

Destrezas comunicativas mediante lenguaje matemático: Una clave para el desarrollo tecnológico



Communication skills through mathematical language: A key to technological development

OPEN ACCESS

EDITADO POR
Mardel Morales-García
Universidad Peruana Unión,
Lima, Perú

Eugenio M. Fedriani¹, Ana M. Martín-Caraballo¹, Concepción Paralera-Morales¹, Ángel F. Tenorio^{1*}

¹Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España

CORRESPONDENCIA

Ángel F. Tenorio
✉ aftenvil@upo.es

RECIBIDO 23 noviembre 202x
ACEPTADO 20 abril 2023
PUBLICADO 03 julio 2023

CITACIÓN

Fedriani, E. M., Martín-Caraballo, A. M., Paralera-Morales, C. & Tenorio, A. F. (2023). Destrezas comunicativas mediante lenguaje matemático: Una clave para el desarrollo tecnológico. *Apt. Univ.*, 13 (3), <https://doi.org/10.17162/au.v13i3.1520>
ISSN. 2304-0335
doi: <https://doi.org/10.17162/au.v13i3.1520>

COPYRIGHT

© 2023 Este es un artículo escrito por Fedriani, Martín-Caraballo, Paralera-Morales y Tenorio, presentado para su posible publicación de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). La licencia CC BY permite el uso, distribución y reproducción del artículo en otros foros, siempre y cuando se den crédito al autor(es) original(es) y al propietario de los derechos de autor, y se cite la publicación original en esta revista, de acuerdo con la práctica académica aceptada. Cualquier uso, distribución o reproducción que no cumpla con estos términos está prohibido.

Resumen

El lenguaje matemático es una segunda lengua clave para el desarrollo tecnológico. En este estudio se describen las similitudes entre el lenguaje matemático y otros idiomas desde la perspectiva del aprendizaje para hablantes no nativos. Desarrollando la formulación de cada competencia idiomática en el lenguaje matemático y haciendo uso de ejemplos de situaciones evaluativas. Asimismo, se subrayan los fundamentos de la enseñanza de idiomas para trasladarlos al aprendizaje del lenguaje matemático y, a su vez, al aprendizaje de las propias matemáticas. Igualmente, se han resaltado las ventajas del lenguaje formal y las matemáticas para el desarrollo tecnológico y su aplicación a la enseñanza y acreditación de las segundas lenguas. En conclusión, se describió cómo analizar la competencia del alumnado en el uso del lenguaje matemático, ya que su uso fluido resulta esencial para comunicar y expresar conocimientos en las diferentes disciplinas científicas.

Palabras clave

lenguaje matemático, destrezas comunicativas, comunicación científica, enseñanza de segundo idioma, alfabetización tecnológica, innovación didáctica.

Abstract

Mathematical language is a key second language for technological development. This study describes the similarities between mathematical language and other languages from the perspective of learning for non-native speakers. Developing the formulation of each idiomatic competence in mathematical language and using examples of evaluative situations. Likewise, the fundamentals of language teaching are underlined to transfer them to learning mathematical language and, in turn, to learning mathematics itself. Likewise, the advantages of formal language and mathematics for technological development and its application to the teaching and accreditation of second languages have been highlighted. In conclusion, it described how to analyze the students' competence in the mathematical language since its fluent use is essential to communicate and express knowledge in the different scientific disciplines.

Keywords

mathematical language, communication skills, scientific communication, second language teaching, technological literacy, didactic innovation.

I Introducción

A lo largo de esta novedosa propuesta, se trata de demostrar que el lenguaje matemático (LM) puede ser considerado una segunda lengua clave para el desarrollo tecnológico, que además es capaz de traspasar otras muchas barreras culturales. Se persigue un objetivo final doble: por una parte, se pretende aprovechar los avances que han venido aconteciendo en la enseñanza y la acreditación de idiomas para facilitar la educación matemática y mejorar su didáctica en lo que respecta al LM como eje vertebrador del conocimiento matemático; por otro lado, se da a conocer cuáles son las características de este lenguaje pseudo-formal a fin de permitir la aproximación de los expertos en lingüística a un ámbito que habitualmente consideran ajeno. En ese sentido, justificaremos cómo puede formularse la enseñanza del LM al alumnado por medio de las estrategias metodológica de la enseñanza de los segundos idiomas, analizando la formulación de cada competencia lingüística del LM para su adquisición por parte del alumnado de modo que pueda ser evaluable dicho nivel competencial en base con estándares compatibles con el Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas (MCERL). Asimismo, se motiva y justifica con la literatura más reciente la necesidad de disponer de este recurso formativo debido a la relevancia que tiene el LM para que el alumnado con formación STEM (esto es, en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) sea capaz de entender y aplicar la tecnología de la manera más apropiada y provechosa.

Ya Galileo defendía entre los siglos XVI y XVII que la naturaleza es un libro escrito en el lenguaje de las Matemáticas y que dicho lenguaje es el que permite leer y entender lo que ocurre en el mundo real (Galilei, 1623). Si bien el inglés es actualmente la lengua internacional de la academia y los negocios, las Ciencias Exactas son ampliamente reconocidas como el idioma sobre el que se articulan tanto la ciencia como la tecnología. Esto quiere decir que la Matemática ya es considerada como un idioma en sí mismo por quienes la utilizan, pero también que se apoya y fundamenta en otro idioma, el LM (Ford y Peat, 1988; Avalos et al., 2018; Bailey et al., 2018), que es, por consiguiente, esencial para el progreso científico. Además, debe tenerse en cuenta que dicho idioma no solo es útil para entender la tecnología sino también para desarrollarla.

En concreto, la actual revolución tecnológica, en gran medida resultado del esfuerzo de científicos e ingenieros, se desarrolla y describe en el lenguaje de las Matemáticas (Kuhn, 1962; Martín-Gago, 2009; Riccomini et al., 2015; Capraro et al., 2017); en ese sentido, Sokolowski (2018) vuelve a plantear cómo el contexto viene dado por la ciencia, mientras que las matemáticas son las herramientas con las que pueden cuantificarse dichos contextos. Se deja para un poco más adelante la disquisición de si se trata de las propias Matemáticas o del LM; en cualquier caso, es obvio que la dificultad para entender el LM es un importante freno en el uso, la comprensión, la adaptación, el diseño y la implementación de tecnologías (Riccomini et al., 2015). De hecho, en pleno siglo XXI, para favorecer la capacidad de innovación y de integración, que están en el corazón mismo de la definición de las competencias formativas, es esencial comunicarse en segundas lenguas, así como poseer una formación adecuada en medios digitales (competencia digital). En ambos aspectos influye de manera directa el idioma de la ciencia y la tecnología, la forma de comunicación adoptada por quienes desean acercarse a lo abstracto y entender la revolución digital de nuestro tiempo.

En cierto sentido, el LM es mucho más exacto que cualquier otro que uno pueda pensar: un idioma que evita las ambigüedades y permite una correcta comunicación internacional e intercultural (Van der Walt, 2009; Malacara Hernández, 2018; Morgan, 2020). Analizando desde un punto de vista muy pragmático, Pimm (1990; 2007; 2014) examina la enseñanza y el aprendizaje de las Matemáticas considerándolas como un lenguaje. Postula que, con este enfoque, se puede comprender más fácilmente lo que ocurre diariamente en el aula. Es más, analiza las principales dimensiones del lenguaje (leer, escribir, escuchar y hablar) basándose en numerosas transcripciones de interacciones orales y escritas que tienen lugar en las clases de Matemáticas. Por su parte, Peat (1990) critica la limitación de las capacidades lingüísticas de las Matemáticas; según dicho autor: “parecen ser algo más y algo menos que un idioma” (p. 161). Esta limitación en parte se observa cuando autores como Redish y Kuo (2015) plantean que el LM que usan los/as físicos/as no es exactamente el mismo que emplean los/as matemáticos/as (especialmente en la interpretación de ecuaciones simbólicas).

Al enfrentarse al LM desde un enfoque lingüístico, otro aspecto que conviene tener presente es la influencia de las estadísticas que subyacen en la investigación científica, también cuando se investiga sobre segundas

lenguas. La Estadística también se expresa en LM y, del mismo modo que no tiene mucho sentido escribir en un idioma que no se conoce lo suficiente, tampoco es lógico incorporar técnicas estadísticas en un artículo o ensayo sin saber lo que significan, cuál es su esencia (Cohen, 1994; Ioannidis, 2005).

Por supuesto, la aversión a las Matemáticas y, por tanto, al LM no es exclusiva de los que se dedican a las letras. Prueba de esto son las experiencias de los docentes de todos los niveles educativos, como afirman Gowers (2008) y Martínez-Padrón (2008), entre otros. Las Matemáticas parecen generar miedo u odio entre gran parte de los docentes y, puede que, como consecuencia de esto, en una mayoría de los estudiantes (Gómez-Chacón, 2006; Mato y de la Torre, 2010; De la Oliva Fernández, 2020). Esto ocurre a pesar de que las herramientas tecnológicas utilizadas para la renovación del aprendizaje (también del aprendizaje de idiomas) y para incrementar los niveles de motivación del alumnado están basadas en las Matemáticas: Internet, el aprendizaje adaptativo, las apps, las nuevas plataformas de enseñanza, el aprendizaje en entornos virtuales, etc. Precisamente, si el alumnado recibiese una formación más reglada y estructurada del LM durante su formación, esa aversión (incluso temor) que gran parte del alumnado presenta ante el conocimiento matemático podría verse, sino eliminada, sí reducida en gran medida ya que suele acontecer que esa animadversión por las Matemáticas es debida a la incomprensión de conceptos y procedimientos por no poder interpretar o expresar correctamente enunciados o proposiciones que usan profusamente el LM.

Ya se ha insinuado que la formación del profesorado de idiomas debería contemplar algo más de Estadística (y, por tanto, el lenguaje necesario para entenderla), pues las técnicas de muestreo, la descriptiva y la inferencia son esenciales para comprobar la validez de las metodologías. Pero otro motivo robusto es que solo desde la Estadística se pueden mejorar eficazmente las técnicas de evaluación (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2011). Se volverá a este punto cuando se trate el tema de la acreditación de competencias lingüísticas; mientras tanto, se incide en que los docentes actuales (incluyendo al profesorado de idiomas) no tienen más remedio que formarse también en las competencias digitales docentes, que cada vez constituyen una herramienta más esencial en el proceso de enseñanza-aprendizaje y que significan una conexión adicional entre el LM y la educación, porque es evidente que las TIC siempre evolucionan muy rápido, pero al mismo tiempo ocurre que es casi imposible entender suficientemente esos cambios sin unas nociones básicas de LM.

Las reflexiones anteriores también son aplicables a los estudiantes. Se les propone el estudio de lo que podrían considerar un nuevo lenguaje esencial, entre otras cuestiones, para la educación tecnológica. En este caso, el coste del aprendizaje del LM se amortiza rápidamente al permitir un acceso más fácil a otros campos y utilidades cuyo rendimiento es prácticamente inmediato.

El presente documento consta de tres secciones tras esta introducción. En la que sigue, se reflexiona sobre algunas de las características del LM que hacen posible considerarlo un idioma y, más específicamente, una segunda lengua cuyo dominio puede ser acreditado; para explicar y motivar este hecho se ha empleado tanto literatura clásica sobre la materia como otra más actualizada correspondiente a la última década. Seguidamente, se dedica una sección a describir cómo hemos formulado y definido las competencias idiomáticas que una persona usuaria del LM debiera dominar desde el punto de vista de la enseñanza de una segunda lengua, explicando mediante ejemplo (con el fin de facilitar su comprensión) la forma de analizarlas y trabajarlas. Finalmente, el trabajo concluye con las principales consecuencias de la formulación propuesta para la enseñanza del LM como segunda lengua y de futuras líneas de investigación que pudieran estar relacionadas con la misma.

2 Justificación Metodológica

En la presente sección, vamos a justificar cómo el LM puede considerarse como una lengua formal, pese a la existencia en la literatura de matizaciones sobre este hecho y su formulación para proceder a su enseñanza (tanto en el ámbito de las propias asignaturas de matemáticas como en su concepción como un segundo idioma a aprender). Con la exposición que se hará a continuación, también se reflexionará de la idoneidad de formular propuestas educativas en las que el alumnado no solo aprenda procedimientos y cálculos matemáticos, sino también el propio LM que le permita una mejor comprensión de los contenidos y procedimientos y, por ende, una correcta asimilación de las competencias matemáticas.

En primer lugar, como indica Schleppegrell (2007), las Matemáticas constituyen una ciencia que se basa y sustenta sobre un lenguaje propio (el LM) sobre el que se articulan, por ejemplo, las definiciones de conceptos, la formulación de resultados y la demostración de los mismos. El LM es necesariamente preciso y exacto, es decir, riguroso; dependiendo del nivel de exigencia del que lo utilice, se trata de un lenguaje abstracto y formal o pseudo-formal (Kenney, 2005; Malacara Hernández, 2018). Al mismo tiempo, el formalismo y el rigor no pueden dejar de ser una parte esencial de las Matemáticas, pero no se trata de identificar las Matemáticas con el LM, sino que el LM es, al mismo tiempo, el idioma en el que se expresa la Ciencia y una parte de ella, basada en la Lógica Formal y Simbólica. Para Gómez-Granell (2014) y Alcolea (2021), sin embargo, las Matemáticas están constituidas precisamente por ese lenguaje, basado en el formalismo y la abstracción, que conjuga palabras, números, otros símbolos y figuras con un significado matemático determinado y concreto que busca la corrección, la exactitud y la ausencia de ambigüedad. Esta necesidad de palabras con significados estáticos y sin dependencia del contexto es esencial, según Mynard (2018), para disponer de una teoría deductiva y, por tanto, se requieren palabras (y símbolos) primordiales que no necesiten de otras palabras para su definición: una especie de palabras axiomáticas (que no es posible en el lenguaje común).

Por su parte, O'Halloran (2000, 2015) indica que debemos hacer conocedores a nuestro alumnado del lenguaje formal y simbólico de las matemáticas y que para ello debemos desempacar y explicar ese simbolismo y formalismo por medio del lenguaje que resulta natural para nuestros alumnos; es decir, debemos enseñar a utilizar el LM a partir del idioma materno como si de la enseñanza de otro idioma se tratase. De hecho, Ellerton y Clements (1991) entienden que es esencial que los docentes entrenen a sus alumnos en el uso y manejo (al menos en la lectura) del LM con el fin de obtener una mejora significativa en el rendimiento del proceso de enseñanza-aprendizaje. La necesidad de tomar contacto con el LM por parte de nuestro alumnado desde el inicio de su formación formal, con el fin de familiarizarse y prepararse para etapas posteriores, es igualmente defendida por Delgado Coronado (2015) y Purpura et al. (2017). Precisamente, Purpura et al. (2017) han sido capaces de establecer la evidencia entre introducir el LM al alumnado en edades tempranas y una mejor comprensión (y rendimiento) del conocimiento matemático en estos, siendo además el LM un factor que potencia positivamente sus habilidades matemáticas.

Ospitaletche-Borgmann y Martínez (2012) adoptan un punto de vista distinto y analizan el papel de las Matemáticas como idioma y las consecuencias en la enseñanza de la disciplina. Comparan cuatro componentes del lenguaje y la Matemática; además, presentan experiencias, desarrolladas en Argentina, Alemania y Uruguay, en las que tienen en cuenta el enfoque de la enseñanza de la Matemática como una extensión de la enseñanza de la lengua.

En principio y visto lo anterior, el correcto uso del LM es lo que en el aprendizaje de una lengua correspondería a su vocabulario, su gramática y su uso práctico. No es posible un uso práctico sin que el/la estudiante tenga un conocimiento y manejo razonable del vocabulario y la gramática con la que formular enunciados. Como indica Jamison (2000), el LM siempre ha sido la parte de las Matemáticas que resulta factor clave para el correcto aprendizaje de la materia, llegando incluso a ser más importante y esencial si cabe a medida que se avanza de una etapa educativa a la siguiente. Esto último es debido, en buena parte, a que el nivel de abstracción y de complejidad en las estructuras formales que se han de aprender van aumentando con las distintas etapas educativas.

En ese sentido, Alastre y Alastre (2011) indican que el idioma materno se vuelve esencial para entender e interpretar las Matemáticas y usar de manera correcta y adecuada el LM (es decir, ser competente lingüísticamente), si realmente queremos que los alumnos puedan afrontar de manera adecuada la resolución de problemas mediante la modelización matemática. Es decir, el LM requiere de usar adecuadamente la lengua materna con el fin de poder formular las ideas en ese otro lenguaje formal. Esta postura es compartida por Jenlink (2020), quien considera que la enseñanza del LM es esencial para la comprensión y expresión de cualquier noción, concepto o procedimiento matemático y, por ende, de su aprendizaje. Sin la capacidad para manejar los términos y símbolos matemáticos no puede aprenderse el conocimiento matemático. Precisamente, la relevancia del LM para el aprendizaje de la materia puede constatarse ampliamente; por ejemplo, Mohamed et al. (2020), Peng et al. (2020) o Vanluydt et al. (2021). Como indican Helstad et al. (2017) la alfabetización matemática facilita la mejora en el aprendizaje de las matemáticas, especialmente en educación superior.

A menudo se suele confundir el LM con el simple conocimiento de ciertos símbolos lógicos y formales, ciertos conceptos y vocabulario, etc. Otras veces, por el contrario, se entiende por LM el poder (y saber) usar adecuadamente la lengua materna en un contexto matemático y el poder realizar la traducción de expresiones y afirmaciones a expresiones lógicas y simbólicas y viceversa. Desde esta segunda perspectiva, para muchos alumnos, aprender el LM (es decir, los conceptos, los símbolos, el vocabulario y las reglas que permiten la correcta relación entre ellos) presenta problemas similares al aprendizaje de una lengua extranjera. Algo parecido ocurre al tratar de entender o expresarse en dicho idioma sin dominarlo convenientemente.

Como en el aprendizaje de cualquier segundo idioma, el LM conlleva un cierto nivel de conocimiento de la lengua materna. Al mismo tiempo, como con cualquier otro idioma, para evitar problemas comunicativos, el LM requiere de un manejo apropiado por parte del estudiante. A veces hay términos (o palabras) presentes en el LM y en el lenguaje natural (o lengua vernácula del alumno); cuando el significado en los dos idiomas no coincide, esto puede generar importantes confusiones en el proceso de aprendizaje de la materia y en la consolidación del propio dominio del LM (como ocurre con los *false friends* en la enseñanza del inglés). Frecuentemente se añaden, modifican o suprimen matices en el uso de un término en LM para evitar ambigüedades.

Lógicamente, desde el punto de vista educativo, la comprensión lingüística en LM debería permitir al estudiante, al menos, entender textos matemáticos, entender el discurso de un profesor y expresar respuestas en una forma matemáticamente correcta (tanto por escrito como oralmente). Nótese que esta descripción de destrezas comunicativas coincide con la habitualmente empleada en la acreditación del dominio de segundas lenguas. En la siguiente sección se volverá a esta clasificación para explicar con más detalle la interpretación de los autores sobre cada competencia.

En cualquier caso, para que el LM sea un medio efectivo de comunicación y entendimiento entre profesores de Matemáticas y alumnos, será necesario un cierto dominio de este por ambas partes. Lógicamente, eso supondrá, en algún momento, una enseñanza y, respectivamente, un aprendizaje de este. Para ello, resultará muy conveniente conocer cuál es el nivel lingüístico de cada estudiante (lo que conlleva un proceso de evaluación o acreditación), ya que dependiendo del manejo que tenga del LM podrá tener mayor o menor facilidad para la comprensión de conceptos y procedimientos, amén de su aplicación a la resolución de problemas. Además, como en el aprendizaje de cualquier otra lengua, solo desde un conocimiento del nivel de competencia será posible mejorar la fluidez en el propio LM. A este respecto, Moschkovich (2015, 2021) considera que la alfabetización académica del alumnado requiere aprender a comunicarse matemáticamente y tener un manejo como usuario en el LM, sin el cual no se puede pretender dominar la materia. No obstante, las dificultades del alumnado para reconocer e identificar los símbolos matemáticos claves es sintomática como puede observarse en Martín-Carballo et al. (2020).

Coherentemente con lo anterior, ya han sido diseñados unos estándares compatibles con el MCERL y ya se han celebrado más de un centenar de exámenes, a modo de pruebas piloto, para certificar si los examinados alcanzan el nivel de conocimientos de LM correspondiente al BI (según la traducción más directa posible del Marco, disponible en la web <http://mathlanguagelevel.com>). A modo de ejemplo, se indica que las pruebas realizadas a alumnos de primer curso de grados relacionados con el ámbito de la Economía y la Empresa durante varios cursos académicos han dado unos resultados realmente alarmantes: aunque se trata de exámenes que no han sido previamente preparados por los examinados, apenas un 2% de esos estudiantes consiguen superar el nivel BI, que debería ser el mínimo imprescindible para poder entender los apuntes y sesiones presenciales de las asignaturas de Matemáticas y Estadística que tendrán que aprobar durante sus estudios universitarios. En esta ocasión, para no extender la explicación excesivamente, no parece que merezca la pena detenerse más tiempo en los análisis estadísticos realizados en la fase de pilotaje. Por el contrario, el objetivo de este trabajo consiste en explicar cuál es la relación que se ha establecido entre el LM y la acreditación del dominio del idioma. Antes, se apuntan algunos motivos más para apoyar la interpretación del LM como un segundo idioma.

Así, volviendo a la adquisición de la segunda lengua, por una parte, actualmente el aprendizaje de idiomas modernos se basa en un proceso de interacción comunicativa con el que se persigue el desarrollo de la competencia. Esto es también lo que ocurre con la enseñanza de las Matemáticas y, consiguientemente, del

LM. Por supuesto, es crucial el uso de las tecnologías educativas en el aprendizaje del LM: el aprendizaje por ordenador potencia el trabajo individual y autónomo del alumnado para reforzar lagunas.

Según Serrano (2005), “el estudio de la naturaleza del LM y de los principios y reglas que lo rigen puede aportar elementos importantes para la práctica escolar en sí, así como para el diseño de materiales escritos” (p. 48). Tanto en las segundas lenguas como en el LM, hay que favorecer el aprendizaje autónomo del estudiante, dentro y fuera del aula. Como ocurre con el dominio del inglés, el chino, el alemán..., dominar el LM también flexibiliza la mente y es positivo para el acceso al mercado laboral o para la promoción dentro del mismo.

Es más, la necesidad del LM para el avance tecnológico en el s. XXI es evidente como puede observarse en la literatura más reciente. Por ejemplo, Laurini (2019) hace uso del LM para formular un modelaje de reglas estáticas geoespaciales que puedan ser implementables en software computacional para mapeos de zonas geográficas y, más concretamente, planificación urbanística; esta técnica de modelaje no sería posible sin poder formular reglas mediante LM. Por su parte, Lasenby (2017) formula el uso de las álgebras geométricas (basadas en una modificación del LM) para trabajar de manera algebraica y mediante simbolismo que puedan ser posteriormente trasladables a tratamientos computacionales de la relatividad general, así como de otras disciplinas como la acústica o el electromagnetismo. Un tercer ejemplo puede verse en Giesa et al. (2015) con el uso del LM para el modelado de materiales biológicos, como proteínas, haciendo uso de librerías de código abierto en Python. Todo ello sin dejar de lado el uso más clásico y tradicional del LM en Ciencia y Tecnología que consiste en usar el LM y para modelar modelos matemáticos que puedan implementarse para simulaciones computacionales (Azizi et al., 2021). Sin disponer de un lenguaje formal, sería sumamente complejo (por no decir imposible) formular procesos y rutinas que pudieran ser automatizados computacionalmente.

Por si los puntos de intersección todavía parecen escasos, en Pimm (1990) y Serrano (2005) se puede consultar un análisis de elementos del LM, incluyendo las diferencias entre lenguaje, lengua y habla, así como algunas características de su uso en la enseñanza de las Matemáticas.

En cuanto a las posibles limitaciones de la metodología sugerida en esta propuesta, parece razonable destacar que los profesores de Matemáticas rara vez estamos suficientemente formados desde el punto de vista lingüístico, es decir, en la docencia de un idioma. Esto condiciona frecuentemente el aprendizaje del LM por parte de los alumnos y dificulta aprovechar las técnicas ya desarrolladas para la enseñanza-aprendizaje y la evaluación-acreditación de una segunda lengua.

3 Traducción de las Destrezas Comunicativas

En esta sección partiremos del hecho que las Matemáticas son algo más que un lenguaje, pero que, a su vez, el LM es también una parte esencial de dicha ciencia. También vamos a considerar (en base con lo expuesto en la sección previa) que el LM es una especie de segunda lengua, para la cual tiene sentido desarrollar pruebas de acreditación de nivel de dominio idiomático. En este sentido, y de acuerdo con el MCERL, conviene estudiar separadamente los siguientes aspectos del idioma: la comprensión escrita, la comprensión oral, la expresión o producción escrita y la expresión o producción oral. Incluso, es posible distinguir el uso de la lengua (en ocasiones evaluado dentro de la expresión escrita) y la interacción oral (que combina tanto la comprensión como la expresión oral). En ese sentido, tratamos de plantear como podemos formar a nuestro alumnado en el uso correcto del LM, así como poder analizar si realmente alcanza un determinado nivel de manejo en el mismo.

3.1 Comprensión Escrita

La comprensión escrita se suele relacionar con el acto intelectual de la lectura. En el caso del LM, una primera dificultad está en reconocer los caracteres utilizados, que no siempre pertenecen a la lengua materna. También hay que tener en cuenta que, aunque los signos lingüísticos sean conocidos, a veces tienen un significado propio en LM, distinto del habitual en el lenguaje natural. Finalmente, puede surgir el escollo de que los símbolos matemáticos se refieran a un concepto que, por falta de formación matemática suficiente, es desconocido para el lector (este aspecto no siempre es exigible en una prueba de acreditación

de LM). Globalmente, como ocurre en cualquier otro idioma, de lo que se trata es de leer un texto en LM y entender lo que se lee.

Preguntas que servirían para evaluar esta destreza serían, por ejemplo, las de completar las siguientes dos frases: *Un hexaedro es una figura en el espacio de ___ dimensiones o Un binomio tiene siempre ___ sumandos.* Otra posibilidad es la de determinar si una oración es verdadera o falsa; en la siguiente no se valora el conocimiento de símbolos sino más bien de conceptos o ideas: *Mediante un contraejemplo es posible demostrar que un enunciado es falso.* También se puede solicitar sinónimos de expresiones como *tal que* o *eje OX*. Finalmente, se puede recurrir a ejercicios típicos de la evaluación en idiomas, como reescribir frases sin modificar su significado y utilizando la palabra o el símbolo dado en cada caso; un ejemplo de este tipo sería reescribir: *A es condición suficiente para B* utilizando la flecha hacia la derecha que se suele identificar con *implica*.

3.1.1 Comprensión Oral

La comprensión oral se entiende comúnmente como la capacidad de escuchar y entender lo que se escucha. En el contexto del LM, esta destreza comunicativa consiste en escuchar cómo se leen los enunciados matemáticos y ser capaz, al menos, de reproducirlos por escrito. Obviamente, aquí hay una dependencia algo mayor de la lengua vernácula que en el caso de la comprensión escrita, pues los símbolos a menudo tienen una pronunciación distinta según el idioma.

Dictados de expresiones matemáticas o la identificación de un mensaje escuchado de entre algunas opciones dadas por escrito son un par de pruebas útiles para evaluar esta destreza.

3.2 Expresión Escrita

La expresión o producción escrita se refleja en el acto de escribir. Lo que se pretende con una pregunta típica de esta destreza es demostrar que el examinando es capaz de encontrar símbolos matemáticos adecuados para expresar ideas que ya posee o genera. Como en otros idiomas, el rendimiento en esta parte puede depender de la capacidad creativa del alumno e, incluso, de su imaginación y originalidad.

Un ejemplo de pregunta sería completar la expresión: $\{a,b,c\} \cup \{a,c,d\} = \{a,b,c,d\}$, haciendo uso del símbolo \cup que representa la unión de dos conjuntos o colecciones de objetos. Otra posibilidad sería la de pedir finalizar de forma coherente y con sentido varias frases incorporando, al menos, un término (o símbolo) matemático en cada caso. Finalmente, se puede exigir a los candidatos la redacción de un texto coherente sobre el tema matemático dado, pudiendo utilizarse un máximo de palabras y debiendo utilizar un número determinado de símbolos matemáticos distintos, como mínimo.

3.3 Expresión Oral

La expresión o producción oral se suele valorar en una entrevista. En esos casos, es difícil separarla de la comprensión oral. Sin embargo, en LM no se trata de que el candidato sea capaz de producir como un matemático (el equivalente a lo que sería un nativo) sino que sea capaz de expresarse con alguien que sí domina el LM, que el idioma no sea una barrera cuando se trata de comunicar o compartir ideas relacionadas con las Matemáticas. En las pruebas piloto de nivel B1, la parte correspondiente a esta destreza se evalúa mediante una prueba en parejas que dura entre 10 y 15 minutos. Cuando comienza la prueba, se le presenta a uno de los candidatos una imagen o fotografía (sin que el otro la vea) y debe explicar al otro qué conceptos matemáticos conoce que estén relacionados con la imagen; el segundo puede tratar de adivinar lo que se representa realmente en la imagen. Seguidamente, se le presenta otra imagen al segundo candidato, quien debe explicar los conceptos matemáticos relacionados con su imagen (y el primero puede tratar de adivinar a qué imagen corresponde). En la última parte del examen oral, con las dos imágenes a la vista, ambos candidatos proponen alternativas a los conceptos matemáticos elegidos por su compañero, tratando de explicar la idoneidad de dichos conceptos o de otros no presentados anteriormente. El examinador puede intervenir en cualquier momento, si lo considera necesario.

Se valoran, entre otros aspectos, los conceptos matemáticos identificados, el vocabulario matemático utilizado, las estructuras o expresiones matemáticas utilizadas, la coherencia lógica del discurso, la

consistencia de lo manifestado durante la prueba, la fluidez en la exposición oral, la capacidad de interacción e, incluso, la pronunciación (que debe ser inteligible y no causar confusión).

4 Conclusiones

El profesor de idiomas, como otros muchos docentes, es usuario de la tecnología como individuo integrado en el siglo XXI y con una especial relación con las generaciones más jóvenes e interesadas en todo lo que suene a novedoso. Al mismo tiempo, trata de utilizar dicha tecnología para el propio aprendizaje y para potenciar el proceso de aprendizaje de sus alumnos. Sin embargo, muchos profesores desconocen suficientemente el lenguaje en el que se describe y desarrolla la tecnología: el LM. Algo parecido y de mayor relevancia, desde la perspectiva de un docente de la materia de Matemáticas, sucede con los estudiantes: aunque saben utilizar la tecnología de manera rudimentaria y como un usuario básico, a menudo no la entienden y no pueden aprovechar todo el potencial tecnológico que tienen entre sus manos; es más, incluso en algunos casos se acrecienta la distancia entre lo lógico y lo empírico. Se desconecta la fundamentación lógica y formal que proporciona las Matemáticas a las ciencias técnicas y experimentales y solo es factible y visible el uso práctico de lo que funciona, pero sin saber cuál es el motivo por el que esto ocurre. Es como una especie de realidad mágica en la que no merece la pena tratar de entender qué es lo que pasa y por qué en lo que compete a la ciencia y la tecnología. En ese sentido, el uso de la tecnología requiere de tener un manejo del LM que permita formular modelos que matematicen la realidad o incluso que permitan formular reglas que puedan ser procesadas por un ordenador con el software apropiado como se puede observar en Laurini (2019) o Giesa et al. (2015). Pero, pese a las múltiples evidencias de lo necesario del LM para el avance tecnológico, hay que tener en cuenta que las matemáticas crean reticencia e incluso aversión en nuestro alumnado, lo cual dificulta el rendimiento de este en la materia (Mato y de la Torre, 2010; De la Oliva Fernández, 2020) y, por consiguiente, genera carencias significativas para que pueda, tanto durante su periodo formativo como en su desempeño profesional, actualizar su formación tecnológica si esta requiere un cierto nivel de fundamentación matemática.

En opinión de los autores, la aversión a las Matemáticas no debería ser una barrera infranqueable ni para los docentes ni para los estudiantes y una posible forma de reducir las dificultades es acercarse al LM como se podría hacer con cualquier otra segunda lengua (Monroe, 1988; Monroe y Orme, 2001). Si como indican Delgado Coronado (2015) y Purpura et al. (2017) somos capaces como docentes de ir introduciendo el LM desde el inicio de la formación y les enseñamos a manejarlo, podremos mejorar el rendimiento que dicho alumnado presenta tanto en los contenidos como en sus habilidades matemáticas. Y esto, a su vez, permitirá que puedan entender mejor la tecnología que nos rodea y que, en resumidas cuentas, se trata de un lenguaje formal que parte del LM.

La reflexión anterior permite un razonamiento recíproco y complementario: los profesores de Matemáticas deberían aprender de lo que los expertos en enseñanza y acreditación de idiomas han desarrollado en los últimos tiempos, durante más de un siglo de innovación docente. Si se cae en la cuenta de todas las similitudes entre el LM y otras lenguas, será mucho más fácil prever y evitar una gran parte de las dificultades que los estudiantes de Matemáticas presentan a lo largo de su carrera académica.

Sin un exceso de imaginación, se puede afirmar que el planteamiento anterior abre la puerta a una mayor colaboración entre los profesores de Letras y de Ciencias. Y es que un aspecto especialmente interesante para el aprendizaje de idiomas es el desarrollo de proyectos de aprendizaje colaborativos, como los que relacionan a alumnos de diferentes intereses y niveles de formación lingüística, científica y, en general, humanística (Koury, 1996).

Teniendo en consideración lo expuesto en este trabajo, sería lógico comenzar a valorar la relación entre el nivel en LM y los resultados académicos en Matemáticas y otras materias, lo cual permitiría avanzar en una línea de investigación sobre los resultados curriculares del alumnado debidos a la enseñanza del LM. Actualmente, se están compilando y comparando los resultados que se están obteniendo en las pruebas piloto de nivel BI los alumnos de diferentes niveles educativos (1º Educación Secundaria Obligatoria [ESO], 1º Bachillerato de Ciencias o Letras, 1º Grado de Ciencias, Ciencias Sociales o Letras, etc.). Seguidamente a que se pudiera hacer tal análisis, sería natural establecer niveles mínimos de LM para cada uno de los niveles educativos con el fin de desarrollar los complementos del aprendizaje (materiales tradicionales o mediante

el uso de las tecnologías de información y comunicaciones [TICS]) que permitieran favorecer la adquisición de las competencias correspondientes.

También quedaría por analizar y determinar si el uso y aplicación de las tecnologías se vería afectado positivamente por disponer de un mayor conocimiento y manejo del LM o si dicho conocimiento y manejo favorecería una mejor comunicación con otros hablantes que podamos considerar nativos o no en tecnología, ciencia o LM.

Con trabajos que, como el presente, permitan resaltar la relevancia del LM para el avance tecnológico y el uso óptimo de dichos avances, esperamos conseguir que los personajes públicos (como pueden ser nuestros representantes políticos, los periodistas o simplemente tertulianos) comiencen a tener algunos reparos a la hora de cometer errores que son básicos en LM y que serían asimilables a un uso incorrecto de la ortografía, la gramática o el léxico del idioma o lengua en la que se expresan. Es más, en un escenario optimista, cabría incluso esperar una mejora en el nivel discursivo, en la lógica subyacente a la hora de plantear argumentos y en la coherencia significativa de los mismos.

En otro orden de cuestiones, también convendría reflexionar sobre si la tecnología podría emplearse para mejorar la competencia idiomática en LM de una forma significativamente diferente a como lo pueden hacer los métodos tradicionales de enseñanza, reforzando la interacción que existe entre tecnología y matemáticas. Hasta la fecha, son muchos los profesores de Matemáticas que han detectado cómo el uso de la tecnología ha reducido la percepción de necesidad de adquirir el LM por parte de los alumnos. Un uso inapropiado de la tecnología con el alumnado puede conllevar el riesgo (o perjuicio) de que se pierda en competencia de LM a pesar de incrementarse la motivación de dicho alumnado; de hecho, el abuso de la tecnología en la formación y no adecuar el uso a cada estadio formativo podría, en lugar de favorecer su capacidad para resolver situaciones problemáticas complejas, reducir esa capacidad para matematizar y resolver dichas situaciones. Es sumamente revelador en el contexto de esta problemática el gran avance que están experimentando los sistemas automáticos que interpretan el lenguaje natural utilizado por el usuario, sin tener que ceñirse al lenguaje formal que hasta hace poco era la única forma en que podíamos comunicarnos con las máquinas. Lo que podría ser una ventaja puede, mal empleada, volverse un inconveniente: no usar el lenguaje formal de manera generalizada (porque el sistema automático ya no lo requiere), podría conllevar la no adquisición o, al menos, una adquisición parcial de ciertas competencias lógicas que permitan abstraer propiedades de distintos objetos o situaciones y formular argumentos y razonamientos que no sean defectuosos o incluso contradictorios.

Precisamente, la capacidad que los alumnos tengan para hacer cosas (como comunicarse o resolver problemas) ha sido muy ponderado por el Espacio Europeo de Educación Superior, ya que busca la convergencia en competencias en la formación universitario y la forma más fácil de medir la adquisición de dichas competencias consistiría en plantear situaciones prácticas y que puede interpretarse como ausente de la abstracción que permeaba la Matemática que se enseñaba en las aulas de todos los sistemas educativos hace unas décadas. No obstante, estando de acuerdo con la necesidad de que el alumnado sea competente en la aplicación práctica de los conocimientos que adquiere durante su formación a situaciones reales, la convergencia de educación y comunicación debe evitar la marginación del lenguaje formal, un lenguaje que no es bueno olvidar ni obviar ya que posee un potencial enorme en lo que respecta a comunicación internacional, transversal y multicultural, puesto que permite formular ideas y conceptos matemáticos formales independientemente de la lengua materna del que la usa.

Finalmente, aprovechamos para aclarar que no solo la comunicación global afecta a la formación de ciudadanos globales, éticos, críticos y responsables, sino también la educación, en general, y la educación matemática, en particular, algo que creemos que queda incompleto sin un conocimiento suficiente del LM. Vivimos en una sociedad basada en el uso de la tecnología y en el que los datos, su procesamiento y las estadísticas son herramientas diarias y cotidianas que nos encontramos en cualquier acción, por lo que las personas que trabajarán o incluso producirán avances con la tecnología y los datos que se generan y procesan con ésta necesariamente deberían tener un conocimiento y manejo apropiado del LM para desarrollar correctamente su labor.

5 Conflicto de intereses

Ninguno de los autores presenta conflictos de intereses de orden económico, institucional, laboral o personal.

6 Referencias

Alastre, V. y Alastre, N. (2011). Metacognición como estrategia para la interpretación del lenguaje matemático. *ARJÉ*, 5(9), 127-137.

Alcolea, J. (2021). On Mathematical Language: Characteristics, Semiosis and Indispensability. En W. J. González (Eds.): *Language and Scientific Research* (pp 223–245). Palgrave Macmillan. DOI: 10.1007/978-3-030-60537-7_8

Avalos, M. A., Medina, E. y Secada, W. G. (2018). Reading Mathematics Problems: Exploring How Language Counts for Middle School Students With Varying Mathematics Proficiency. En A. L. Bailey, C. A. Maher y L. C. Wilkinson (Eds.): *Language, literacy, and learning in the STEM disciplines: How language counts for English learners* (pp. 55-78). Routledge Taylor Francis. DOI: 10.4324/9781315269610

Azizi, T., Alali, B. y Kerr, G. (2021). *Mathematical Modeling: With Applications in Physics, Biology, Chemistry, and Engineering*. 2nd Edition. B.P. International. DOI: 10.9734/bpi/mono/978-93-91312-16-9

Bailey, A. L., Maher, C. A. y Wilkinson, L. C. (2018). Introduction: Language, literacy, and learning in the STEM disciplines. En A. L. Bailey, C. A. Maher y L. C. Wilkinson (Eds.): *Language, literacy, and learning in the STEM disciplines: How language counts for English learners* (pp. 1-10). Routledge Taylor Francis. DOI: 10.4324/9781315269610

Capraro, M. M., Bricer, A., Grant, M. R. y Lincoln, Y. S. (2017). Using Precision in STEM Language: A Qualitative Look. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(1), 29-39. DOI: 10.18404/ijemst.15709

Cohen, J. (1994). The earth is round ($p < .05$). *American Psychologist*, 49(12), 997-1003. DOI: 10.1037/0003-066X.49.12.997

De la Oliva Fernández, M. (2020). Comunicación efectiva y dominio afectivo en el aprendizaje de las matemáticas. *Revista de Comunicación de la SEECI*, 53, 23-35. DOI: 10.15198/seeci.2020.53.23-35

Delgado Coronado, S. (2015). El papel del lenguaje en el aprendizaje de las matemáticas. *Panorama*, 9 (16), 32-42. DOI: 10.15765/pnrm.v9i16.636

Ellerton, N. F. y Clements, M. A. (1991). *Mathematics in language: A review of language factors in mathematics learning*. Deakin University Press.

Ford, A. y Peat, D. (1988). The Role of Language in Science, *Foundations of Physics*, 18(12), 1233-1242. DOI: 10.1007/BF01889434

Galilei, G. (1623). *Il Saggiatore, nel quale con bilancia squisita e giusta si ponderano le cose contenute nella Libra astronómica e filosofica di Lotario Sarsi Sigensario*. Roma: Giacomo Malcardi. Traducido al español en Galilei, G. (1981). *El ensayador*. Aguilar.

Giesa, T., Jagadeesan, R., Spivak, D. I. y Buehler, M. J. (2015). Matriarch: A Python Library for Materials Architecture. *ACS Biomaterials Science & Engineering*, 1(10), 1009-1015. DOI: 10.1021/acsbiomaterials.5b00251.

Gómez-Chacón, I. M. (2006). Matemáticas: El informe PISA en la práctica. Una acción formativa del profesorado. *Uno. Revista de Didáctica de la Matemática*, (41), 40-51.

Gómez-Granell, C. (2014). La adquisición del lenguaje matemático: un difícil equilibrio entre el rigor y el significado. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, (4), 5-15. DOI: 10.1080/02147033.1989.10820896

- Gowers, T. (2008). ¿Por qué hay tanta gente con auténtica aversión a las Matemáticas? *Unión. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, (15), 5-7.
- Helstad, K., Solbrekke, T. D. y Wittek, A. L. (2017). Exploring teaching academic literacy in mathematics in teacher education. *Education Inquiry*, 8(4), 318-336. DOI: 10.1080/20004508.2017.1389225
- Ioannidis, J. P. A. (2005). Why most published research findings are false. *PLoS Med*, 2(8): Artículo e124. DOI: 10.1371/journal.pmed.0020124.
- Jamison, R. E. (2000). Learning the Language of Mathematics. *Language and Learning Across the Disciplines*, 4(1), 45-54.
- Jenlink, P. M. (2020). Understanding the language and knowledge of Mathematics. En P. M. Jenlink (Ed.), *The Language of Mathematics: How the Teacher's Knowledge of Mathematics Affects Instruction* (pp. 1-13). Laham: Rowman & Littlefield.
- Kenney, J. M. (2005). Mathematics as language. En J. M. Kenney (Ed.), *Literacy strategies for improving mathematics instruction* (pp. 1-6). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Koury, K. A. (1996). The impact of preteaching science content vocabulary using integrated media for knowledge acquisition in a collaborative classroom, *Journal of Computing in Childhood Education*, 7(3-4), 179-197. DOI: 10.5555/256474.256488.
- Kuhn, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press.
- Lasenby, A.N. (2017). Geometric Algebra as a Unifying Language for Physics and Engineering and Its Use in the Study of Gravity. *Advances in Applied Clifford Algebras*, 27, 733-759. DOI: 10.1007/s00006-016-0700-z.
- Laurini, R. (2019). A Mathematical Language for the Modeling of Geospatial Static Rules. *Journal of Visual Language and Computing*, 2019(1), paper 20, 13 pp. DOI: 10.18293/JVLC2019NI-020.
- Malacara Hernández. Z. (2018). Las matemáticas: un lenguaje para describir la naturaleza. *Entretextos*, 10(30), 7-16.
- Martín-Caraballo, A. M., Paralera-Morales, C. y Tenorio, A. F. (2020). Análisis de la competencia en el uso de la simbología matemática en el alumnado universitario de nuevo ingreso. En L. Medina Sánchez, C. Pérez Valverde y C. Suárez Hernán (Coords.), *Experiencia en contenidos curriculares docentes* (pp. 244-256). Valencia: Tirant Lo Blanch.
- Martín-Gago, J. A. (Ed.) (2009). *Nanociencia y nanotecnología. Entre la ciencia ficción del presente y la tecnología del futuro*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología.
- Martínez-Padrón, O. J. (2008). Actitudes hacia la matemática. *Sapiens, Revista Universitaria de Investigación*, 9(1), 237-256.
- Mato, M. D. y de la Torre, E. (2010). Evaluación de las actitudes hacia las matemáticas y rendimiento académico. *PNA*, 5(1), 197-208. DOI: 10.30827/pna.v5i1.6160.
- Mohamed, R., Ghazali, M. y Samsudin, M. A. (2020). A Systematic Review on Mathematical Language Learning Using PRISMA in Scopus Database. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(8), em1868, 12pp. DOI: 10.29333/ejmste/8300
- Monroe, E. E. (1998). Using graphic organizers to teach vocabulary: How does available research inform mathematics instruction?, *Education*, (118), 538-542.
- Monroe, E. E. y Orme, M. P. (2002). Developing mathematical vocabulary. *Preventing School Failure*, (46), 139-142. DOI: 10.1080/10459880209603359.
- Morgan, C. (2020). Mathematical Language. En S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of Mathematics Education* (pp. 540-543). Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-15789-0_99

- Moschkovich, J. N. (2015). Academic literacy in mathematics for English Learner. *Journal of Mathematical Behavior*, 40, 43-62. DOI: 10.1016/j.jmathb.2015.01.005
- Moschkovich, J. N. (2021). Language and learning mathematics: A sociocultural approach to academic literacy in mathematics. *Viden om Literacy*, 30, 6-14
- Mynard, F. (2018). *An Introduction to the Language of Mathematics*. Cham: Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-00641-9.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2011). *La medición del aprendizaje de los alumnos: Mejores prácticas para evaluar el valor agregado de las escuelas*. México: OECD Publishing.
- O'Halloran, K. L. (2000). Classroom discourse in mathematics: A multi-semiotic analysis, *Linguistics and Education*, 10(3), 359-388. DOI: 10.1016/S0898-5898(99)00013-3
- O'Halloran, K. L. (2015). The language of learning mathematics: A multimodal perspective. *The Journal of Mathematical Behavior*, 40(A), 63-74. DOI: 10.1016/j.jmathb.2014.09.002.
- Ospitaletche-Borgmannm, E. y Martínez, V. (2012). La matemática como idioma y su importancia en la enseñanza y aprendizaje del cálculo. *Números*, 79, 7-9
- Peat, D. (1990). Mathematics and the language of nature. En R. E. Mickens (Ed.), *Mathematics and Sciences* (pp. 154-172). Washington, D.C.: World Scientific. DOI: 10.1142/9789814503488_0011.
- Peng, P., Lin, X., Ünal, Z. E., Lee, K., Namkung, J., Chow, J. y Sales, A. (2020). Examining the mutual relations between language and mathematics: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 146(7), 595-634. DOI: 10.1037/bul0000231
- Pimm, D. (1990). *El lenguaje matemático en el aula*. Editorial Morata.
- Pimm, D. (2007). Registering surprise. *For the Learning of Mathematics*, 27(1), 31
- Pimm, D. (2014). Authority, explanation, contention and register: Language data and the surface search for essence. *ZDM - The International Journal on Mathematics Education*, 46(6), 967-976. DOI:10.1007/s11858-014-0633-8
- Purpura, D. J., Napoli, A. R., Wehrspann, E. A. y Gold, Z. A. (2017). Causal Connections Between Mathematical Language and Mathematical Knowledge: A Dialogic Reading Intervention. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 10(1), 116-137. DOI: 10.1080/19345747.2016.1204639
- Redish, E. F. y Kuo, E. (2015). Language of Physics, Language of Math: Disciplinary Culture and Dynamic Epistemology. *Science & Education*, 24, 561-590. DOI: 10.1007/s11191-015-9749-7
- Riccomini, P. J., Smith, G. W., Hughes, E. M. y Fries, K. M. (2015). The Language of Mathematics: The Importance of Teaching and Learning Mathematical Vocabulary, *Reading & Writing Quarterly: Overcoming Learning Difficulties*, 31(3), 235-252. DOI: 10.1080/10573569.2015.1030995
- Schleppegrell, M. J. (2007). The linguistic challenges of mathematics teaching and learning: A research review, *Reading & Writing Quarterly: Overcoming Learning Difficulties*, 23(2), 139-159. DOI: 10.1080/10573560601158461
- Serrano, W. (2005). ¿Qué constituye a los lenguajes natural y matemático? *Sapiens, Revista Universitaria de Investigación*, 6(1), 47-60
- Sokolowski (2018). Integrating Mathematics and Science within STEM paradigm. En A. Sokolowski: *Scientific Inquiry in Mathematics - Theory and Practice* (pp. 11-19). Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-89524-6_2
- Van der Walt, M. (2009). Study orientation and basic vocabulary in mathematics in primary school. *South African Journal of Science and Technology*, 28(4), 378-392. DOI: 10.4102/satnt.v28i4.73

Vanluydt, E., Supply, A. S., Verschaffel, L. y Van Dooren, W. (2021). The importance of specific mathematical language for early proportional reasoning. *Early Childhood Research Quarterly*, 55(2) 193-200. DOI: 10.1016/j.ecresq.2020.12.003