponer soluciones.

***In3. Favorece el uso de métodos y procedimientos científico-matemáticos para el análisis y planteamiento de procesos sistemáticos de investigación.***

En este caso las diferentes actividades de la propuesta sí que permiten en varias ocasiones que los alumnos busquen y apliquen nuevos métodos y procedimientos del área científico-matemática. Algunos de ellos son a través de la observación y experimentación como el que se propone en la figura 28 donde los alumnos tienen que

usar los termómetros de manera adecuada para realizar las mediciones de temperatura del invernadero.

Coge una hoja de papel grande para toda la clase y prepara una tabla en la que vas a escribir el tiempo de cada medida, la temperatura interior de cada invernadero, si está al sol o a la sombra, y la temperatura exterior tanto al sol como a la sombra. Tomarás medidas durante una hora y media o dos horas, así que calcula el número de filas que necesitas según la frecuencia de ellas (la temperatura debe ser medida a intervalos de entre 1 a 10 minutos).

Continúa tomando medidas tal y como te diga tu profesor hasta que hayan pasado 2 horas, o hasta que la temperatura del invernadero sea igual dentro que fuera de él.

**Figura 28.** Instrucciones actividad de medida de temperaturas. Fuente: recuperado del cuaderno del alumno de la propuesta STEM *El Invernadero*.

***In4. Fomenta la innovación e indagación a través de prácticas científico-matemáticas concretas individuales o colectivas.***

En esta propuesta la mayoría de las actividades se realizan de manera colectiva, ya sea en parejas, grupos pequeños o en gran grupo y se favorece que los alumnos desarrollen las habilidades de indagación e innovación partiendo siempre del reto inicial planteado. Además, hay actividades que permiten a los estudiantes crear hipótesis y plantearse el proceso de investigación que se va a realizar, como por ejemplo la de la figura 29.

Escribe a continuación los elementos que creéis deben ser tenidos en cuenta a la hora de fabricar un invernadero:

---

---

---

**Figura 29.** Actividad del proceso de investigación del proyecto. Fuente: recuperado del cuaderno del alumno de la propuesta STEM *El Invernadero*.

Tras haber analizado ejemplos concretos, se propone en la tabla 11 la escala completada siguiendo las descripciones de los indicadores ofrecidas en este proyecto de innovación. De este modo, se ha señalado el grado en el que la propuesta *El Invernadero* desarrolla cada uno de los indicadores de las habilidades transversales a través de las actividades que se plantean. También, en la columna de observaciones se han añadido comentarios específicos que explican el motivo de la puntuación junto con los ejemplos e ilustraciones que se han indicado anteriormente.

**Título:** *El Invernadero*

**Curso:** 9-12 años

**Número de asignaturas STEM implicadas:** 4 (ciencias, matemáticas, ingeniería y tecnología).

**Duración:** 455 minutos

**Número de asignaturas NO STEM implicadas:** 2 (lengua y plástica).

HABILIDADES	INDICADORES	Nada					OBSERVACIONES
		0	1	2	3	4	
Creatividad	<b>Cr1.</b> Pensar creativamente: permite aplicar el conocimiento científico-matemático existente para generar nuevas ideas, productos o procesos.					X	Los alumnos aplican los conocimientos científico-matemáticos previos (representación de escalas, realización de mediciones...).
	<b>Cr2.</b> Trabajar creativamente con otros: favorece el uso de modelos y métodos científico-matemáticos para crear trabajos originales grupales o individuales.			X			Aunque sí que se trabaja de manera cooperativa, el docente en todo momento es el guía del proceso y a la hora de crear el invernadero, ofrece de forma muy pautada cómo hacerlo.
	<b>Cr3.</b> Pensar creativamente: favorece generar soluciones y respuestas nuevas e innovadoras ante problemas no rutinarios.			X			Los alumnos, aunque en un primer momento sí que dibujan un boceto de invernadero, finalmente, es el profesor quien les ofrece las diferentes versiones que dan respuesta al reto.
	<b>Cr4.</b> Implementar innovaciones: permite usar diferentes técnicas que fomenten el desarrollo de ideas nuevas y valiosas.				X		Los debates y las lluvias de ideas propuestas permiten que los alumnos piensen creativamente sobre los temas concretos tratados en ellos. Se recomienda usar otros tipos de técnicas que fomenten la creatividad.
Colaboración	<b>Col1.</b> Facilita diseñar un plan de manera conjunta que permita alcanzar la solución de un fenómeno científico-matemático.					X	El profesor realiza preguntas clave para poder resolver el reto planteado: ¿qué?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿por qué? ...
	<b>Col2.</b> Permite participar en equipos que desarrollan proyectos para producir trabajos originales o resolver problemas.					X	La propuesta se realiza en grupos de 3-4 miembros y todos ellos tienen un objetivo en común: realizar un invernadero para dar respuesta al reto propuesto.
	<b>Col3.</b> Fomenta que todos los miembros se comprometan con el funcionamiento y gestión del equipo.			X			Aunque es cierto que la propuesta se realiza en equipos, esto no asegura que todos se impliquen de la misma manera. De hecho, en varias ocasiones es solo un alumno del grupo el que realiza determinadas acciones (por ejemplo: las mediciones).
	<b>Col4.</b> Favorece la colaboración, interacción y comunicación de los miembros del equipo.					X	La propuesta sí que propone un clima de cooperación y comunicación entre los miembros: debates, visualizaciones de vídeos, organización y creación del invernadero de forma consensuada...

**Tabla 11.** Escala de valoración de la propuesta *El Invernadero*. Fuente: elaboración propia.

Valoración de las habilidades transversales en propuestas educativas STEM

HABILIDADES	INDICADORES	Nada					Mucho					OBSERVACIONES			
		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4				
Comunicación	<b>Com1.</b> Permite describir e interpretar pruebas científico-matemáticas y comunicar y argumentar conclusiones a través del lenguaje escrito, verbal o visual.											X	Se usan diferentes tipos de lenguajes a lo largo de la propuesta: escrito (desarrollo del cuaderno del alumno), oral (comunicación entre los alumnos y con el profesor) y visual (uso de esquemas, gráficos y tablas).		
	<b>Com2.</b> Favorece el intercambio, la comunicación y argumentación de ideas científico-matemáticas a través del lenguaje oral, escrito, gesticular, gráfico, concreto y/o simbólico a diferentes tipos de audiencias.											X	Aunque es cierto que sí que hay diferentes actividades que promueven la comunicación usando distintos tipos de lenguaje, en este caso esta solo se realiza dentro del aula y no se amplía a otras audiencias.		
	<b>Com3.</b> Favorece la interacción con los demás para aprender, comprender e intercambiar las ideas matemáticas y científicas.												X	Se desarrollan actividades de debate e intercambio de opiniones e ideas. Además, se usa en muchas ocasiones un lenguaje propio de las materias STEM: fotosíntesis, mediciones, variables, temperatura...	
	<b>Com4.</b> Fomenta en los alumnos el respeto por la manera de pensar y exponer los puntos de vista sobre el contenido científico-matemático.												X	Existen diversas actividades que promueven una comunicación constructiva y asertiva. Los debates presentados permiten que el profesor sea el moderador del mismo y que los alumnos se expresen para llegar a una conclusión común.	
Resolución de problemas	<b>RP1.</b> Posibilita identificar y analizar un problema científico-matemático para generar alternativas de solución aplicando los métodos aprendidos.											X	No se ofrece la puntuación mayor porque es el profesor quien propone el reto a realizar y guía de manera muy detallada todo el proceso. Sin embargo, los alumnos sí que aplican los conocimientos previos para darle respuesta y analizan el tipo de problema planteado siguiendo las cuatro fases de resolución.		
	<b>RP2.</b> Promueve elaborar un plan de acción y un criterio concreto para elegir entre las opciones de solución propuestas.												X	Los alumnos deben realizar un plan de acción para poder dar respuesta al reto y decidir entre las tres versiones ofrecidas de invernadero cuál creen que es la más adecuada.	
	<b>RP3.</b> Fomenta la construcción de manera individual o en equipo de soluciones a problemas científico-matemáticos.													X	Aunque el docente ya plantea el problema a resolver (crear un invernadero), se hace en primer lugar una puesta en común sobre posibles soluciones al reto. Posteriormente este deberá ser resuelto en equipos.
	<b>RP4.</b> Permite transferir los aprendizajes científico-matemáticos del aula a situaciones reales de otros ámbitos.													X	Los alumnos establecen conexiones entre las diferentes áreas STEM y sus conocimientos previos. Además, el reto planteado parte de una situación cotidiana.

**Tabla 11 (Cont.).** Escala de valoración de la propuesta *El Invernadero*. Fuente: elaboración propia.



Valoración de las habilidades transversales en propuestas educativas STEM

HABILIDADES	INDICADORES	Nada					Mucho					OBSERVACIONES	
		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4		
<b>Pensamiento Crítico</b>	<b>PC1.</b> Favorece la identificación y discriminación de problemas auténticos y preguntas significativas para investigar.											X	La propuesta presenta en sí misma preguntas que han de ser resueltas por los estudiantes con el objetivo de identificar los aspectos más relevantes. También, a lo largo de la actividad, el profesor anima a los alumnos a generar sus propias preguntas.
	<b>PC2.</b> Promueve el análisis y evaluación de la coherencia de los juicios científico-matemáticos ajenos y propios.											X	Las preguntas animan a los estudiantes a generar sus propias conclusiones. Además, los debates animan a valorar los juicios de una manera grupal.
	<b>PC3.</b> Permite valorar las implicaciones sociales y personales de los juicios emitidos y reflexionar sobre las consecuencias de las decisiones.											X	La actividad de medir la temperatura permite que los alumnos discutan y comparan los resultados con el resto de los equipos, sacando conclusiones y reflexionando sobre ellas. En este caso se valoran las implicaciones de la supervivencia de las plantas.
	<b>PC4.</b> Fomenta la toma de decisiones sobre temas científico-matemáticos de una manera crítica.											X	Los alumnos deben elegir entre el invernadero que consideren más apropiado teniendo en cuenta diferentes variables.
<b>Investigación</b>	<b>In1.</b> Permite identificar situaciones o problemas científico-matemáticos que se deben mejorar.											X	Partiendo de un reto cotidiano, los alumnos identifican con la ayuda del profesor la importancia de las plantas y su supervivencia.
	<b>In2.</b> Fomenta la detección y valoración de las alternativas y los riesgos de la investigación.											X	El cuaderno del alumno es la guía que permite a los estudiantes llevar a cabo las diferentes fases del proceso de investigación. Además, en el apartado “conclusiones” los alumnos tienen que describir los riesgos y las dificultades que se han encontrado en la investigación.
	<b>In3.</b> Favorece el uso de métodos y procedimientos científico-matemáticos para el análisis y planteamiento de procesos sistemáticos de investigación.											X	Los alumnos usan distintos métodos y procedimientos como la observación (actividad en el patio), experimentación y manipulación (creación del invernadero).
	<b>In4.</b> Fomenta la innovación e indagación a través de prácticas científico-matemáticas concretas individuales o colectivas.											X	Aunque los alumnos están guiados por el profesor en todo momento, estos son autónomos a la hora de llevar a cabo la investigación de manera grupal. Además, la propuesta es una situación de la vida cotidiana del alumno y también permite que pueden realizar hipótesis y llevar a cabo una planificación completa del proceso de investigación.

**Tabla 11 (Cont.).** Escala de valoración de la propuesta *El Invernadero*. Fuente: elaboración propia.

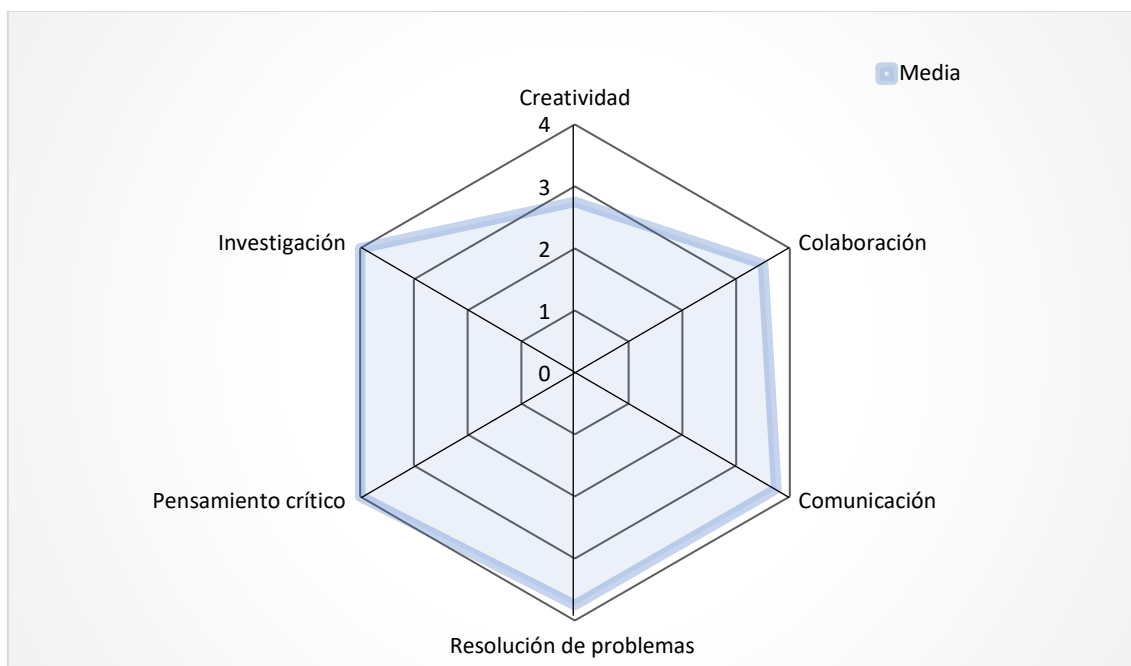
Una vez que el profesor haya marcado cada una de las casillas correspondientes, se procede a realizar el gráfico radial correspondiente. Para ello, primero se deben realizar las medias de cada habilidad transversal para poder obtener así una única puntuación de cada una. La tabla 12 resume cada una de las puntuaciones asignada a cada indicador y la media correspondiente.

HABILIDAD	INDICADOR	PUNTUACIÓN	MEDIA
<b>Creatividad</b>	Cr1.	4	$Cr = \frac{4 + 2 + 2 + 3}{4} = 2'75$
	Cr2.	2	
	Cr3.	2	
	Cr4.	4	
<b>Colaboración</b>	Col1.	4	$Col = \frac{4 + 4 + 2 + 4}{4} = 3'5$
	Col2.	4	
	Col3.	2	
	Col4.	4	
<b>Comunicación</b>	Com1.	4	$Com = \frac{4 + 3 + 4 + 4}{4} = 3'75$
	Com2.	3	
	Com3.	4	
	Com4.	4	
<b>Resolución de problemas</b>	RP1.	3	$RP = \frac{3 + 4 + 4 + 4}{4} = 3,75$
	RP2.	4	
	RP3.	4	
	RP4.	4	
<b>Pensamiento Crítico</b>	PC1.	4	$PC = \frac{4 + 4 + 4 + 4}{4} = 4$
	PC2.	4	
	PC3.	4	
	PC4.	4	
<b>Investigación</b>	In1.	4	$In = \frac{4 + 4 + 4 + 4}{4} = 4$
	In2.	4	
	In3.	4	
	In4.	4	

**Tabla 12.** Resumen de las puntuaciones y medias de la propuesta STEM *El Invernadero*.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se representan en la figura 30 los datos anteriores en el gráfico para poder analizar a simple vista el grado en el que esta propuesta desarrolla las habilidades transversales propias de la educación STEM.



**Figura 30.** Gráfico radial de la propuesta *El Invernadero*. Fuente: elaboración propia.

Tal y como se aprecia, la figura hexagonal queda casi completada entera. Desarrolla en el mayor grado posible la investigación y el pensamiento crítico. Sin embargo, la habilidad que menor puntuación tiene es la creatividad, esto se debe principalmente a que tal vez sea una propuesta demasiado pautada y marcada por parte del profesor, lo que “impide” en cierto modo que los alumnos desarrollen un pensamiento más divergente. Para poder conseguir que esta habilidad se mejorara, se podrían realizar actividades en las que el alumno pudiera llevar a la práctica sus propias ideas. Un ejemplo claro es que en vez que el profesor ofreciera a los alumnos solo tres versiones de invernaderos, hubieran sido los propios alumnos quienes, tras realizar una breve investigación autónoma, concluyeran con la mejor forma de realizarlo o podría haberse dado la opción de que hubiera una cuarta versión libre.

Las habilidades de comunicación, resolución de problemas y colaboración también se desarrollan mucho y casi en su mayor potencial las dos primeras. Para conseguir que se mejoren y tener así una propuesta 100% STEM, se podría repartir roles de modo que cada alumno se viera muy implicado en el proyecto, se podría presentar los invernaderos al resto de las clases, se podría dejar mayor libertad a los alumnos a la hora de resolver los problemas, etc.

Los tres objetivos concretos de este capítulo titulado *aplicación de la escala a propuestas STEM* se han cumplido con éxito ya que, en primer lugar, se ha mostrado un modelo de aplicación de la escala diseñada a una propuesta STEM real, en este caso la proporcionada por la plataforma Scientix y titulada *El Invernadero*. De este modo, se ha permitido que el lector tenga un ejemplo concreto de cómo aplicar la escala y crear el gráfico correspondiente. Posteriormente, se ha valorado el grado en el que la propuesta elegida desarrolla la educación STEM. Para ello, se ha hecho uso tanto de la escala como del gráfico radial. Finalmente, se han propuesto ideas de mejora con el objetivo de conseguir que la propuesta *El Invernadero* desarrolle un su mayor grado los indicadores de la escala.

## 10. CONCLUSIÓN

### 10.1. Revisión de los objetivos propuestos

En primer lugar, es necesario hacer una revisión de los objetivos propuestos al principio del trabajo, para poder analizar si se han conseguido y en qué grado.

El objetivo general que se planteó fue el siguiente: **diseñar un instrumento que permita valorar si una propuesta educativa para la etapa de Educación Primaria desarrolla las habilidades transversales que caracterizan una formación STEM.**

Tras las diferentes revisiones bibliográficas realizadas y teniendo en cuenta todo el marco teórico desarrollado en este trabajo, sí que se ha cumplido el objetivo mencionado, porque se ha podido elaborar una herramienta, en este caso una escala, que permite valorar si las propuestas STEM que se llevan a cabo en la etapa de primaria desarrollan o no las habilidades transversales descritas que son propias de la educación STEM.

Además de este objetivo general, se describieron otros dos más específicos:

El primero de ellos era el siguiente: **analizar y describir la importancia de llevar a cabo la educación STEM en la etapa de primaria.** El marco teórico del trabajo desarrolla la importancia de llevar a cabo el enfoque STEM en las primeras etapas educativas: infantil y primaria. En este caso, el trabajo se ha enfocado principalmente en la segunda que comprende desde los 6 hasta los 12 años. Además, se han proporcionado diferentes datos e información que demuestran que la educación STEM debería estar presente en todos los centros educativos.

El segundo y el tercero están muy relacionados ya que ambos se referían al desarrollo de los indicadores de las habilidades. Concretamente eran los siguientes: **crear un marco teórico que permita fundamentar la necesidad de usar las habilidades transversales como indicadores para analizar propuestas STEM y redactar unos indicadores concretos que permitan analizar el desarrollo de las habilidades transversales a través de una propuesta STEM.** El marco teórico expuesto sí que permite al lector analizar y describir la importancia de elegir las seis habilidades

transversales propias de una sociedad eminentemente tecnológica para analizar propuestas STEM.

Además, se hace una revisión bibliográfica de las distintas aportaciones que autores o instituciones realizan sobre cómo evaluar las diferentes competencias y habilidades del ciudadano del siglo XXI. Toda esta información, es utilizada para poder llevar a cabo la propuesta de innovación que se ha presentado, siendo muy importante para redactar cada uno de los indicadores.

El cuarto objetivo específico que se ha conseguido con éxito consistía en **elaborar la propuesta de escala y aplicarla a una práctica educativa STEM ya diseñada y considerada como tal**. Una vez que se han redactado todos los indicadores se ha presentado la herramienta propia que permite valorar si una propuesta llevada a cabo en el aula de Educación Primaria desarrolla o no las habilidades transversales que caracterizan a una formación STEM. También, esta misma escala puede ser utilizada antes de llevar a cabo la propuesta como guía para el diseño de prácticas STEM.

Además, la herramienta ha sido aplicada a una propuesta STEM concreta, *El Invernadero*, recogida en la plataforma de prestigio a nivel internacional Scientix, permitiendo describir las fortalezas y debilidades de la misma. También, se ha analizado siguiendo los pasos que cualquier docente debería seguir a la hora de utilizar la escala propuesta, lo que permite ser un ejemplo para el profesor.

Finalmente, el último objetivo consistía en **definir las ventajas e inconvenientes de la herramienta de valoración propuesta**. Este quedará resuelto en los apartados que se presentan a continuación.

## 10.2. Debilidades y fortalezas del proyecto de innovación

Es importante realizar un análisis de las principales debilidades y fortalezas del proyecto, destacando las consecuencias de cada uno de ellos.

Como aspectos débiles o de mejora, se destaca que al no tener una referencia exacta sobre la que poder realizar modificaciones, es decir, al no haberse encontrado ninguna herramienta que permita dar respuesta al objetivo de este trabajo, se han

desarrollado los descriptores interpretando lo que expertos sobre las áreas STEM han ido proponiendo a lo largo de los años. De este modo, en ocasiones la escala se ha desarrollado siguiendo el punto de vista del autor del trabajo según lo que se ha investigado.

En cuanto a las fortalezas, se destaca que se ha desarrollado a cabo un proyecto muy completo ya que en él se ha descrito un marco teórico que ha sido contrastado y analizado desde diferentes puntos de vista de especialistas sobre el tema, tanto del mundo educativo como del científico y de la investigación. Además, todo ello ha sido complementado con una parte práctica de aplicación de la propuesta (la escala). De este modo, el proyecto es mucho más completo y útil para la formación del maestro.

Asimismo, se ha tenido en cuenta en todo momento y se ha explicado la importancia del desarrollo de la educación STEM tanto desde el punto de vista del alumno como del profesor, destacando los aspectos más importantes, los positivos y negativos de la misma. Todo este trabajo se ha enfocado a conseguir que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea lo más significativo y completo posible, sabiendo que este es uno de los principales objetivos de la educación del siglo XXI.

También, es importante destacar que, aunque en este caso se ha enfocado todo el trabajo a la etapa de Educación Primaria, la escala propuesta para la valoración de una actividad STEM podría aplicarse a todas las etapas educativas, desde infantil hasta bachillerato, ya que en ella no se contemplan contenidos que los alumnos deberían adquirir, sino el grado en el que se desarrollan las habilidades transversales propias del ciudadano del mundo actual.

Además, aunque la herramienta expuesta tenía como objetivo la valoración de las habilidades transversales a través de las propuestas STEM, también se puede usar para guiar el proceso de creación y diseño de estas.

Se considera, por lo tanto, que la propuesta realizada es realista y que puede ser aplicada por cualquiera en el momento que se quiera llevar a cabo una propuesta STEM en el aula de primaria u otras etapas educativas, convirtiéndose la escala en una herramienta muy útil y consiguiendo así el desarrollo de una educación STEM adecuada.

### **10.3. Aportación y utilidad para el ámbito de la educación**

Tras haber analizado las fortalezas y debilidades, así como el grado en el que se han conseguido los objetivos propuestos, es fundamental remarcar la importancia y consecuencias que tiene el desarrollo de este proyecto de innovación en la educación.

Hasta hace no mucho tiempo, las diferentes asignaturas curriculares se consideraban independientes. Sin embargo, la nueva situación en la que los alumnos viven requiere que estos puedan realizar conexiones entre las materias, pudiendo tener un aprendizaje mucho más significativo y completo. Existen diversas maneras de conseguir lo anterior y precisamente la educación STEM es una de ellas, ya que trata de englobar distintas áreas del ámbito científico-matemático.

Además, como se ha ido mencionando, es importante destacar la idea de que las propuestas del aula partan de situaciones reales o cercanas al alumnado, en el que este sea el protagonista de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Así, el enfoque STEM apuesta por lo anterior y la escala propuesta invita al profesorado a conseguirlo.

Relacionado con este último aspecto, se destaca la importancia del docente a la hora de planificar y guiar un proceso de educación STEM adecuado, diseñando los talleres, actividades y recursos necesarios según los objetivos que previamente se ha marcado y que se pretenden conseguir.

En definitiva, la Educación Primaria es fundamental ya que es un periodo clave en el aprendizaje futuro y en el desarrollo propio del alumno no solo desde el punto de vista cognitivo, sino también a nivel social y afectivo. De este modo, es necesario intervenir desde edades tempranas con el desarrollo de una formación que sepa dar respuesta a las necesidades del alumnado y del mundo en el que viven: la educación STEM.

### **10.4. Aportación del trabajo a nivel personal**

Este proyecto me ha permitido analizar la educación desde el punto de vista del profesor, pero también del alumno. A lo largo de la carrera, he tenido la suerte de tener



diferentes asignaturas con las que he tenido he podido comprobar que es posible llevar a cabo un proceso de aprendizaje y de enseñanza diferente al que yo misma tuve.

El conocimiento que tenía sobre la educación STEM al comenzar la Universidad era muy escaso y las experiencias en este tema eran nulas. Sin embargo, todo cambió cuando llegué a 2º y 3º de la carrera que fue cuando descubrí la auténtica belleza de las áreas científico-matemáticas.

Las enseñanzas y los aprendizajes que he obtenido a lo largo de los años quedan, en cierto modo, reflejados en este trabajo. Además, la ilusión y motivación que tenía por descubrir más sobre el enfoque STEM han hecho que, sin duda, en mi futuro profesional apueste por un modelo de enseñanza como este, teniendo siempre una visión crítica sobre cómo llevarla a cabo de la manera más adecuada.

Creo que este Trabajo de Fin de Grado es de gran utilidad para todos los docentes, ya que precisamente mi objetivo era ofrecer una herramienta que facilitara cualquier persona, pero más en concreto al profesorado la valoración de propuestas STEM. Además, la realización de esta les motivará y animará a llevar a cabo en su aula la educación STEM porque la escala permite guiar y diseñar propuestas de este tipo.

Espero que, al igual que a mí este trabajo me ha permitido darme cuenta de que otra educación es posible, invite a todos sus lectores sean docentes o no a reflexionar sobre este tema.

También, quisiera destacar un aspecto fundamental, la realización de este trabajo me ha permitido darme cuenta de la importancia que tienen hoy en día todas las competencias y habilidades propuestas, las cuales utilizaré en el desarrollo de mi vida no solo profesional, sino también personal.

Me gustaría agradecer a la Universidad Pontificia Comillas la formación tan completa que me ha ofrecido a lo largo de estos cuatro años de carrera, que ha contribuido tanto a mi desarrollo profesional-académico como al personal. También, quisiera destacar el gran trabajo y esfuerzo que han realizado mis directoras del trabajo y profesoras durante dos años, Elsa Santaolalla y Olga Martín, quienes han conseguido que vuelva a disfrutar de las áreas científicas en general y más en concreto de las matemáticas y de las ciencias. Por último, mencionar al apoyo que he recibido de mi

familia durante toda mi vida y darles las gracias por haberme facilitado en todo momento aquello que necesitaba para cumplir mi sueño de ser maestra.

Este es el final de una etapa, pero también es el principio de un largo camino que realizaré haciendo lo que siempre quise a lo largo de toda mi vida: educar y enseñar.

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alsina, A. (2016). Diseño, gestión y evaluación de actividades matemáticas competenciales en el aula. *Épsilon, revista de Educación Matemática*, 33 (92), 7-29.
- Australian Council of Learned Academies (ACOLA) (2013). *STEM: Country Comparisons*. Melbourne: Australian Council of Learned Academies.
- Bona, C. (2016). *La nueva educación: los retos y desafíos de un maestro de hoy*. Barcelona: Plaza y Janés.
- Botero, J. (2018). *STEM Educación: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. Colombia: STEM Educación Colombia.
- Bounfour, A. (2016). *Digital Futures, Digital Transformation*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23279-9>
- Bruner, J. (1991). *Actos de significado. Más allá de la revolución cognitiva*. Madrid: Alianza.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM Education? *Science*, 329 (5995), 996–996.
- Carbonell, J. (2017, 22 de mayo). *Meter más tecnología en las aulas no es de por sí innovador*. Recuperado de <https://www.ull.es/portal/noticias/2017/jaume-carbonell-ull/>
- Cardella, M.C., Purzer, S. y Strobel, J. (2014). *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy and Practices*. Indiana: Purdue University Press.
- Comer, M., Sneider, C. y Vásquez, J.A. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8. Integrating Science, Technology, Engineering and Mathematics*. London: Heinemann.
- Couso, D. y Pintó, R. (2009). Análisis del contenido del discurso cooperativo de los profesores de ciencias en contextos de innovación didáctica. *Enseñanza de las Ciencias*, 27 (1), 5-18.

- DigitalEs (2019). *El desafío de las vocaciones STEM: por qué los jóvenes españoles descartan los estudios de ciencia y tecnología*. Recuperado de <https://www.digitales.es/wp-content/uploads/2019/09/Informe-EL-DESAFIO-DE-LAS-VOCACIONES-STEM-DIGITAL-AF-1.pdf>
- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2 (2), 29-42.
- Faulder, T. R. (2011). *Technology Integration: A Research-Based Professional Development Program* (Tesis doctoral. Cedarville University, Ohio). Recuperado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED525563.pdf>
- Fundación Santillana (2017). *Habilidades 21, ¿qué te gustaría aprender en el colegio?* Recuperado de <https://www.fundacionsantillana.com/ed21/habilidades-21-aprender-en-el-colegio/>
- Gijsbers, G., Hoogveld, B., Kirschner, P., Leendertse, M., Leis, M., Punie, Y., Redecker, C. y Stoyanov, S. (2011). *The Future of Learning: Preparing for Change*. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/38621986.pdf>
- ICT Literacy Panel (2002). *Digital Transformation: A Framework for ICT Literacy. A Report of the International ICT Literacy Panel. Educational Testing*. Recuperado de <http://www.ets.org/research/ictliteracy>
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa.
- Maltese, A. V. y Tai, R. H. (2011). Pipeline persistence: Examining the association of educational experiences with earned degrees in STEM among U.S. students. *Science Education*, 95 (5), 877–907.
- Martín, O., y Santaolalla, E. (2020). Educación STEM. Formación con *con-ciencia*. *Padres y Maestros*, (381), 41-46. DOI: <https://doi.org/10.14422/pym.i381.y2020.006>
- Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education (2016). *2016 Massachusetts science and technology/engineering curriculum framework*. Recuperado de <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2016-04.pdf>

- Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEFP). (2016). *Datos y Cifras del Sistema Universitario Español [Base de datos]*. Recuperado de <http://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:2af709c9-9532-414e-9bad-c390d32998d4/datos-y-cifras-sue-2018-19.pdf>
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM education monograph series, attributes of STEM education*. Baltimore (USA): TIES.
- Moya, M.V. y Rotondaro, F. (2015). La Educación Infantil que queremos: investigaciones y experiencias. *Revista de la Facultad de Educación de Albacete*, 30 (2), 1-9.
- Murphy, C. (2005). *Primary science in the UK: a scoping study*. Belfast: The Wellcome Trust.
- National Academy of Sciences (2010). *Exploring the Intersection of Science Education and 21st Century Skills: A Workshop Summary*. Recuperado de <https://www.nap.edu/catalog/12771/exploring-the-intersection-of-science-education-and-21st-century-skills>
- National Research Council (2009). *Engineering in K–12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council (2011). *Successful K-12 STEM Education: Identifying Effective Approaches in Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Recuperado de <https://doi.org/10.17226/13158>.
- Niss, M. (2002). *Mathematical competencies and the learning of mathematics: the Danish Kom Project*. Roskilde. Roskilde University.
- Nuevas Tecnologías de Multilink Ingeniería SAS (2016, enero 23). Hablemos de STEM y de IB. [Entrada blog]. Recuperado de <http://tecnologiasmultilink.blogspot.com/2016/01/normal-0-21-false-false-false-es-co-x.html>
- OCDE (2015). *Resultados PISA 2015*. Recuperado de <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>
- OCDE (2017). *Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias*. Recuperado de

[https://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/ebook%20-%20PISA-D%20Framework\\_PRELIMINARY%20version\\_SPANISH.pdf](https://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/ebook%20-%20PISA-D%20Framework_PRELIMINARY%20version_SPANISH.pdf)

OECD (2012). *Education at a Glance 2012: OECD Indicators*. DOI: <https://doi.org/10.1787/eag-2012-en>

OECD (2015). *Skills for a Social Progress*. Recuperado de [https://read.oecd-ilibrary.org/education/skills-for-social-progress\\_9789264226159-en](https://read.oecd-ilibrary.org/education/skills-for-social-progress_9789264226159-en)

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.

Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London: The Nuffield Foundation.

Piaget, J. (1979). *Seis estudios de psicología*. Madrid: Labor.

Pozo, J.I. (1996). *Aprendices y Maestros*. Madrid: Alianza Psicología Minor.

Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria.

Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria.

Recomendación 2006/962/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente.

Recomendación 2018/C 189/01 del Consejo de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente.

Robinson, K. (2006, febrero). *Las escuelas matan la creatividad* [Vídeo]. Recuperado de [https://www.ted.com/talks/sir\\_ken\\_robinson\\_do\\_schools\\_kill\\_creativity?language=es](https://www.ted.com/talks/sir_ken_robinson_do_schools_kill_creativity?language=es)

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *The Technology Teacher*, 68 (4), 20-26.

Scientix. La comunidad para la enseñanza de las ciencias en Europa. (2020). Recuperado 25 marzo 2020, de <http://www.scientix.eu/home>

- STEM4Math. (2020). Recuperado 25 marzo, 2020, de <https://www.stem4math.eu>
- The Partnership for 21st Century Learning (P21) (2017). *21st Century Learning For Early Childhood Framework*. Recuperado de <http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21EarlyChildhoodFramework.pdf>
- Tonucci, F. (1990). *¿Enseñar o aprender? La escuela como investigación quince años después*. Barcelona: Editorial Grao.
- UNESCO (1996). *Una Educación para el siglo XXI: aprender a aprender*. Recuperado de [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000102622\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000102622_spa)
- Vilorio, D. (2014). *STEM 101: Intro to tomorrow's jobs (STEM Education Coalition)*. *Occupational Outlook Quarterly*, spring. Recuperado de [http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/BLS-STEM-Jobs-report-spring-2014.pdf?\\_sm\\_au\\_=iVV6s57qL1fnJMPF](http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/BLS-STEM-Jobs-report-spring-2014.pdf?_sm_au_=iVV6s57qL1fnJMPF)
- Vygotsky, L. S. (1934). *Pensamiento y lenguaje*. España: Grupo Planeta.
- Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Yakman, G. (2008). *STEM Education: an overview of creating a model of integrative education*. (Tesis doctoral. Virginia Polytechnic and State University, Blacksburg). Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/327351326\\_STEAM\\_Education\\_an\\_overview\\_of\\_creating\\_a\\_model\\_of\\_integrative\\_education](https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education)

## 12. ANEXOS

### ANEXO 1. Ejemplos de gráficos radiales para representar los datos obtenidos de la escala.

#### Ejemplo número 1:

1. Las puntuaciones y medias obtenidas de cada uno de los indicadores quedan reflejadas en la siguiente tabla:

HABILIDAD	INDICADOR	PUNTUACIÓN	MEDIAS
Creatividad	Cr1.	1	$Cr = \frac{4 + 4 + 3 + 4}{4} = 3'75$
	Cr2.	1	
	Cr3.	0	
	Cr4.	0	
Colaboración	Col1.	1	$Col = \frac{3 + 3 + 3 + 4}{4} = 3'25$
	Col2.	2	
	Col3.	2	
	Col4.	1	
Comunicación	Com1.	1	$Com = \frac{3 + 4 + 3 + 4}{4} = 3'5$
	Com2.	2	
	Com3.	1	
	Com4.	1	
Resolución de problemas	RP1.	2	$RP = \frac{3 + 4 + 3 + 3}{4} = 3'25$
	RP2.	2	
	RP3.	1	
	RP4.	2	
Pensamiento crítico	PC1.	1	$PC = \frac{3 + 4 + 3 + 4}{4} = 3'5$
	PC2.	2	
	PC3.	1	
	PC4.	1	
Investigación	In1.	0	$In = \frac{4 + 4 + 4 + 4}{4} = 4$
	In2.	1	
	In3.	0	
	In4.	1	

Resumen de las puntuaciones y medias del ejemplo número 1. Fuente: elaboración propia.



2. El gráfico radial correspondiente a las puntuaciones del ejemplo 1:

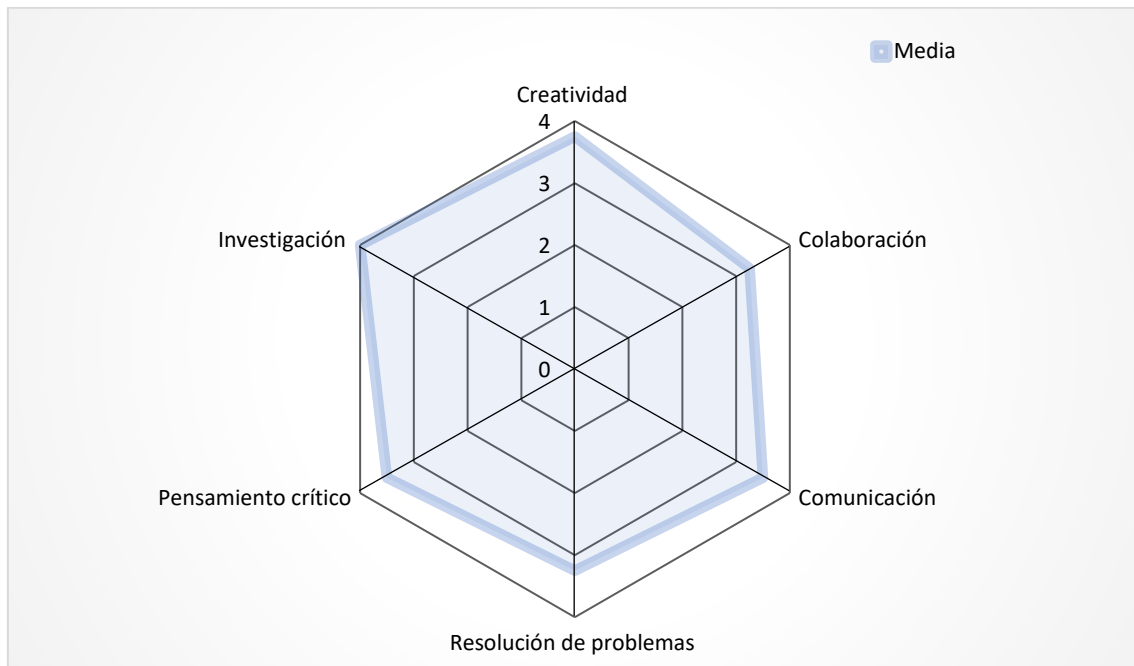


Gráfico radial del ejemplo número 1. Fuente: elaboración propia.

3. Análisis del gráfico del ejemplo número 1:

En este caso, se podría afirmar que claramente la propuesta llevada a cabo desarrolla de manera muy completa y óptima las habilidades transversales, ya que el hexágono presentado está casi completo. Las fortalezas de esta propuesta son la investigación y la creatividad y aquellos aspectos que se podrían mejorar serían la colaboración y resolución de problemas, por ejemplo, proponiendo actividades o tareas en las que los alumnos tengan que intercambiar soluciones, dialogar, etc.

**Ejemplo número 2:**

1. Las puntuaciones y medias obtenidas de cada uno de los indicadores quedan reflejadas en la siguiente tabla:

HABILIDAD	INDICADOR	PUNTUACIÓN	MEDIAS
Creatividad	Cr1.	1	$Cr = \frac{1 + 1 + 0 + 0}{4} = 0'5$
	Cr2.	1	
	Cr3.	0	
	Cr4.	0	
Colaboración	Col1.	1	$Col = \frac{1 + 2 + 2 + 1}{4} = 1'5$
	Col2.	2	
	Col3.	2	
	Col4.	1	
Comunicación	Com1.	1	$Com = \frac{1 + 2 + 1 + 1}{4} = 1'25$
	Com2.	2	
	Com3.	1	
	Com4.	1	
Resolución de problemas	RP1.	2	$RP = \frac{2 + 2 + 1 + 2}{4} = 1'75$
	RP2.	2	
	RP3.	1	
	RP4.	2	
Pensamiento crítico	PC1.	1	$PC = \frac{1 + 2 + 1 + 1}{4} = 1'25$
	PC2.	2	
	PC3.	1	
	PC4.	1	
Investigación	In1.	0	$In = \frac{0 + 1 + 0 + 1}{4} = 0'5$
	In2.	1	
	In3.	0	
	In4.	1	

Resumen de las puntuaciones y medias del ejemplo número 2. Fuente: elaboración propia.

2. *El gráfico radial correspondiente a las puntuaciones del ejemplo 2:*

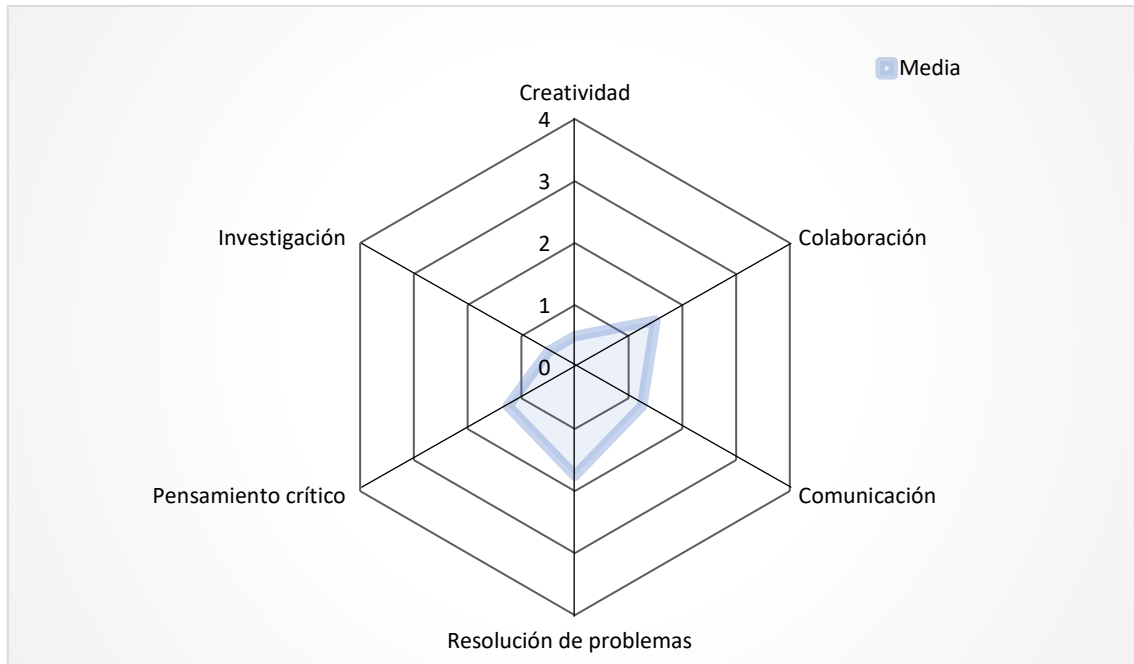


Gráfico radial del ejemplo número 2. Fuente: elaboración propia.

3. *Análisis del gráfico del ejemplo número 2:*

En este caso, las puntuaciones obtenidas al realizar la media son todas menores que 2, esto implica que la propuesta desarrolla las habilidades transversales, pero en un grado muy bajo.

Si esta todavía no se ha llevado a cabo en el aula, es importante que el docente revise las descripciones de cada uno de los indicadores propuestos con el objetivo de intentar mejorar el resultado. Por el contrario, si la actividad ya ha sido realizada por los alumnos y en este caso se ha realizado la escala para evaluar, se recomienda que se analicen detalladamente cada uno de los descriptores para poder analizar los puntos débiles de la propuesta y poder así mejorarlos.

## ANEXO 2. Ficha del profesor recuperada de la propuesta *El Invernadero*<sup>43</sup>.

# El invernadero

## Resumen

### Age category

9 - 12 años

### Topic

Álgebra

### Total duration

455 minutes

Los estudiantes planificarán y crearán un invernadero. Para ello, primero dibujarán un diseño que luego fabricarán. Esta actividad les permitirá explorar conceptos como la fotosíntesis y las condiciones necesarias para que las plantas crezcan.

## Problema(s) a afrontar:

- Crear tu propio invernadero.
- Dependiendo del tamaño de la planta... puedes crear un pequeño modelo con pajitas, o si la clase está interesada en crear uno más grande, hacerlo con madera.
- Los costes de los invernaderos deberían ser tan bajos como sea posible, especialmente si se están elaborando modelos en madera.

## Contexto real

### Motivación en el mundo real

“Un amigo mío me ha dejado sus plantas al mudarse a Australia. Volverá en verano y estoy muy preocupado por las plantas. ¿Puedes ayudarme a cuidarlas para que sobrevivan durante el largo invierno?”

## Objetivos

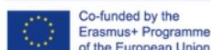
### Habilidades

#### Dominio general:

- Formular y resolver problemas
- Describir enfoques para resolver problemas sencillos
- Crear tablas sencillas y diagramas para categorizar e informar de los resultados
- Identificar y ejecutar propuestas para soluciones
- Comparar los resultados propios con los de otros y aplicar razonamientos simples sobre las similitudes y diferencias, y de qué dependen, así como contribuir a realizar propuestas que puedan mejorar el estudio
- Documentar sus estudios utilizando distintas formas de expresión (texto e imágenes) y utilizando su documentación en debates y diálogos
- Contribuir a formular y elegir alternativas de acción de conlleven mejoras
- Redactar de manera sencilla la documentación de trabajo utilizando esbozos, modelos o textos

#### Matemáticas:

- Elegir y utilizar los métodos matemáticos apropiados
- Medir la temperatura



<sup>43</sup> La ficha del profesor que se propone en el anexo 2 está recuperada de la página oficial donde se desarrolla la propuesta STEM titulada *El Invernadero*: <https://www.stem4math.eu/es/el-invernadero>

- Usar escalas
- Estadísticas

**Tecnología - Ingeniería**

- Crear un invernadero
- Llevar a cabo tareas sencillas en tecnología y diseñar, mediante prueba y error, posibles ideas para soluciones, así como diseñar sencillos modelos físicos

**Áreas de conocimiento:**

**Matemáticas:**

- Estadística. Diagramas y tablas
- Temperatura
- Escalas

**Ciencias:**

- Fotosíntesis. Qué necesitan las plantas para sobrevivir y crecer (por ejemplo, entender la importancia del sol)

**Tecnología - Ingeniería:**

- Invernadero. Cómo relacionar la construcción de un invernadero y el proceso de la fotosíntesis. Criterios para fabricar un buen invernadero

**Metodología**

Part	Descripción	Timing
1	<p><b>Plantas vivas: planteando por qué las necesitamos: debate en grupo</b></p> <p><i>El profesor plantea el contexto de la actividad: el invernadero.</i></p> <p>Tras hablarles sobre las plantas de las que van a cuidar, permite que los estudiantes piensen sobre qué necesitan las plantas vivas y los vegetales para sobrevivir.</p> <p>Permite que comparen sus ideas en parejas.</p> <p>Debate y extrae una conclusión con toda la clase asegurándose de que, al menos, aire, tierra, agua, luz y temperatura son conceptos mencionados.</p> <p>Deja que los estudiantes escriban sus respuestas en la plantilla.</p> <p>Habla de la fotosíntesis con los estudiantes, prestando especial atención a la temperatura y debatiendo sobre ella.</p>	45'

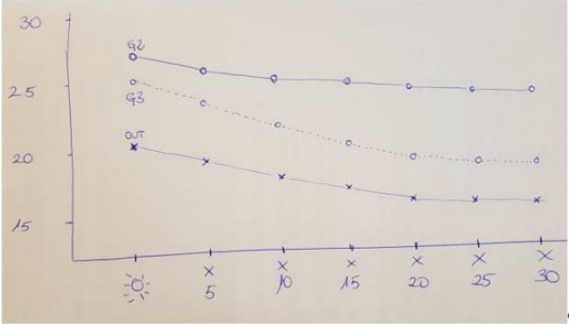


<p>2</p>	<p><b>Diseña tu propio invernadero: trabajo en grupo</b></p> <p><i>El profesor introduce la planificación del invernadero.</i></p> <p>Afrontaréis el desafío de planificar y crear vuestro propio invernadero. Los costes de construirlo deben ser lo más bajos posibles sin poner en compromiso su funcionalidad.</p> <p>Divide la clase en pequeños grupos de tres o cuatro estudiantes.</p> <p>Permite que los estudiantes comiencen a esbozar y debatir sobre los elementos clave de su invernadero.</p> <p>Guíalos utilizando preguntas como:</p> <p>¿Cómo regarás las plantas? ¿Será posible moverlo, una vez que está construido? ¿Hará un buen uso de la luz? ¿Cabrán bien las plantas una vez que crezcan? ¿Estará expuesto al viento o la lluvia?</p> <p>A este nivel, centra el enfoque únicamente en las formas y los elementos del invernadero. Los materiales serán abordados más adelante.</p>	<p>120'</p>
<p>3</p>	<p><b>Transforma los dibujos de tu invernadero: trabajo en grupo</b></p> <p><i>El profesor ayuda a los estudiantes a transformar sus dibujos utilizando diferentes escalas.</i></p> <p>Ayuda a los estudiantes a transformar los dibujos de la parte #2 en diferentes estructuras 2D que, una vez unidas, darán forma a los muros, el techo y el suelo (si los hay). Mide las plantas para hacer dibujos a escala con el índice apropiado (por simplicidad, intenta usar sólo 10:1, 5:1 o 2:1), para que cada estructura pueda caber en un solo trozo de papel.</p> <p><i>El profesor ayuda a los estudiantes con los cálculos.</i></p> <p>Calcula las longitudes de los palos y las áreas de todas las superficies de tus dibujos.</p>	<p>80'</p>



4	<p><b>Construye tu invernadero: trabajo en grupo</b></p> <p><i>Los estudiantes se decantan por la versión A, B o C</i></p> <p><b>VERSIÓN A</b></p> <p>Construye un prototipo del invernadero utilizando tu propio boceto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escribe una letra a tu profesor indicando cuántas pajitas y cuánto film de cocina necesitas para construir tu invernadero. Justifica tus datos (¡y no te olvides de de-escalar!)</li> <li>• Construye el prototipo utilizando cinta adhesiva para las uniones, pajitas para sostener la estructura y film de cocina para las superficies, y coloca dentro tu planta.</li> <li>• El tamaño de la planta no debería superar los 7cm de alto x 4cm de ancho para un modelo pequeño hecho con pajitas.</li> </ul> <p><b>VERSIÓN B</b></p> <p>Construye un invernadero real con un presupuesto determinado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estima los costes de tu invernadero utilizando diferentes materiales (recuerda añadir las piezas apropiadas y/o los materiales para construir las uniones). Usar materiales reciclados está bien, pero no es obligatorio siempre que el proyecto se mantenga dentro del presupuesto.</li> <li>• Escribe una carta a tu director/a justificando tu presupuesto y las necesidades de gasto.</li> <li>• Construye el invernadero y coloca la planta dentro.</li> </ul> <p><b>VERSIÓN C</b></p> <p>Usa el imprimible: Descripción de cómo hacer un invernadero con pajitas.</p>	120'
5	<p><b>Medir la temperatura: teoría, trabajo en grupo y debate</b></p> <p><i>El profesor explica cómo medir la temperatura (ver Consejos y trucos)</i></p> <p>Los alumnos necesitarán investigar la eficiencia de su invernadero. Para ello, tendrán que comprobar cómo se mide la temperatura en el interior del invernadero, y compararla con la temperatura exterior.</p> <p>Para hacer esto pondremos los invernaderos en un lugar del patio del colegio en el que les de el sol durante unos 30 minutos, y tras este tiempo les de la sombra. Los estudiantes medirán la temperatura en diferentes momentos durante un periodo de 2 horas (ver documentación del alumno).</p> <p>Encarga a un par de estudiantes que cada 10/15 minutos rellenen una tabla con la temperatura, mientras el resto de la clase debate: ¿cómo podemos cultivar plantas en el polo norte, la Luna o Marte? (hay documentales en YouTube titulados "Invernadero lunar", "Invernadero en la Tundra" o "Patatas en Marte"). Anima a los estudiantes a debatir, concluyendo con un resumen personal de dicho debate en el formato que prefieran (mapa mental / párrafos / visual...).</p>	20'



<p>6</p>	<p><b>Recolección de datos: trabajo en grupo</b></p> <p><i>Todos los datos en una hoja de cálculo (si es posible)</i></p> <p>Introduce todos los datos en una hoja de cálculo compartida (si es posible) y haz una gráfica de los datos de cada equipo o una gráfica que superponga todos los datos.</p> <p>A continuación encontrarás un ejemplo con datos ficticios de una tabla en la que se muestran los resultados de medidas realizadas cada 5 minutos. Fíjate en las marcas sol/sombra en cada medida. Dado que la primera medida en el gráfico debe ser la última medida bajo el sol, ésta se ha subrayado para cada invernadero.</p> <table border="1" data-bbox="252 568 823 703"> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>Outside</th> <th>Greenhouse 1</th> <th>Greenhouse 2</th> <th>Greenhouse 3</th> <th>Greenhouse 4</th> <th>Greenhouse 5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11:25</td> <td><u>20.1°</u> ☀</td> <td>26.3° ☀</td> <td><u>23.2°</u> ☀</td> <td>25.8° ☀</td> <td>27.2° ☀</td> <td><u>30.8°</u> ☀</td> </tr> <tr> <td>11:30</td> <td>14.7° ×</td> <td>26.4° ☀</td> <td>26.8° ×</td> <td><u>25.8°</u> ☀</td> <td><u>27.8°</u> ☀</td> <td>29.9° ×</td> </tr> <tr> <td>11:35</td> <td>14.4° ×</td> <td>26.4° ☀</td> <td>26.5° ×</td> <td>25.5° ×</td> <td>27.0° ×</td> <td>29.6° ×</td> </tr> </tbody> </table> <p>De esa temperatura en adelante, todas las medidas se muestran en la gráfica, donde podemos comparar la temperatura máxima de cada termómetro, así como la velocidad con la que los invernaderos pierden temperatura. Si el experimento sale bien, todos los invernaderos deberían enfriarse más lentamente que el exterior y a diferentes ritmos, dependiendo de sus materiales.</p> 	Time	Outside	Greenhouse 1	Greenhouse 2	Greenhouse 3	Greenhouse 4	Greenhouse 5	11:25	<u>20.1°</u> ☀	26.3° ☀	<u>23.2°</u> ☀	25.8° ☀	27.2° ☀	<u>30.8°</u> ☀	11:30	14.7° ×	26.4° ☀	26.8° ×	<u>25.8°</u> ☀	<u>27.8°</u> ☀	29.9° ×	11:35	14.4° ×	26.4° ☀	26.5° ×	25.5° ×	27.0° ×	29.6° ×	<p>40'</p>
Time	Outside	Greenhouse 1	Greenhouse 2	Greenhouse 3	Greenhouse 4	Greenhouse 5																								
11:25	<u>20.1°</u> ☀	26.3° ☀	<u>23.2°</u> ☀	25.8° ☀	27.2° ☀	<u>30.8°</u> ☀																								
11:30	14.7° ×	26.4° ☀	26.8° ×	<u>25.8°</u> ☀	<u>27.8°</u> ☀	29.9° ×																								
11:35	14.4° ×	26.4° ☀	26.5° ×	25.5° ×	27.0° ×	29.6° ×																								
<p>7</p>	<p><b>Evaluación: discusión en grupo</b></p> <p><i>El profesor decide cómo evaluar.</i></p> <p>Los alumnos reflexionarán sobre lo que han aprendido. Pueden utilizar el informe que se encuentra en la documentación del alumno.</p>	<p>30'</p>																												

**Organization**

**Materiales**

- Material de escritura





- Reglas
- Versión A - pajitas, cinta adhesiva, pistola de pegamento, film de cocina
- Versión B - dependiendo del diseño
- Descripción de "Cómo hacer un invernadero"
- Documentación del alumno "El invernadero"

#### Agrupación

- Grupos de tres o cuatro estudiantes.
- Actitudes necesarias en cada grupo:
  - Creatividad
  - Precisión

#### Imprimibles

- Descripción de "Cómo hacer un invernadero"
- Documentación del alumno "El invernadero"

#### Didáctica

---

##### Preguntas útiles

- ¿Qué necesitan las plantas para sobrevivir?
- ¿Por qué necesitamos plantas?
- ¿Qué pasa dentro de la planta cuando le da el sol?
- ¿Pueden las plantas estar cerca unas de otras?
- ¿Cómo es un invernadero?
- ¿Por qué se necesitan más invernaderos en unos países que en otros?
- ¿Qué formas distintas encontramos en una casa?
- ¿Por qué usamos escalas cuando dibujamos un boceto?
- ¿Cuáles han sido las principales dificultades que ha encontrado el grupo?
- ¿Cómo superó el grupo esas dificultades?

##### Adaptaciones

- En edades más tempranas y clases con más dificultades, el profesor puede ser más explícito y trabajar sólo en el prototipo. Para las medidas, es posible que también necesiten ayuda y por tanto, el debate sobre el invernadero en la Luna/Marte/polo norte debería tener lugar en paralelo a los experimentos. Si el debate no fuera lo suficientemente rico, se puede animar a los estudiantes a escribir o dibujar una historia ficticia, "Cultivando vegetales en Marte".
- En clases de más edad o más avanzadas, podemos construir invernaderos reales y pedirles que vean los vídeos antes del debate para la tarea #6.
  - Aquellos estudiantes que hablen inglés a nivel nativo (o sean bilingües) pueden trabajar a la vez en clase de inglés con el libro "The Martian", de Andy Weir, que también puede proponerse a lectores avanzados.

##### Evaluación

*Evaluación del profesor:*

La evaluación se lleva a cabo de manera formativa, especialmente respecto a:

- Programa y cronograma
- Motivación y participación del estudiante



- Colaboración del grupo
- Desarrollo de la actividad tal y como estaba planeada tanto desde el punto de vista técnico como científico
- La comprensión de los alumnos de los conceptos matemáticos y científicos trabajados
- Cooperación y respeto en el aula

*Evaluación del estudiante:*

Al final de la actividad:

- Trabajo en grupo
- Contribución individual al trabajo
- Todas las tareas se han completado a tiempo
- Identificar las mayores dificultades
- Formas de superar las dificultades
- Comprensión del proceso y los conceptos



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



ANEXO 3. Cuaderno del alumno de la propuesta *El Invernadero*<sup>44</sup>.



# El invernadero



.....

.....

.....

.....

.....

.....



<sup>44</sup> El cuaderno del profesor que se propone en el anexo 3 está recuperado de la página oficial donde se desarrolla la propuesta STEM titulada *El Invernadero*: <https://www.stem4math.eu/es/el-invernadero>





## Investiga

Compara tus respuestas con las de un compañero y poneros de acuerdo en cuáles son las más importantes. Explica por qué habéis elegido cada una de ellas.

.....es importante porque .....

.....es importante porque .....

.....es importante porque .....

.....es importante porque .....

.....es importante porque .....

Escribe a continuación los elementos que creéis deben ser tenidos en cuenta a la hora de fabricar un invernadero:

---

---

---

---

---

---





## Saca conclusiones

### Probando la temperatura

Vamos a probar si el invernadero puede mantener a nuestras plantas calientes haciendo el mejor uso de la energía que recibe del sol. Vamos a medir la temperatura interior cuando el invernadero está al sol, y comprobaremos cómo disminuye cuando lo ponemos en la sombra.

1. Coge una hoja de papel grande para toda la clase y prepara una tabla en la que vas a escribir el tiempo de cada medida, la temperatura interior de cada invernadero, si está al sol o a la sombra, y la temperatura exterior tanto al sol como a la sombra. Tomarás medidas durante una hora y media o dos horas, así que calcula el número de filas que necesitas según la frecuencia de ellas (la temperatura debe ser medida a intervalos de entre 1 a 10 minutos).
2. Busca en el patio del colegio un lugar en el que dé el sol y que vaya a dar la sombra en unos 20 o 30 minutos. Pon todos los invernaderos en ese lugar.
3. Pon un termómetro dentro de cada invernadero de forma que no toque ninguna superficie, y otro más fuera de los invernaderos.
4. Deja que los invernaderos se calienten al sol unos 15-20 minutos y entonces escribe las temperaturas en la tabla, así como el momento exacto (o usa un cronómetro) antes de que la sombra llegue al invernadero.
5. Con la frecuencia elegida (cada minuto/5 minutos/10 minutos), escribe las temperaturas, el tiempo e indica si los invernaderos están al sol.



6. Continúa tomando medidas tal y como te diga tu profesor hasta que hayan pasado 2 horas, o hasta que la temperatura del invernadero sea igual dentro que fuera de él.
7. Crea un gráfico con todas las medidas, comenzando con la última medida al sol, compara tu invernadero con los de otros equipos y discute y compara la forma de los gráficos, su altura, anchura, etc. Intenta entender lo que los datos nos están diciendo sobre tamaños, formas o materiales de los diferentes invernaderos, y discutid cuál o cuáles creéis que permitirían a las plantas vivir durante más tiempo.





## Planifica

Crea una lista de materiales que necesitarás para construir tu invernadero:

Para las paredes:

---

---

---

Para el suelo y el techo:

---

---

---

Para la estructura:

---

---

---

Otras partes:

---

---

---







## Crea

### Mi invernadero

Piensa cómo quieres que sea tu invernadero. Crea un par de bocetos y debate con tu equipo qué partes son necesarias y cuáles son opcionales (¿Cuatro paredes? ¿Un suelo? ¿Una puerta? ¿Un tejado? ¿Ventanas?).

Recuerda que los elementos más importantes para mantener a las plantas con vida deben ser incluidos en tu invernadero, y que necesitarás mantener un coste bajo sin perder funcionalidad.





## Haz tu informe

¿Qué has aprendido durante este proyecto sobre Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas? Explica los retos a los que te has enfrentado durante el proceso.

Dibuja un mapa visual de la fotosíntesis. Recuerda incluir todos los elementos que las plantas necesitan para sobrevivir.

