

Introduciendo los conjuntos borrosos en educación primaria a través de actividades STEAM

Queralt Viladevall

UOC, Universidad Abierta de Cataluña, qviladevall@uoc.edu

Ángel Alsina

Universidad de Girona, angel.alsina@udg.edu

Joan Carles Ferrer Comalat

Universidad de Girona, joancarles.ferrer@udg.edu

Resumen: La noción de conjunto borroso abre nuevas posibilidades de razonamiento al aceptar que los elementos de un conjunto pueden pertenecer de manera parcial a este. Desde esta perspectiva, el objetivo de este artículo es aportar conocimientos y ejemplos que faciliten la introducción de los conjuntos borrosos en las aulas de educación primaria mediante la educación integrada STEAM.

Para ello, se conceptualiza la noción de conjunto borroso, se elaboran imágenes conceptuales para representar dicho concepto y se desarrollan dos proyectos diferentes siguiendo el enfoque STEAM, con el fin de fomentar las conexiones matemáticas desde una visión intradisciplinar, interdisciplinar y globalizada.

Palabras clave: conjuntos borrosos, educación primaria, pensamiento no binario, STEAM, imagen conceptual.

Introducing fuzzy sets in primary education through STEAM activities

Abstract: The notion of fuzzy sets opens up new possibilities for reasoning by accepting that the elements of a set can partially belong to it. From this point of view, the objective of this article is to provide knowledge and examples that facilitate the introduction of fuzzy sets in primary school classrooms through integrated STEAM education. To achieve this, the concept of a fuzzy set is theoretically conceptualized, conceptual images are created to represent this concept, and two different projects are developed following the STEAM approach, with the aim of fostering mathematical connections from an intradisciplinary, interdisciplinary and globalized perspective.

Keywords: fuzzy sets, primary education, non-binary thinking, STEAM, conceptual image.

1. INTRODUCCIÓN

En España, el Real Decreto 157/2022 (MEFP, 2022) advierte que es necesario preparar al alumnado para garantizar que toda persona que complete la enseñanza básica sepa activar los aprendizajes adquiridos para responder a los siguientes dos retos a los que deberá hacer frente a lo largo de su vida: el primero, cooperar y convivir en sociedades abiertas y cambiantes, valorando la *diversidad* personal y cultural como fuente de riqueza e interesándose por otras

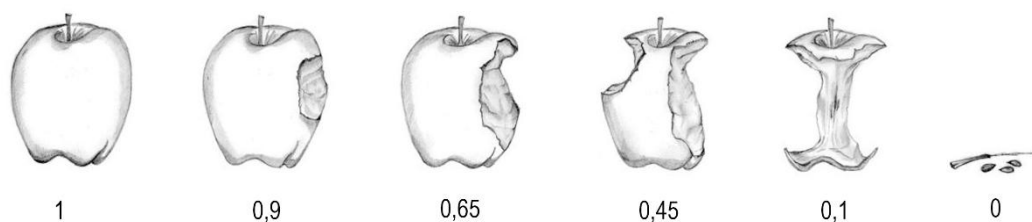
lenguas y culturas; el segundo, aceptar la *incertidumbre* como una oportunidad para articular respuestas más creativas, aprendiendo a manejar la ansiedad que puede acarrear. *Diversidad e incertidumbre* son dos palabras que cobran un significado más completo en el contexto del uso de los *conjuntos borrosos* (Zadeh, 1965).

La *teoría de conjuntos borrosos* parte de la aceptación de que, dada una colección de elementos, estos pueden pertenecer parcialmente a un conjunto (Zadeh, 1965), una idea que ha sido aplicada en el ámbito educativo en diferentes propuestas didácticas (Ferrer Comalat et al., 2018; Linares Mustarós et al., 2018a; Viladevall et al., 2023a, 2025). Este planteamiento contrasta con la afirmación de que, dado un conjunto, cualquier elemento o bien pertenece o bien no pertenece a dicho conjunto, lo cual es la base de lo que se ha venido a denominar *pensamiento binario* (Kosko, 1995), que es el único tipo de pensamiento mostrado en las aulas tanto de infantil como de primaria. En el *pensamiento binario* las cosas *son o no son*, o *cumplen un predicado o no lo cumplen*, y no hay alternativa a estas dos opciones. Pero en la vida real encontramos multitud de elementos imposibles de clasificar en conjuntos mediante un *cumplen un predicado o no lo cumplen*. Russell (1923) denominó a estos elementos “vagos”, mientras que Pierce los llamó “elementos que están en el límite entre el ser y el no ser” (Oostra, 2007). Zadeh (1965) avanzó un paso más al introducir un grado de pertenencia al conjunto en el intervalo $[0,1]$, aceptando que los elementos pueden pertenecer y no pertenecer al conjunto a la vez. Así, para Zadeh, si un objeto pertenece al conjunto en grado 0 significa que este no cumple el predicado que define la pertenencia al conjunto. Si, por el contrario, tiene grado 1, cumple absolutamente el predicado. Finalmente, si el grado de cumplimiento del predicado es un valor α comprendido entre 0 y 1, dicho objeto cumpliría el predicado en grado α y no cumpliría a la vez el predicado en grado $1 - \alpha$. Cabe destacar que, según esta idea, la *teoría de conjuntos clásica* puede considerarse un caso particular de la *teoría de conjuntos borrosos*, ya que únicamente se contemplan los valores extremos.

Kosko (1995) propuso una imagen mental de *conjunto borroso* que se ha convertido en un icono en el ámbito de la teoría de *conjuntos borrosos*, ya que facilita la comprensión de cómo los elementos pueden pertenecer de forma parcial a un conjunto, ilustrando visualmente la transición entre *pertenecer* y *no pertenecer* sin el carácter rígido de la teoría clásica de conjuntos. La idea, representada en la Figura 1, es un ejemplo claro de cómo los conjuntos borrosos permiten manejar y conceptualizar la diversidad y la incertidumbre clasificatoria, características comunes en la vida real. Comenzando por la izquierda, la imagen muestra la representación de una manzana recién recogida del árbol, a la que se asigna un valor de pertenencia de 1 en el conjunto “ser manzana”. Tras un mordisco, el grado de pertenencia del nuevo objeto es ligeramente menor. A medida que se sigue mordiendo, el grado de pertenencia continúa disminuyendo hasta llegar a 0, cuando ya no queda nada de la manzana. Con esta idea, se observa que no tiene sentido preguntarse si media manzana es o no es manzana. Simplemente, se puede decir que es manzana en grado 0,5 y no lo es en grado 0,5.

Figura 1

Manzanas de Kosko. Fuente: elaboración propia.



Con la finalidad de empezar a introducir el concepto de grado de pertenencia de los *conjuntos borrosos* en las aulas de primer ciclo de primaria (6-8 años), este artículo se ha estructurado de la siguiente manera: después de este apartado de introducción, se presenta un apartado justificativo de por qué se utiliza para ello el enfoque de educación integrada STEAM. Posteriormente, se presenta el diseño y análisis de dos proyectos de actividades STEAM, cuya misión es la construcción de diferentes imágenes conceptuales asociadas al término de *conjunto borroso*. El artículo finaliza con el apartado de conclusiones, en el que se plantean los logros, se debate sobre las limitaciones y se analiza una posible nueva línea de investigación.

2. EDUCACIÓN INTEGRADA STEAM

El enfoque STEM fue propuesto en Estados Unidos a finales del siglo XX con el fin de promover la productividad y competitividad de las economías (Burke y McNeill, 2011). Actualmente, este enfoque se utiliza para intentar cerrar las brechas de género en las carreras de ciencias (Cabero Almenara y Valencia Ortiz, 2021) y permite ahondar en el debate sobre la necesidad de una educación científico-tecnológica menos encasillada, que establezca relaciones entre los contenidos y procedimientos de diferentes materias curriculares, a fin de dotarlos de utilidad y relevancia para el alumnado (Bogdan Toma y García Carmona, 2021).

Este enfoque de aprendizaje es el que se está intentando consolidar en el ámbito educativo actual. En el currículo español de educación primaria (MEFP, 2022), por ejemplo, la competencia matemática forma parte de la competencia STEM, la cual tiene por misión potenciar el aprendizaje de las matemáticas planteando la integración interdisciplinar e intradisciplinar de las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas de manera globalizada. Ejemplos de este nuevo enfoque basado en las conexiones matemáticas pueden encontrarse en multitud de revistas científicas (e.g., Balsells Gila y López Luengo, 2021; Byrne, 2023; Costa y Domingos, 2019; Silva Hormazábal *et al.*, 2022).

Alsina (2014) señala que las conexiones matemáticas se refieren a las relaciones entre los diferentes temas de contenido matemático y entre los contenidos y los procesos matemáticos (intradisciplinariedad), a las relaciones de las matemáticas con otras áreas de conocimiento (interdisciplinariedad), y a las relaciones de las matemáticas con el entorno que nos rodea (enfoque globalizado). Para este autor, aprender matemáticas desde esta triple visión – intradisciplinar, interdisciplinar y globalizada– es uno de los principios fundamentales del aprendizaje de las matemáticas.

Conscientes de la necesidad de seguir asentando la idea de aprender matemáticas desde esta triple visión, y con el objetivo de proponer actividades STEM en primaria siguiendo las directrices del MEFP (2022), el artículo presenta dos proyectos STEM que, adicionalmente,

integran la informática o las artes. Tal y como se verá, la razón para incluir actividades artísticas en los proyectos no tiene por qué ser solo estética. Según Tall y Vinner (1981), la definición de un concepto genera en cada individuo una colección de imágenes propias, llamadas por los autores *imágenes conceptuales*, que permiten describir toda la estructura cognitiva que el individuo asocia con dicho concepto, incluyendo propiedades o procedimientos. Así, por ejemplo, ante la definición del concepto *fracción*, la mente de un individuo puede generar una imagen en la que simplemente se visualizan los símbolos $1/3$, y otra más compleja basada en un pastel dividido en cuatro partes, de las que falta una, y que puede representar para el individuo el número fraccionario $3/4$. Consiguientemente, las artes visuales pueden ser de gran utilidad para asentar ideas matemáticas gracias a la construcción de imágenes icónicas correctas. A este respecto, la discusión en torno a las *imágenes conceptuales* de contenidos matemáticos, denominadas también *representaciones internas*, debería ser una tarea constante en el aula, puesto que es habitual que ciertas imágenes incorrectas se asienten como correctas y dificulten la comprensión de los conceptos (Aguerreza *et al.*, 2022; Bolaños Barquero y Segovia Álex, 2021; Bolaños González y Lupiáñez Gómez, 2021; Rico, 1995; Riviére, 1990). Consiguientemente, las artes visuales pueden resultar útiles para facilitar la comprensión de conceptos matemáticos mediante la construcción de imágenes icónicas adecuadas. Desde esta perspectiva, el arte puede desempeñar un papel esencial en proyectos STEAM que busquen potenciar la comprensión conceptual a través de representaciones visuales significativas.

La inclusión del arte en el enfoque STEAM no se basa únicamente en su utilidad para representar visualmente conceptos matemáticos, como se ha discutido anteriormente, sino que forma parte de un debate más amplio en la comunidad educativa. Diversos autores han defendido que el arte desempeña un papel fundamental en este enfoque por su capacidad para fomentar la creatividad, la motivación y la expresión personal del alumnado (Cilleruelo y Zubiaga, 2014; Piro, 2010; Rodrigues Silva y Alsina, 2023). Por ello, se ha optado por emplear el acrónimo STEAM, al considerar que refleja de manera más completa la riqueza interdisciplinar de los proyectos educativos actuales.

Cabe destacar que, siguiendo la propuesta de Sanders (2009) sobre la educación integrada STEM, se acepta que en la educación integrada STEAM también tiene cabida el uso de otras materias además de la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas, como pueden ser la literatura, la educación física, la historia o la informática. Se asume que con la denominación “integrada” se fomenta de manera significativa la colaboración con otras materias escolares y, por ello, utilizaremos en este artículo dicha denominación, sin necesidad de añadir nuevas letras al acrónimo.

Es importante mencionar que, para el diseño de los proyectos, se han tenido en cuenta diversas recomendaciones de Cabello Salguero (2011), Molina Jiménez (2011) y Antón Sancho y Gómez Alonso (2016) sobre cómo realizar una buena práctica educativa STEAM. En este sentido, se han buscado temas que conecten con el alumnado y ofrezcan amplias posibilidades de ser potenciados mediante la visualización en el aula de vídeos, con relatos de historias o escuchando canciones. También se han propuesto actividades en las que se permite actuar libremente, ya que para el alumnado el aprendizaje científico parte de los fenómenos que le rodean y del querer comprenderlos. Las dudas y explicaciones que los alumnos se plantean los llevarán a realizar nuevas preguntas y a encontrar respuestas rigurosas. Por ello, debemos facilitar el diálogo y la posibilidad de hacer preguntas, de manera que el propio grupo sea capaz de verbalizar la información que va obteniendo. Asimismo, se ha tenido en cuenta partir de experiencias cercanas al alumnado, procurando que procedan de una realidad próxima a él y a

todo aquello que conoce. Finalmente, cabe resaltar que los autores mencionados anteriormente recomiendan plantear las actividades a realizar con un lenguaje claro, sencillo y conciso, de manera que no deba estarse aclarando cada cuestión y se interrumpa la actividad; promover el trabajo colectivo, evitando que el alumnado forme parejas estables para que así no queden cerrados en sí mismos; y fomentar el intercambio de ideas entre todos los alumnos para ampliar las vías de resolución sin importar si se producen “copias” de ideas entre ellos, pues no se trata de un hecho negativo y nunca se debe censurar por esto al menor, ya que hemos de tener en cuenta que es una estrategia que, a lo largo de nuestra vida, utilizaremos para aprender y asimilar conocimientos.

3. DOS PROYECTOS STEAM PARA EDUCACIÓN PRIMARIA

La apuesta actual por parte de las instituciones gubernamentales por el aprendizaje STEAM está fuera de toda duda. Por ejemplo, y como ya se ha mencionado, la nueva legislación educativa española de educación primaria, desplegada en el Real Decreto 157/2022, consolida el aprendizaje matemático dentro de la competencia STEM, otorgando un especial protagonismo a las conexiones matemáticas con otras áreas de conocimiento como la ciencia, la tecnología y la ingeniería, a la vez que fomenta la equidad y la perspectiva de género.

Si bien son comúnmente aceptadas las múltiples ventajas que dicha introducción puede tener en las aulas, la propuesta abre muchas dudas sobre su viabilidad, debido especialmente a la dificultad de preparación de los proyectos STEAM (Bogdan Toma y García Carmona, 2021; Gardner y Tillotson, 2019). El presente artículo pretende ayudar en esta línea ofreciendo dos propuestas de proyectos STEAM integrados sobre las que se pueda fundamentar la introducción de los *conjuntos borrosos* en el primer ciclo de primaria (6-8 años).

A continuación se presentan los dos proyectos y se analiza detalladamente la integración en ellos de las diversas disciplinas del enfoque STEAM.

3.1. Proyecto STEAM “Ser rana”

Este primer proyecto pretende abordar la construcción de una imagen conceptual de *conjunto borroso* similar a la presente en la Figura 2. El predicado que se va a utilizar para la construcción del conjunto es “ser rana”.

La idea central está basada en el proceso de metamorfosis que se produce en la transformación de renacuajo a rana. La transición de un renacuajo a una rana es una de las más llamativas transformaciones que se pueden observar durante el transcurso de unos meses en el aula. Durante la metamorfosis se puede observar la desaparición de la cola, mientras que paralelamente ocurren procesos constructivos como el desarrollo de las patas posteriores, seguido por el de las patas anteriores. Aparte de esta reestructuración de la morfología, es posible ver otros cambios como la transformación que se ocasiona en los ojos, los cuales emigran hacia la región frontal y dorsal de la cabeza –una modificación necesaria para el estilo de vida de un depredador–, cambios en la alimentación y un cambio ecológico en el que el ser pasa de un medio acuático a uno terrestre (Cruz, 2018).

Para motivar el diálogo y descubrir qué sabe el alumnado, se puede introducir un vídeo en el aula de una rana croando o realizar una salida de campo junto a un estanque con renacuajos para poder verlos en su hábitat natural. Otra posible forma sería a partir de la lectura de cuentos. Un cuento ideal para este propósito es *Growing frogs*, de French (2015).

Figura 2

Imagen conceptual del conjunto borroso con predicado “ser rana”. Fuente: elaboración propia.



En la Tabla 1 se muestra el análisis de las actividades STEAM que se proponen en el primer proyecto diseñado.

Tabla 1

Análisis de las actividades STEAM en el proyecto “Ser Rana”

CIENCIA	Estudio del proceso de metamorfosis de renacuajo a rana. Se debe buscar información sobre el ciclo natural del renacuajo, en qué momento del año se produce, su hábitat más adecuado, si hay más anfibios que pasan por este proceso, etcétera.
TECNOLOGÍA	Estudio de un oxigenador de acuario. Ello ofrece la opción, si se tiene un acuario para tener renacuajos vivos en el aula y así ver el proceso de metamorfosis en directo, de que el alumnado pueda decidir cuáles deben ser las características de este para nuestro propósito.
INGENIERÍA	Con todos los datos recopilados en el apartado de CIENCIA sobre el hábitat de los renacuajos, se puede pedir la fabricación de un acuario que los pueda contener. El alumnado deberá profundizar en el estudio de los materiales adecuados para su construcción (por qué vidrio y no madera o papel...).
ARTE	Partiendo de fotografías en diferentes momentos de la metamorfosis del renacuajo, el alumnado realizará dibujos de estos. Además, se dibujará una charca rodeada de hierbas.
MATEMÁTICAS	A partir de las imágenes artísticas elaboradas en clase, se solicita que los estudiantes recorten las figuras. Estas imágenes permiten introducir diversas actividades en forma de juegos. Por ejemplo, ante dos de estas imágenes, se puede pedir a los estudiantes que identifiquen cuál de ellas representa mejor la propiedad “ser rana”. Asimismo, es posible solicitar la ordenación de un grupo de estas imágenes de menor a mayor grado de pertenencia al conjunto “ser rana”, con el objetivo final de formar una imagen conceptual similar a la presentada en la Figura 2. Es importante destacar que la presencia de más de dos objetos complica notablemente la simple actividad de una ordenación con tan solo dos objetos. Al comparar solo dos elementos, basta con evaluar cuál de los dos cumple mejor con la propiedad en cuestión; sin embargo, al ordenar más de dos objetos, el número de comparaciones necesarias aumenta. Este incremento en el número de comparaciones eleva la complejidad del proceso de evaluación, ya que el estudiante debe recordar los resultados de todas las comparaciones previas y asegurar la coherencia en la relación entre todos los objetos. Finalmente, cabe advertir que, dado que en el primer ciclo de primaria aún no se trabaja con números decimales, no resulta adecuado introducir valores de <i>grado de pertenencia</i> específicos. No obstante, podría considerarse la introducción de cuantificadores de grado, tales como “este ser es bastante rana” o “este ser es medio rana”.

3.2. Proyecto STEAM “Hace viento”

El segundo proyecto STEAM tiene como objetivo construir una imagen conceptual del *conjunto borroso* con el predicado “hace viento”, similar a la mostrada en la Figura 3.

Para despertar el diálogo con los alumnos y así conocer qué nociones previas a la actividad posee el grupo, se les puede pedir que traigan a clase noticias relacionadas con el viento, tales como noticias sobre caída de árboles o bien noticias de barcos de vela o globos aerostáticos. Para mantener el interés por el tema también se puede programar una sesión de vuelo de cometas, leer el cuento clásico *El viento y el sol* y realizar alguna visita a un centro meteorológico de la zona, donde se prestará especial atención a la veleta y al anemómetro.

Puede resultar interesante utilizar este proyecto para hablar además de energías renovables y así hacer referencia a una de las más antiguas: la eólica.

Finalmente, en la Tabla 2 se muestra el análisis de las actividades STEAM que se proponen en el segundo proyecto diseñado.

Figura 3

Imagen conceptual del conjunto borroso con predicado “hace viento”. Fuente: elaboración propia.

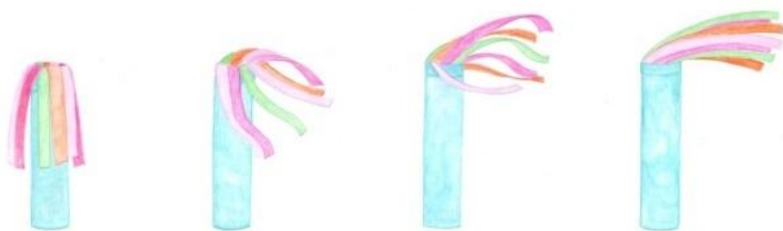


Tabla 2

Análisis de las actividades STEAM en el proyecto “Hace viento”.

CIENCIA	A partir de la visualización de distintos tipos de semillas, se puede crear una actividad de descubrimiento de la forma de expansión de muchas plantas y árboles mediante el uso del viento.
TECNOLOGÍA	Actividades de estudio y análisis de un ventilador. Principalmente, es importante que este tenga distintas velocidades. Dejaremos que el grupo observe su estructura externa, su apagado y encendido, los distintos grados de fuerza e incluso sus posiciones. A continuación, bajo supervisión, podemos permitir que lo manipulen con cuidado.
INGENIERÍA	Creación de un generador eólico bajo la pregunta ¿qué tipo de aspas funcionarán mejor en él?
ARTE	Creación de un plumero para medir la intensidad del viento. Para realizar esta actividad plástica, empezaremos pintando un rollo de cartón de unos 12 centímetros de largo. En un extremo pegaremos diversas tiras de papel de colores que la clase habrá recortado; así crearemos un “plumero” multicolor. Cuanto más largas sean las tiras de papel, mejor.
MATEMÁTICAS	Recuperaremos el ventilador utilizado en ingeniería y situaremos el plumero multicolor delante de él. Primero, activaremos el aparato a una velocidad mínima. Dejaremos que el alumnado observe el movimiento de las tiras de papel. Seguidamente, se va aumentando la velocidad y se observa el movimiento de las tiras según la intensidad del aire. Con todo ello, se ha creado una secuencia gradual que, en su totalidad, formará el

conjunto borroso con predicado “hace viento”. Para visualizar mejor dicho *conjunto*, el alumnado deberá realizar un dibujo de cada fase. En cada uno se representará el movimiento gradual de las tiras de papel. Al unirse todos los dibujos, aparecerá una composición que irá de la ausencia de viento a mucho viento. Así, se creará una imagen conceptual del *conjunto borroso* de predicado “hace viento”. En la Figura 3 podemos ver la imagen conceptual a crear de este tipo.

4. CONCLUSIONES

En este artículo se ha mostrado a nivel teórico-metodológico cómo, a través de actividades STEAM, se pueden abordar en las aulas de primaria un nuevo sistema de pensamiento lógico basado en la aceptación de que los objetos pueden pertenecer parcialmente a un *conjunto* (Zadeh, 1965).

Teniendo en cuenta que las actividades STEAM fomentan el método científico, en el que la observación del entorno inmediato es la clave para el desarrollo de cualquier investigación, se han elaborado dos proyectos que presentan temas cercanos al alumnado. De esta manera, el grupo, a través del trabajo en equipo, debería tomar decisiones e intercambiar opiniones sobre acontecimientos próximos a estos. La propuesta de trabajo llega en un momento clave de cambio en el sistema educativo. Un cambio que requiere tener la mente abierta a propuestas que rompen con la enseñanza magistral al introducir el trabajo investigativo en el aula. La figura del docente cambia de rol en este nuevo escenario. Ya no es un informador que se limita a transmitir conocimientos; es una figura que ayuda al grupo a desarrollar la investigación sobre las ideas propuestas. Por ello se ha de trabajar con nuevos enfoques desde un punto de vista diferente al concepto de escuela que se ha instaurado desde hace tantos años. Y como generalmente pasa en todos los cambios, se tienen que ir introduciendo lentamente pero de forma constante con unas herramientas adecuadas para que el resultado se refleje en el grupo a un alto nivel acorde con los nuevos tiempos. Y es que hoy en día las nuevas generaciones, a causa del cambio tecnológico producido con el móvil e internet, tienen un desarrollo muy distinto de las anteriores y ello está provocando una demanda de un sistema nuevo de enseñanza más dinámico, donde se intervenga sin descanso, donde se capte la atención rápidamente pero no se descuide la importancia de la reflexión paciente y constante de largos periodos de tiempo. Los dos proyectos STEAM cumplen estas exigencias.

Para finalizar, y como perspectiva de futuro, cabe señalar que hoy en día se acepta que el concepto de *grado* no está tan bien determinado como inicialmente propuso Zadeh (1965), pudiendo ser, por ejemplo, un intervalo o un valor con diferentes posibilidades dentro de una terna de números (Kaufmann *et al.*, 1994). En consecuencia, aunque en el presente artículo hemos hablado de *teoría de conjuntos borrosos*, se debe ser consciente de que esta agrupa múltiples opciones y que este artículo tan solo es una primera introducción al tema. Las *representaciones conceptuales* de los *conjuntos borrosos*, por lo tanto, pueden ir cambiando en el futuro. Desde esta perspectiva, en el futuro será necesario realizar multitud de estudios de aplicación práctica para comprobar cuál puede ser la mejor manera de consolidar *imágenes conceptuales* del término *conjunto borroso* en la mente de las personas. Este artículo abre, pues, una nueva línea de trabajo en este sentido.

5. IMPLICACIONES EN LA ACTIVIDAD DOCENTE

El enfoque STEAM y la introducción de la idea de parcialidad en la pertenencia, característica de los conjuntos borrosos, tienen profundas implicaciones en la actividad docente, transformando el modo en que se aborda el aprendizaje en el aula. STEAM fomenta una conexión interdisciplinar entre disciplinas como la ciencia, la tecnología, la ingeniería, el arte y las matemáticas, acercando los contenidos a problemas del mundo real y promoviendo habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad y el trabajo en equipo. Por su parte, la lógica borrosa abre nuevas posibilidades de razonamiento al aceptar que los elementos pueden pertenecer parcial o gradualmente a un conjunto, lo que no solo ofrece nuevas formas de representar la realidad, sino que también estimula en el alumnado un pensamiento más abierto, adaptativo y complejo.

El proceso de aprendizaje de este nuevo tipo de pensamiento parte de la generación, en el individuo, de una serie de imágenes conceptuales basadas en el no binarismo (Linares Mustarós *et al.*, 2018b; Viladevall *et al.*, 2021; 2023b), que permiten encontrar soluciones para problemas que a menudo no pueden resolverse aplicando simplemente el pensamiento binario, el cual no debe menospreciarse nunca ya que es extremadamente útil en situaciones deterministas. Sin embargo, la introducción de un modelo de pensamiento lógico no binario en el sistema educativo actual puede contribuir al desarrollo de otros aspectos mentales, fomentando una visión más abierta a los cambios sociales y una mejor aceptación. Si se desea construir una sociedad en la que prevalezca la igualdad de sexos, etnias y credos religiosos, es fundamental comenzar a trabajar el pensamiento no binario desde el ámbito educativo. Es desde la educación en edades tempranas donde debe iniciarse el modelaje de un pensamiento que acepte la idea de que los objetos, personas,... pueden pertenecer parcialmente a un conjunto.

La intersección entre STEAM y el pensamiento no binario se refleja en los proyectos presentados en este artículo. Las actividades asociadas a dichos proyectos fomentan tanto el rigor lógico-matemático como la creatividad, y permiten al alumnado conectar conceptos abstractos con experiencias tangibles. Además, su implementación promueve una aula inclusiva y diversa, que reconoce distintas formas de aprender y reflexionar. Aunque el cambio pedagógico que implica integrar estos enfoques puede ser un desafío para las personas docentes, representa una oportunidad única para transformar la educación en un espacio dinámico, interdisciplinar y adaptado a las demandas de un mundo en constante cambio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alsina, Á. (2014). Procesos matemáticos en Educación Infantil: 50 ideas clave. *Números*, 86, 5-28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4758940>
- Aguerreza, M., Solís, M. E. y Huincahue, J. (2022). Errores matemáticos persistentes al ingresar en la formación inicial de profesores de matemática: El caso de la linealidad. *Uniciencia*, 36(1), 1-18. <https://doi.org/10.15359/ru.36-1.4>
- Antón Sancho, Á. y Gómez Alonso, M. (2016). La geometría a través del arte en Educación Infantil. *Enseñanza & Teaching*, 34(1), 93-117. <https://doi.org/10.14201/et201634193117>

- Balsells Gila, R. y López Luengo, M. A. (2021). La construcción de una ciudad con material reutilizado como escenario de stop motion. Una propuesta STEAM para educación primaria. *Didacticae: Revista de Investigación en Didácticas Específicas*, 10, 55-70. <https://doi.org/10.1344/did.2021.10.55-70>
- Bogdan Toma, R. y García Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. Enseñanza de las Ciencias. *Revista de investigación y experiencias didácticas*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Bolaños Barquero, M. y Segovia Álex, I. (2021). Sentido estructural de los estudiantes de primer curso universitario. *Uniciencia*, 35(1), 152-168. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.35-1.10>
- Bolaños González, H. y Lupiáñez Gómez, J. L. (2021). Errores en la comprensión del significado de las letras en tareas algebraicas en estudiantado universitario. *Uniciencia*, 35(1), 1-18. <http://dx.doi.org/10.15359/ru.35-1.1>
- Burke, L. M. y McNeill, J. B. (2011). Educate to innovate: How the Obama plan for STEM education falls short. *Backgrounder*, 2504, 1-8. <https://www.heritage.org/education/report/educate-innovate-how-the-obama-plan-stem-education-falls-short>
- Byrne, A. L. (2023). Diseño de un proyecto STEAM, una propuesta desde las matemáticas. *Revista peruana de investigación e innovación educativa*, 3(2), e25339-e25339. <https://doi.org/10.15381/rpiiedu.v3i2.25339>
- Cabello Salguero, M. J. (2011). Ciencia en educación infantil: La importancia de un " rincón de observación y experimentación " o " de los experimentos " en nuestras aulas. *Pedagogía magna*, 10, 58-63. <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/277801>
- Cabero Almenara, J. y Valencia Ortiz, R. (2021). STEM y género: un asunto no resuelto. *REVIE-Revista de Investigación y Evaluación Educativa*, 8(1), 4-17. <https://idus.us.es/items/39190baa-7098-4912-9cac-d30a68187e83>
- Cilleruelo, L. y Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. *Jornadas de Psicodidáctica*, 18, 1-18. <https://www.augustozubiaga.com/web/wp-content/uploads/2014/11/STEM-TO-STEAM.pdf>
- Costa, M. C. y Domingos, A. (2019). Promover o ensino da matemática num contexto de formação profissional com STEM. *Educación matemática*, 31(1), 235-257. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7007110>

- Cruz, J. C. (2018). Metamorfosis: cambio de forma durante el desarrollo. *Temas de Biología y Geología del NOA*, 8(1), 13-17. <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/ibigeo/article/view/3918>
- Ferrer Comalat, J. C., Bertran Roura, X., Linares Mustarós, S. y Corominas Coll, D. (2018). Six experimental activities to introduce the theory of fuzzy sets. En C. Berger-Vachon, A. M. Gil-Lafuente, J. Kacprzyk, Y. Kondratenko, J. M. Merigó, y F. C. Morabito (Eds.), *Complex systems: Solutions and challenges in economics, management and engineering* (pp. 85-107). Cham: Springer.
- French, V. (2015). *Growing frogs*. Walker Books.
- Gardner, M. y Tillotson, J. W. (2019). Interpreting integrated STEM: Sustaining pedagogical innovation within a public middle school context. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 1283-1300. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9927-6>
- Kaufmann, A., Gil Aluja, J. y Terceño Gómez, A. (1994). *Matemática para la economía y la gestión de empresas: Volumen I. Aritmética de la incertidumbre*. Foro Científico.
- Kosko, B. (1995). *Pensamiento borroso: La nueva ciencia de la lógica borrosa*. Crítica.
- Linares Mustarós, S., Ferrer Comalat, J. C., Bertran Roura, X., Corominas Coll, D. y Hidalgo Gil, J. (2018a). *50 años de ideas fuzzy: catálogo de la muestra expositiva "Explora" en el CosmoCaixa de Barcelona para conmemorar medio siglo de lógica borrosa*. Servicio de publicaciones de la Universidad de Girona.
- Linares Mustarós, S., Viladevall, Q., Llacay Pintat, T. y Ferrer Comalat, J. C. (2018b). Una introducción a las ideas fundamentales de la lógica borrosa a través del arte. *Cuadernos del CIMBAGE*, 20(1), 133-156. <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/CIMBAGE/article/view/1185>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional [MEFP]. (2022). *Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado*. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-3296>
- Molina Jiménez, E. (2021). Narración de un taller de resolución de problemas aritméticos con niños de 4 años. *Edma 0-6: Educación Matemática En La Infancia*, 1(1), 63-79. <https://doi.org/10.24197/edmain.1.2012.63-79>
- Oostra, A. (2007). La lógica triádica de Charles S. Peirce. En *Memorias del XVIII Encuentro de Geometría y sus Aplicaciones*. Universidad Pedagógica. <https://funes.uniandes.edu.co/funes-documentos/la-logica-triadica-de-charles-s-peirce/>
- Piro, J. (2010). Going from STEM to STEAM. *Education Week*, 29(24), 28-29. <https://performingartsworkshop.wordpress.com/2010/03/15/education-week-article-going-from-stem-to-steam/>

- Rico, L. (1995). Errores y dificultades en el aprendizaje de las matemáticas. En P. Gómez, J. Kilpatrick y L. Rico (Eds.), *Educación matemática: Errores y dificultades de los estudiantes. Resolución de problemas. Evaluación. Historia* (pp. 69-108). Grupo Editorial Iberoamericano.
- Rivière, A. (1990). Problemas y dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: una perspectiva cognitiva. En A. Marchesi, C. Coll y J. Palacios (Comps.), *Desarrollo psicológico y educación* (Vol. 3, pp. 155-182). Alianza Editorial.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4816759>
- Rodrigues Silva, J. y Alsina, Á. (2023). Conceptualising and framing STEAM education: what is (and what is not) this educational approach? *Texto Livre*, 16, e44946-e44946.
<https://www.scielo.br/j/tl/a/6fpTDJgTbgM5pRq3ZYC6Swj/>
- Russell, B. (1923). Vaguedad. *The Australian Journal of Psychology and Philosophy*, 1(2), 84-92. Traducción disponible en: <https://www.unav.es/users/VaguedadRussell.pdf>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-27.
- Silva Hormazábal, M., Rodrigues Silva, J. y Alsina, Á. (2022). Conectando matemáticas e ingeniería a través de la estadística: Una actividad STEAM en educación primaria. *Revista Electrónica de Conocimientos, Saberes y Prácticas*, 5(1), 9-31.
<https://doi.org/10.5377/recsp.v5i1.15118>
- Tall, D. y Vinner, S. (1981). Concept image and concept definition in mathematics with particular reference to limits and continuity. *Educational studies in mathematics*, 12(2), 151-169. <https://doi.org/10.1007/BF00305619>
- Viladevall, Q., Linares Mustarós, S. y Ferrer Comalat, J.C. (2021) *From everything to nothing. 10 works for reflecting on non-binary contexts*. Servei de publicacions de la Universitat de Girona.
- Viladevall, Q., Alsina, Á. y Ferrer Comalat, J.C. (2023a) El cuento infantil como herramienta para introducir los conjuntos borrosos en las primeras edades. *Revista Infancia, Educación y Aprendizaje*, 9(1), 53-68. <https://doi.org/10.22370/ieya.2023.9.1.3178>
- Viladevall, Q., Linares Mustarós, S., Huertas, M. A. y Ferrer Comalat, J. C. (2023b). Understanding the Axioms and Assumptions of Logical Mathematical Systems through Raster Images: Application to the Construction of a Likert Scale. *Axioms*, 12(12), 1064. <https://doi.org/10.3390/axioms12121064>
- Viladevall, Q., Alsina, Á. y Ferrer-Comalat, J.C. (2025). ¿Dónde está? Un cuento para el estudio del pensamiento borroso en educación primaria. *Pensamiento Matemático*, 15(1), 41-62. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10095685>

Viladevall Q., Alsina, Á. y Ferrer Comalat, J. C.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 3(8), 338-353.