Matemáticas, Educación y Sociedad

ISSN: 2603-9982
Matemáticas, Educación y Sociedad
http://mesjournal.es/
editor@mesjournal.es

Vol 7 No 2 (2024) Matemáticas, Educación y Sociedad

Bravo-Ávila, C., Vergara-Gómez, A. y Gaona, J. (2024). Sentido numérico en la resolución de problemas en tres profesores en activo. *Matemáticas, Educación y Sociedad, 7*(2), 1-24

ISSN: 2603-9982

SENTIDO NUMÉRICO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN TRES PROFESORES EN ACTIVO

Carolina Bravo-Ávila, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile

Andrea Vergara-Gómez, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile

Jorge Gaona, Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Valparaíso, Chile

Resumen

Está documentado que el sentido numérico es de suma importancia para el desarrollo de habilidades aritméticas tempranas, pero son escasos los estudios que abordan este conocimiento en profesores de matemática en servicio. En este estudio analizamos las componentes del sentido numérico que activan profesores en ejercicio, cuando enfrentan problemas matemáticos diversos. Desde un enfoque cualitativo, se realiza un estudio de caso múltiple, que nos permite revelar la predominancia de ciertas componentes del sentido numérico. Destaca en los hallazgos la relación entre los niveles de formación matemática del profesorado y la activación de componentes del sentido numérico.

Palabras clave: *Educación matemática, didáctica, sentido numérico, profesor en servicio, conocimiento aritmético.*

Number sense in problem solving on three active teachers

Abstract

It is documented that number sense is of utmost importance for the development of early arithmetic skills, but there are few studies that address this knowledge on in-service mathematics teachers. In this study we analyze the components of number sense that practicing teachers activate when they face various mathematical problems. From a qualitative approach, a multiple case study is carried out, which allows us to reveal the predominance of certain components of number sense. The findings highlight the relationship between the levels of mathematics training of teachers and the activation of components of number sense.

Keywords: *mathematical education, didactics, number sense, in-service teachers, arithmetic knowledge.*

Recibido: 19/01/2024; Aceptado: 23/08/2024

INTRODUCCIÓN

La resolución de problemas ha sido un tema de interés creciente para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE] (2014) define los problemas como situaciones sin una solución obvia y, por lo tanto, resolver problemas requiere pensar y aprender. Liljedahl et al. (2016) plantean que la resolución de problemas matemáticos se ha considerado durante mucho tiempo como un aspecto importante de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y, por lo tanto, ha sido de interés para los investigadores en educación matemática prácticamente desde que existe este campo, iniciando con los trabajos germinales de Polya (1945) y Mason et al. (1982), pasando por Blum y Niss (1991), Silver (1997), Goos et al. (2002), Carlson y Bloom (2005), y Hollebrands et al. (2010), por mencionar algunos, hasta las investigaciones más actuales como Autor (2023) o Szabo et al. (2024), lo que da cuenta de la vigencia de este tema. Las investigaciones anteriormente citadas, además de mostrar un largo periodo de estudio y un desarrollo a nivel internacional, muestran distintos grupos de interés entorno a la resolución de problemas: matemáticos de profesión (Carlson & Bloom, 2005), estudiantes de primaria (Rodríguez-Jara et al., 2023), secundaria (Goos et al., 2002) y universitarios (Rodríguez-Nieto et al., 2023), la influencia de las emociones (DeBellis y Goldin, 2006), el trabajo en equipo (Goltz et al., 2008) y la utilización de tecnologías (Gaona et al., 2022) en la resolución de problemas. De acuerdo con Liljedahl et al. (2016), su desarrollo reciente incluye el estudio de variados aspectos, tales como razonamiento heurístico, procesos creativos y uso de tecnologías digitales.

Algunos autores sostienen que la habilidad para resolver problemas está relacionada con el sentido numérico (Louange y Bana, 2010; Tsao, 2004), para el cual se han acuñado distintas definiciones. Autores como Greeno (1991), McIntosh et al. (1992), Dehaene (2001) y Sharma (2016), han definido el constructo de sentido numérico entendiéndose como la habilidad de utilizar los números y los métodos cuantitativos para comunicar, procesar e interpretar información. En esta línea, la mayoría de las investigaciones del sentido numérico son realizadas con foco en las matemáticas tempranas, considerando principalmente estudiantes preescolares y de primaria (Griffin, 2004; Halberda y Feigenson, 2008; Jordan et al., 2010; Guzmán et al., 2019), siendo más reducidos los casos en que personas adultas sean los sujetos de estudio. También, es bastante frecuente encontrarse con investigaciones centradas en estudiantes con dificultades de aprendizaje (Berch, 2005; Mazzocco et al., 2011; Praet et al., 2013; Lewis et al., 2020).

En cuanto al estudio del sentido numérico en profesores, este se ha centrado principalmente en analizar cómo promover el desarrollo del sentido numérico en profesores en formación (e.g., Yang, Reys & Reys, 2009; Courtney-Clarke & Wessels, 2014; Whitacre & Nickerson, 2014; Yaman, 2015). Estos antecedentes confirman la necesidad de explorar las habilidades del sentido numérico del profesorado en servicio. Para poder desarrollar el sentido numérico es clave la figura del profesor, pues es él quién debe diseñar, proponer actividades y organizar la enseñanza, escuchar las explicaciones y orientar a sus estudiantes (Noviyanti y Suryadi, 2019). En efecto, de acuerdo con Cain et al., (2020), el sentido numérico se construye con el tiempo para facilitar el aprendizaje a medida que se avanza en él y la labor de los profesores debería ser ampliar las habilidades del sentido numérico, en vez de apuntar a que tan "alto" se puede llegar con un algoritmo. Así el propósito es desarrollar el sentido numérico como una habilidad cotidiana o habitual, en lugar de desarrollar procesos algorítmicos de forma continua, independiente del tema específico que se esté abordando.

Como la figura del profesor es determinante a la hora de desarrollar el sentido numérico, resulta interesante conocer cómo lo manifiestan los profesores. Autores como Kaminski (1997), Yang et al., (2008), Courtney et al. (2014), y Almeida et al., (2014), entre otros, se han hecho cargo de esta interrogante, con profesores en formación, y han concluido que los profesores manifiestan un bajo sentido numérico, prefiriendo resolver problemas con la utilización de reglas o algoritmos. De acuerdo con Whitacre y Nickerson (2014), mejorar el sentido numérico es un objetivo importante para la formación de profesores de matemáticas, sin embargo, es un proceso complejo. Escasas investigaciones dan cuenta del sentido numérico que poseen los profesores en activo de educación primaria o secundaria, prefiriendo investigar las estrategias didácticas utilizadas para enseñarlo, por ejemplo, Ghazali et al. (2010).

De acuerdo con la revisión realizada, son escasas las investigaciones que abordan el sentido numérico que manifiestan los profesores en activo al resolver distintos problemas matemáticos. Aún menos, encontramos investigaciones enfocadas en la activación de las componentes del sentido numérico en profesores. Por esto, la pregunta a investigar es la siguiente: ¿Cuáles son las componentes del sentido numérico que manifiestan profesores en activo cuando enfrentan problemas matemáticos diversos? Para ello, se propone una investigación de enfoque cualitativo, orientada a comprender la presencia de las componentes del sentido numérico en tres profesores de matemáticas en activo, que realizan clases en distintos ciclos educativos en Chile, cuando resuelven problemas de los ejes de Números, Geometría y Datos y Azar.

SENTIDO NUMÉRICO

Diversos autores han definido el concepto de sentido numérico desde distintas perspectivas, por lo que no hay una definición precisa del término (Sowder y Schappelle, 1989; Almeida et al., 2014; Godino et al., 2009). La psicología ha implementado este concepto para abordar temas como la concepción inicial del sentido del número en edades tempranas (Gelman y Meck, 1992) o hacer una distinción entre el sentido numérico desde la cognición matemática y la educación matemática (Berch, 2005).

Greeno (1991) señala que el sentido numérico hace referencia a capacidades importantes que adquiere una persona a través de sus experiencias cognitivas, como realizar cálculos mentales flexibles, estimaciones numéricas, inferencias y juicios cuantitativos. McIntosh et al. (1992) sostienen que el sentido numérico es la habilidad de utilizar los números y los métodos cuantitativos para comunicar, procesar e interpretar información, así como el uso flexible de los números y las operaciones para hacer juicios matemáticos y desarrollar estrategias. Sowder y Schappelle (1989) agregan a las características anteriores que el sentido numérico puede incluir esquemas generales sobre cómo se comportan los números, la capacidad de utilizar puntos de referencia apropiados, la tendencia a querer dar sentido a situaciones que involucran números y cantidades, la comprensión y el uso correcto de notaciones numéricas, por ejemplo, decimales y fraccionarias, y el evaluar lo razonable de una respuesta para un contexto determinado. De este modo, la adquisición del sentido numérico es un proceso gradual y progresivo que comienza mucho antes de que comience la escolarización formal (McIntosh, et al., 1992). Es más, Dehaene (2001) afirma que el sentido numérico viene predeterminado biológicamente. De todas formas, Griffin (2004) sostiene que el sentido numérico se puede enseñar, prueba de ello son los resultados de las investigaciones realizadas por Tsao (2004), Whitacre y Nickerson (2014) y Yaman (2015), las que evidencian que el sentido numérico que tenían profesores en formación mejoró al finalizar un curso o un programa especializado de resolución de problemas o números y operaciones.

Al ser el sentido numérico una capacidad importante para el desarrollo del pensamiento matemático, diversos autores han centrado su estudio con estudiantes de primaria y secundaria (Almeida y Bruno, 2014; Sanfiel et al., 2021; Sianturi et al., 2021; Yang, et al., 2007; Yang y Hsu, 2009). Los resultados de estos trabajos coinciden en señalar que los estudiantes priorizan la realización de algoritmos sobre la utilización de habilidades propias del sentido numérico y, por lo tanto, son pocos los estudiantes que logran manifestar sentido numérico.

Debido a esta situación resulta interesante conocer la razón de este modo de proceder frente a las tareas numéricas. Griffin (2004) menciona que los estudiantes de preescolar o de primaria que han aprendido a relacionar números con cantidades no tienen problemas para reconocer relaciones numéricas. Sin embargo, los estudiantes que sólo aprenden las reglas demuestran una falta de comprensión del significado de los números y de los signos de operación. Yang y Hsu (2009) indican que el sentido numérico se puede desarrollar mediante actividades de sentido numérico bien diseñadas de forma adecuada y eficaz, con un buen entorno de aprendizaje. Para ello, la figura del profesor es primordial. Esto ha llevado a que distintas investigaciones hayan puesto el foco en profesores en formación y activo, siendo estas últimas menos frecuentes.

Respecto al profesorado en formación, se ha evidenciado que estos, a pesar de que en algunos casos tienen un conocimiento matemático elevado, prefieren utilizar reglas y algoritmos, intentando calcular de forma exacta en lugar de seguir con habilidades como la estimación o conocimiento matemático intuitivo, incluso cuando la indicación es explícita en cuanto a no utilizar algoritmos (Kaminski, 1997; Sengül (2013); Courtney-Clarke y Wessels, 2014; Almeida et al., 2014; Yaman, 2015). En cuanto a profesores activos, Noviyanti y Suryadi (2018) realizaron un estudio con tres profesores de educación infantil, implementando una entrevista y una observación de clases, enfocándose en el conocimiento matemático para la enseñanza. Los autores identificaron a un solo profesor de los investigados con conocimiento sobre sentido numérico y concluyeron que cuando un profesor tiene más preparación también tiene más confianza, plantea objetivos más apropiados y logra un mayor aprendizaje sobre sentido numérico en sus estudiantes. Por otra parte, Orrill y Brown (2012) realizaron un estudio a un grupo de 6 profesores en activo entre educación infantil y secundaria acerca del conocimiento específico que tenían sobre proporciones. Los autores apuntan a que es poco probable que un profesor que no puede organizar sus conocimientos sobre sentido numérico logre ayudar a los estudiantes a generar conexiones matemáticas. El estudio incluyó un proceso de acompañamiento a los profesores durante 14 semanas y concluyó que se necesita más información para comprender lo que los profesores saben y cómo utilizan el conocimiento sobre sentido numérico. En este sentido, Faulkner (2009) explica que la debilidad que tienen los profesores en activo es que, aunque tengan el conocimiento conceptual, no son capaces de explicar el razonamiento detrás de una respuesta, pues entienden las matemáticas tal como se las enseñaron, es decir, a través de procedimientos algorítmicos.

Componentes del Sentido Numérico

Algunos autores han estudiado el uso de las componentes del sentido numérico en profesores en formación. Por ejemplo, Courtney-Clarke y Wessels (2014) utilizan componentes de la competencia matemática, haciendo una relación entre ellas y las del sentido numérico. Entre sus resultados se puede mencionar que los profesores en formación tuvieron dificultades para moverse entre diferentes representaciones, reconocer valores absolutos y relativos de los números, realizar operaciones con números racionales; además no tenían estrategias flexibles para resolver problemas, realizar cálculos mentales flexibles o estimar y, por último, prestaron poca atención a los resultados poco razonables. Algo similar concluye Kaminski (1997) quien estudia la composición y descomposición de números naturales, la comparación de expresiones numéricas y el cálculo mental, mencionando que los profesores en formación rara vez recurrieron a las relaciones entre números y operaciones, también comenta que dentro de los profesores en formación había varios que aparentemente ignoraban o desconocían las propiedades de la multiplicación.

Almeida et al. (2014) aplican un instrumento, con diferentes tareas en las que podrían utilizarse componentes del sentido numérico que efectivamente aparecieron en las respuestas de los estudiantes. También se encontraron con respuestas diferentes y de nivel superior. Una conclusión a la que llegaron es que a mayor formación matemática más estrategias de sentido numérico tienen para enfrentarse a estas situaciones. Almeida y Bruno (2014) estudian las componentes del sentido numérico *utilización de puntos de referencia, utilización de representaciones de los números y las operaciones* y *reconocer cuándo el resultado obtenido es razonable*. Sus conclusiones afirman que las primeras dos aparecen en algunas de las tareas esperadas, también observan que la tercera componente se utilizó escasamente. Cabe destacar que frente a una tarea matemática pueden surgir distintos tipos de estrategias y estas, a su vez, se pueden categorizar de acuerdo con distintas componentes del sentido numérico (Almeida y Bruno, 2016). Es importante enfatizar que en su estudio "destacan los estudiantes que escogen un procedimiento propio del sentido numérico, pero la falta de dominio de conceptos les lleva a una respuesta incorrecta." (p.135). Yang et al. (2008) concluye que el bajo porcentaje de futuros docentes que utilizaron componentes del sentido numérico, como *puntos de referencia y estimación,* plantea la interrogante de si los futuros profesores de primaria tendrán la capacidad de promover el sentido numérico cuando enseñan matemática. Además, hace notar que como los profesores son los guías de sus estudiantes, es razonable que demuestren un dominio de las nociones básicas del sentido numérico.

En esta investigación, asumimos la propuesta de Almeida et al. (2014), quienes presentan siete componentes**:** *1. Comprender el significado de los números; 2. Reconocer el tamaño relativo y absoluto de las magnitudes de los números; 3. Usar puntos de referencia; 4. Utilizar la composición y descomposición de los números; 5. Usar múltiples representaciones de los números y las operaciones; 6. Comprender el efecto relativo de las operaciones y 7. Desarrollar estrategias apropiadas y evaluar lo razonable de una respuesta.* A partir de estas componentes se definen las categorías de análisis que se presentan en el apartado de metodología.

METODOLOGÍA

La investigación se sustentó en un estudio de casos múltiples que busca repetir un experimento para determinar si los resultados son similares o se pueden contrastar por razones previsibles (Yin, 2014). Además, es de tipo instrumental, pues de acuerdo con Stake (1999) "nos encontraremos con una cuestión que se debe investigar, una situación paradójica, una necesidad de comprensión general, y consideraremos que podemos entender la cuestión mediante el estudio de un caso particular." (p.16). Para este estudio, cada caso fue el desempeño de un profesor y se espera que los resultados se puedan contrastar de acuerdo con la literatura consultada.

Participantes

En Chile la docencia en el sistema escolar la ejercen profesores con especialidad diferente según el nivel de enseñanza. Un profesor generalista es formado para atender estudiantes de hasta 12 años (6° básico). Un profesor generalista con mención puede hacer clases hasta 7° y 8° básico, incluso con un permiso Ministerial, podrían llegar a realizar clases hasta 2° año de Enseñanza Media, es decir, estudiantes de 16 años (Decreto 352, 2004). Un profesor de Enseñanza Media es formado específicamente para realizar clases en el nivel de enseñanza media, 7° básico a 4° de Enseñanza Media, es decir, entre 13 y 17 años (Ley 20.370, 2005). Actualmente, para poder ser profesor de Matemáticas en Chile, se debe estudiar Pedagógica General Básica – PGB (profesor generalista) o Pedagogía en Matemática (profesor para enseñanza media), en universidades acreditadas por un organismo estatal denominado Comisión Nacional de Acreditación, donde las carreras mencionadas también se encuentren habilitadas. Algunas universidades ofrecen la carrera de PGB con mención (especialidad en alguna asignatura) o está la posibilidad de realizar un postítulo que la otorgue, también en universidades habilitadas para dicho propósito. Además, en Chile, la formación de profesores se rige por estándares disciplinarios-didácticos y pedagógicos (Ley, 20.903). En el caso de los profesores de educación básica, estos estándares (CPEIP, 2022) comprenden a todas las disciplinas del currículum escolar de educación básica y, por lo tanto, la matemática conforma sólo una parte del proceso formativo. En el caso del profesor de educación media, los estándares disciplinarios abordan 5 ejes, y todos ellos refieren exclusivamente a la Matemática y su didáctica (CPEIP, 2021).

Si bien es cierto, la formación de cada profesional docente es distinta, de acuerdo con las tareas que deben realizar y el nivel educativo que deben atender, todos tendrán que ser capaces de desarrollar las mismas habilidades transversales en sus estudiantes, según lo establece el currículum escolar (Ministerio de Educación, 2015; Ministerio de Educación, 2018; Ministerio de Educación, 2019). Por lo tanto, es interesante estudiar qué componentes del sentido numérico activan y si existen diferencias entre profesores en activo de distintos niveles. Por ello, para esta investigación, se consideró un profesor de cada nivel educativo.

Para distinguirlos llamamos P1 al profesor que se desempeña en la enseñanza media, profesor de Matemática y Computación, P2 a la profesora que se desempeña en enseñanza básica (con estudiantes entre los 10 y 11 años), profesora de Educación General Básica con mención en Matemática y P3 a la profesora de primer ciclo básico (estudiantes de 7 años), profesora de Educación General Básica, sin mención en matemática.

Instrumentos

Para el análisis de las componentes del sentido numérico que activaron estos profesores, se elaboró una prueba escrita (PE) de 10 ítems (Anexo), con 4 ítems seleccionados desde el instrumento propuesto por Almeida et al. (2014) (ítems del 1 al 4) y 6 ítem diseñados por los investigadores para abordar las habilidades de estimación, en el ámbito de los datos, a través del uso de tecnologías. La selección de los ítems desde el instrumento de Almeida et al. (2014) obedeció a que el contenido matemático y el carácter transversal de estos permitiría un adecuado abordaje por parte de los tres profesores participantes.

Los ítems, diseñados por los investigadores, pretenden explorar componentes del sentido numérico en un ámbito poco abordado en investigaciones anteriores: el análisis de datos estadísticos. Para ello se propone una secuencia de preguntas que abordan similares desempeños, pero con cambios en algunas variables didácticas, como el tipo de escala en los ejes y el rango de visualización. Cuatro de estos ítems fueron presentados a los profesores participantes mediante una prueba online (PO), alojada en una plataforma Moodle con el software Wiris y dos fueron presentados en papel. Esto último debido a que no fue posible programar la tarea para que los profesores dibujaran a mano alzada una línea de tendencia en la interface que permite el software. Los ítems 7, 8, 9 y 10 fueron programados usando parámetros aleatorios para generar distintas variaciones de las preguntas. Por ello, lo que se comparte en el instrumento (Anexo) es un ejemplo de las posibles preguntas. Las instrucciones de la prueba en formato papel explicaban que cada problema debía ser resuelto sin aplicar algoritmos o reglas, explicitando la solicitud de argumentación de cada respuesta, con un tiempo máximo de 3 minutos para su resolución. Cada ítem se presentó de forma separada.

Además, se les solicitó una vez terminada la evaluación, responder los ítems con las estrategias que les hubiese gustado utilizar, es decir, se les brindó la oportunidad de rehacer el problema usando una estrategia distinta a la usada originalmente, pudiendo recurrir incluso al uso de algoritmos si así lo estimaban conveniente.

En el caso de la prueba a través de la plataforma, se presentaron dos problemas por pantalla, con un espacio para ingresar texto que permitiera argumentar cada respuesta, bajo la instrucción de no usar cálculos algorítmicos. Además, los profesores fueron grabados, así como también se grabaron las acciones del usuario en la pantalla para recoger toda la información posible asociada a los argumentos de su respuesta. Al terminar de responder a un problema, se les preguntó cuál había sido la estrategia utilizada para formalizar su respuesta. Para estas preguntas no se les dio tiempo límite.

A continuación, se enuncian los nombres de cada ítem y su relación con el área temática (para visualizar el instrumento completo consulte los anexos): 1. Botellas de agua (números);2. Cajas (geometría); 3. Cinta de colores (números); 4. Área del suelo de una sala (geometría); 5. Nube de puntos (datos); 6. Nube de puntos heterogénea (datos); 7. Punto visible en una nube (datos); 8. Punto no visible en una nube (datos); 9. Punto visible en una nube heterogénea (datos); 10. Punto no visible en una nube de puntos heterogénea (datos).

Para reconocer qué componente activó cada docente se cuenta con indicadores por categoría en función de los ítems propuestos en este estudio, siguiendo las orientaciones de Almeida et al. (2014), los que se pueden ver en la Tabla 1.

Tabla 1. *Indicadores de cada componente de sentido numérico (elaboración propia)*

N°	Componente	Indicadores
1	Comprender el significado de los números	- Manifiestan distinguir entre la noción de fracción y razón. - Reconocen valores entre números enteros en una recta graduada.
2	Reconocer el tamaño relativo y absoluto de las magnitudes de los números	- Plantean estrategias para comparar números racionales. - Estiman las medidas de un espacio cerrado, como una habitación o sala. - Estiman el área de un espacio cerrado, como una habitación o sala. - Identifican coordenadas de puntos que no están ubicados en coordenadas enteras.

3	Usar puntos de referencia	- Eligen números cercanos a los datos que tienen, para resolver el problema basándose en estimaciones. - Utilizan una recta como referente mental. - Utilizan coordenadas de puntos conocidos para estimar coordenadas de puntos no visibles bajo ciertas condiciones dadas.
4	Utilizar la composición y descomposición de los números	- Descomponen arbitrariamente cantidades con el fin de visualizar o simplificar el problema.
5	Usar múltiples representaciones de los números y las operaciones	- Usan más de una representación pictórica para resolver el problema, cambiando la forma de visualización.
6	Comprender el efecto relativo de las operaciones	- Aplican el doble de un número para comparar. - Aplican propiedades de las operaciones para obtener una respuesta numérica estimada.
7	Desarrollar estrategias apropiadas y evaluar lo razonable de una respuesta	- Emplean y explican estrategias de estimación con argumentos claros y explícitos para resolver el problema. - Evalúan si su respuesta es razonable.

Además, en la Tabla 2 se muestra la relación entre cada ítem del instrumento y las componentes del sentido numérico prevista según el análisis *a priori.*

Tabla 2. *Relación de cada ítem con las componentes del sentido numérico (elaboración propia)*

	Pregunta	Componente del SN
1.	Botellas de Agua (PE)	6 y 7
2.	Cajas (PE)	6 y 7
3.	Cinta de colores (PE)	2, 3, 4, 6 y 7
4.	Área del suelo de una sala (PE)	2, 3 y 7
5.	Nube de puntos (PE)	3 y 7
6.	Nube de puntos heterogénea (PE)	3 y 7
7.	Punto visible en una nube (PO)	1, 2, 3 y 7
8.	Punto no visible en una nube (PO)	1, 2, 3 y 7
9.	Punto visible en una nube heterogénea (PO)	1, 2, 3 y 7
10.	Punto no visible en una nube de puntos heterogénea (PO)	1, 2, 3 y 7

Para observar cómo se activaban las componentes del sentido numérico, se utilizó el siguiente criterio: 1) Activa Componente (AC): Resuelve el problema activando una componente del sentido numérico; 2) Activa Componente parcialmente (ACE): Resuelve el problema activando componentes, pero falla, confunde o resuelve con una concepción errónea de conceptos y/o propiedades; 3) Uso de algoritmos (UA): Resuelve el problema sólo utilizando algoritmos; 4) Estrategia no clara (ENC): Resuelve el problema, pero no es clara la estrategia que utiliza.

En particular, en la componente 7 "Desarrollar estrategias apropiadas y evaluar lo razonable de una respuesta" el análisis se realiza asumiendo el conector en términos lógicos, es decir, se observa la activación de esta componente cuando están presentes ambos aspectos. Si sólo se presenta el primer aspecto, pero no el segundo entonces se clasifica como ACE.

RESULTADOS

En primer lugar, observamos si los profesores resolvieron de forma correcta los problemas planteados, sin importar la estrategia utilizada. De esta forma se tabularon el éxito (E) o fracaso (F) por cada profesor y para cada ítem.

Tabla 3. *Éxito o fracaso en la resolución del problema (Elaboración propia)*

	Prueba Escrita					Prueba Online						
Profesor	I 1	I 2	I 3	I 4	I 5	I 6	I 7	I 8	I 9	I 10	Total Correctas	Total Incorrectas
P1	E	E	E	E	E	E	E	E	E	F	9	1
P2	E	E	F	F	E	E	E	E	E	E	8	2
P3	E	E	F	F	E	E	E	E	E	F	7	3

Las componentes activadas por cada profesor, si utilizó algoritmos o su estrategia no fue clara, se muestran en gráficos radiales, donde cada sector circular representa una componente. El pintar todo el sector indica que activó la componente completamente, y medianamente pintado indica que se activó la componente de manera parcial.

Resultados por Ítem

Ítem 1: Botellas de Agua

En la Figura 1 se observan las componentes activadas por los profesores.

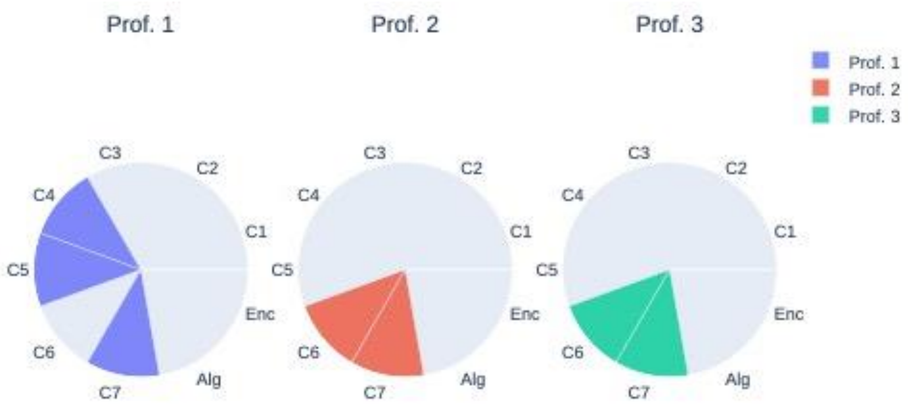


Figura 1. Componentes activadas por los profesores ítem 1

Para este caso las profesoras P2 y P3 presentaron la solución basada en la estimación, activando las componentes 6 y 7, por ejemplo, P3 argumenta que:

> “La segunda botella tiene 300 ml más que la primera, el valor de la segunda botella es el doble de lo que cuesta la primera, pero con más contenido, por lo tanto, la segunda es más conveniente.”

Sin embargo, el profesor P1 propone una solución activando las componentes 4, 5 y 7. Utiliza la descomposición al comparar la cantidad de vasos que se podrían servir con el contenido de cada botella y cuál es el precio de cada uno, representando de forma pictórica (Figura 2).

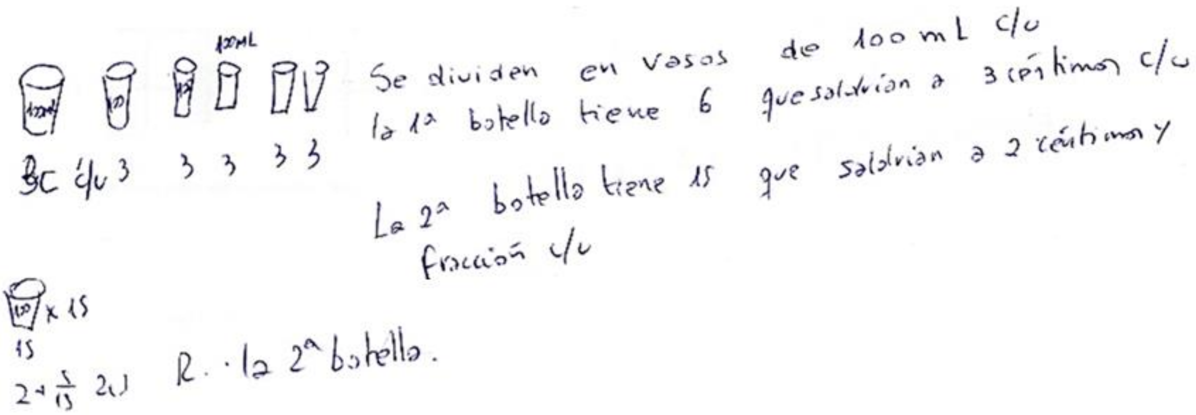


Figura 2. Resolución de P1 para ítem 1

Ítem 2: Cajas

Los profesores activaron en este problema las componentes que se ven en la Figura 3.

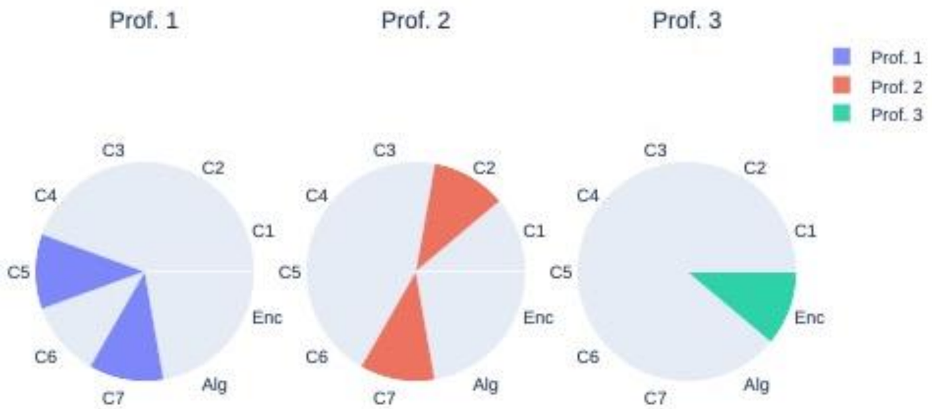


Figura 3. Componentes activadas por los profesores ítem 2

En este caso surgieron distintas estrategias. El profesor P1 imagina que introduce la caja cilíndrica dentro de la cúbica concluyendo que la caja cúbica utiliza más cinta, por su forma cuadrada (figura 4). Por lo tanto, activa las componentes 5 y 7, al utilizar una representación pictórica diferente a la entregada, mostrar una estrategia y reconocer que su respuesta es satisfactoria. P2 pensó algo similar al concluir que la caja A necesitaba más cinta pues “al ser un cuerpo plano debe llegar a los bordes (aristas) para seguir rodeándolo”. En este caso activó las componentes 2 y 7 al resolver el problema, estimando que la medida del contorno del cuadrado interior es mayor que la medida del contorno de la circunferencia interior del cilindro, por tener “bordes”, por lo que plantea una estrategia y su respuesta es satisfactoria. Por otro lado, P3, resolvió el problema calculando la cantidad total de cinta que se necesitaría para la caja cúbica, pero al calcular la cantidad de cinta que utilizará para la caja cilíndrica argumenta que sumó el diámetro 4 veces con la altura y el contorno, y que con eso obtiene que necesitará más cinta para la primera caja. Si bien la respuesta es correcta, su estrategia no fue clara al comparar el contorno y, por lo tanto, no es posible determinar qué componente se activó. Cabe destacar que, para esta pregunta, P2 explicita no recordar la fórmula para calcular el perímetro de una circunferencia, por lo que su respuesta es fiel al sentido numérico que posee.

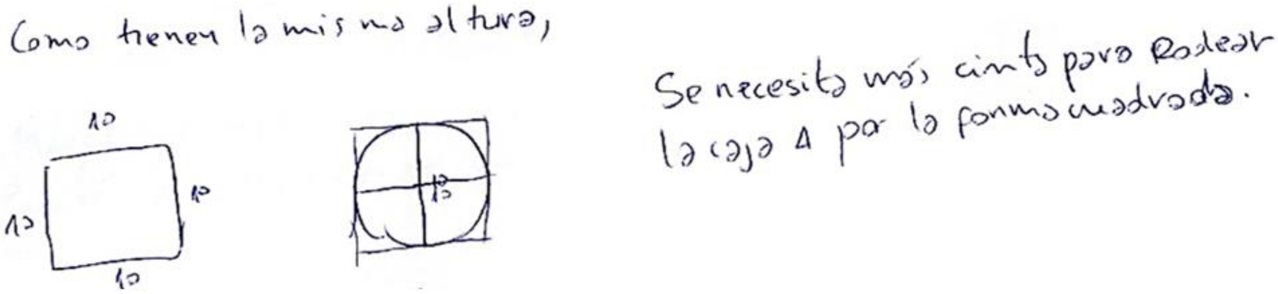


Figura 4. Resolución de P1 para ítem 2

Ítem 3: Cinta de colores

Los resultados de las componentes activadas se muestran en la Figura 5.

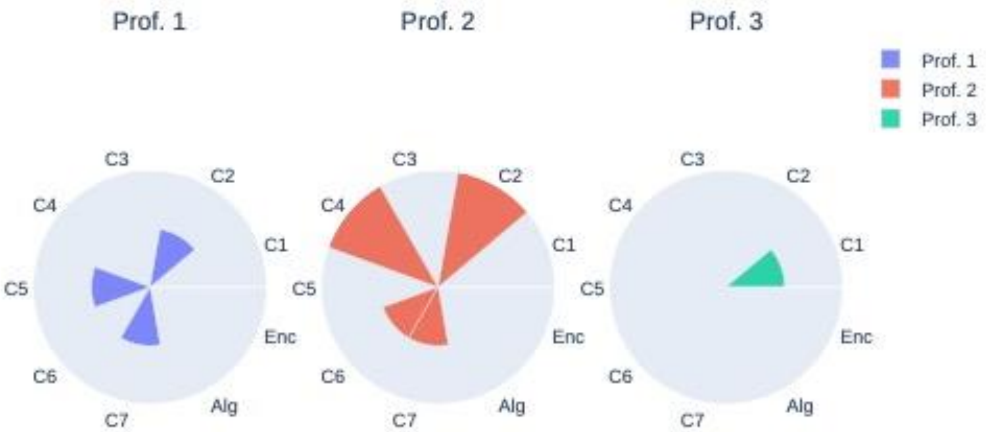


Figura 5. Componentes activadas por los profesores ítem 3.

Para los profesores fue un problema difícil de resolver, en el caso de P1 el primer impulso fue igualar denominadores, pero eligió recurrir a otra estrategia para no aplicar al algoritmo de la multiplicación (Figura 6). Responde bien al problema, sin embargo, con la estrategia utilizada confunde el concepto de fracción, pues considera unidades de referencia de distintos tamaños. Su argumento consiste en que Victoria utiliza 30 cuadraditos de 31 y María utiliza 36 cuadraditos de 37, pero asume todos los cuadraditos de igual medida. Así, P1 activa la componente 5 al realizar la representación gráfica, pero con error. Además, dado que la forma gráfica es una buena estrategia para comparar números racionales, activa las componentes 2 y 7, también con error.

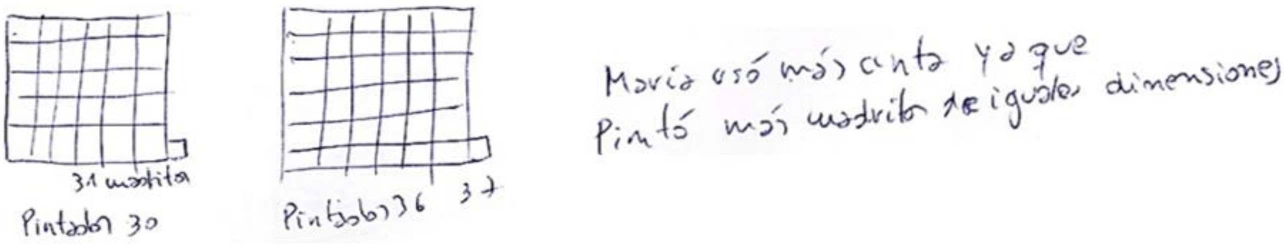


Figura 6. Resolución de P1 para ítem 3

En el caso de P2, recurre a la multiplicación cruzada como forma de mostrar que 30·37 es más o menos lo mismo que 31·36, asumiendo que aumentar una unidad en uno de los factores es lo mismo que disminuir una unidad en el otro, pero falla al confundir la igualdad con aproximación.

Al aplicar la propiedad fundamental de las proporciones, sin utilizar directamente el algoritmo de la multiplicación, P2 activa la componente 6. Además, debido a que usa la descomposición de los factores e intenta desarrollar una estrategia para comparar fracciones, activa las componentes 2 y 4. Por otra parte, si bien desarrolla una estrategia apropiada para obtener una estimación, no evalúa la pertinencia del resultado, activando parcialmente la componente 7.

En el caso de P3, su argumento se puede ver en la Figura 7.

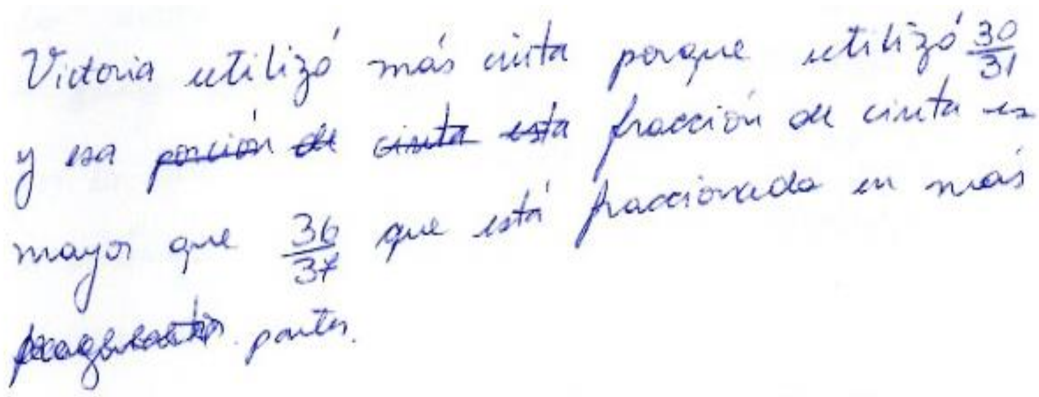


Figura 7. Resolución de P3 para ítem 3

En este caso P3 activa la componente 1, al usar el denominador de la fracción para identificar la cantidad total de partes, sin embargo, falla al no considerar en la comparación la cantidad de partes usadas, que indica el denominador.

Ítem 4: Área de una sala

Para este problema, debían recurrir a puntos de referencia que les permitieran estimar las medidas de la sala. Los resultados obtenidos se pueden ver en la Figura 8.

Figura 8. Componentes activadas por los profesores ítem 4

En este caso P1 y P3 utilizaron de referencia la medida de las baldosas, consideraron que cada una de ellas era de 30 cm por 30 cm, hicieron la cuenta de 16 baldosas de largo por 13 o 14 de ancho. P1 utiliza el algoritmo de la multiplicación para poder calcular el área y P3 utiliza simple estimación. De esta forma P1 estima un área de 19m^2 y P3 de 16m^2, sin embargo, no es claro cómo P3 llega a esa estimación. Por otro lado, P2 utiliza como referencia pasos de 1m de largo, obteniendo que la sala tiene dimensiones de 6 m por 7 m y, por lo tanto, un área de 42m^2, lo que se aleja bastante de la realidad (25,4584m^2).

En este caso, los tres profesores activaron las componentes 2 y 3, claro que la estimación de P2 es bastante lejana a la original, por lo que su resolución se considera con error. Cabe destacar que P3 elige primeramente la estrategia de medir con pasos, pero el resultado excede lo que cree que mide la sala, por lo que cambia a la estrategia de las baldosas (Figura 9), de esta manera, P1 y P3 también activan exitosamente la componente 7.

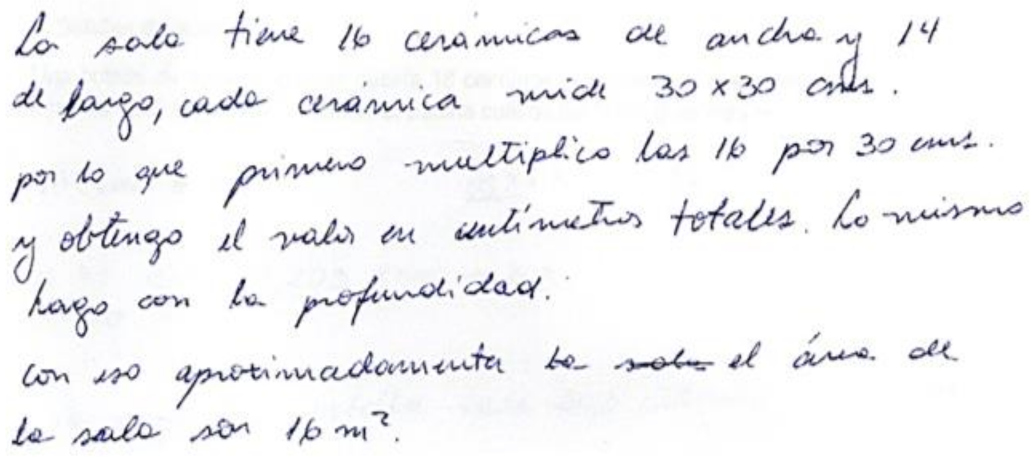

La sala tiene 16 cerámicas de ancho y 14
de largo, cada cerámica mide 30 x 30 cms.
por lo que primero multiplico las 16 por 30 cms.
y obtengo el valor en centímetros totales. lo mismo
hago con la profundidad.
con eso aproximadamente la ~~sala~~ el área de
la sala son 16 m².

Figura 9. Resolución de P3 para ítem 4

Ítem 5 y 6: Nube de puntos

Los 3 profesores activaron las mismas componentes para estos 2 ítems, las que se muestran en la Figura 10.

Figura 10. Componentes activadas por los profesores ítems 5 y 6.

Los tres profesores lograron dar una buena aproximación de la línea de tendencia de la nube de puntos. Las estrategias utilizadas para escoger cada recta fueron las siguientes: P1 propuso unir la mayor cantidad de puntos en el plano sólo considerando la posición física de ellos; P2 trazó la recta pensando que era la más cercana al promedio entre la distancia de cada punto y la recta; y P3 la elige pues esa recta "pasa por los puntos promedio, abarca aproximadamente la misma ubicación central en cada coordenada, los puntos por los que pasa no varían respecto a coordenadas similares y permite marcar una tendencia al alza sin tanta fluctuación". Como se esperaba los tres profesores activaron la componente 3 y 7 al utilizar una regla mediante inspección visual y probar distintas rectas hasta elegir la que más se ajustara.

En el caso del ítem 6, los profesores utilizaron las mismas estrategias, a ninguno le complicó que el gráfico tuviera distintas graduaciones en los ejes, pues seguían pensando que eran sólo puntos y la posición de todos ellos marcaba por dónde pasaría la recta, sin la necesidad de observar las coordenadas en las que se encontraban, por lo tanto, las componentes activadas en este caso fueron las mismas (Figura 11). La mejor aproximación la realizó P3. Para el análisis se compararon las rectas estimadas (línea continua) con la recta entregada por el programa *Geogebra* que ajusta la nube de puntos (línea segmentada).

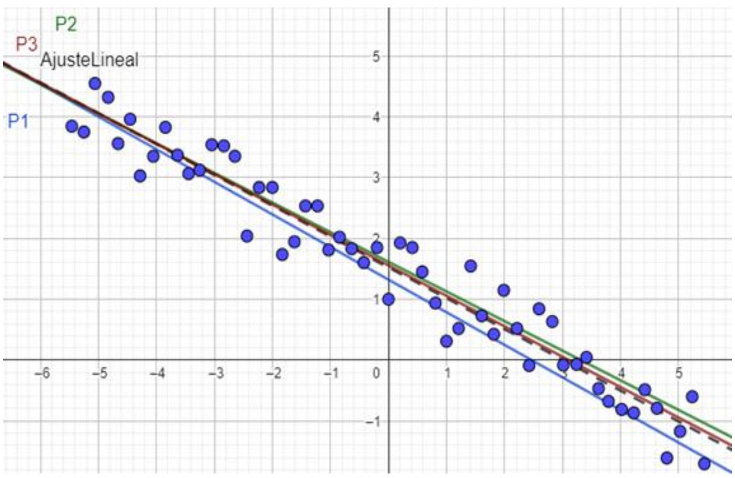


Figura 11. Líneas de tendencias realizadas por los profesores para el ítem 6

Ítem 7: Punto visible en una nube

Recordamos que, a partir de esta pregunta, los ítems se entregaron a través de la plataforma Moodle y, por lo tanto, no tenían la posibilidad de poder dibujar una recta con lápiz y papel. Para este problema el sentido numérico se activaría al elegir coordenadas de puntos como referencia y la dificultad radica en que los puntos de la nube no están en coordenadas enteras. Destacamos además que para los 3 profesores todas las nubes de puntos fueron diferentes.

A continuación, en la Figura 12 se muestran las componentes activadas por cada profesor:

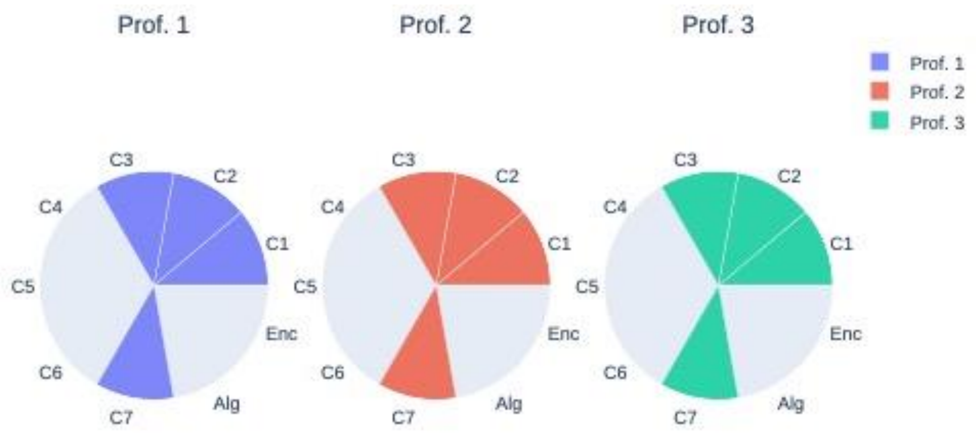


Figura 12. *Componentes activadas por los profesores ítem 7*

Para este ítem los profesores activaron las componentes 1, 2, 3 y 7, pues buscaron puntos de referencia para imaginarse la recta, determinaron cuál era la graduación de las líneas auxiliares del plano, para luego indicar las coordenadas de los puntos. Cabe destacar que todos los profesores eligieron puntos que estaban dentro de la tendencia de la nube, las estrategias utilizadas fueron las siguientes:

> P1: "Elegí el punto de coordenadas (2,8; 2) el criterio ocupado es que corresponde a un punto de valores intermedios a los pedidos y que además gráficamente pertenece a una línea recta que contiene una muestra de puntos representativa a la nube de puntos."

> P2: "Elegí el punto (4, 4.5) porque según mi razonamiento o mi extensión visual que yo imagino, es la misma recta que yo dibujé, entonces estaría como pasando lo más cercano a todos los puntos".

Destaca el punto escogido por P2, pues se encuentra bastante cerca de la línea de tendencia de la nube, y se ajusta con el razonamiento que utilizó. Además, cuando se le preguntó a P2 qué elementos del gráfico le ayudaron a darse cuenta, respondió:

> "Los puntos, todos porque yo tracé mi línea en el papel (refiriéndose a la pregunta anterior) fijándome en todos los puntos, tratando de que la recta fuera como un promedio de la distancia de los puntos"

Por último, P3 elige el punto (-0.25,-3), argumentando: "el entero está partido en 4" y "los otros eran más difíciles de ubicar al no estar exactos, todos iban a estar en cuartos".

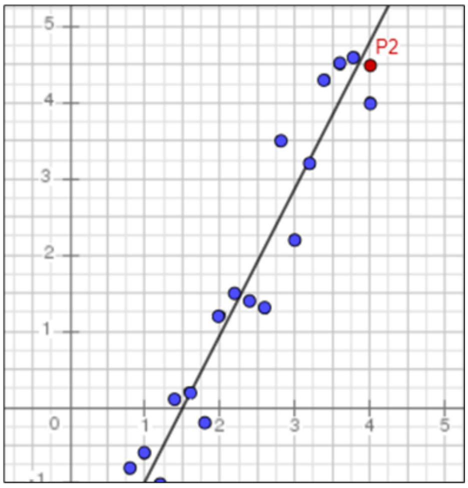


Figura 13. Ítem 7 para P2 con su línea de tendencia y el punto escogido.

Ítem 8: Punto no visible en una nube

La dificultad de este ítem radicaba en que debían proyectar el plano y con él la nube de puntos. La estrategia elegida determinaría la activación correcta de la componente 7, además se esperaba que se activaran las componentes del ítem anterior. Los resultados se muestran en la Figura 14.

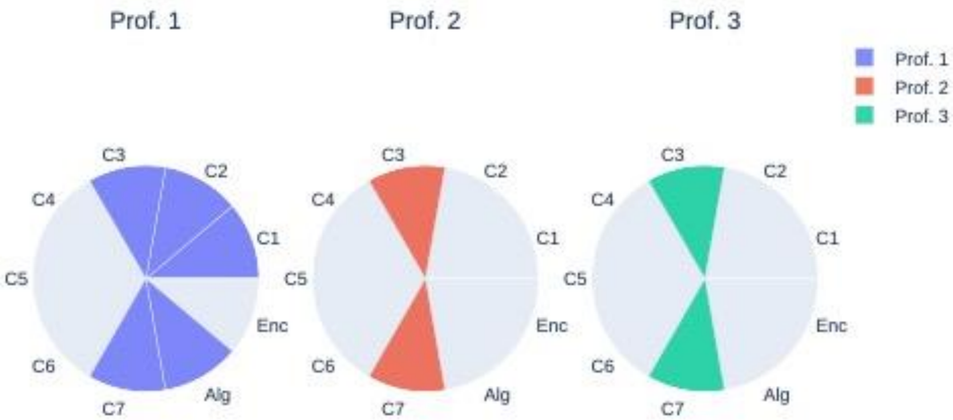


Figura 14. Componentes activadas por los profesores ítem 8

Para activar las componentes mostradas se identificaron distintas estrategias. En el caso de P1, argumenta su estrategia directamente en la plataforma como se muestra en la Figura 15.

> consideré 2 puntos con coordenadas conocidas estos son (-1,-5) y el punto (3; 3,2) y con ella obtuve la ecuación de una recta que pasa por los puntos, esta es y = 2,05x -2,95, con la ecuación puedo proyectar un punto fuera de los valores de la cuadrícula y en la tendencia de la nube de puntos, este punto es de coordenadas (8, 13,45).

Figura 15. Estrategia utilizada por P1 para el ítem 8

P1 resuelve el problema, primero activando las mismas componentes que en el problema anterior (elegir un punto en la nube) y luego aplicando el algoritmo de la ecuación de la recta dadas dos puntos. Cabe destacar que para los cálculos pidió utilizar lápiz y papel. P2: Elige el punto (-2,-6) y cuando se le pregunta por la estrategia utilizada responde:

> P2: "La misma que la anterior, o sea, como trazar una línea visual mentalmente que atraviese como entremedio a todos los puntitos, o sea no entremedio de todos los puntitos, me refiero a la nube"

Además, comenta que el que los puntos estuvieran más juntos facilitó su elección. P2 activa las componentes 3 y 7, creando una estrategia para la estimación del punto. Si bien es cierto que utiliza todos los puntos para trazar la recta, esto lo hace sin considerar las coordenadas de estos puntos, por lo que la nube pasa a ser sólo un dibujo, pero para poder dar la coordenada del punto escogido, proyecta los ejes tomando como referencia las coordenadas sobre los ejes, activando las componentes 3 y 7.

> P3: "Elegí el punto (-3,-7). Vi la tendencia de los puntos y la extendí hacia abajo y hacia la izquierda e intenté ubicarlo en un lugar promedio entre los ejes x e y negativo"

Ítem 9 y 10: Punto visible y no visible en gráficos heterogéneos.

Al preguntar a los tres profesores si la diferencia de la graduación de los ejes les dificultó, mencionaron que no, pues seguían trabajando con la misma estrategia, por lo que elegir puntos y obtener la ecuación de la recta, imaginarse la recta o extender la nube de puntos no fueron afectados por la escala del eje Y (Figura 16 y 17). Los profesores activan las mismas componentes de los ítems 7 y 8, sin embargo, P1 obtiene la ecuación de la recta con error (ítem 10), pues el punto escogido no pertenece a la nube de puntos. Llama la atención que no evaluó si el punto escogido pertenecía o no, ubicándolo en un cuadrante por el que notoriamente no pasaba la nube. En el mismo ítem, P3 elige el punto (6.5,-60), sin embargo, este punto se encuentra fuera de la nube de puntos. En ambos casos, P1 y P3 activan la componente 7 parcialmente, al no evaluar lo razonable de su respuesta.

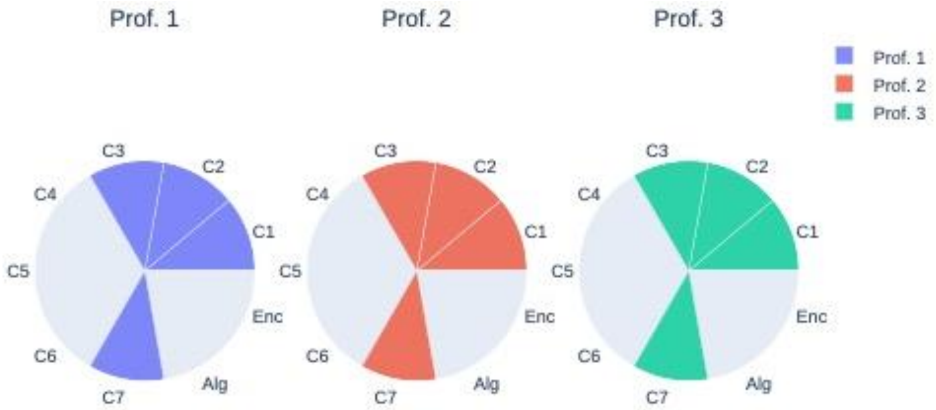


Figura 16. Componentes activadas por los profesores ítem 9

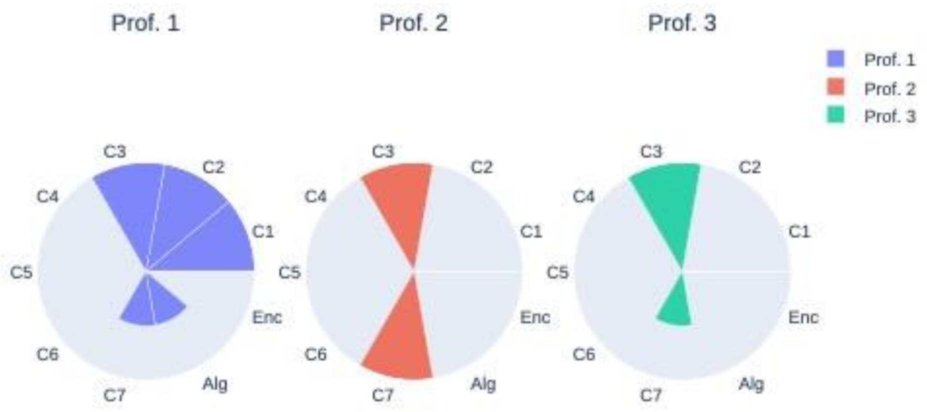


Figura 17. Componentes activadas por los profesores ítem 10

Análisis por componentes del sentido numérico

En la Tabla 4 se muestra la cantidad de veces que cada profesor activó cada componente del sentido numérico, se diferenció si la activó completamente (C) o con error o parcialmente (E).

Tabla 4. *Número de veces que se activaron las componentes del sentido numérico*

PROFESOR	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		TOTAL
	C	E	C	E	C	E	C	E	C	E	C	E	C	E	
P1	4		5	1	7		1		2	1			8	1	30
P2	2		4	1	6	1	1				1	1	8		25
P3	2	1	3		7						1		7	1	22
TOTAL	8	1	12	2	20	1	2	0	2	1	2	1	23	2	

De acuerdo con la tabla 4 hay dos componentes que se activaron en mayor proporción que las otras, la 7 y la 3. La componente 7 fue la más activada, lo que era esperable, pues se refiere al uso de estrategias apropiadas y a la evaluación de lo razonable de las respuestas. Esta componente, si bien debería haberse activado en cada uno de los problemas, no se activó en todas las respuestas, debido a que existían estrategias que no eran claras o bien no se evidenció en la resolución.

La componente número 3, tiene relación con la utilización de puntos de referencias, se activó en el reconocimiento de puntos en el plano fuera de la zona visible, utilizar medidas cómodas para estimar las longitudes de una sala o bien considerar algunos puntos para trazar una recta de tendencia, ítems en que era esperable su aparición. Llama la atención que esta componente se activó solo de forma concreta, geométrica y ningún profesor la activó en el ítem 3, buscando una fracción de referencia para ayudarse en la comparación.

Por otro lado, tenemos que las componentes 4, 5 y 6 fueron a las que menos recurrieron los profesores, esto se puede deber a que se utilizaron pocos ítems asociados a priori con estas componentes. Esto resulta discutible, pues a través de este estudio se evidencia que es posible activar más de una componente para resolver un mismo problema, y que la elección de la componente depende principalmente de la estrategia que utilice quién resuelve el problema. De esta manera llama la atención que la componente 5 (utilización de distintas representaciones) fuera la única componente activada sólo por un profesor.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

En esta investigación estudiamos cómo tres profesores en activo, que realizan clases en distintos niveles educativos, activan componentes del sentido numérico al resolver problemas de números, geometría y datos. De acuerdo con las respuestas obtenidas en los distintos ítems, se observó que en varios de ellos se activaron las componentes esperadas inicialmente, sin embargo, también aparecieron estrategias relacionadas con otras componentes. Esto concuerda con lo ocurrido en la investigación de Almeida et al. (2014) y demuestra que las componentes del sentido numérico son estrategias personales y, por lo tanto, dependen del resolutor de problemas y no del problema en sí. Además, en contraste con Yang et al. (2008), en esta investigación la utilización de puntos de referencia fue una de las componentes más activadas, lo cual puede deberse a la cantidad de preguntas relacionadas a identificar puntos en el plano, pues fue en esas preguntas donde tuvo su mayor activación. Si bien se observó el uso de sentido numérico, surgieron varios errores y dificultades en la resolución de los problemas por parte de los profesores, lo que coincide con los hallazgos de Courtney-Clarke y Wessels (2014). Al igual que en los resultados de Almeida et al. (2014), la utilización de distintas representaciones de números y operaciones (componente 5) fue activada sólo por un profesor, lo que podría apuntar a que los profesores de enseñanza básica del estudio se sienten más cómodos con la utilización de estrategias más narrativas.

Conforme se avanzó en el análisis se hizo evidente la transversalidad de la componente 7, pues al referirse a desarrollar estrategias adecuadas, debe activarse, al menos parcialmente. Este carácter parcial obedece a que eventualmente podría no activarse el evaluar lo razonable de la respuesta. En consecuencia, es probable que cada vez que una persona genere o diseñe estrategias pertinentes para enfrentar un problema se activará la presencia de la componente 7.

Es importante hacer notar que el profesor de enseñanza media, quien tiene una preparación matemática mayor, fue quien activó una mayor cantidad de componentes, le siguió el profesor con mención en matemática y, finalmente, quien activó menos componentes fue el profesor de PGB sin mención, lo cual es consistente con lo ocurrido en el estudio de Almeida et al. (2014) cuando mencionan que los profesores con una mayor formación matemática tienen más estrategias para enfrentarse a este tipo de problemas. Este hecho es interesante, pues se esperaba que los profesores de básica, al utilizar con menos frecuencia fórmulas algorítmicas en sus prácticas, recurrieran en mayor medida al sentido numérico o estrategias de estimación.

Como posibles proyecciones del estudio, podría aumentarse la cantidad de profesores como sujetos de estudios y utilizar con ellos las componentes propuestas por Faulner (2009), para analizar no sólo cómo los profesores despliegan sentido numérico al resolver problemas, sino que también cómo promueven el desarrollo del sentido numérico de sus estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo recibió financiamiento del Proyecto Fondecyt de Iniciación Nº 11230953. Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), Chile.

REFERENCIAS

Almeida, R., y Bruno, A. (2014). Respuestas de estudiantes de secundaria a tareas de sentido numérico. En M. T. González, M. Codes, D. Arnau y T. Ortega (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XVIII* (pp. 127-136). Salamanca: SEIEM.

Almeida, R. y Bruno, A. (2016). Uso de puntos de referencia y de representaciones gráficas para resolver tareas numéricas en secundaria. PNA, 10(3), 191-217. https://doi.org/10.30827/pna.v10i3.6088

Almeida, R., Bruno A., y Perdomo, J. (2014). Estrategias de sentido numérico en estudiantes del Grado en Matemáticas. *Enseñanza de las Ciencias*, *32*(2), 9-34. https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.997

Blum, W., y Niss, M. (1991). Applied Mathematical Problem Solving, Modelling, Applications, and Links to Other Subjects. State, Trends and Issues in Mathematics Instruction. *Educational Studies in Mathematics*, *22*(1), 37-68. https://doi.org/10.1007/BF00302716

Berch, D. B. (2005). Making Sense of Number Sense: Implications for Children With Mathematical Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *38*(4), 333-339. https://doi.org/10.1177/00222194050380040901

Cain, C., Faulkner, V., y Fanelli, K. (2020). Developing number sense through an exploration of subtraction. *Australian Primary Mathematics Classroom*, *25*(2), 26-30.

Carlson, M. y Bloom, I. (2005). The Cyclic Nature of Problem Solving: An Emergent Multidimensional Problem-Solving Framework. *Educational Studies in Mathematics*, *58*(1), 45-75. https://doi.org/10.1007/s10649-005-0808-x.

CPEIP. (2021). Estándares de la Profesión Docente Carreras de Pedagogía en Matemática Educación Media. https://hdl.handle.net/20.500.12365/17598

CPEIP. (2022). Estándares pedagógicos y disciplinarios para carreras de Pedagogía en Educación General Básica. https://estandaresdocentes.mineduc.cl/educacion-general-basica/

Courtney-Clarke, M., y Wessels, H. (2014). Number sense of final year pre-service primary school teachers. *Pythagoras*, *35*(1). https://doi.org/10.4102/pythagoras.v35i1.244

DeBellis, V. A., y Goldin, G. A. (2006). Affect and Meta-Affect in Mathematical Problem Solving: a Representational Perspective. *Educational Studies in Mathematics*, *63*(2), 131–147. https://doi.org/10.1007/s10649-006-9026-4

Decreto 352 del 2004. Reglamenta ejercicio de la función docente. 9 de octubre de 2003. Obtenida de https://bcn.cl/2w0z8.

Dehaene, S. (2001). Précis of The Number Sense. *Mind & Language*, *16*(1), 16–36. Portico. https://doi.org/10.1111/1468-0017.00154

Faulkner, V. (2009). The components of number sense: An instructional model for teachers. *Teaching Exceptional Children*, *41*(5), 24-30.

https://doi.org/10.1177/004005990904100503

Gaona, J., Soledad, S. y Montoya-Delgadillo, E. (2022) Prospective mathematics teachers learning complex numbers using technology, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. https://doi.org/10.1080/0020739X.2022.2133021

Ghazali, M., Othman, A. R., Alias, R., & Saleh, F. (2010). Development of teaching models for effective teaching of number sense in the Malaysian primary schools. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *8*, 344-350. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.048

Gelman, R., y Meck, B. (1992). Early principles aid initial but not later conceptions of number. In J. Bideaud, C. Meljac, & J.-P. Fischer (Eds.), *Pathways to number: Children's developing numerical abilities* (pp. 171–189). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Godino, J. D., Font, V., Konic, P., y Wilhelmi, M. R. (2009). El sentido numérico como articulación flexible de los significados parciales de los números. *Investigación en el aula de Matemáticas. Sentido Numérico,* 117-184.

Goltz, S. M., Hietapelto, A. B., Reinsch, R. W., y Tyrell, S. K. (2008). Enseñar el trabajo en equipo y la resolución de problemas al mismo tiempo. *Revista de Educación Gerencial*, *32*(5), 541-562. https://doi.org/10.1177/1052562907310739

Goos, M., Galbraith, P. y Renshaw, P. (2002). Socially mediated metacognition: creating collaborative zones of proximal development in small group problem solving. *Educational Studies in Mathematics, 49,* 193–223. https://doi.org/10.1023/A:1016209010120

Greeno, J. G. (1991). Number Sense as Situated Knowing in a Conceptual Domain. *Journal for Research in Mathematics Education*, *22*(3), 170–218. https://doi.org/10.5951/jresematheduc.22.3.0170

Griffin, S. (2004). Teaching Number Sense. *Educational Leadership*, *61*(5), 39-42.

Guzmán, B., Rodríguez, C., Sepúlveda, F., y Ferreira, R. A. (2019). Number sense abilities, working memory and RAN: A longitudinal approximation of typical and atypical development in Chilean children. *Revista de Psicodidáctica (English ed.)*, *24*(1), 62-70. https://doi.org/10.1016/j.psicoe.2018.11.003

Halberda, J., y Feigenson, L. (2008). Developmental change in the acuity of the "number sense": The approximate number system in 3-, 4-, 5-, and 6-year-olds and adults. *Developmental Psychology*, *44*(5), 1457–1465. https://doi.org/10.1037/a0012682

Hollebrands, K. F., Conner, A., y Smith, R. C. (2010). The Nature of Arguments Provided by College Geometry Students With Access to Technology While Solving Problems. *Journal for Research in Mathematics Education*, *41*(4), 324–350. https://doi.org/10.5951/jresematheduc.41.4.0324

Jordan, N. C., Glutting, J., y Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences*, *20*(2), 82–88. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.07.004

Kaminski, E. (1997). Teacher education students' number sense: initial explorations. *Mathematics Education Research Journal*, *9*(2), 225–235. https://doi.org/10.1007/bf03217312

Lewis, K. E., Sweeney, G., Thompson, G. M., y Adler, R. M. (2020). Integer number sense and notation: A case study of a student with a mathematics learning disability. *The Journal of Mathematical Behavior, 59,* 100797. https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2020.100797

Ley 20.370 del 2005 [Ministerio de Educación de Chile]. Fija texto refundido, coordinado y sistematizado de la ley nº20.370 con las normas no derogadas del decreto con fuerza de ley nº 1, de 2005. 16 de diciembre 2009. Obtenida de https://bcn.cl/2me2r

Ley 20.903 del 2016 [Ministerio de Educación de Chile]. Crea el sistema de desarrollo profesional docente y modifica otras normas. 01 de abril de 2016. https://bcn.cl/2mo48

Liljedahl, P., Santos-Trigo, M., Malaspina, U., y Bruder, R. (2016). Problem solving in mathematics education. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40730-2

Louange, J.E., y Bana, J. (2010). The Relationship between the Number Sense and Problem Solving Abilities of Year 7 Students. *Mathematics Education Research Group of Australasia, 33,* 376-382.

Mason, J., Burton, L., y Stacey, K. (1982). *Thinking Mathematically*. Londres: Addison Wesley.

Mazzocco, M. M., Feigenson, L., y Halberda, J. (2011). Impaired acuity of the approximate number system underlies mathematical learning disability (dyscalculia). *Child development, 82*(4), 1224-1237. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01608.x

McIntosh, A., Reys, B. y Reys, R. (1992). A proposed framework for examining basic number sense. For the Learning of Mathematics. 12. 2-8.

Ministerio de Educación (2015). Bases curriculares 7° Básico a 2° Medio.

Ministerio de Educación (2018). Bases curriculares 1° Básico a 6° Básico.

Ministerio de Educación (2019). Bases curriculares 3° y 4° Medio.

NCTM (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics.* Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Noviyanti, M., y Suryadi, D. (2019). Conceptualizing mathematical knowledge for teaching of Indonesian teacher in teaching number sense to early childhood. *Journal of Physics: Conference Series, 1157,* 032121. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/3/032121

OECD (2014), PISA 2012 Results: Creative Problem Solving (Volume V): Students' Skills in Tackling Real-Life Problems, PISA, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264208070-en.

Orrill, C. H., y Brown, R. E. (2012). Making sense of double number lines in professional development: Exploring teachers' understandings of proportional relationships. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *15,* 381-403. https://doi.org/10.1007/s10857-012-9218-z

Pólya, G. (1945). How to solve it. New Jersey: Princeton University.

Praet, M., Titeca, D., Ceulemans, A., y Desoete, A. (2013). Number Sense in Siblings of Children with Mathematical Learning Disabilities: A Longitudinal Study. *Journal of Intellectual Disability - Diagnosis and Treatment, 1*(1), 67–73.

https://doi.org/10.6000/2292-2598.2013.01.01.8

Rodríguez-Jara, M., Vergara-Gómez, A., Mondaca-Saavedra, A., y Gregori-Huerta, P. (2023). Taller de resolución de problemas no rutinarios para estudiantes de 8 a 9 años: un estudio de caso. *Uniciencia, 37*(1), 519-541. https://dx.doi.org/10.15359/ru.37-1.28

Rodríguez-Nieto, C. A., Font, V., Rodríguez-Vásquez, F. M., y Pino-Fan, L. R. (2023). Onto-semiotic analysis of one teacher's and university students' mathematical connections when problem-solving about launching a projectile. *Journal on Mathematics Education*, *14*(3), 563-584. https://doi.org/10.22342/jme.v14i3.pp563-584

Sanfiel, L., Díaz, J. P., y Bruno, A. (2021). Relaciones numéricas establecidas por alumnado de primaria. In *Investigación en Educación Matemática XXIV* (pp. 563-570). Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática, SEIEM.

Sengül, S. (2013). Identification of Number Sense Strategies used by Pre-service Elementary Teachers. *Educational Sciences: Theory and Practice*, *13*(3), 1965-1974.

Sianturi, I., Ismail, Z., y Yang, D. (2023). Examining fifth graders' conceptual understanding of numbers and operations using an online three-tier test. *Mathematics Education Research Journal*, https://doi.org/10.1007/s13394-023-00452-2

Sharma, M. (2016, September 19). Working memory: Role in mathematics learning (Part one). Recuperado de: https://mathlanguage.wordpress.com/2016/09/19/working-memory-role-in-mathematics-learning/

Silver, E. A. (1997). Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. *ZDM*, *3*(29), 75-80.

Sowder, J. T., y Schappelle, B. P. (1989). Establishing Foundations for Research on Number Sense and Related Topics: Report of a Conference (San Diego, California, February 16-17, 1989).

Stake, R. E. (2020). Investigación con estudio de casos. *Investigación con estudio de casos*, 1-156.

Szabo, A., Tillnert, A.-S., y Mattsson, J. (2024). Displaying gifted students' mathematical reasoning during problem solving: Challenges and possibilities. *The Mathematics Enthusiast*, *21*(1–2), 179–202. https://doi.org/10.54870/1551-3440.1623

Tsao, Y.L. (2004). Effects Of A Problem-Solving-Based Mathematics Course On Number Sense Of Preservice Teachers. *Journal of College Teaching & Learning (TLC)*, *1*(2). https://doi.org/10.19030/tlc.v1i2.1913

Whitacre, I., y Nickerson, S. D. (2014). Investigating the improvement of prospective elementary teachers' number sense in reasoning about fraction magnitude. *Journal of Mathematics Teacher Education, 19*(1), 57–77. https://doi.org/10.1007/s10857-014-9295-2

Yaman, H. (2015). The Mathematics Education I and II Courses' Effect on Teacher Candidates' Development of Number Sense. *Educational Sciences: Theory and Practice*, *15*(4), 1119-1135.

Yang, D.-C., Li, M., y Lin, C.-I. (2007). A Study of the Performance of 5th Graders in Number Sense and its Relationship to Achievement in Mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education,* *6*(4), 789–807. https://doi.org/10.1007/s10763-007-9100-0

Yang, D.C., y Hsu, C. J. (2009). Teaching number sense for 6th graders in Taiwan. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, *4*(2), 92-109. https://doi.org/10.29333/iejme/232

Yang, D.-C., Reys, R. E., y Reys, B. J. (2008). Number Sense Strategies Used by Pre-Service Teachers in Taiwan. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *7*(2), 383–403. https://doi.org/10.1007/s10763-007-9124-5

Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (Vol. 5). Sage.

Carolina Bravo-Ávila
Universidad Católica del Maule, Talca, Chile
bravoavilacarolina@gmail.com

Andrea Vergara-Gómez
Universidad Católica del Maule, Talca, Chile
avergarag@ucm.cl

Jorge Gaona
Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, Valparaíso, Chile
jorge.gaona@upla.cl

Martínez Sánchez-Arévalo, B, González-García, R. y Fernández-Cézar, R. (2024). Competencia matemática y plan de mejora: evidencias desde el diagnóstico. *Matemáticas, Educación y Sociedad, 7*(2), 25-48

ISSN: 2603-9982

COMPETENCIA MATEMÁTICA Y PLAN DE MEJORA: EVIDENCIAS DESDE EL DIAGNÓSTICO

Blanca Martínez Sánchez-Arévalo, Universidad de Castilla-La Mancha, España

Rosaura González-García, Consejería de Educación, Cultura y Deportes de Castilla-La Mancha, España

Raquel Fernández-Cézar, Universidad de Castilla-La Mancha, España

Resumen

La competencia matemática es esencial para el abordaje de los problemas cotidianos. Los docentes en educación primaria deben tener dominio de los conceptos matemáticos y de estrategias didácticas para promover el desarrollo de dicha competencia en su alumnado. Este estudio tiene como objetivo realizar un diagnóstico sobre la práctica de aula en un colegio de educación primaria contando con los docentes y el alumnado como participantes, con el fin de diseñar un plan de mejora. Se emplearon cuestionarios administrados a docentes y estudiantes que se analizaron con un método mixto. Los resultados evidencian los elementos de mejora sobre los que se diseñará el plan como parte del proyecto educativo del centro.

Palabras clave: *competencia matemática, motivación, plan de mejora, educación infantil, educación primaria, educación de calidad*

Mathematical Competence and Improvement Plan: Evidence from Diagnostic Analysis

Abstract

Mathematical competence is essential for tackling everyday problems. Teachers in primary education must have mastery of mathematical concepts and didactic strategies to promote the development of this competence in their pupils. The aim of this study is to carry out a diagnosis of classroom practice in a primary school with teachers and students as participants, in order to design an improvement plan. Questionnaires were administered to teachers and students and analysed using a mixed method. The results show the elements of improvement on which the plan will be designed as part of the school's educational project.

Keywords: *mathematical competence, motivation, improvement plan, pre-school education, primary education, educational quality*

Recibido: 26/04/2024; Aceptado: 23/08/2024

INTRODUCCIÓN

Esta investigación consiste en realizar un análisis de diagnóstico sobre la competencia matemática en un centro educativo de Educación infantil y Primaria en España, pues son los primeros pasos necesarios para elaborar con posterioridad un plan de mejora, que es el objetivo a medio plazo de una de las autoras. Este diagnóstico incluye la visión del alumnado sobre la enseñanza en el área de matemáticas, así como del profesorado, que contesta a un cuestionario sobre su propia práctica docente. Para llevar a cabo este diagnóstico se ha tenido en cuenta el estudio de Alsina (2012) sobre los procesos matemáticos en educación infantil, donde se argumenta que para aprender matemáticas es necesario un currículo que contemple, por un lado, los conocimientos de los contenidos matemáticos, y por otro, los procesos matemáticos (la resolución de problemas, el razonamiento y prueba, las conexiones, la comunicación y la representación).

La Ley Orgánica 8/2013 de 9 de diciembre para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) en España estableció la obligatoriedad de la realización de una prueba de diagnóstico en tercero de Primaria y en sexto, que, de forma aleatoria, evaluara entre otras la competencia matemática. Concretamente en este centro que nos ocupa se llevó a cabo la evaluación de tercero todos los años y en los cursos de sexto durante los cursos 2015/2016 y 2017/2018.Tras la revisión del informe de centro sobre dichas evaluaciones de diagnóstico se observa que los resultados obtenidos por el alumnado son más bajos en el área de matemáticas que en otras áreas y más específicamente en la parte que corresponde a la resolución de problemas.

Para contrarrestar estas situaciones de baja competencia matemática, la ley educativa actual, la Ley 3/2020 de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006 de 3 de mayo, contempla algunas acciones. Específicamente esta ley establece como novedad la incorporación al proyecto educativo de los centros de un plan de mejora en el que, a partir del análisis de los diferentes procesos de evaluación del alumnado y del propio centro, se planteen las actuaciones necesarias para mejorar los resultados académicos, la coordinación y la relación con las familias.

En línea con esta propuesta se marcan los objetivos generales y específicos de esta investigación, que se muestran a continuación.

OBJETIVOS

La finalidad de este trabajo es llevar a cabo un diagnóstico sobre la competencia matemática partiendo de la visión del profesorado y del alumnado, en un centro educativo. Se analizará la práctica docente desde estas dos visiones para que puedan contribuir a la posterior construcción del plan de mejora del centro.

Este objetivo general se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

- Conocer métodos y estrategias utilizadas por los docentes en las clases de matemáticas.
- Identificar los recursos materiales utilizados haciendo mayor hincapié en los recursos tecnológicos.
- Detectar fortalezas y debilidades de la práctica docente.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El 25 de septiembre de 2015 la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) acordó la Agenda para el desarrollo sostenible. En esta agenda se establecieron 17 objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que tienen como misión transformar el modo en el que vivimos en el planeta (ONU, 2018).

Los matemáticos ya se habían adelantado a esta proclama en el año 2013, año dedicado a las Matemáticas del planeta Tierra por una iniciativa internacional de las sociedades y de los institutos de investigación en matemáticas en Estados Unidos y Canadá que recibieron el apoyo de la UNESCO. Consideraban que ningún fenómeno que ocurra en el planeta es ajeno a las matemáticas: el cambio climático, el mantenimiento de la biodiversidad, la lucha contra la contaminación, control de epidemias, incendios etc., se modelan y pueden predecirse mediante funciones, o ecuaciones. Puede decirse, sin miedo a ser arrogante, que la sostenibilidad de la Tierra descansa en las matemáticas.

Nuestra sociedad está viviendo años críticos en la sostenibilidad del planeta, y las matemáticas están en el fondo de la cuestión. Hay tres grandes retos que los matemáticos deben abordar: fomentar la investigación matemática para identificar problemas y aportar soluciones, animar a los educadores de todos los niveles a que conozcan estos temas, e informar sobre el papel tan importante que tienen las matemáticas en estos asuntos.

Ha quedado demostrado con la pandemia reciente cómo han sido necesario modelos matemáticos que predijeran la evolución de la enfermedad, optimizar los recursos y reconocer la eficacia de las vacunas con las estadísticas.

Siguiendo el Decreto 81/2022 de 12 de julio por el que se establece la ordenación y el currículo de Educación Primaria en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha “las matemáticas desempeñan un papel esencial ante los actuales desafíos sociales y medioambientales a los que el alumnado tendrá que enfrentarse en su futuro, como instrumento para analizar y comprender mejor el entorno cercano y global, los problemas sociales, económicos, científicos y ambientales y para evaluar modos de solución viables, contribuyendo de forma directa a los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados por las Naciones Unidas” (Decreto 81/2022, p. 24443).

Asimismo, el desarrollo de la competencia matemática es una componente fundamental para lograr muchos de los ODS de la Agenda 2030:

- Educación de calidad (ODS 4): garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad para todos. La competencia matemática es una habilidad básica para el aprendizaje.
- Trabajo decente y crecimiento económico (ODS8): la competencia matemática es fundamental para el desarrollo económico además de estar presente en una amplia gama de profesiones desde ingenierías hasta ciencias.
- Reducción de desigualdades (ODS 10): Una buena competencia matemática puede ayudar a reducir las desigualdades para acceder a diferentes oportunidades educativas y laborales.
- Innovación e infraestructura (ODS 9): la innovación y el desarrollo de infraestructuras avanzadas dependen de las matemáticas, así como el progreso tecnológico y científico

Garantizar que las personas tengan acceso a una educación matemática de calidad y promover la importancia de estas habilidades es esencial para abordar los desafíos globales y avanzar hacia un futuro más sostenible.

La LOMLOE en su preámbulo reconoce la importancia de atender al desarrollo sostenible de acuerdo con lo establecido en la Agenda 2030. Así, la educación para el desarrollo sostenible y la ciudadanía mundial ha de incardinarse en los planes y programas educativos de la enseñanza obligatoria.

Evolución de la competencia matemática en las diferentes leyes educativas españolas.

Para abordar las matemáticas en nuestro sistema educativo y ver la evolución que ha tenido hasta nuestros días es necesario remontarse a las orientaciones pedagógicas de los años 70 para llegar a la nueva ley de educación y los objetivos actuales que marca la Agenda 2030 donde se recogen los compromisos educativos que asume nuestro sistema educativo con la Unión Europea.

La legislación educativa española ha evolucionado con el tiempo y cada una de las leyes que han ido surgiendo ha influido en la forma de enseñar las matemáticas. Del estudio de las leyes y los decretos de currículo se extrae la información para ver los cambios en el currículo y el enfoque interdisciplinar de las matemáticas.

Ley Orgánica 1/1990 de 3 de octubre Ordenación General del Sistema Educativo

Esta ley introdujo cambios significativos en el sistema educativo español y reconoció la importancia de las matemáticas más allá de la enseñanza tradicional, promoviendo el pensamiento lógico, la resolución de problemas y el razonamiento matemático. Además, se introdujo la educación matemática en educación infantil y se reforzó su importancia en la educación primaria y secundaria.

En ella se empieza a hablar del aprendizaje cooperativo, y se anima al alumnado a debatir en el aula para la búsqueda de soluciones conjuntas. Se empiezan a usar las primeras calculadoras y ordenadores en el aula. La evaluación es continua y se tiene en cuenta la resolución de problemas y el razonamiento más allá de la memorización de fórmulas y procedimientos.

El aprendizaje cooperativo, siguiendo a Solé y Coll (1993), se define como la cooperación entre individuos que intervienen en un proceso de aprendizaje, donde se afectan mutuamente intercambiando proyectos, expectativas y se plantean un proyecto mutuo que los lleve a un nuevo nivel de conocimiento y satisfacción.

Ley Orgánica 2/2006 de 3 de mayo de Educación (LOE)

Esta ley consideraba las matemáticas como un elemento fundamental para desarrollar habilidades y competencias enfatizando la importancia de la resolución de problemas y el razonamiento matemático en el currículo. La competencia matemática en esta ley es considerada una de las competencias básicas.

En la definición de currículo que da esta ley en su artículo 6, establece que estará integrado por las competencias o capacidades para aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa. Dicha ley identifica ocho competencias básicas entre las que se encuentra la matemática

El concepto de competencia básica lo encontramos en el RD 1513/2006 de 7 de diciembre por el que se establecen las enseñanzas mínimas en Educación Primaria. Es esta la primera ley que contempla un currículo basado en competencias, que llama básicas.

Aunque en los inicios del siglo XXI existen varios autores que aportan a la definición de competencia. Por un lado, hay autores que consideran la competencia como elemento fundamental para la articulación curricular, como se recoge en el proyecto DeSeco

(OCDE, 2004). Por otro lado, Niss (2003) define la competencia matemática como la habilidad para comprender, juzgar y hacer usar las matemáticas en una variedad de contextos. En las leyes educativas españolas, que inician su andadura competencial con la LOE (2006), se adopta un modelo mixto alineado con el elegido por la Comisión Europea, que mezcla las competencias transversales y las áreas disciplinares para componer las competencias clave o básicas. En este trabajo se entiende que esa visión mixta no está en contradicción con la definición de competencia aportada por Niss (2003), y es la que se adopta en este trabajo.

Ley Orgánica 8/2013 de 9 de diciembre para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE)

Esta ley introduce cambios en el currículo de matemáticas y se enfoca en el desarrollo de competencias y habilidades matemáticas esenciales. Se impulsan asignaturas relacionadas con las ciencias y con la tecnología, fomentando con ello el enfoque interdisciplinar de las matemáticas. Esta ley modifica las ocho competencias básicas que pasan a denominarse competencias clave, y de competencia matemática se pasa a la competencia matemática y competencia básica de ciencia y tecnología.

Con esta ley las competencias deben ser adquiridas en todas las áreas y materias, integrando los contenidos de forma significativa, es decir interpretar crítica y constructivamente el mundo que nos rodea.

Es por ello, y siguiendo las aportaciones de la Organización para la Cooperación y el desarrollo económico (OCDE) y de la Unión Europea, que la incorporación de las competencias al currículo español debe priorizar aquellos contenidos imprescindibles.

Todo este cambio normativo también está influenciado por el *Programme for International Student Assesment* (PISA). El programa internacional para la evaluación de estudiantes o programa PISA es llevado a cabo en los países de la OCDE, y en algunos otros, cada tres años desde el año 2000 y nació con el objetivo de evaluar a nivel internacional las competencias adquiridas por los estudiantes de 15 años en comprensión lectora, matemática y científica.

En las conclusiones PISA 2012 se recoge que el interés del alumnado por las matemáticas es bajo y disfrutan poco con su aprendizaje y en el caso de las alumnas los avances en la materia se ven entorpecidos por la ansiedad y la falta de confianza (OCDE, 2013).

A partir de estos resultados se empieza a considerar que la dimensión afectiva de las matemáticas es importante a la hora de desarrollar métodos de enseñanza aprendizaje. Cuando una persona no resuelve las dificultades hacia las matemáticas las situaciones de pánico pueden llegar a automatizarse y crear actitudes negativas que le lleven al fracaso y hacerle dudar de su capacidad (Mato-Vázquez et al., 2014).

Los resultados de PISA del año 2018 (MEDPD, 2018) arrojan datos poco alentadores en la competencia matemática situando a España por debajo de la media de la OCDE. A partir de estos resultados se recomienda a España aumentar la autonomía en los centros a la hora de diseñar evaluaciones con el fin de mejorar el rendimiento académico.

La OCDE ha definido la competencia matemática como la "aptitud de un individuo para identificar y comprender el papel que desempeñan las matemáticas en el mundo, alcanzar razonamientos bien fundados y utilizar y participar en las matemáticas en función de las necesidades de su vida como ciudadano constructivo, comprometido y reflexivo" (OCDE, 2005).

La nueva edición de PISA, realizada en la primavera del 2022 (en el año 2021 no se llevó a cabo por motivos de la pandemia) se basa fundamentalmente en la competencia matemática, centrada en la evaluación del conocimiento y habilidades de los estudiantes en un contexto de desarrollo máximo de las tecnologías de la información y la comunicación, siendo estas fundamentales para responder al cambio a través de la innovación y la creatividad.

El *National Council of Teachers of Mathematics*, NCTM (2000), establece estándares de contenidos y procesos. En cuanto a los contenidos reconoce cinco dominios: números y operaciones, álgebra, geometría, medida y análisis de datos. En cuanto a los procesos reconoce también cinco: resolución de problemas, razonamiento y prueba, comunicación, representación y las conexiones. A raíz de la publicación de estos estándares los currículos españoles han ido incorporándolos con el fin de mejorar la competencia matemática (Alsina, 2016).

Ley Orgánica 3/2020 de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006 de 3 de mayo de educación (LOMLOE)

La LOMLOE reconoce la importancia de atender al desarrollo sostenible de acuerdo a lo establecido en la Agenda 2030, destacando el papel de la educación para el desarrollo sostenible, y para la ciudadanía mundial. Insiste en la necesidad de tener en cuenta el cambio digital que se está produciendo en nuestras sociedades.

Atendiendo al preámbulo los años transcurridos desde la aprobación de la LOE aconsejan revisar alguna de sus medidas y acomodarlas a retos actuales de la educación que se comparten con los objetivos fijados por la Unión Europea y la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) para la década 2020/2030.

Entre otras, dentro de la propuesta legal que propone, está la de desarrollar la competencia digital del alumnado y del personal docente. La Unión europea ha establecido varias recomendaciones para fortalecer la competencia matemática de sus Estados miembros. Esto obliga al sistema educativo español a cumplir con los objetivos y a adaptarse a los cambios.

Actualmente las matemáticas son de gran importancia para los actuales desafíos sociales y medioambientales, contribuyendo por tanto a los objetivos de desarrollo sostenible. Además, son de especial interés por el manejo de datos e información y por su contribución al desarrollo del pensamiento computacional.

Con esto la propuesta curricular de matemáticas en educación primaria, siguiendo la LOMLOE y el Decreto 81/2022 de 12 de julio por el que se establece la ordenación y currículo de Educación Primaria en la comunidad autónoma de Castilla La-Mancha, se persigue alcanzar las potencialidades del alumnado desde una perspectiva inclusiva. Se habla de alfabetización matemática.

Actualmente la noción de competencia ocupa un lugar central no solo en España sino en Europa. Se reclama que los estudiantes adquieran competencias a través de situaciones de aprendizaje “saber hacer” y la movilización de los conocimientos en situaciones complejas, aspectos que quedan recogidos en la última ley de educación.

Tal y como señala la ley, el área de matemáticas debe abordarse dando especial relevancia a la manipulación, aumentando los recursos digitales y ofreciendo al alumno situaciones de aprendizaje. La recomendación que da la ley y las recomendaciones europeas para fortalecer la competencia matemática son: utilizar metodologías fundamentalmente activas para favorecer el pensamiento competencial, proporcionar situaciones de aprendizaje que favorezcan la interdisciplinaridad, desarrollar planes de estudio efectivos que promuevan la comprensión profunda de las matemáticas, promover la formación docente en matemáticas y aprovechar las herramientas y la tecnología educativa que brinden a los estudiantes la oportunidad de practicar y explorar conceptos matemáticos de forma más visual y atractiva.

La evaluación debe ser competencial, poniendo el foco en medir si los estudiantes son competentes desde el punto de vista matemático (o si adquirieron la competencia matemática), lo cual implica tener la capacidad individual para utilizar los conceptos aprendidos durante los procesos de aprendizaje en la resolución de problemas y en situaciones que se le presentan en otros contextos de su vida cotidiana. En esta evaluación el foco no se sitúa en conocer qué contenidos del currículo han sido aprendidos por el alumnado, sino cómo este los pone en práctica. La competencia matemática se consideran parte esencial en la preparación para la vida de un ciudadano y, por ello, su evaluación en la prueba de matemáticas es un componente central del programa PISA (Rico, 2007).

Un individuo competente en matemáticas tiene la capacidad de identificar y entender el papel que la disciplina tiene en el desarrollo de la sociedad, el estudiante está en la capacidad de realizar juicios bien fundados y utiliza la matemática apropiadamente cuando se le presentan necesidades ya sea para su vida individual o como ciudadano constructivo y activo en la sociedad. El desarrollo de las competencias estimula la formación de individuos comprometidos con sus deberes y muy reflexivos a la hora de tomar decisiones en relación con las matemáticas.

Con todo esto, es necesario reflexionar sobre las prácticas que se están llevando a cabo en los centros educativos con el fin de determinar si se está consiguiendo que el alumnado sea realmente competente. En el caso de no conseguirlo, la ley obliga a la elaboración de planes de mejora en los centros, que se revisarán periódicamente (art 121 LOE modificado LOMLOE). Por ello, este trabajo de investigación se basará en hacer un diagnóstico de la realidad sobre la competencia matemática en el alumnado de un centro castellanomanchego, para promover la mejora de la competencia matemática en el mismo. Dicho plan partirá de la evaluación interna que realizan los centros según la Orden 14/2023, de 22 de junio, de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes, por la que se regula la evaluación interna de los centros sostenidos con fondos públicos que imparten las enseñanzas no universitarias en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha.

Esta evaluación tendrá como objetivo proporcionar elementos de reflexión sobre las actuaciones que se llevan a cabo en el centro para abordar planes de evaluación y mejora. Este plan recogerá todos los aspectos que favorezcan el desarrollo de la competencia matemática en nuestro alumnado. El último responsable del éxito o del fracaso de la aplicación del nuevo currículo es el docente, por lo que es imprescindible la necesidad de iniciar procesos de reflexión sobre su propia práctica y las innovaciones que realice (Alsina, 2007).

Planes de mejora: desarrollo conceptual y evolución en la legislación

De la revisión bibliográfica realizada se puede colegir que una definición de plan de mejora en un centro educativo puede ser la planificación mediante la cual un centro articula un proceso de autoevaluación que le permita encontrar sus puntos fuertes y débiles, para reforzar aquellos aspectos considerados positivos o fuertes, y modificar o eliminar aquellos que se juzgan débiles o negativos.

En el ámbito de la educación varios autores han ofrecido definiciones y enfoques para la elaboración de planes de mejora educativa. Fullan (2016) enfatiza la importancia de la mejora centrada en lo que acontece en el aula que se enfoca en mejorar la enseñanza y el aprendizaje como un medio para lograr mejoras en todo el sistema educativo.

Siguiendo el Decreto 81/2022 dicho plan se orienta a la adquisición de los objetivos de etapa, así como a las competencias clave conceptualizadas en el perfil de salida que el alumnado debe conseguir al finalizar la etapa de primaria.

Los planes de mejora tienen su origen a partir de los años 80 cuando se hicieron los primeros estudios sobre las denominadas "escuelas eficaces e inclusivas" además de estudios sobre proyectos de mejora en los centros (Pareja y Torres-Martín, 2006). Sin embargo, estos planes de mejora eran considerados como innovaciones educativas y no existe mucha literatura especializada más allá de relacionarlos con la inclusión educativa.

Siguiendo a Ainscow (2004), como parte del proceso de trabajo en el centro para el desarrollo de escuelas inclusivas se debe: analizar, identificar y compartir las prácticas existentes, detectar las formas de trabajo, reflexionar sobre todo ello y por último buscar soluciones.

El objetivo último de la última ley de educación, la LOMLOE, es aumentar las oportunidades educativas y formativas de toda la población y mejorar los resultados educativos del alumnado, consiguiendo una educación de calidad para todos. A medida que el concepto de calidad va cogiendo fuerza en los sistemas educativos ya no se puede desligar de los planes de mejora, convirtiéndose estos en una tendencia. Los centros deben elaborar planes de mejora para mejorar la calidad de la educación como resultado de su evaluación interna.

La mejora de la calidad educativa, como afirman grandes expertos del movimiento de mejora como Fullan (2020), y el cambio escolar, dependen de lo que los docentes hagan o piensen. Se habla de cultura escolar para recoger el conjunto de elementos que forman lo que los docentes hacen o piensan. Modificar esa cultura es uno de los aspectos más complejos del proceso de mejora. Siguiendo a Paredes-Labra (2004), la formación del profesorado y el aprendizaje de la organización de los centros son la base para modificar dicha cultura escolar. Los docentes deben estar continuamente aprendiendo, no es posible mejorar un centro sin un esfuerzo por parte de todos y todas. Igualmente, el centro aprende de sus experiencias pasadas para mejorar y aumentar la calidad de la enseñanza.

La LOMLOE en su exposición de motivos recoge la cooperación profesional y la autonomía a través del liderazgo e independencia que los docentes y los equipos directivos tienen en su práctica diaria. Autores como Espiñeira et al. (2012), ya establecían que para que un centro educativo pueda responder a los cambios de su entorno debe planificar y poner en marcha planes de mejora para detectar puntos débiles y de este modo atacar debilidades y encontrar soluciones para los problemas que se detecten. En el contexto educativo, un plan de mejora es un instrumento que implica una planificación orientada a la calidad de los procesos y resultados de los centros educativos (Arnáiz-Sánchez y Guirao, 2015).

Murillo y Krichesky (2012) distinguen cinco fases para acometer la mejora en un centro que son: iniciación para detectar fortalezas y debilidades, planificación para diseñar el plan de mejora, poner en marcha el plan, evaluarlo e institucionalizarlo.

En este trabajo se desarrollarán la fase de iniciación y planificación a nivel general, dada la limitación temporal para el desarrollo de la investigación.

Arnáiz-Sánchez et al. (2015) sostienen que para la elaboración de un buen plan de mejora en un centro la autoevaluación docente y del propio centro es la mejor estrategia para el cambio y la mejora escolar. Dicho plan debe fijar unos objetivos, diseñar actividades, disponer de recursos, establecer un método de trabajo, un calendario y un proceso de evaluación. En conclusión, debe integrar las decisiones estratégicas sobre los cambios que deben incorporarse a los diferentes procesos de la organización para conseguir la pretendida mejora.

La elaboración de los planes de mejora en los centros como consecuencia de la evaluación interna tiene su fundamento normativo en la LOE modificada por la LOMLOE. El artículo 132 de la LOE modificado por la LOMLOE establece que es necesario establecer un clima escolar de cooperación y apoyo para que el docente pueda involucrarse en los objetivos con el fin de mejorar las prácticas docentes. Se trata por tanto de llevar a cabo acciones fundamentadas en la formación y en la experiencia para la mejorar la cualificación de los docentes y que se hagan responsables del aprendizaje de su alumnado.

En Castilla-La Mancha la Resolución del 22 de junio de 2022 de la Consejería de Educación por la que se dictan instrucciones para el curso 2022/2023 se detalla que los centros elaborarán un plan de mejora que se incorporará al proyecto educativo y se revisará periódicamente, lo cual encaja en las fases propuestas por Murillo y Krichesky (2012). Partirá del análisis de los procesos de evaluación del propio centro, en el que se plantearán las estrategias y actuaciones necesarias para mejorar los resultados educativos y los procedimientos de coordinación y relación con las familias y el entorno.

El artículo 18 del Decreto 81/2022 de ordenación del currículo de Educación Primaria establece que a partir de los resultados de las evaluaciones de diagnóstico y tal como se establece en el artículo 21 de la LOE modificado por la LOMLOE, los centros educativos elaborarán propuestas de actividades dentro del marco de los planes de mejora que contribuirán a que el alumnado alcance las competencias establecidas, permitiendo adoptar medidas de mejora de la calidad y equidad en la educación y que permitan orientar la práctica docente.

MÉTODO

Esta investigación es un estudio de caso de naturaleza exploratoria con metodología mixta, pues emplea cuestionarios con preguntas cerradas y abiertas. Con este enfoque se pretende obtener una visión más completa del aspecto investigado al aprovechar ambos métodos (Chaves-Montero, 2018; Pole, 2009).

Descripción del contexto, muestra y participantes

El trabajo de investigación se ha llevado a cabo en un colegio de educación infantil y primaria de la provincia de Toledo. El centro atiende a 397 alumnas y alumnos de las etapas de educación infantil y primaria. En el mismo imparten docencia 29 docentes con destino definitivo y con una antigüedad mínima de 2 años en el mismo centro. Todas las aulas cuentan con un panel digital; cada docente dispone de un ordenador, y hay 42 tablets para uso del alumnado. Todos los docentes excepto 2 tienen la acreditación de competencia digital nivel B1 acreditado por el centro regional de formación del profesorado.

Este centro ha sido elegido varios años para participar en las evaluaciones de diagnóstico que planteaba la LOMCE en el curso de sexto de primaria. Dicha evaluación fue muestral con carácter diagnóstico y el resultado debía ser tenido en cuenta a la hora de plantear planes de mejora en el centro.

La muestra la constituyen 22 maestros y maestras de las etapas de educación infantil y primaria que imparten o han impartido matemáticas en el centro. El alumnado participante ha sido el alumnado de quinto y de sexto de educación primaria con un total de 78 alumnos y alumnas. Se ha elegido esta edad por el nivel de comprensión lectora a la hora de responder a las cuestiones planteadas además de que han trabajado con varios docentes el área de matemáticas, teniendo más capacidad de valorar, por lo tanto, sus prácticas de aula. Este hecho aporta mayor objetividad a las respuestas, no centrándose únicamente en un docente y representando mejor una visión de conjunto del centro.

Instrumentos de recogida de datos

El cuestionario de los docentes cuenta con preguntas cerradas y abiertas. Se ha realizado a partir de la adaptación del cuestionario de Alsina y Coronata (2014). Dicho cuestionario incluye cinco categorías que se corresponden con los cinco procesos indicados por el NCTM (2000): resolución de problemas, razonamiento y prueba, conexiones, comunicación y representación.

El cuestionario original cuenta con 35 indicadores de respuesta cerrada en una escala Likert de 5 niveles que va desde 1 (ausencia) a 5 (presencia). A este se han incorporado 9 indicadores de respuesta abierta y de elaboración propia con el fin de completar la información. Estos han sido elaborados teniendo en cuenta las características del centro y las orientaciones metodológicas que se dan sobre las diferentes competencias específicas del área de matemáticas recogidas en el Decreto 81/2022 (ver Anexo I).

También se ha modificado la escala numérica tipo Likert del cuestionario original de 5 niveles asociándolos a la frecuencia (nunca, casi nunca, a veces, casi siempre y siempre) para facilitar la cumplimentación del cuestionario (ver Anexo I).

El cuestionario del alumnado se ha construido con las mismas preguntas abiertas incorporadas al cuestionario de los docentes con el fin de contrastar las respuestas. Se ha utilizado un lenguaje más sencillo para facilitar su comprensión. En el caso de la pregunta que hace referencia a las actitudes y motivación hacia el área, se ha tenido que desglosar en preguntas más sencillas y claras para facilitar la comprensión por parte del alumnado.

Procedimiento

El cuestionario se ha administrado en la aplicación de formularios de *Microsoft Form*, y se ha enviado a todo el claustro de este centro a través del correo personal institucional. En el inicio del formulario se incluía una hoja informativa y se avisaba de que su cumplimentación era voluntaria y anónima, garantizando la confidencialidad de los participantes. Quienes lo han rellenado aportaban su consentimiento de participación en dicha investigación, pues podían abandonarlo en la primera pantalla.

En el caso del alumnado, el cuestionario se administró en papel, y era rellenado valorando su propia experiencia en cuanto al área de matemáticas. Para facilitar su comprensión se ha trabajado en grupo en presencia de su tutor/a que no era quien impartía esa asignatura. Se ha contado con el consentimiento de las familias, de la tutoría, y de la dirección del centro para la cumplimentación de este cuestionario puesto que fue realizado durante el periodo lectivo. Con anterioridad se le hizo llegar una nota informativa en lenguaje accesible explicándoles el objetivo de esta investigación. Se ha seguido un procedimiento validado por el Comité de Ética en la investigación Social bajo el código CEIS-634122-B5K2.

Análisis de datos

Para analizar los datos se ha utilizado estadística descriptiva y se ha llevado cabo de dos formas. Primero analizando los datos cuantitativos del cuestionario de docentes sobre todos los procesos: resolución de problemas, razonamiento y prueba, conexiones, comunicación y representación. Se aporta para cada proceso la media, la desviación típica y la consistencia interna del instrumento para esta muestra, medida mediante el coeficiente alfa de Cronbach, para cuyo cálculo se ha utilizado el programa SPSS versión 28.0 a partir de los datos extraídos de las respuestas del formulario de los docentes.

Las respuestas a las preguntas abiertas, tanto de docentes como de alumnado, fueron analizadas utilizando el programa ATLAS. Ti 22 extrayendo códigos para su mejor interpretación mediante un análisis inductivo-deductivo (Bogdan y Biklen,1992). Se han creado los códigos, una vez leídas las respuestas, considerando la información que se repetía~~n~~ y era más significativa para la investigación, siendo codificada por las autoras de manera independiente y alcanzando un consenso sobre los códigos que se muestran en este trabajo. En el código "otros" se han recogido las respuestas que no son importantes para este análisis y por tanto no serán tenidas en cuenta.

RESULTADOS

A la hora de extraer los resultados se han analizado por un lado los datos cuantitativos del cuestionario de docentes y se han valorado todos los procesos del NCTM. Estos resultados se muestran en la tabla 1:

Tabla 1. *Media, desviación típica y consistencia interna de cada proceso*

Procesos	*Media*	*Desviación típica*	*Alfa de Cronbach*
Resolución de problemas	4,11	0,33	,739
Razonamiento y prueba	4,03	0,41	,721
Conexiones	3,42	0,73	,801
Comunicación	4,06	0,46	,727
Representación	3,91	0,57	,790

Los datos de alfa de Cronbach obtienen un valor superior a ,7 e inferior a ,9 en todos los procesos matemáticos, por lo que los datos indican que las dimensiones evaluadas para cada proceso tienen una fiabilidad entre buena y muy buena (Pole, 2009). Todos los procesos del NCTM obtienen por parte de los docentes unos resultados similares entre ellos y cercanos a 4, situándose dentro de la escala de Likert entre "con frecuencia" y "siempre". La desviación típica de todos los procesos es inferior a 1, por lo que los datos se agrupan adecuadamente en torno a la media. El proceso que mayor desviación tiene es el de conexiones y así se ve reflejado también en los datos cualitativos tanto de docentes como de alumnado, que se comentan en las tablas que siguen (ver tabla 6 y 7). El resto de los procesos presentan una desviación típica muy similar.

Se muestran a continuación los resultados del análisis cualitativo para cada uno de los procesos, en el orden en el que aparecen en el instrumento y en la tabla 1.

Proceso resolución de problemas

Se muestran los resultados de respuestas a los docentes en la tabla 2:

Tabla 2. *Análisis cualitativo de las respuestas de los docentes*

Indicadores	*Códigos*	*Frecuencia*
Técnicas, estrategias de razonamiento que se usan en el aula	Analogía y ensayo error	15
	Razonamiento matemático	3
	Resolución inversa	3
	Otros	1
Situaciones cotidianas para resolver problemas	Compras y recetas	16
	Actividades manipulativas	4
	Otros	2
Material de apoyo a la resolución de problemas	Manipulativo	15
	Calculadora	5
	Otros	2

La tabla 3 exhibe el resultado del análisis de las respuestas del alumnado:

Tabla 3. *Análisis cualitativo de las respuestas del alumnado*

Indicadores	*Códigos*	*Frecuencia*
Técnicas, estrategias de razonamiento que se usan en aula	Poner datos, operación y solución	54
	Leer y subrayar	8
	Otros	5
Situaciones cotidianas para la resolución de problemas	Compra y venta	57
	Recetas de cocina	15
	Otros	6
Material de apoyo	Bolígrafo, regla, libro y cuaderno etc.	59
	Calculadora	10
	Material manipulativo	9

Se extraen los siguientes resultados: las técnicas y estrategias de razonamiento más utilizadas en el aula son el ensayo error, así como la analogía y la resolución inversa. Los problemas fundamentalmente se basan en actividades como compra y recetas de cocina. Los docentes consideran que utilizan material manipulativo, aunque como propuesta de mejora para la resolución de problemas en el centro proponen cambiar la metodología de trabajo y usar más material manipulativo, lo que resulta un poco sorprendente porque se contradice con su respuesta.

Por la parte del alumnado, que es quien vivencia esas clases de matemáticas, considera que las técnicas y estrategias de razonamiento que se utilizan son ubicar en la resolución de problemas los datos, operación y solución en contra a lo que indican los docentes que es el ensayo error y la analogía. Siguiendo con las respuestas del alumnado coinciden con los docentes en que las actividades son de compra, pero vuelve a manifestarse desacuerdo con los materiales ya que el alumnado indica que los materiales más utilizados son el cuaderno, libro y pizarra, mientras que los docentes no nombran ese material y hacen referencia al material manipulable.

Proceso de razonamiento y prueba

Se muestran los datos de los docentes en la tabla 4.

Tabla 4. *Análisis cualitativo del cuestionario de los docentes*

Indicadores	*Códigos*	*Frecuencia*
Retroalimentación en el aula	De forma oral a partir del error	10
	Pedir explicaciones sobre la solución	7
	Les doy obsequios	3
	Otros	2

La tabla 5 muestra los resultados del cuestionario del alumnado.

Tabla 5. *Análisis cualitativo del cuestionario del alumnado*

Indicadores	*Códigos*	*Frecuencia*
Retroalimentación en el aula: corrección de tareas, información que da el maestro/a.	Corregimos con un tic y repetir	54
	En la pizarra	18
	Otros	6

De la parte cualitativa del cuestionario de los docentes se extraen los siguientes resultados: la retroalimentación que se da al alumnado ante la resolución de una situación problemática es a partir del error encontrado, de obsequios e incluso un pequeño grupo no la realiza.

Por parte del alumnado, en cuanto a la retroalimentación, coinciden con los docentes que se da también a partir del error, poniendo un tic cuando la situación está bien ejecutada y si la actividad está mal se vuelve de nuevo a explicar la actividad.

Proceso conexiones

Se muestran los resultados de respuesta de los docentes en la tabla 6.

Tabla 6. *Análisis cualitativo del cuestionario de los docentes*

Indicadores	*Códigos*	*Frecuencia*
Áreas con más conexiones	Conocimiento del medio	10
	Artística	5
	Todas	7
Actividades que vinculan matemáticas y artística	Simetría y figuras geométricas	16
	Dibujo técnico-simetría	4
	Otros	2
Actividades que vinculan matemáticas y literatura	No las vinculo	6
	Orden en un texto	10
	Otros	4
Actividades que vinculan matemáticas y educación física	Contar	7
	Medir distancias	8
	Otros	7

La tabla 7 exhibe el resultado de análisis de las respuestas del alumnado.

Tabla 7. *Análisis cualitativo del cuestionario del alumnado*

Indicadores	*Códigos*	*Frecuencia*
Áreas donde se utilizan las matemáticas	Música (sumas)	34
	Plástica	6
	Educación física	19
	Conocimiento del medio	4
	Lengua	2
	No la usamos	8

De la parte cualitativa del cuestionario de docentes se deduce que hay poca conexión de las matemáticas con otras áreas. Estas conexiones quedan reducidas al área de conocimiento del medio y a educación artística. El área que menos conexiones tiene con las matemáticas es la de lengua. Un grupo de 7 docentes establece conexiones con todas las áreas.

Por el lado del alumnado, este considera que las mayores conexiones se dan en música a través de actividades musicales, no apareciendo este dato en las respuestas de los docentes lo que resulta contradictorio. En educación física también hay conexiones por los juegos que implican conteo. Se observa que 4 alumnos y alumnas ve relación de las matemáticas con conocimiento del medio, sin embargo, para 10 de los docentes es el área donde más matemáticas se imparten.

Proceso de comunicación

Se muestran los resultados de respuesta de los docentes en la tabla 8.

Tabla 8. *Análisis cualitativo del cuestionario de docentes*

Indicadores	*Códigos*	*Frecuencia*
Actividades que se trabajan en equipo	Resolución de problemas	10
	Retos y concursos	7
	Todas	5
Agrupamientos que se utilizan en el aula	Parejas y pequeño grupo	15
	Grupos heterogéneos	5
	No trabajo en grupo	2
Acciones para motivar al alumnado	Recompensas, halagos, quitar miedos	18
	Otros	4

En la tabla 9 se muestra el resultado del análisis de las respuestas del alumnado.

Tabla 9. *Análisis cualitativo del cuestionario del alumnado*

Indicadores	*Códigos*	*Frecuencia*
Ayudas que recibimos cuando no entendemos algo	Explicaciones más lentas	50
	Pistas o trucos	12
	Otras	10
Actividades que se trabajan en grupo	Ninguna o muy pocas	67
	Otras	5
Motivación hacia las matemáticas	No me gustan, estrés y ansiedad	51
	Sólo si las entiendo	12
	Otros	9
Buen maestro de matemáticas	Explique despacio	15
	Que tenga paciencia y divertido	32
	Que enseñe jugando	20
	Otros	8

Del cuestionario de los docentes se extraen que los alumnos trabajan en equipos para resolución de problemas, retos y concursos. La forma de hacerlo es a través de distintos agrupamientos fundamentalmente en parejas y en pequeño grupo de 3 o 4 alumnos y alumnas. Los docentes consideran que el alumnado está motivado a la hora de abordar el área de matemáticas y la forma de mantener al alumnado motivado es a través de recompensas y halagos.

Por otro lado, los alumnos y alumnas, que son los que participan en las aulas, muestran resultados diferentes ya que informan de que no se trabaja en equipo ni se hacen agrupamientos diferentes al de pareja. En cuanto a la motivación, un grupo elevado de alumnado considera que no les gustan las matemáticas, que les estresan y angustian. El resto de alumnado une la motivación a si entienden o no la actividad que estén realizando. El alumnado además expresa las cualidades que debe tener un buen docente para mantener la motivación hacia el área de matemáticas. Las cualidades que más señalan son: que explique despacio y claro, que no se enfade, que tenga paciencia y que enseñe las matemáticas con juegos.

Proceso de representación

En la tabla 10 se recogen los datos de las respuestas de los docentes

Tabla 10. *Análisis cualitativo del cuestionario de docentes*

Indicadores	*Códigos*	*Frecuencia*
Las TIC en las matemáticas	Kahoot, genially y tablets	5
	Libro digital	14
	No las utilizo	3

En la tabla 11 se muestran los resultados de las respuestas del alumnado.

Tabla 11. *Análisis cualitativo del cuestionario del alumnado*

Indicadores	*Códigos*	*Frecuencia*
Las TIC en las matemáticas	Tablets y programas	15
	Panel interactivo y libro digital	49
	No las usamos	14

Se evaluaron entre otras estrategias y recursos, los siguientes: la utilización de materiales a la hora de representar situaciones matemáticas, el trabajar las matemáticas con modelos y con esquemas, se analizó el trabajo bidireccional y uso de las tecnologías de información y comunicación (ver Anexo 1). En cuanto a los resultados de los docentes usan las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en el aula a partir de programas creados tales como (kahoot, genially…), el libro digital e incluso se observa que 3 docentes no las utilizan.

En cuanto al alumnado, coincide con los docentes añadiendo el panel interactivo para el libro digital que ahora están utilizando.

DISCUSIÓN

Este trabajo de investigación perseguía realizar una evaluación de diagnóstico en un centro educativo para proponer después un plan de mejora. Para ello se planteó recabar información mediante un cuestionario de preguntas cerradas y abiertas que se pasó a los docentes, y uno de preguntas abiertas para el alumnado. Participaron 22 docentes y 78 estudiantes de quinto y sexto de primaria.

Sobre la consistencia interna del instrumento en nuestra muestra, los valores son similares en algunos procesos y superiores a otros presentados por Camino y Fernández-Cézar (2018), quienes realizan un estudio sobre las actitudes hacia las matemáticas y prácticas docentes. En dicho estudio utilizan el alfa de Cronbach para evaluar la consistencia interna de los ítems del cuestionario de los procesos matemáticos en la práctica docente (Alsina y Coronata, 2014). De dicho análisis obtienen un valor de ,77 que consideran un valor muy aceptable en ciencias sociales.

En cuanto al análisis de procesos en maestros en servicio están los estudios realizados por León-Mantero et al. (2020) que realizan un estudio exploratorio sobre las prácticas docentes en educación matemática empleando el mismo instrumento usado en este trabajo y concluyen que los indicadores de procesos más utilizados por los maestros y maestras son el razonamiento y prueba seguido de la resolución de problemas. En cuanto a los resultados de los datos cuantitativos obtenidos en este centro coinciden en algunos procesos resolución de problemas y razonamiento y prueba, pero no en la frecuencia, que se invierte, además de que se incorpora el de comunicación.

Resolución de problemas

En el proceso de resolución de problemas se observan bastantes contradicciones en cuanto a las respuestas dadas por los docentes y el alumnado. Las diferencias se muestran en las técnicas que el docente considera que son ensayo error, analogía y resolución inversa mientras que el alumnado hace referencia a ubicar datos, operación y solución en un problema matemático. Aunque coinciden en que los problemas versan sobre aspectos cotidianos como la compra, difieren en los materiales: los docentes hablan de material manipulable y el alumnado de lápiz, libro, cuaderno y pizarra.

Estas contradicciones pueden ser debidas a la diferente interpretación de la pregunta, que el docente es consciente de quien pregunta espera un tipo de respuesta y dan esa respuesta, aunque no sea del todo cierta. Sería interesante poder contrastar con un observador no perteneciente al centro para ganar en objetividad y honestidad para futuras investigaciones.

Los datos obtenidos nos conducen a pensar que el proceso de resolución de problemas que se está llevando a cabo en el centro es a través de una metodología tradicional y así lo muestran los datos cualitativos fundamentalmente del alumnado, aunque los docentes parecen mostrar otro tipo de metodología más activa con material manipulable. En esta línea están los estudios de Moreano et al. (2008) sobre las concepciones sobre la enseñanza de las matemáticas en docentes de primaria en las escuelas estatales. En este estudio se analizan las causas de las inconsistencias entre el discurso y la práctica estableciendo que la causa fundamental es ausencia de formación inicial, lo que impide que los docentes incorporen a las aulas metodologías más activas. Aún se sigue considerando el área de matemáticas como instrumental con una metodología repetitiva, memorística y con uso de palabras clave o ubicando el problema en datos, operación y solución.

Razonamiento y prueba

En cuanto a este proceso, los datos de los docentes muestran que la retroalimentación se da fundamentalmente a partir del error. Sorprende ver respuestas como que la retroalimentación al alumnado se da a partir de obsequios e incluso hay un pequeño grupo de docentes que no la usa.

En cuanto al alumnado, la retroalimentación coincide que es a partir del error, pero no dan información clara de cómo se lleva a cabo en las aulas más allá de poner un tic y volver a explicar la situación matemática.

Quizás el problema pueda estar en que los docentes no tengan muy claro lo que es la retroalimentación ni las ventajas que tiene para el proceso de aprendizaje del alumnado. Ambos colectivos la limitan a la corrección, no teniendo en cuenta otros tipos de retroalimentación. El estudio realizado por Muñoz-Lira (2020) sobre las prácticas de retroalimentación en matemáticas en el contexto de evaluación en docentes, muestra cómo los docentes entienden la retroalimentación, y cómo el concepto que tienen de la misma influye a la hora de llevarla a cabo, pudiendo ser éste el caso que nos ocupa. Las investigaciones llevadas a cabo por autores como Campuzano-López et al. (2021) confirman que la retroalimentación es un elemento efectivo como estrategia para mejorar el proceso formativo tanto para el docente como para los estudiantes.

Conexiones

Tal y como se observó en la tabla 1, el proceso de conexiones es el que menos se utiliza en el centro. Este dato se confirma en otros estudios como el realizados por León-Mantero et al. (2020). Al observar los datos cualitativos de los docentes (tabla 6) y la del alumnado (tabla 7) existen contradicciones en las respuestas dadas por los docentes y el alumnado. Los docentes consideran que las mayores conexiones se dan con el área de conocimiento del medio y con la educación artística que engloba la plástica y la música. Un grupo de 7 docentes declara que trabaja las matemáticas en todas las áreas. Los resultados de los docentes pueden estar condicionados por la materia que imparten, y centran los contenidos matemáticos en su área como puede ser el caso de música y educación física.

El alumnado muestra mayor coherencia en sus respuestas, al abarcar todas las áreas responden casi por unanimidad a que las mayores conexiones se dan en música y en educación física y el resto de las áreas obtiene resultados variados. Solo 8 alumnos del total dicen no trabajar las matemáticas desde ninguna otra área (tabla 7), lo que es contradictorio también con las respuestas dadas por sus compañeros. También discrepan de los docentes en que el área de conocimiento del medio sea el área con más conexiones con matemáticas. Estos resultados cuestionan si en el centro realmente se da interdisciplinaridad o solo se queda en actividades aisladas de matemáticas dentro de otras áreas. En esta línea están los estudios llevados a cabo por Andonegui (2004) quien, cuestiona también la interdisciplinaridad en los centros, asegurando que más bien se trata de intercambio de contenidos en las áreas, lo cual podría confirmar lo que sucede en este centro.

Autores como Infante-Malachias y Araya-Crisóstomo (2023) afirman que la fragmentación de los contenidos tiene poca relación con los desafíos para educar en la contemporaneidad. Consideran que la interdisciplinaridad es un elemento relevante para atender los desafíos globales. En esta misma línea va el enfoque interdisciplinar planteado por la LOMLOE, donde se plantea llevar a cabo situaciones de aprendizaje que engloben todas las materias. De los datos obtenidos y comparándolo con los estudios anteriores y con la normativa se podría confirmar que en este centro no se percibe metodología interdisciplinar sino más bien contenidos matemáticos dentro de diferentes áreas.

Comunicación

Los datos analizados de las tablas 8 y 9 muestran muchas contradicciones entre los resultados de los docentes y el alumnado en cuanto al trabajo en grupo. Esto puede ser debido a que el docente es consciente de quién realiza la pregunta y qué espera que responda, por lo que de nuevo sería interesante la figura del evaluador externo para contrastar los datos.

Los docentes afirman que trabajan en grupo mientras que el alumnado considera que no se trabaja en grupo más allá de las parejas. En cuanto a la motivación, los docentes tienen la percepción de que mantienen motivados a su alumnado mientras que el alumnado no se siente motivado hacia las matemáticas e incluso narran que les crea ansiedad, que no les gustan etc., lo cual no es percibido por el docente. Los datos nos hacen pensar de nuevo, tal y como se ha explicado en el proceso de resolución de problemas, que se están llevando a cabo en el centro metodologías tradicionales donde no tienen cabida los diferentes agrupamientos ni el aprendizaje cooperativo, aunque los docentes confirmen que esta metodología de trabajo si se está llevando a cabo. Esto se puede confirmar con los estudios realizados por Ovejero-Bernal (1993), donde analiza el aprendizaje cooperativo como alternativa eficaz a la enseñanza tradicional. En dichos estudios se muestra metodología tradicional y coincide con los datos obtenidos del alumnado en cuanto a ausencia de trabajo en grupo en matemáticas.

La motivación también es contradictoria desde el punto de vista del docente y el alumnado. El alumnado no se siente motivado e incluso las matemáticas le crean ansiedad. Los estudios, como el llevados a cabo por Sagasti-Escalona (2019), establecen que la ansiedad está muy presente en el campo de las matemáticas impidiendo un correcto aprendizaje de las mismas. Además, esto va unido a la motivación ya que indica en sus conclusiones que mejorar la actitud hacia las matemáticas significa no solo reducir la ansiedad y otras emociones negativas sino aumentar las emociones positivas hacia las matemáticas, lo que se consigue con motivación hacia las matemáticas. Con esto puede confirmarse que la ausencia de motivación del alumnado de este centro esté condicionada por las emociones negativas que le proporcionan el área de matemáticas.

Representación

De los resultados obtenidos del análisis de la tabla 1, se observa que los docentes aplican solo en ocasiones los ítems trabajados en el mismo, mientras que en el resto de los procesos excepto conexiones está la media en 4. Esto implica que en el centro no se estén usando representaciones para organizar y comunicar ideas matemáticas.

Los resultados declarados por los docentes y el alumnado (tabla10 y 11) coinciden que el uso de las TIC va unido a programas como Kahoot, libro digital y en el caso del alumnado añaden el panel interactivo que lleva puesto en el centro desde el curso pasado. No coincide la competencia digital de los docentes de este centro con el desempeño real de las aulas.

De los estudios realizados por Padilla-Escorcia y Conde-Carmona (2020), sobre formación en TIC en profesores se reporta que los docentes no utilizan adecuadamente las tecnologías, no utilizando herramientas tecnológicas que favorezcan el proceso de representación matemático debido a una ausencia de formación. En el caso de este centro, los docentes si cuentan con esta competencia tecnológica, puesto que se han formado durante dos años por el centro de formación regional del profesorado, pero por los resultados que arrojan los datos de las respuestas del alumnado y los docentes implican que no aplican esta competencia al aula con el fin de mejorar la competencia matemática de su alumnado y la suya propia.

Los docentes de este centro cuentan con formación tecnológica, pero sin embargo esta no se lleva al aula, que, sin embargo, está dotada con los recursos tecnológicos necesarios (panel interactivo y ordenador). Se utilizan las TIC, tal como muestran ambos colectivos, para mostrar los contenidos de matemáticas o para evaluar lo aprendido de ahí el uso del panel digital, del libro digital, etc. Es decir, mayoritariamente solo se usa la tecnología para la exposición de contenidos, de las múltiples ventajas de las TIC en el aula. Esto demuestra que sí que están incluidas las TIC en el aula pero que aún no están integradas en el proceso de enseñanza aprendizaje del alumnado, tal y como señala los estudios realizados por Fernández-Olivares y Dans Álvarez de Sotomayor (2022) sobre el uso de las TIC en matemáticas, quienes indican que de nada sirve cambiar la herramienta tradicional (libro de texto) por la digital (libro digital) si no se cambia la metodología en el uso de las TIC.

CONCLUSIONES

En este trabajo se pretendía realizar un diagnóstico de la realidad de un centro sobre la competencia matemática partiendo de la visión del profesorado y del alumnado para la posterior elaboración de un plan de mejora. En esta investigación la finalidad de los objetivos era conocer las metodologías y estrategias utilizadas por los docentes en la clase matemáticas, los recursos materiales y los recursos tecnológicos. Con todos los resultados obtenidos se detectarían fortalezas y debilidades de la práctica docente en cuanto a la competencia matemática con el fin de mejorarla.

En cuanto a la metodología y estrategias utilizadas por los docentes en las clases de matemáticas, los resultados obtenidos nos indican que en este centro la metodología utilizada, se basa más en los contenidos matemáticos que en los procesos de resolución de problemas, razonamiento y prueba, conexiones comunicación y representación. Esto nos indica que se emplea principalmente una metodología tradicional basada en la repetición de actividades y en la memorización de contenidos tal y como queda recogido en los diferentes estudios mencionados en este trabajo.

En cuanto a los materiales utilizados son fundamentalmente tradicionales basados en el libro de texto y los recursos tecnológicos se utilizan como una herramienta para presentar contenidos, pero no están integrados en el aula ni forman parte del proceso de enseñanza de las matemáticas.

Con todo ello podemos afirmar que este centro necesita cambiar la metodología de trabajo para favorecer la comprensión y motivación hacia el área de matemáticas por parte del alumnado. Se debe aprender a utilizar metodologías fundamentalmente activas favorecedoras del aprendizaje competencial, proponer situaciones de aprendizaje que favorezcan la interdisciplinaridad y usar las tecnologías para aprovechar las herramientas y facilitar el proceso de enseñanza aprendizaje del alumnado. Como fortaleza es importante destacar que tanto alumnado como docentes quieren realizar un cambio metodológico en el área de matemáticas. No sirve sólo con la buena voluntad hacia el cambio, es necesario mayor formación del docente en matemáticas y poner en marcha planes de mejora de la competencia matemática.

PROSPECTIVA DE FUTURO

El plan que se propondría se basaría fundamentalmente en la formación en cuanto a metodologías activas y su aplicación en el aula a través de un seminario de formación realizado en el centro por los propios docentes y un formador externo solicitado a la Administración o entidades que ayuden al centro a formarse en esta nueva forma de trabajo. En esta formación quedaría incluida la interdisciplinaridad elaborando situaciones de aprendizaje, el uso de las tecnologías, el aprendizaje cooperativo y la motivación, aspectos que se abordan desde los procesos matemáticos en este trabajo.

REFERENCIAS

Ainscow, M. (2004). El desarrollo de sistemas educativos inclusivos: ¿Cuáles son las palancas de cambio? *Journal of educational change*, 5 (4), 1-20.

Alsina, Á. (2007). El aprendizaje reflexivo en la formación permanente del profesorado: un análisis desde la didáctica de las matemáticas. *Educación matemática*, 19(1), 99-126.

Alsina, À. (2012). Más allá de los contenidos, los procesos matemáticos en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 1(1), 1-14. Doi: 10.24197/edmain.1.2012.1-14

Alsina, Á., y Coronata, C. (2014). Los procesos matemáticos en las prácticas docentes: diseño, construcción y validación de un instrumento de evaluación. *Edma 0-6: Educación matemática en la infancia*, 3(2), 23-36.

https://doi.org/10.24197/edmain.2.2014.23-36

Alsina, Á. (2016). Diseño, gestión y evaluación de actividades matemáticas competenciales en el aula. *Revista Épsilon*, 33 (92), 7-29.

Andonegui, M. (2004). Interdisciplinariedad y educación matemática en las dos primeras etapas de la educación básica. *Educere: Revista Venezolana de Educación*, 8(26), 301-308

Arnáiz-Sánchez, P., Azorín-Abellán, C. M., y García-Sanz, M. P. (2015). Evaluación de planes de mejora en centros educativos de orientación inclusiva. *Profesorado, Revista de Currículum y Formación del Profesorado*, 19(3), 326-346.

Arnáiz-Sánchez, P., y Guirao, J. M. (2015). La autoevaluación de centros en España para la atención a la diversidad desde una perspectiva inclusiva. *ACADI. Revista electrónica interuniversitaria de formación del profesorado*, 18(1), 45-101. https://doi.org/10.6018/reifop.18.1.214341

Bogdan, R., y Biklen. S. K. (1992). *Qualititative research for education; an introduction to theory and methods*. Allyn y Bacon.

Camino, A. G., y Fernández-Cézar, R. (2018). Los maestros y sus actitudes hacia las Matemáticas: un estudio sobre Educación Infantil y Primaria en España. *UNIÓN-Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 14(52)

Campuzano-López, J. G., Mero-Ponce, J. K., Zambrano-Zambrano, J. R., y Quiroz-Parrales, L. A. (2021). La retroalimentación como estrategia para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en los estudiantes. *Dominio De Las Ciencias*, 7(4), 57–69. http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2081

Chaves-Montero, A (2018). *La utilización de una metodología mixta en investigación social*. Rompiendo barreras en la investigación, 164-184.

Decreto 81/2022, de 12 de julio, por el que se establece la ordenación y currículo de Educación Primaria en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha. *Diario Oficial de Castilla-La Mancha*, *134*, de 14 de julio de 2022.

DeSeco-OCDE (2004). *Definir y seleccionar las competencias fundamentales para la vida*, en Rychen D.S. y Salganik L.H. (Eds.). Recuperado de 0020072J4.indd (deseco.ch)

Espiñeira, E. M., Muñoz, J. M., y Ziemer, M. F. (2012). La autoevaluación y el diseño de planes de mejora en centros educativos como proceso de investigación e innovación en Educación Infantil y Primaria. *REIFOP*, 15 (1), 145-155.

Fernández-Olivares, M. D., y Dans Álvarez de Sotomayor, I. (2022). Las TIC para enseñar ¿también en Matemáticas? *Cuaderno de Pedagogía Universitaria*, 19(38), 109-119.

Fullan, M. (2016). *La dirección escolar: Tres claves para maximizar su impacto*. Ediciones Morata.

Fullan, M. (2020). *Liderar en una cultura de cambio*. Ediciones Morata.

Infante-Malachias, M. E., y Araya-Crisóstomo, S. (2023). Interdisciplinariedad como desafío para educar en la contemporaneidad. *Educar em Revista*, 39, e88371. https://doi.org/10.1590/1984-0411.88371

León-Mantero, C., Solano-Pinto, N., Gómezescobar, A., y Fernández-Cézar, R. (2020).

Dominio afectivo y prácticas docentes en Educación Matemática: un estudio exploratorio en maestros. *Unión-revista iberoamericana de educación matemática*, 16(58), 129-149.

Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo. *Boletín Oficial del Estado, 238*, de 4 de octubre de 1990.

Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado, 106*, de 4 de mayo de 2006.

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa. *Boletín Oficial del Estado, 295*, de 10 de diciembre de 2013.

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado, 340*, de 30 de diciembre de 2020.

Moreano, G., Asmad, Ú., Cruz, G., y Cuglievan, G. (2008). Concepciones sobre la enseñanza de matemática en docentes de primaria de escuelas estatales. *Revista de Psicología*, 26(2), 299-334.

Murillo, F.J. y Krichesky, G.J. (2012). El Proceso de Cambio Escolar. Una Guía para Impulsar y Sostener la Mejora de las Escuelas. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 10(1), 26-43. https://doi.org/10.15366/reice2012.10.1.001

Nacional Council of Teachers of Mathematics (2000*). Principles and standards for school mathematics*. Reston, NCTM.

Niss, M. (2003). Mathematical competencies and the learning of mathematics: The Danish KOM Project. *3rd Mediterranean conference on mathematical education*, 115-124.

Mato-Vázquez, D., Espiñeira-Bellón, E. M., y Chao-Fernández, R. (2014). Dimensión afectiva hacia la matemática: resultados de un análisis en educación primaria. *Revista de investigación educativa*, 32(1), 57-72. https://doi.org/10.6018/rie.32.1.164921

Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deporte (2018). PISA 2018, Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. https://www.educacionyfp.gob.es/inee/evaluaciones-internacionales/pisa/pisa-2018

Muñoz-Lira, M. (2020). Análisis de las prácticas declaradas de retroalimentación en Matemáticas, en el contexto de la evaluación, por docentes chilenos. *Perspectiva Educacional*, 59 (2), 111-135. http://dx.doi.org/10.4151/07189729-vol.59-iss.2-art.1062

OCDE (2013). *PISA 2012 Assessment and Analytical Framework. Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/19963777

OCDE (2005). *Marcos Teóricos de PISA 2003: Conocimientos y destrezas en Matemáticas, Lectura, Ciencias y Solución de problemas*. Ministerio de Educación y Ciencia, Instituto Nacional de Evaluación y Calidad del Sistema Educativo. https://doi.org/10.1787/9789264065963-es

Orden 14/2023 de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes, de 22 de junio, por la que se regula la evaluación interna de los centros sostenidos con fondos públicos que imparten las enseñanzas no universitarias en la comunidad autónoma de Castilla-La

Mancha. *Diario Oficial de Castilla-La Mancha, 122*, de 28 de junio de 2023.

Ovejero-Bernal, A. (1993). Aprendizaje cooperativo: una eficaz aportación de la psicología social a la escuela del siglo XXI. *Psicothema*, 5(1), 373-391.

Organización de las Naciones Unidas. (2018). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2018. *Naciones Unidas*.

Padilla-Escorcia, I.A. y Conde-Carmona, R. J. (2020). Uso y formación en TIC en profesores de matemáticas: un análisis cualitativo. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 60, 116-136. https://www.doi.org/10.35575/rvucn.n60a7

Paredes-Labra, J. (2004). Cultura escolar y resistencia al cambio. Tendencias pedagógicas, 9, 131-142.

Pareja, J. A., y Torres-Martín, C. (2006). Una clave para la calidad de la institución educativa: Los planes de mejora. *Educación y educadores*, 9(2), 171-185.

Pole, K. (2009). Diseño de metodologías mixtas. Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas. Renglones: revista arbitrada en ciencias sociales y humanidades, 60. 37-42.

Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas en Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado, 293*, de 8 de diciembre de 2006.

Resolución de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes, de 22 de junio, por la que se dictan instrucciones para el curso 2022/2023 en la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha. *Diario Oficial de Castilla-La Mancha, 121*, de 27 de junio de 2022.

Rico, L. (2007). La competencia matemática en PISA. *PNA. Revista de Investigación en Didáctica de la Matemática*, 1(2), 47-66. https://doi.org/10.30827/pna.v1i2.6215

Sagasti-Escalona, M. (2019). La ansiedad matemática. *Matemáticas. educación y Sociedad*, 2(2), 1-18.

Solé, I., y Coll, C. (1993). Los profesores y la concepción constructivista. *El constructivismo en el aula*, 7-24.

Blanca Martínez Sánchez-Arévalo
Universidad de Castilla-La Mancha, España
blanca.martinez6@alu.uclm.es

Rosaura González-García
Consejería de Educación, Cultura y Deportes de Castilla-La Mancha
rrgg52@educastillalamancha.es

Raquel Fernández-Cézar
Universidad de Castilla-La Mancha, España
raquel.fcezar@uclm.es

Anexo I

Contenido de los ítems del cuestionario de los docentes: adaptado de Alsina y Coronata (2014), de las orientaciones metodológicas propuestas por el Decreto 81/2022 y las características del centro (se marcan con *)

Indicadores de procesos:

Resolución de problemas
1. Plantea situaciones problemáticas usando distintos apoyos (oral, pictórico)
2. Aplica diferentes técnicas, estrategias y formas de razonamiento. ¿Qué técnicas utiliza?*
3. Propone situaciones problemáticas de diversos tipos
4. Realiza preguntas que generen investigación y exploración
5. Permite el uso de material para resolver problemas
6. Mantiene al alumnado comprometido con el proceso
7. Desarrolla destrezas para gestionar las emociones al enfrentarse a retos matemáticos
8. Favorece la autonomía e iniciativa
9. Promueve la discusión en torno a estrategias de resolución de problemas y resultado
10. ¿Es adecuado el proceso de resolución de problemas en el centro?*
11. ¿Qué propuestas de mejora se pueden llevar en el centro?

Razonamiento y prueba
12. Invita a hacer conjeturas
13. Permite que el alumnado descubra, analice y proponga diferentes vías de resolución
14. Plantea interrogantes para que el alumnado argumente sus respuestas
15. Pide al alumnado explicaciones, justificaciones, argumentos y técnicas que utilizaron durante la resolución
16. Plantea interrogantes para que el alumnado argumente sus respuestas
17. Promueve que el alumnado compruebe conjeturas
18. Promueve el razonamiento matemático
19. Entrega retroalimentación con material concreto permitiendo pensamiento divergente
20. ¿Cómo se da esta retroalimentación?*

Conexiones
21. Considera las experiencias cotidianas del alumnado para avanzar hacia las matemáticas más formales.
22. Realiza conexiones entre los distintos contenidos matemáticos
23. Hace conexiones entre las matemáticas y otras áreas ¿En qué áreas?*
24. Desarrolla actividades matemáticas vinculadas a contextos artísticos. ¿Qué actividades?*
25. Desarrolla actividades matemáticas vinculadas con la literatura ¿Qué tipo de actividades?*
26. Genera conocimientos matemáticos a través de contextos vinculados a la psicomotricidad ¿Qué tipo de actividades?*
27. Promueve que los alumnos apliquen el conocimiento matemático a las situaciones de la vida cotidiana.

Comunicación
28. Promueve con mayor énfasis la comunicación en el aula que la entrega de información unidireccional.
29. Favorece la interacción para aprender y comprender ideas matemáticas.
30. Impulsa el intercambio de ideas matemáticas a través de diferentes lenguajes

31. Pide al alumnado explicitar con lenguaje matemático adecuado a sus estrategias y respuestas.
32. Favorece el trabajo en equipo
33. ¿Qué tipo de actividades se hacen en equipo?*
34. Utiliza agrupamientos en matemáticas
35. ¿Qué agrupamientos utilizan?*
36. Incentiva en los alumnos el respeto por la forma de pensar y de exponer sus puntos de vista en torno al contenido matemático.
37. Interviene mayoritariamente a través de preguntas más que con explicaciones
38. Motiva al alumnado a la hora de abordar las matemáticas ¿De qué forma motiva a los alumnos?
Representación
39. Utiliza materiales concretos como recursos para representar ideas matemáticas.
40. Utiliza modelos ejemplificadores (esquemas) para mostrar maneras de resolver situaciones problemáticas.
41. Trabaja con los niños las representaciones concretas (dibujos)
42. Trabaja con los niños las representaciones pictóricas.
43. Utiliza las TIC en el aula *
44. ¿Qué tipo de actividades realiza con las TIC?

Anexo II

Contenido de los ítems del cuestionario para el alumnado creado a partir de las orientaciones metodológicas propuestas por el Decreto 81/2022 y las características del centro

Indicadores de Procesos

Resolución de problemas
1. ¿Cómo ser resuelven los problemas de matemáticas en el colegio (Técnicas, estrategias y razonamiento
2. ¿Qué situaciones cotidianas se plantean en el aula?
3. ¿Qué materiales se utilizan en las clases de matemáticas para resolver problemas?
Razonamiento y prueba
4. Retroalimentación: corrección de tareas, que me dice el docente
Conexiones
5. ¿Qué actividades realizamos de matemáticas en otras áreas?
Comunicación
6. ¿Cómo me ayuda el profesor o profesora cuando no entiendo algo?
7. ¿Qué actividades realizamos en grupo?
8. ¿Estoy motivado en el área de matemáticas?
8.1 ¿Te gustan las matemáticas?
8.2. ¿Te pones nervioso o nerviosa ante las tareas de matemáticas
9. ¿Cómo tendría que ser un maestro o maestra para que esté motivado en la clase?
Representación
10. ¿Cómo se utilizan las TIC en las clases de matemáticas?

Soler, S., Selles, M. y Rosser, P. (2024). Análisis del impacto en los resultados académicos de matemáticas tras la aplicación del programa de ámbito científico. *Matemáticas, Educación y Sociedad, 7*(2), 49-62

ISSN: 2603-9982

ANÁLISIS DEL IMPACTO EN LOS RESULTADOS ACADÉMICOS DE MATEMÁTICAS TRAS LA APLICACIÓN DEL PROGRAMA DE ÁMBITO CIENTÍFICO

Seila Soler, Universidad Isabel I, España

Marta Selles, Profesora de IES, España

Pablo Rosser, Universidad Internacional de La Rioja, España

Resumen

La introducción del programa de ámbitos en España, a través de la Ley Orgánica de Educación, permite integrar materias en educación primaria y secundaria, facilitando un enfoque multidisciplinario. Este método aborda aspectos metodológicos y socioemocionales, cruciales en la transición a la Educación Secundaria. Aunque la literatura académica carece de estudios sobre los ámbitos en este nivel, experiencias internacionales respaldan su efectividad. Un estudio realizado analiza si los ámbitos afectan los resultados académicos de matemáticas en primero y segundo año de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO). Los resultados indican que, si bien se observó una mejora significativa en 1º de ESO, en 2º de ESO no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere que el impacto positivo de los ámbitos puede ser más limitado a ciertos niveles. Estas investigaciones podrían mejorar la calidad educativa, alineándose con debates globales sobre integración curricular y formación docente.

Palabras clave: *ámbitos científicos, análisis cualitativo, transición educativa.*

Analysis of the impact on academic results in mathematics following the implementation of the scientific scope program

Abstract

The introduction of the "ámbitos" program in Spain, through the Organic Law of Education, allows for the integration of subjects in primary and secondary education, facilitating a multidisciplinary approach. This method addresses methodological and socio-emotional aspects, which are crucial in the transition to secondary education. Although academic literature lacks studies on "ámbitos" at this level, international experiences support its effectiveness. A study conducted analyzes whether "ámbitos" affect academic outcomes in mathematics during the first and second years of Compulsory Secondary

Recibido: 08/02/2024; Aceptado: 29/08/2024

Education (ESO). The results indicate that while a significant improvement was observed in 1º ESO, no statistically significant differences were found in 2º ESO, suggesting that the positive impact of the "ámbitos" might be more limited to certain levels. These investigations could enhance educational quality, aligning with global debates on curricular integration and teacher training.

Keywords*: scientific domains, qualitative analysis, educational transition.*

INTRODUCCIÓN

La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, formalizó la integración de materias en ámbitos en la educación primaria y secundaria en España. Posteriormente, la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, consolidó y amplió el uso de estos programas, proporcionando el marco legislativo que respalda su implementación actual. Este enfoque multidisciplinario no solo facilita la integración de contenidos, sino que también juega un papel clave en el apoyo socioemocional de los estudiantes durante la transición a la Educación Secundaria.

Es importante definir el término Ámbitos, entendiéndolo como una metodología educativa que permite integrar los aprendizajes de diversas materias con el objetivo de establecer un desarrollo globalizado o integrador. En la Educación Secundaria, los programas de ámbitos son una forma de organizar el currículo para que el alumnado pueda aprender de manera integrada y multidisciplinaria. En lugar de estudiar asignaturas individualmente, el alumnado se centra en temas o proyectos que abarcan varias áreas de conocimiento. Esta definición es aplicable a nivel internacional y se relaciona con la Integración de Contenidos (IC), que es otra metodología educativa que busca integrar los aprendizajes de diferentes materias para lograr un desarrollo holístico (McPhail, 2018; Nikitina, 2006). Mientras que la IC se centra en la interconexión entre disciplinas para fortalecer la comprensión del estudiante sobre temas complejos, los programas de ámbitos tienden a estar más orientados hacia la creación de un enfoque pedagógico coherente que facilite la transición entre etapas educativas. La diferencia principal radica en que la IC puede aplicarse a niveles más avanzados y en entornos más especializados, como la educación superior, mientras que los programas de ámbitos se enfocan en las etapas de educación primaria y secundaria para apoyar el desarrollo socioemocional y académico en momentos críticos del crecimiento del estudiante. Según Beane (1997), la integración de contenidos puede fomentar un aprendizaje más significativo al conectar conceptos de distintas disciplinas, mientras que Drake y Reid (2018) destacan que los enfoques integrados en la Educación Secundaria pueden mejorar la motivación y la adaptabilidad de los estudiantes.

La implantación del programa de ámbitos aborda dos aspectos fundamentales en la Educación Secundaria. En primer lugar, se encuentra el aspecto metodológico y conceptual, que se refiere a la enseñanza a través de relaciones interdisciplinares entre materias. Esta metodología permite adaptar al alumnado al futuro profesional en el que deberá incorporarse, ya que en el mundo laboral actual se requiere una formación multidisciplinar y una capacidad para integrar conocimientos de diferentes áreas. En segundo lugar, está el aspecto socioemocional, relacionado con el impacto que el programa de ámbitos tiene sobre el alumnado durante la transición entre dos etapas muy complejas para los jóvenes. La Educación Secundaria es una etapa de transición entre la infancia y la edad adulta, caracterizada por cambios físicos, emocionales y sociales significativos. El programa de ámbitos puede contribuir a mejorar la adaptación de los estudiantes a esta etapa, proporcionando un entorno de aprendizaje más cohesivo y menos fragmentado.

Al integrar varias materias en un marco interdisciplinario, los estudiantes pueden ver cómo los diferentes campos del conocimiento se relacionan entre sí, lo que facilita una comprensión más profunda y aplicable a la vida real. Además, según estudios como los de Eccles y Roeser (2011), un enfoque educativo que integre contenidos puede reducir el estrés académico y mejorar la autoestima de los estudiantes, lo que es crucial durante la adolescencia. Este enfoque integrado es crucial para preparar a los estudiantes para los desafíos del mundo real, donde las disciplinas se intersectan constantemente.

Es importante destacar que la implantación del programa de ámbitos en la Educación Secundaria es una iniciativa que ha sido respaldada por la legislación española, y que se ha demostrado efectiva en otros contextos educativos internacionales. La integración de contenidos de diferentes materias en proyectos comunes puede mejorar la calidad de la enseñanza y preparar a los estudiantes para los desafíos del mundo laboral actual.

La literatura actual muestra una carencia de estudios prácticos que exploren la implementación de los programas de ámbitos en la Educación Secundaria. Sin embargo, los programas de diversificación curricular pueden considerarse como los más cercanos en términos de similitud. En este sentido, se pueden mencionar los estudios realizados por Torrego y Leal (2009) como un ejemplo de ello.

Las referencias bibliográficas que abordan los beneficios de este tipo de programas incluyen a Montoya y De Diego (2000), quienes sostienen que la organización curricular de los ámbitos, en los que se integran los contenidos de las distintas áreas que los componen, permite destacar las conexiones entre los distintos contenidos, otorgándoles mayor sentido y facilitando, de esta manera, el aprendizaje. Además, destacan que la metodología utilizada en estos programas potencia el trabajo en grupo y otorga importancia a la actividad del alumnado.

La metodología de trabajo por ámbitos, que integra aprendizajes de diversas materias en torno a proyectos comunes, ofrece claros beneficios para el aprendizaje globalizado e integrador. Esta metodología no solo favorece la comprensión de los contenidos al establecer conexiones entre distintas áreas, sino que también potencia el trabajo en grupo y fomenta una participación activa del alumnado.

Gabric (2011) sugiere que los profesores de matemáticas y biología en el ámbito de secundaria deberán mirar más allá de los límites de sus áreas de contenido y ayudar al alumnado a establecer conexiones entre ambas materias. Menciona ejemplos concretos de cómo los conceptos matemáticos se pueden aplicar en el aula de biología. En tal sentido, describe un laboratorio sobre la energía que se encuentra en los alimentos, donde el alumnado pueda recopilar datos y luego calcular el contenido de energía en sus muestras de alimentos utilizando ecuaciones relativamente simples. Como contraposición, señala que algunos estudiantes tienen dificultades para aplicar las matemáticas que supuestamente ya saben, lo que destaca la importancia de integrar conceptos matemáticos en la enseñanza de la biología y ayudar a los estudiantes a identificar las conexiones existentes entre las dos materias.

Para Cozzens y Roberts (2011) la introducción del uso de materias como la biología y las matemáticas en la educación es fundamental para el desarrollo de habilidades y conocimientos en los estudiantes. Aunque la matemática ha sido reconocida como una parte fundamental del aprendizaje escolar, la relación entre las matemáticas y las ciencias biológicas ha sido comprendida por muy pocos. Es por eso por lo que se han desarrollado proyectos como *BioMath Materials for High School Students*, que buscan integrar la biología y las matemáticas en las aulas de Educación Secundaria. Los profesores están interesados por contar con nuevos materiales para sus clases y participar en talleres y actividades innovadoras que les permitan enseñar de manera más efectiva. La importancia de fusionar estas dos materias radica para Cozzens y Roberts (2011) en que la biología es una disciplina que se encuentra en constante evolución y que requiere de herramientas matemáticas para su comprensión y análisis.

Como antecedentes en proyectos de investigación sobre la necesidad de implementar programas de integración de contenidos, podemos destacar el Programa PRISM (*Problems and Research Integrating Science and Mathematics*), parte del programa GK-

12 (*Graduate STEM Fellows in K-12 Education*) de Emory University en Atlanta, Georgia. Este programa tenía como objetivo conectar e integrar disciplinas científicas, principalmente biología y matemáticas, para mejorar la educación científica en niveles K-12. El programa ofrecía a estudiantes de posgrado y futuros profesores la oportunidad de colaborar con maestros locales para desarrollar lecciones y actividades que integraran estas disciplinas en contextos del mundo real. Al conectar biología y matemáticas, el programa buscaba ayudar a los estudiantes a comprender cómo estas disciplinas se interrelacionan y cómo pueden aplicarse conjuntamente para abordar problemas científicos complejos (Marsteller et al., 2017). De esta manera, el Programa PRISM en Emory es un ejemplo de una iniciativa diseñada para mejorar la enseñanza de las ciencias a través de un enfoque interdisciplinario.

Iniciativas en alumnado de postgrado, llevadas a cabo sobre jóvenes investigadores, son las recogidas por Auer (2023), quien hace referencia a la conferencia BIOMATH 2023 *International Conference and School for Young Scientists*, realizada en Pomorie, Bulgaria, del 18 al 23 de junio de 2023. El evento tuvo como objetivo reunir a investigadores y jóvenes científicos de todo el mundo para discutir y presentar investigaciones en el campo de la biomatemática, un área interdisciplinaria que integra la biología y las matemáticas, con aplicaciones en campos como la vigilancia de enfermedades, la ingeniería de tejidos, la biomecánica y la gestión de desastres. La conferencia incluyó presentaciones clave, charlas y pósters sobre una amplia variedad de temas relacionados con esta disciplina. La escuela para jóvenes científicos ofreció, además, oportunidades para que los jóvenes presentaran sus propias investigaciones y establecieran conexiones con otros científicos y expertos en el área. Según Auer (2023), la importancia de este tipo de iniciativas radica en la promoción de la investigación en campos interdisciplinarios y en la creación de redes que permitan a los jóvenes científicos aprender y colaborar. Asimismo, la biomatemática resulta especialmente atractiva y relevante para los estudiantes de secundaria, ya que puede despertar su interés en la ciencia y la tecnología al mostrar cómo las matemáticas pueden aplicarse de manera práctica en el estudio de la biología.

Este tipo de iniciativas, como la BIOMATH 2023 *International Conference and School for Young Scientists*, pueden inspirar a los estudiantes de secundaria a explorar campos científicos interdisciplinarios y a considerar opciones de carrera en estos ámbitos, siempre que se valore y se transmita al alumnado la importancia de vincular contenidos de distintas ramas o asignaturas. En tal sentido, acciones similares para el desarrollo de proyectos concretos para trabajar temas afines o similares en los contenidos propios de diversas asignaturas, por diversos motivos, como pudieran ser evitar solapamientos o dar una visión más global desde distintas disciplinas.

Un ejemplo relevante es el estudio de Da Silva et al. (2004), que explora cómo los profesores de ciencias naturales en la Educación Secundaria conciben la interdisciplinariedad y cómo desarrollarían un trabajo interdisciplinario a partir de un tema común, como el efecto invernadero. El estudio se enfoca en la integración de materias como biología, química y física, y se llevó a cabo en el contexto del proyecto Pró-Ciências, un programa de formación continua para profesores de enseñanza secundaria en Brasil. A través de este enfoque interdisciplinario, los docentes pretendían abordar el efecto invernadero desde múltiples perspectivas científicas, promoviendo una comprensión más integral del tema. Estos enfoques no solo fomentan una comprensión más profunda de los contenidos, sino que también preparan a los estudiantes para enfrentarse a problemas complejos en su vida académica y profesional, donde la integración de conocimientos de diferentes áreas es clave.

Al centrarnos en los beneficios de aplicar la conexión BioMath en la enseñanza de la biología, Gabric (2011) destaca que estos son significativos, especialmente en relación con la investigación biológica, la cual se está expandiendo rápidamente hacia áreas como la biotecnología, la bioestadística, la bioinformática y la modelización biomatemática. Esta expansión implica que los investigadores necesitan desarrollar habilidades tanto matemáticas como biológicas. Integrar conceptos matemáticos en la enseñanza de la biología puede ayudar a los estudiantes a adquirir estas habilidades, preparándolos para futuras carreras en biología y en campos afines. Además, al manipular datos matemáticamente, los estudiantes logran una comprensión más profunda de los procesos discutidos, lo que se refleja positivamente en sus evaluaciones. En este sentido, esto se relaciona con la posibilidad de abordar ciertos contenidos desde perspectivas más amplias, lo que facilita la adaptación a la Ley Orgánica de Modificación de la Ley Orgánica de Educación (LOMLOE) y responde a la necesidad imperiosa de crear Situaciones de Aprendizaje.

Se observan beneficios en otros niveles más socioemocionales, lo que justifica la necesidad de aplicar el programa de ámbitos, como la transición entre el sistema organizativo de la educación primaria y el sistema organizativo de la Educación Secundaria. Una transición bien planificada permite a los estudiantes iniciar la etapa de secundaria en las mejores condiciones posibles. Este proceso adecuado puede influir positivamente en los jóvenes, mejorando su confianza, desempeño académico y capacidad para integrarse socialmente. Además, puede ayudar a reducir el estrés y la ansiedad que a menudo experimentan los estudiantes al cambiar de escuela y de entorno educativo (Eccles y Roeser, 2011).

Sobre este aspecto, se ha debatido ampliamente cómo debería llevarse a cabo la transición entre la educación primaria y secundaria. Sebastián Fabuel (2015) realiza una reflexión exhaustiva sobre este proceso, destacando la necesidad de que la transición sea un proceso gradual y cuidadosamente planificado. El autor propone que esta transición debería comenzar en el último año de primaria y extenderse hasta finalizar el primer curso de secundaria, asegurando así una adaptación más suave para los estudiantes. La continuidad en el ámbito de enseñanza-aprendizaje es crucial, ya que contribuye significativamente al bienestar emocional de los estudiantes y a su rendimiento académico. Sebastián Fabuel (2015) subraya la importancia de mejorar la coordinación entre las diferentes instituciones educativas, sugiriendo la creación de grupos de trabajo interinstitucionales y la elaboración de planes de acción conjuntos que faciliten esta transición.

Además, en la misma línea de asegurar una transición efectiva, es vital el papel que juegan los padres en este proceso. Isorna et al. (2013) destacan que los padres son la influencia más determinante en la vida de sus hijos durante esta etapa de transición, lo que subraya la importancia de involucrarlos activamente en el proceso de cambio. Una transición bien gestionada no solo debe centrarse en la coordinación entre las instituciones educativas, sino también en la participación de las familias, asegurando así un apoyo integral al estudiante.

Tonkin y Watt (2003) explicaron que la transición de la educación primaria a la secundaria afectaba negativamente el autoconcepto de los estudiantes, debido a que, una vez que llegaban a este punto, la escuela se volvía significativamente más grande, los estándares académicos eran más exigentes, los círculos sociales y la presión de grupo cambiaban profundamente, la disciplina se manejaba de manera más estricta, y los estudiantes a menudo sentían que su desempeño era valorado públicamente y que tenía implicaciones de por vida.

Quizás la explicación que resultaba de mayor relevancia para la casuística de este centro era la de Pratt y George (2005), quienes señalaron que, en la mayoría de las escuelas primarias, los estudiantes recibían enseñanza principalmente en un aula, con un grupo de compañeros conocidos y con uno o tres docentes como máximo. En cambio, al llegar a la secundaria, los estudiantes interactuaban con muchos y diferentes compañeros en distintas aulas, con más profesores y con expectativas diversas en cuanto a su desempeño, cometido y responsabilidad.

En este sentido, es importante destacar que los programas de ámbitos permitían una organización curricular más integrada e interdisciplinaria, facilitando la transferencia de conocimientos, evitando la segmentación en bloques estancos, fomentando la continuidad entre etapas educativas y contribuyendo, finalmente, a una transición más fluida y a una mayor coherencia en el proceso educativo del alumnado.

En este sentido, Torrego y Leal (2009) analizaron dos centros educativos diferentes y obtuvieron varios resultados. En cuanto a los resultados académicos, se observó que la mayoría de los alumnos que participaron en los programas de diversificación curricular obtuvieron el título de Graduado en Educación Secundaria Obligatoria. Además, se realizó un seguimiento de la trayectoria escolar de estos alumnos, y se encontró que muchos continuaron sus estudios en ciclos formativos o en enseñanzas de Bachillerato.

En cuanto a estudios sobre la viabilidad de la creación de programas que integren los contenidos (IC), a nivel internacional, destaca el realizado por Niemelä (2021), quien se enfocó en explorar la preparación de los estudiantes de magisterio para generar temas integradores entre asignaturas e identificar las diferencias específicas en la potencialidad de los sujetos para ser integrados. El cuestionario utilizado en el estudio exploró la preparación de los estudiantes de magisterio para crear temas integradores entre asignaturas, y se encontró que la materia era la principal variable de correlación.

OBJETIVOS

Los objetivos del presente estudio son determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en el número de aprobados entre los cursos sin ámbitos y con ámbitos en primer año de ESO, y si existen diferencias estadísticamente significativas en el número de aprobados entre los cursos en los que los alumnos habían cursado ámbitos en primer año de ESO y los alumnos que no lo habían hecho en segundo año de ESO, a partir del análisis estadístico de los resultados académicos de matemáticas antes y después de la implantación de los ámbitos en el IES.

En tal sentido, las hipótesis de trabajo del presente estudio son las siguientes:

Por un lado, la hipótesis nula (H0) establece que no existen diferencias estadísticamente significativas en el número de aprobados entre los cursos sin ámbitos y con ámbitos en primer año de ESO, y que no existen diferencias estadísticamente significativas en el número de aprobados en segundo año de ESO entre los cursos en los que los alumnos habían cursado ámbitos en primer año de ESO y los alumnos que no lo habían hecho.

Por otro lado, la hipótesis alternativa (H1) plantea que sí existen diferencias estadísticamente significativas en el número de aprobados entre los cursos sin ámbitos y con ámbitos en primer año de ESO, y que sí existen diferencias estadísticamente significativas en el número de aprobados en segundo año de ESO entre los cursos en los que los alumnos habían cursado ámbitos en primer año de ESO y los alumnos que no lo habían hecho.

Por lo tanto, el presente estudio busca poner a prueba estas hipótesis a través del análisis estadístico de los resultados académicos de matemáticas antes y después de la implantación de los ámbitos en el IES.

METODOLOGÍA

Para integrar las materias de biología y matemáticas en 1º de ESO, se elaboró un dossier de integración de los contenidos de ambas asignaturas, elaborado por docentes de ambos departamentos, con el objetivo de garantizar la adquisición de estos contenidos. Para lograr una adecuada integración, se llevaron a cabo reuniones periódicas entre los departamentos de biología y matemáticas, donde se definieron los objetivos y contenidos que se integrarían en la metodología de los ámbitos. Este dossier fue utilizado de manera consistente en todos los cursos en los que se recogieron datos, asegurando así la uniformidad en la metodología aplicada. A partir del curso 2020-2021, se implementó el programa de ámbitos en el IES, lo que permitió observar de manera más precisa su impacto en el rendimiento académico de los estudiantes.

Para la elaboración del presente estudio se optó por una metodología de carácter cuantitativo, a partir de los datos recogidos desde el curso 2013-2014 hasta la actualidad, lo que equivale a un total de 10 años. Se utilizó un diseño de estudio de caso, con análisis cuantitativo, para evaluar la efectividad de la metodología de los ámbitos en la enseñanza de matemáticas en la Educación Secundaria.

La muestra sobre la que se desarrolló el estudio de caso ascendió a un total de 1.300 alumnos para 1º de ESO y 820 para 2º de ESO. Los datos que se tomaron para la muestra fueron el porcentaje de aprobados en la materia de matemáticas durante los años en los que se recogieron los datos.

Se realizaron dos contrastes de hipótesis distintos, uno para los alumnos de 1º de ESO y otro para los de 2º de ESO, debido a las diferencias en la estructura y condiciones de ambos grupos. Para el análisis de los datos, se utilizaron dos pruebas estadísticas: la prueba Chi-cuadrado y la prueba de Diferencia de Proporciones.

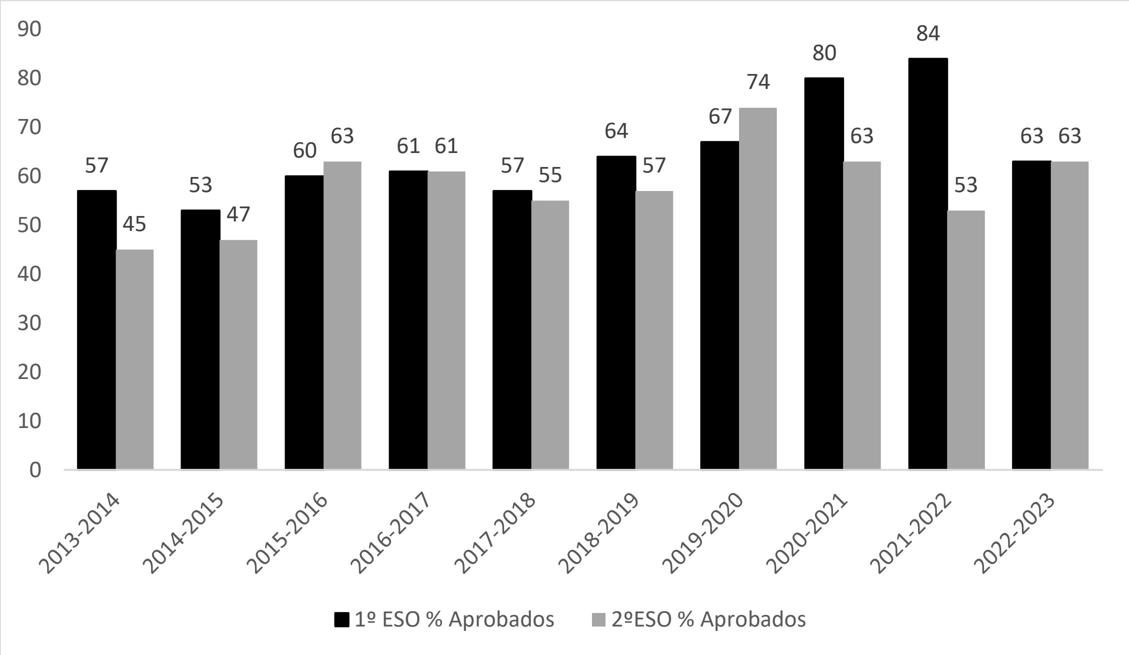
La prueba Chi-cuadrado, que es no paramétrica, se empleó para evaluar si existían diferencias significativas en la distribución de los aprobados entre los grupos de estudio, siendo adecuada para analizar variables categóricas. Por otro lado, la prueba de Diferencia de Proporciones, que es paramétrica, se utilizó para comparar las proporciones de aprobados entre dos grupos independientes, proporcionando un análisis complementario que refuerza la validez de los hallazgos obtenidos. La combinación de ambas pruebas permitió una evaluación robusta y detallada de los datos, garantizando la precisión y fiabilidad de los resultados.

Es importante destacar que la metodología cuantitativa empleada permitió obtener resultados objetivos y medibles sobre la efectividad de la metodología de los ámbitos en la enseñanza de matemáticas en la Educación Secundaria. Además, el uso de pruebas estadísticas rigurosas validó los resultados obtenidos, asegurando la fiabilidad de los mismos.

RESULTADOS

La recolección de datos permitió documentar la evolución del porcentaje de aprobados en la materia de matemáticas desde 2013 hasta 2023, como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. *Evolución de aprobados en matemáticas para 1º y 2º de la ESO entre los años 2013 a 2023. Fuente: Elaboración propia.*



Del análisis descriptivo se observa una tendencia general al alza en el porcentaje de aprobados en 1º de ESO durante los últimos 10 años, aunque con algunas fluctuaciones. En el curso 2013-2014, el porcentaje de aprobados en 1º de ESO fue del 57%, alcanzando un máximo del 84% en el curso 2021-2022. No obstante, para el curso 2022-2023 se proyecta una disminución significativa, con un porcentaje estimado del 63%. Esta estimación se basa en los datos de los dos primeros trimestres del curso 2022-2023, ya que los datos del tercer trimestre aún no están disponibles al momento de esta presentación de este estudio.

En cuanto al porcentaje de aprobados en 2º de ESO, también se observa una tendencia general al alza, aunque con variaciones más pronunciadas que en 1º de ESO. En el curso 2013-2014, el porcentaje de aprobados en 2º de ESO fue del 45%, alcanzando su máximo en el curso 2019-2020, con un 74% de aprobados. Para el curso 2022-2023, se proyecta un porcentaje de aprobados del 63%.

En general, se puede concluir que ha habido una mejora en el porcentaje de aprobados en ambos cursos durante los últimos 10 años, aunque con algunas fluctuaciones. Cabe destacar que, en el curso 2022-2023, tanto en 1º como en 2º de ESO se espera un porcentaje de aprobados coincidente del 63%.

En cuanto a la primera prueba no paramétrica, el Chi-cuadrado, utilizada para evaluar las diferencias en el número de aprobados en matemáticas antes y después de la implantación de los ámbitos en el IES, los datos obtenidos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. *Resultados de la prueba no paramétrica Chi-cuadrado*

		Prueba no paramétrica (Chi-cuadrado) SPPS 15
	1º ESO	*2º ESO*
Estadística chi-cuadrado	32,026	0,004
P-valor (bilateral)	0,000<0,05 Rechazamos	0,952>0,05 No rechazamos
N total	1321	1265

Para 1º de ESO, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en el número de aprobados entre los cursos sin ámbitos y los cursos con ámbitos ($\chi^2 = 32{,}026$, $p < 0{,}05$). Sin embargo, en 2º de ESO, no se encontró una diferencia estadísticamente significativa en el número de aprobados entre los estudiantes que cursaron ámbitos en 1º de ESO y aquellos que no lo hicieron ($\chi^2 = 0{,}004$, $p > 0{,}05$). Estos resultados sugieren que la implantación de los ámbitos puede tener un impacto positivo en los resultados académicos de matemáticas en 1º de ESO, pero no necesariamente en 2º de ESO. Sin embargo, es importante considerar otros factores que podrían influir en los resultados académicos, como la calidad de la enseñanza y el nivel de motivación de los estudiantes.

En cuanto a la segunda prueba, la paramétrica de diferencia de proporciones utilizando el software STATA 9, los resultados se presentan en la Tabla 2. Esta prueba se utilizó para comparar la proporción de éxitos (en este caso, el número de aprobados en matemáticas) entre dos grupos independientes (cursos con y sin ámbitos). El resultado de la prueba se expresa en términos de un estadístico Z y un valor p, que indican si existe una diferencia estadísticamente significativa entre las proporciones de éxitos en los dos grupos.

TABLA 2. *Resultados de la prueba paramétrica de diferencia de proporciones*

		Prueba no paramétrica (Chi-cuadrado) SPPS 15
	1º ESO	*2º ESO*
Estadística Z	5,75	-0,13
P-valor (bilateral)	0,000<0,05 Rechazamos	0, 899>0,05 No rechazamos
N total	1321	1265

Los resultados indican que en 1º de ESO se encontró una diferencia estadísticamente significativa en el número de aprobados entre los cursos con y sin ámbitos, lo que sugiere que la implantación de los ámbitos tuvo un impacto positivo en los resultados académicos de matemáticas en este curso. Sin embargo, en 2º de ESO no se observó una diferencia significativa, lo que indica que los ámbitos no tuvieron el mismo impacto en este nivel.

En resumen, los resultados de las pruebas sugieren que la implantación de los ámbitos puede ser una estrategia efectiva para mejorar los resultados académicos en matemáticas en 1º de ESO, pero se requieren más investigaciones para comprender mejor cómo los ámbitos pueden ser optimizados para mejorar los resultados académicos en 2º de ESO.

DISCUSIÓN

En primer lugar, es importante destacar la escasez de estudios académicos que se centren específicamente en los resultados o la viabilidad de la implementación de programas de ámbitos científicos (matemáticas-biología) en nuestro país. Esta falta de investigaciones limita la posibilidad de comparar los datos recogidos y alcanzar conclusiones más sólidas.

Sin embargo, a nivel internacional, sí se han realizado estudios que exploran la integración de contenidos en diversas materias. Por ejemplo, Niemelä (2021) encontró que las matemáticas y las ciencias naturales presentan un alto potencial de integración, especialmente dentro del marco STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas), que ha ganado relevancia en los últimos años.

Además, el papel de las matemáticas en la educación interdisciplinaria STEM ha sido ampliamente documentado. Maass et al. (2019) abogan por la promoción de habilidades del siglo XXI a través de una educación de alta calidad que integre de manera coherente las matemáticas con otras disciplinas científicas, como la biología. Este enfoque se alinea con la creciente necesidad de desarrollar en los estudiantes habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, como se destaca en una revisión sistemática realizada por Margot y Kettler (2019).

Por otro lado, estudios como los de Roehrig et al. (2021) subrayan la importancia de la coherencia y la integración en los currículos STEM, especialmente para garantizar que las matemáticas no se enseñen de manera aislada, sino como parte de una comprensión científica más amplia. Este enfoque integrado es crucial para preparar a los estudiantes para los desafíos del mundo real, donde las disciplinas se intersectan constantemente.

En segundo lugar, sería interesante ampliar este estudio con un análisis de los resultados obtenidos por los mismos alumnos en el ámbito sociolingüístico, con el fin de evaluar si los beneficios observados en la integración de las materias científicas también se extienden a otras áreas del conocimiento.

En tercer lugar, es esencial recopilar datos sobre el nivel de satisfacción del alumnado que ha cursado estos programas, dado que una de las razones mencionadas para su implementación era facilitar la transición entre etapas educativas. En este sentido, estudios como el de Navarro (2006) han demostrado la importancia de comprender la satisfacción de los estudiantes y padres para mejorar los programas educativos.

Por último, es importante situar este debate dentro del contexto más amplio de las discusiones educativas globales. Por ejemplo, Vitikka et al. (2016) exploraron el debate en Finlandia sobre si el currículo debe centrarse más en materias individuales o en enfoques integrados. Sus hallazgos subrayan la importancia de continuar explorando y refinando los programas educativos integrados, particularmente en cómo pueden adaptarse para satisfacer las necesidades de poblaciones estudiantiles diversas.

Además, la integración de contenidos también requiere una reflexión sobre los programas de formación docente para la enseñanza en la Educación Secundaria Obligatoria. La formación de los docentes debe incluir la integración del conocimiento del contenido con el conocimiento pedagógico, permitiendo a los profesores reflexionar sobre cómo enseñar de manera efectiva y adaptar su enseñanza a las necesidades de los estudiantes. Griffin et al. (1996) proponen que los maestros combinen su conocimiento del contenido con su comprensión de la enseñanza y el aprendizaje para ayudar a los estudiantes a comprender mejor los conceptos y habilidades. Este enfoque también incluye estrategias prácticas para que los docentes integren los contenidos de manera efectiva en su enseñanza.

CONCLUSIONES

El presente estudio ha demostrado que la metodología de los ámbitos puede ser beneficiosa para el aprendizaje de los estudiantes de matemáticas en la Educación Secundaria. Los resultados indican que el porcentaje de aprobados es mayor en los cursos que utilizan la metodología de los ámbitos en comparación con los cursos que no la utilizan. Esto sugiere que la integración de contenidos de diferentes materias puede ser una alternativa efectiva a la enseñanza tradicional de asignaturas individuales.

Además, los resultados del estudio no encontraron diferencias estadísticamente significativas en el número de aprobados entre los cursos en los que los alumnos habían cursado ámbitos en primer año de ESO y los alumnos que no lo habían hecho en segundo año de ESO. Esto sugiere que la metodología de los ámbitos puede tener un efecto a largo plazo en el aprendizaje de los estudiantes.

Es importante destacar que, aunque no se han realizado muchos estudios académicos sobre la viabilidad de la aplicación de los programas de ámbitos científicos en España, los resultados de este estudio son coincidentes con estudios internacionales que respaldan la integración de contenidos de diferentes materias en la enseñanza de las ciencias.

Este estudio aporta evidencia de que la metodología de ámbitos representa una opción viable y prometedora frente a los métodos convencionales basados en la enseñanza de materias de manera aislada en el nivel de educación secundaria. Los hallazgos indican un impacto beneficioso en el rendimiento académico de los estudiantes en matemáticas, lo que apunta a la eficacia de esta estrategia pedagógica para fomentar un aprendizaje más integrado y cohesivo. No obstante, es crucial llevar a cabo investigaciones adicionales para consolidar estos hallazgos y examinar la aplicabilidad y efectividad de los programas de ámbitos en una variedad más amplia de contextos y disciplinas educativas.

La relevancia de este estudio radica en su capacidad para iluminar el camino hacia la innovación pedagógica en la Educación Secundaria, instando a una reflexión profunda sobre las prácticas de enseñanza actuales. Se anima a los docentes y a quienes formulan las políticas educativas a considerar la adopción y ampliación de los programas de ámbitos, subrayando la importancia de proveer a los educadores con las herramientas y el entrenamiento necesarios para navegar con éxito esta transición hacia enfoques más integradores del aprendizaje.

Asimismo, se enfatiza la necesidad de implementar investigaciones longitudinales que profundicen en el entendimiento de los impactos prolongados de la metodología de ámbitos sobre el progreso académico y personal de los estudiantes. Es de especial interés analizar cómo esta integración curricular incide en distintas competencias y áreas de conocimiento, incluyendo el desarrollo socioemocional y la adaptabilidad de los estudiantes ante los retos educativos contemporáneos.

REFERENCIAS

Auer, C. (2023). BIOMATH 2023 International Conference and School for Young Scientists: A Personal View. *Biomath Communications, 10*(1), 1-4. https://doi.org/10.55630/bmc.2023.08.287

Beane, J. A. (1997). *Curriculum integration: Designing the core of democratic education*. Teachers College Press.

Cozzens, M. B., & Roberts, F. S. (2011). *Biomath in the Schools*. American Mathematical Society.

Da Silva, T. G., De Andrade, A. M., Caluzi, J. J., y Nardi, R. (2004). Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação em serviço. *Ciência & Educação, 10*(2), 277-289. https://doi.org/10.1590/S1516-

731320040002000009

Drake, S. M., y Reid, J. L. (2018). Integrated curriculum as an effective way to teach 21st century capabilities. *Asia Pacific Journal of Educational Research, 1*(1), 31-50.

Eccles, J. S., y Roeser, R. W. (2011). Schools as developmental contexts during adolescence. *Journal of Research on Adolescence, 21*(1), 225-241. https://doi.org/10.1111/j.1532-7795.2010.00725.x

Gabric, K. (2011). The awakening of a high school biology teacher to the BioMath connection. M. B. Cozzens, Fred S. Roberts (Eds) *In BioMath in the Schools* (pp.109-112).

Griffin, L., Dodds, P., y Rovegno, I. (1996). Pedagogical Content Knowledge for Teachers: Integrate Everything You Know to Help Students Learn. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance, 67*(9), 58-61. https://doi.org/10.1080/07303084.1996.10604857

Isorna, M., Navia, C., y Felpeto, M. (2013). La transición de la Educación Primaria a la Educación Secundaria: sugerencias para padres. *Innovación educativa, 23*, 161-177.

Maass, K., Geiger, V., y Goos, M. (2019). The role of mathematics in interdisciplinary STEM education. *International Journal of STEM Education, 6*(1), 1-14.

Margot, K. C., y Kettler, T. (2019). Teachers' perceptions of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education, 6*(1), 2-13.

Marsteller, P., de Pillis, L., Findley, A., Joplin, K., Pelesko, J., Nelson, K., Thompson, K., Usher, D., y Watkins, J. (2017). Toward integration: From quantitative biology to mathbio-biomath? CBE—Life Sciences Education, 9(3), 165-171. https://doi.org/10.1187/cbe.10-03-0053

McPhail, G. (2018). Curriculum Integration in the Senior Secondary School: A Case Study in A National Assessment Context. *Journal of Curriculum Studies 50* (1). 56-76. https://doi.org/10.1080/00220272.2017.1386234

Montoya, M. M., y De Diego, M. (2000). Del mamut a la hamburguesa: una propuesta de trabajo para el ámbito sociolingüístico. *Cuadernos de pedagogía, 293*, 82-86.

Navarro, C. (2006). Los Programas de Diversificación Curricular: ¿qué opinan los alumnos que los han cursado? *Revista española de pedagogía, 64*(233), 123-141.

Niemelä, M. (2022). Subject matter specific curriculum integration: a quantitative study of finnish student teachers' integrative content knowledge. *Journal of Education for Teaching: JET, 48*(2), 228-240. https://doi.org/10.1080/02607476.2021.1989288

Nikitina, S. (2006). Three Strategies for Interdisciplinary Teaching: Contextualizing, Conceptualizing, and Problem-Centring. *Journal of Curriculum Studies, 38* (3), 251-271. https://doi.org/10.1080/00220270500422632

Pratt, S. y George, R. (2005). Transferring friendship: girls' and boys' friendships in the transition from primary to secondary school. *Children & Society, 19*(1), 16-26

Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H.-H., y Park, M. S. (2021). Is the STEM pipeline universal? Variation in STEM access and awareness across secondary students. *International Journal of Science Education*, *43*(12), 1921-1943.

Sebastián Fabuel, V. (2015). *Una reflexión sobre las transiciones educativas. De* *primaria a secundaria: ¿Traspaso o acompañamiento? Edetania, 48*, 159-183.

Tonkin, S. y Watt, H. (2003). Self-concept over the transition from primary to secondary school: A case study on a program for girls. *Educational Research, 13*(2), 27-54.

Torrego, L., y Leal, P. (2009). Estudio evaluativo de casos sobre el ámbito científico y tecnológico de los programas de diversificación curricular. *Educacion y diversidad, 3,* 195-218.

Vitikka, E., Krokfors, L,. y Rikabi, L. (2016). The Finnish National Core Curriculum: Design and Development. In *Miracle of Education: The Principles and Practices of Teaching and Learning in Finnish Schools, edited by Hannele Niemi, Auli Toom, and Arto Kallioniemi*, pp (83-90). 2nd ed. Rotterdam: Sense Publishers

Seila Soler
Universidad Isabel I, España
seilaaixa.soler@ui1.es

Marta Sellés
Profesora de IES, España

Pablo Rosser
Universidad Internacional de la Rioja, España
pablo.rosser@unir.net

MES