

Una estrategia didáctica para la enseñanza de las matemáticas en el contexto rural colombiano desde el enfoque STEM centrado en meteorología

A didactic strategy for teaching mathematics in the Colombian rural context from the STEM approach focused on meteorology

JUAN GUILLERMO RAMÍREZ OROZCO^A, ÉVER ALBERTO VELÁSQUEZ SIERRA^B Y DORA INÉS ARROYAVE GIRALDO^C

^{A y C} Universidad San Buenaventura (Colombia), ^B Universidad de Medellín (Colombia)

^A juguira@hotmail.com, ^B evelasquez@udemedellin.edu.co, ^C

dora.arroyave@usbmed.edu.co

^A <https://orcid.org/0000-0002-4100-5022>, ^B <https://orcid.org/0000-0002-5058-8530>, ^C

<https://orcid.org/0000-0003-0913-4841>

Recibido/Received: Noviembre de 2023 . Aceptado/Accepted: Julio de 2024.

Cómo citar/How to cite: Ramírez Orozco, J. G., Velásquez Sierra, E. A. y Arroyave Giraldo, D. I. (2024). Una estrategia didáctica para la enseñanza de las matemáticas en el contexto rural colombiano desde el enfoque STEM centrado en meteorología. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 13(1), 23-57. DOI: <https://doi.org/10.24197/edmain.1.2024.23-57>

Artículo de acceso abierto distribuido bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional \(CC-BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). / Open access article under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC-BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Resumen: El desarrollo de habilidades matemáticas es fundamental en la niñez, una forma de desarrollarlas es recurrir a procesos que integren el conocimiento con el contexto cercano al niño. El enfoque STEM posibilita un proceso integrativo, el cual permite establecer relaciones entre escuela y entorno. El objetivo es presentar una estrategia de enseñanza de las matemáticas en el sector rural de manera que integre varios espacios propios de este sector con herramientas tecnológicas por medio de la meteorología. Para esta integración se utilizan espacios como la huerta escolar, el meliponario, una sala de programación y el aula de clase para el trabajo de origami. Para el caso de varios estándares de aprendizaje de los grados cuarto y quinto se presenta la implementación de la estrategia didáctica utilizando la integración de los espacios mencionados así como la relación de los conceptos matemáticos con fenómenos meteorológicos y actividades propias del sector rural.

Palabras clave: Matemáticas; STEM; Rural; Integración.

Abstract: The development of mathematical skills is essential in childhood, one way to develop them is to resort to processes that integrate knowledge with the context close to the child. The

STEM approach enables an integrative process, which allows establishing relationships between school and environment. The objective is to present a strategy for teaching mathematics in the rural sector in a way that integrates several specific places to this sector with technological tools through meteorology. For integration purposes, a school garden, meliponary, programming room and an origami workplace are used. In the case of several learning standards for the fourth and fifth primary grades, the implementation of the didactic strategy is presented using the integration of the places as well as the relationship of mathematical concepts with meteorological phenomena and typical activities of the rural sector.

Keywords: Mathematics; STEM; Rural; Integration.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se exige a los seres humanos habilidades matemáticas que permitan interactuar en contextos con variedad de ambientes significativos de mucha complejidad, en los cuales se debe tener la capacidad para la interpretación y solución de diversas situaciones de la vida (Alsina y Salgado, 2021, 2022) al igual que del mundo laboral (Bonotto, 2007). En esta óptica, la matemática debe estar al servicio de la vida en el que interactúa cada ser humano (Borja, 2016), por tanto, la matemática se convierte en un instrumento de comprensión de la realidad (Bonotto, 2007; Gravemeijer, 2020; Palinussa et al., 2021).

En las instituciones rurales los estudiantes están inmersos en ambientes donde los fenómenos de la naturaleza y el agro son parte importante de su contexto de vida. En esta perspectiva, en lo competente a matemáticas, se observan varias dificultades en la incorporación del contexto a los procesos de aprendizaje. Dentro de estas dificultades cabe mencionar el empleo de una enseñanza tradicional basada en una matemática abstracta sin ninguna conexión con el contexto real, al igual que la falta de recurso didácticos o el poco acompañamiento de los acudientes (González-Quintero, 2016; Prada et al., 2021). En este sentido, surge la necesidad de enlazar los conceptos matemáticos con el contexto, aprovechando los fenómenos naturales (atmosféricos, crecimiento de espacios vegetales y animales, factores abióticos y bióticos) para que los estudiantes logren desarrollar los pensamientos matemáticos. En esta misma vía, algunos autores afirman que la inclusión de los ambientes en el proceso de enseñanza donde se desarrolla el de crecimiento de los niños mejora los procesos de aprendizaje (Torres et al., 2018; Villa et al., 2018).

A nivel mundial existen enfoques que integran estos ambientes ricos en fenómenos naturales con el aprendizaje de las matemáticas. Uno de ellos es el enfoque STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas), en el cual se promueven espacios de aprendizaje en contacto con elementos que le ayudan a los estudiantes a relacionar los saberes de la escuela con el contexto en el que ellos viven, posibilitando el desarrollo de los pensamientos matemáticos a través del empleo de la ciencia, la tecnología y la ingeniería (EL-Deghaidy et al., 2017). El enfoque STEM propende por un proceso de aprendizaje multidisciplinario, interdisciplinario y transdisciplinario que busca dar solución a problemas reales apoyados en un proceso de integración del conocimiento científico (Vásquez, 2015), integración que puede ser aplicada en distintas formas (Ring et al., 2017) según se establezcan los objetivos en cada institución sin descuidar la rigurosidad del saber, la operatividad reflexiva del estudiante y el aprendizaje basado en problemas reales (LaForce et al., 2016).

Por su parte, la meteorología se convierte en una posibilidad de desarrollar competencias en STEM y aprender matemáticas articulado al estudio de fenómenos naturales. La meteorología puede ser una ciencia interdisciplinaria e integradora que posibilita el desarrollo de competencias científicas, pues el estudio de los fenómenos físicos y químicos que se generan en la atmósfera es su campo de estudio (Borrut et al., 1992). La meteorología posibilita la capacidad de observación, pues los fenómenos atmosféricos son percibidos por los niños constantemente (Santano y Arauz, 2012), la meteorología es una ciencia trascendental en la agricultura de ahí su importancia para el aprendizaje en niños de la ruralidad (Lomas et al., 2000; Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2019); al ser una ciencia de tanta aplicación se convierte en una oportunidad para ser incorporada en el currículo y desarrollar de forma transversal el aprendizaje (Clark et al., 2015; Romagnoli y Sebben, 2015), en especial de la matemática (Manzione, 2017).

En esta óptica, buscamos diseñar una estrategia de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas de manera que integre las ciencias al contexto, la cual se apoya en el enfoque STEM. La investigación se propone para estructurar formalmente una estrategia didáctica que integra varios espacios que se pueden encontrar en escuelas rurales, con actividades que involucran el uso de dispositivos tecnológicos mediados por medio de la meteorología. Esta estrategia vincula labores del contexto rural como la huerta escolar y un proyecto productivo con abejas (meliponario) con una estación meteorológica y la programación en

micro:bit para la enseñanza de conceptos matemáticos de grados cuarto y quinto en una escuela rural en Colombia.

1. REFERENTES TEÓRICOS

La matemática es una ciencia que se integra a las otras ciencias no en forma accidental, sino como un elemento necesario; de ahí que la habilidad matemática cobre relevancia cuando se habla de un currículo integrador, multidisciplinario, interdisciplinar y transdisciplinar. Es bajo esta perspectiva que la presente investigación apoya su fundamentación teórica en tres categorías como son el STEM, la ruralidad y la meteorología.

1.1 STEM

En la dinámica de integrar modelos didácticos y nuevas estrategias de enseñanza que estén relacionadas con el contexto, surgen en educación los enfoques STEM, que corresponde a la sigla de la integración entre la ciencia, la tecnología, la ingeniería y la matemática (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*). Estos enfoques muestran aplicaciones interesantes que apuntan a fortalecer competencias en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, y que responden a fortalecer las habilidades para cuarta revolución (Schwab, 2016). El STEM juega un papel como elemento articulador entre la escuela y el mundo real, es decir, contextualiza los saberes con el mundo de la vida (Dare et al., 2019; Ring-Whalen et al., 2018; Ring et al., 2017).

Los enfoques STEM favorecen la educación en varias facetas que se pueden expresar en el desarrollo del conocimiento, las habilidades y la dimensión afectiva (Kanadli, 2019). Varios estudios muestran que el STEM es muy apropiado para el aprendizaje de fenómenos físicos (Ibáñez y Delgado-Kloos, 2018), para el desarrollo de habilidades en la vida del estudiante (Kennedy y Odell, 2014), favoreciendo la adquisición de habilidades psicomotrices (Zollman, 2012), mejorando la habilidad para resolver problemas dentro de un contexto científico, al igual que se contribuye a despertar la innovación y el pensamiento crítico (McDonald, 2016) propiciando el interés de los estudiantes por aprender y tomar conciencia de los problemas reales (Pintrich y De Groot, 2003).

En el contexto de la ciencia, la tecnología y el medio ambiente, el STEM posibilita en los estudiantes la elección vocacional de carreras

científicas (Wang, 2013), al igual que propicia una integración del conocimiento (Becker y Park, 2011). En Australia, con el programa “Construyendo Australia a través de la ciencia”, se valen de la ayuda de ciudadanos para realizar nuevos descubrimientos, aportando datos fundamentales en la toma de decisiones ambientales, mostrando con esto cómo los enfoques STEM también fortalecen la ciencia ciudadana y vinculan a las personas en procesos investigativos (Peel et al., 2015).

En cuanto a los procesos de enseñanza y aprendizaje, los estudios previos muestran que los estudiantes pueden aprender de manera divertida (Fakayode et al., 2014), hay efectividad y continuidad en los aprendizajes al igual que se motiva en los estudiantes la cooperación (Soldner et al., 2012) y se facilita la participación activa a través del aprender haciendo (Holmlund et al., 2018). Así mismo, se presenta una relación más natural entre la teoría y la práctica, respondiendo a problemas concretos de la vida de los estudiantes (Akran y Aşiroğlu, 2018).

Algunos autores han discutido acerca de las distintas concepciones del STEM; dentro de las cuales nos parece importante enmarcar este trabajo en varias formas, primero entender el STEM como una manera de integrar al currículo de matemáticas elementos científicos y tecnológicos ayudados de la ingeniería en la estructuración de los procesos (Fan et al., 2020), al igual que se apropian conceptos científicos en contexto ayudados de la matemática, tecnología e ingeniería (Aaron y Zinn, 2017) y finalmente se recurre al STEM como la forma de resolver problemas reales del contexto (Delahunty et al., 2020).

1.2 Ruralidad

Colombia es un país biodiverso, por tal motivo el elemento rural se entiende más allá del concepto geográfico, pues se debe hacer referencia a lo biológico, económico y cultural (Cornare, 2016). Obedeciendo a esta particularidad de la ruralidad, en Colombia, desde el Ministerio de Educación, se ha fortalecido el proyecto de Educación Rural (PER) como una forma de responder a las diferencias (Rodríguez et al., 2007). Este proyecto ha dado fuerza a los modelos educativos flexibles y a Proyectos Educativos Comunitarios para atender a las poblaciones étnicas como son afrodescendientes y comunidades raciales o las comunidades aborígenes (Carrero y González, 2016; Duque y García, 2013).

Los modelos flexibles se caracterizan por emplear pedagogías activas donde el estudiante de manera autónoma desarrolla su aprendizaje y es

acompañado por un docente (Carrero y González, 2016). Es así como la Educación Primaria en Colombia, en los sectores rurales, se desarrolla bajo la influencia de los modelos de “Escuela Nueva” y “Aceleración del Aprendizaje”; este último como una forma de atender población que se encuentra en extra-edad para estar en la básica primaria, y que a través del desarrollo de proyectos adquieren los conocimientos y habilidades necesarios para ingresar a la educación secundaria (Gaviria y Colbert, 2017).

El modelo “Escuela Nueva” es empleado para atender a la población mayoritaria en Colombia que se encuentra en espacios rurales, modelo que tiene sus bases en las ideas pedagógicas de Decroly y Dewey (Gaviria y Colbert, 2017). Este modelo da importancia al ambiente del niño para el desarrollo de su aprendizaje, y posibilita un aprendizaje de todas las áreas a través de la ejecución de guías pedagógicas con el apoyo del docente. Dada la pequeña cantidad de estudiantes, se debe trabajar en un aula multigrado, es decir, un espacio donde se encuentran niños de todos los grados académicos desde preescolar (5 años) hasta el grado quinto. Estas guías posibilitan el autoaprendizaje a través del desarrollo de actividades lúdicas y de proyectos que llevan al niño a reflexionar desde su propia experiencia el aprendizaje (Ministerio de Educación Nacional, 2010).

Escuela Nueva considera, dentro de sus principios, metodologías que integren varias áreas del conocimiento y que además estén relacionadas con el contexto cercano del niño, para lo cual el enfoque STEM está en consonancia con este modelo.

Adicionalmente, en la ruralidad las condiciones meteorológicas como la temperatura, la humedad, la presión atmosférica o la luminosidad, entre otras, hacen parte dinámica del contexto cercano del niño y, además, influyen en las características de la flora, fauna, e inclusive en las condiciones económicas y culturales (Santano y Arauz, 2012).

1.3 Meteorología

El clima y su estudio han cobrado relevancia al convertirse en una de las problemáticas ambientales que debe ser fortalecida en las políticas de gobierno de las naciones. De esta manera, la meteorología se ha convertido en un área de gran interés y, por esta razón, se ha tenido en cuenta en la elaboración de los currículos de las asignaturas de ciencia.

Al respecto, Borrut y otros (1992) reconocen en la meteorología su papel de ciencia interdisciplinar, y muestran una propuesta como apoyo

para la formación científica de los estudiantes incluyendo la meteorología en los currículos. Otras investigaciones ven en la meteorología la posibilidad de educar la observación y utilizar el registro y el trabajo con datos meteorológicos como vía de desarrollo de aprendizaje en los niños (Santano y Arauz, 2012).

Ante el cambio climático surge la necesidad de fortalecer los aprendizajes en meteorología como una manera de ayudar a mejorar la problemática de calentamiento global (Danuor et al., 2011; Lomas et al., 2000); en esta óptica los países han centrado políticas públicas para generar manuales y textos educativos que formen en meteorología a los niños (Hurtado et al., 2013; Hurtado y Aristizábal, 2013; Nikkel, s.f.; Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2019). Otras investigaciones han recurrido a los elementos meteorológicos para fortalecer los procesos de enseñanza, en especial de la física, reconociendo los elementos meteorológicos presentes en los currículos de la Educación Primaria para potencializar la investigación en los niños orientados por sus docentes (Romagnoli y Sebben, 2015).

Desde el campo STEM, se ha propiciado por fortalecer el aprendizaje basado en problemas a través del empleo de la meteorología (Charlton, 2013). Se han diseñado módulos integradores para responder a dificultades climáticas, en especial con el problema de los tornados, con el fin de que los estudiantes adquieran conocimientos y desarrollen habilidades de prevención y autocuidado frente a estos fenómenos ambientales, apoyados en la ingeniería (Barrett et al., 2014). Otros trabajos reconocen el papel de la matemática en la comprensión del clima, pues esta permite el diseño de modelos matemáticos para comprender fenómenos atmosféricos (Lynch, 2013). Finalmente, otras investigaciones que posibilitan el desarrollo STEM fortalecen el análisis de datos climáticos a través de la recopilación de estos en ambientes rurales mediante el empleo de estaciones meteorológicas escolares (Clark et al., 2015).

2. METODOLOGÍA

Se presenta el diseño una estrategia didáctica que incorporan el uso de varios espacios con los que cuenta una escuela rural para la enseñanza de conceptos matemáticos del grado cuarto y quinto.

2.1 Población y método de investigación

La investigación se desarrolló en el CER Los Limones, zona rural del municipio de Cocorná, departamento de Antioquia, en Colombia. La investigación se aplicó a estudiantes de los grados cuarto y quinto de un salón multigrado. La investigación, de corte cualitativo, está centrada en la Investigación Acción participativa (IAP) que busca transformar los modos de enseñar y de aprender en una comunidad educativa rural.

2.2 Fases de la investigación

Esta investigación se divide en las siguientes fases:

Fase de identificación y descripción de elementos del clúster matemático

El clúster matemático es el término con el que se asocian en esta investigación los distintos sitios utilizados para el aprendizaje de las matemáticas y su relación con el entorno. Específicamente, el CER Los Limones cuenta con algunos espacios que se han dotado e implementado gracias al apoyo de fundaciones como Cornare, Salvaterra, Alianza por la Educación y Fundación Secretos para Contar. Estos lugares son:

- La estación de meteorología.
- La Huerta escolar
- Los meliponarios
- Espacio de lúdica matemática (origami y papiroflexia)
- Sala de programación (trabajo con microbitcode y make code)

Un bosquejo general del clúster se muestra en la Figura 1.

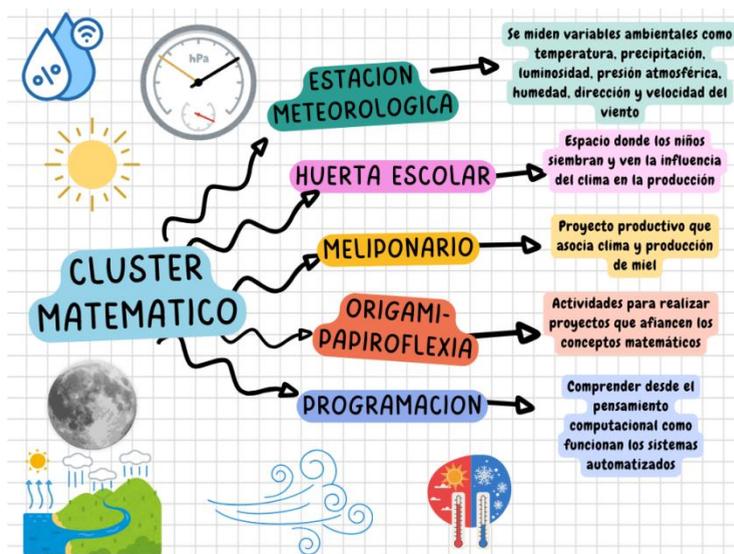


Figura 1. Elementos articuladores de la experiencia
Fuente: Elaboración propia.

Fase relacionamiento contenidos matemáticos y elementos STEM

Tomando como base los Estándares básicos de competencia en matemáticas para la educación básica primaria (Ministerio de Educación Nacional, 2006) y los lineamientos del modelo Escuela Nueva para la educación en el sector rural (Ministerio de Educación Nacional, 2010) se relacionan algunos contenidos de los grados cuarto y quinto, y con ellos los estándares objetivo de aprendizaje asociados con los cuales se puedan establecer relaciones con tres elementos claves para esta investigación: i) los fenómenos meteorológicos propios de la región de estudio, ii) Los elementos del clúster matemático, y iii) los elementos didácticos de fácil acceso.

Fase construcción secuencias didácticas

Reconociendo el papel del STEM como una forma de integrar saberes para resolver problemas contextuales, se realizó una formulación de actividades teniendo como base las guías de trabajo de Escuela Nueva, articulando una serie de actividades a estas guías en tres momentos.

Actividades básicas: Son las que llevan a la explicación de conceptos matemáticos.

Actividades de práctica: Corresponde con la realización de ejercicios prácticos y cooperativos, enfocados a desarrollar situaciones problemas de contextos a través de proyectos y experimentos.

Actividades de aplicación: Son actividades extracurriculares propuestas para que el estudiante continúe con su proceso de aprendizaje en casa buscando incorporar los acudientes y a la comunidad.

2.3 Espacios didácticos: clúster matemático

Toda la experiencia se articula en torno a la meteorología y a los datos suministrados por la estación meteorológica, con los cuales se apoya el trabajo de diferentes contenidos matemáticos utilizando estos datos en los ejercicios y explicaciones para los niños. Fue fundamental tomar datos diariamente de la estación meteorológica, como se ve en la Figura 2. Esta toma de datos se realizó todos los días del calendario académico a las ocho de la mañana y al mediodía, por ser el momento de inicio de jornada y el momento en que los niños salen a receso de almuerzo. A continuación se presenta una descripción de los lugares que componen el clúster.

Estación meteorológica

La estación meteorológica está compuesta por un kit meteorológico que representa los tres componentes principales para la medición en tiempo real: velocidad del viento, dirección del viento y precipitaciones. Estas señales son acondicionadas por la tarjeta “SparkFun Weather Shield”, tarjeta compatible con Arduino UNO, el cual permite realizar lecturas de temperatura, humedad relativa y presión barométrica por medio de comunicación I2C y Radiación solar. El dispositivo empleado para realizar la interfaz fue el computador de placa reducida Raspberry phi 3, que se compone de las siguientes partes: conector DSI: Conector tipo Flat-Flex para la conexión de pantallas tipo LCD compatibles con el estándar DSI. Para visualizar la información se empleó una pantalla LCD (C) Quick Start, con un tamaño de 7 pulgadas, de alta resolución y pantalla táctil capacitiva. La estación fue construida por el docente para fines didácticos. Las cantidades meteorológicas mencionadas se miden de acuerdo con los datos de la Tabla 1.

Tabla 1. Variable meteorológica y escala de medida

Cantidad física	Unidad de medida	Rango de operación	Mínima medida
Temperatura	Grados centígrados	-35 °C y 200 °C	1 °C
Humedad	Porcentaje	0 % y 100 %	0 %
Presión atmosférica	HectoPascales (hPa)	500 hPa y 1200 hPa	500 hPa
Precipitación	Milímetros hora	0 mm y 900 mm	0 mm
Velocidad del viento	Kilómetros hora	0 km/h y 30 km/h	0 km/h
Dirección del viento	Grados (°)	0 ° y 360 °	0 °
Radiación solar	Watt/hora/metro cuadrado	0 Wt/h/m ² - 5000 Wt/h/m ²	0 Wt/h/m ²

Fuente: Elaboración propia.

De las anteriores medidas, se expresan como números enteros la temperatura, la humedad, la dirección del viento y la precipitación, y como números con decimales la presión atmosférica, la velocidad del viento y la radiación solar.

Huerta escolar

La huerta es un espacio aledaño a la escuela de aproximadamente 350 metros cuadrados, en los cuales se realiza la siembra de los productos que se observan en la Tabla 2. Este espacio ayuda a que los estudiantes relacionen directamente los conocimientos en matemáticas con espacios muy similares en sus hogares y que además encuentren en las labores agrícolas y en la naturaleza que los rodea sentido matemático. Es ideal para el trabajo de operaciones con los números naturales, enteros y reales, ya que se permite el desarrollo de los pensamientos matemáticos a través del conteo de frutos, semillas, insectos; de la medición de cantidad de producto de una especie en particular, su peso, longitud y diámetro central; la organización de los datos de producción, tamaños de los productos, cantidad de plagas con el fin de determinar la estabilidad enzoótica de la especie de insectos, etc.

Tabla 2. Especies cultivadas en la huerta

Nombre común	Familia taxonómica	Nombre científico
Remolacha	Betoidea	Beta vulgaris subsp. vulgaris var. Gp Conditiva
Acelga	Betoideas	Beta vulgaris var. cicla
Ruda	Rutacea	Ruta graveolens L.
Caléndula	Asteráceas	Calendula officinalis
Manzanilla	Asteráceas	Chamaemelum nobile
Berenjena	Solanáceas	Solanum melongena
Ahuyama	Curcubitaceas	Cucurbita maxima
Rábano	Crucíferas	Brassica rapa rapa
Apio	Apiáceas	Apium graveolens
Tomate	Solanáceas	Solanum lycopersicum
Pepino	Curcubitáceas	Cucumis sativus
Coliflor	Crucíferas	Brassica oleracea var. botrytis
Lechuga	Asteráceas	Lactuca sativa
Remolacha	Betoideas	Beta vulgaris subsp. vulgaris var. Gp Conditiva
Yuca	Euforbiáceas	Manihot esculenta
Zucchini	Cucurbitáceas	Cucurbita pepo
Plátano	Musaceas	Musa × paradisiaca L.
Banano	Musaceas	Musa acuminata
Maracuyá	Pasifloráceas	Passiflora edulis
Maíz	Poacea	Zea mays
Caña de azúcar	Poacea	Saccharum officinarum
Cebolla de huevo	Amarilidáceas	Allium cepa
Cebolla de rama	Amarilidáceas	Allium fistulosum
Guayaba	Myrtacea	Psidium guajava
Naranja	Rutáceas	Citrus × sinensis
Guanábana	Anonácea	Annona muricata
Pimentón	Solanáceas	Capsicum annuum
Papa	Solanáceas	Solanum tuberosum
Zapote	Sapotácea	Pouteria sapota
Papaya	Caricácea	Carica Papaya

Nota: Elaboración propia.

Meliponarios

Los meliponarios son colmenares para abejas sin aguijón que, por las condiciones de clima, se favorece la producción de miel. Los meliponarios que posee el CER Los Limones albergan dos especies de abejas: la boquesapo (*Melipona eburnea*) y angelitas (*Tetragonisca angostula*). Estos meliponarios fueron adjudicados por un proyecto con la entidad encargada del medio ambiente en el oriente de Antioquia llamada Cornare. En los meliponarios, los niños desarrollan pensamiento variacional al determinar la influencia de condiciones ambientales y naturales en cuanto a la producción de miel; se empleó la medida de volumen para medir la producción, se hizo análisis de datos al comparar la producción de las dos especies de abejas.

Espacio de lúdica matemática (origami y papiroflexia)

En algunas secciones de clase se utiliza el aula para el trabajo de actividades manuales enfocadas al trabajo de origami y la papiroflexia. En este espacio se fortalece el aprendizaje geométrico y se enlaza este trabajo a conceptos matemáticos del grado. Acá se realizan proyectos sencillos como la construcción de un avión de papel y de una cometa, entre otros.

Sala de programación

Para comprender mejor el funcionamiento automático de la estación, los niños realizan actividades de programación utilizando las plataformas Microsoft MakeCode y makecode.microbit. Este trabajo se realizó mediante bloques, en los cuales los niños creaban un código en una plataforma y luego era cargada a un hámster robot o unas placas de microbit. En estas actividades de codificación se realizaron diferentes acciones como codificar movimiento o medición de temperatura, ya que la plataforma micro:bit permite medir algunas cantidades.

En la Figura 2 se observan diferentes espacios del clúster matemático y el trabajo realizado por los niños.

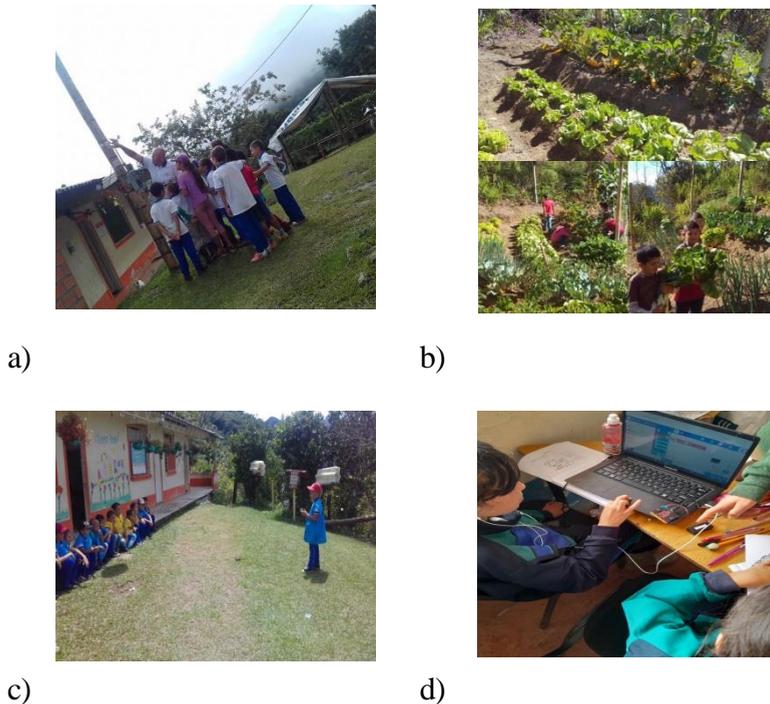


Figura 2. a) Niños junto al docente tomando datos de la estación meteorológica. b) Niños en la huerta escolar. c) Niños realizando labores con los meliponarios. d) Niños programando en la micro:bit y Make code. Nota: Elaboración propia.

3. RESULTADOS

De la fase de relacionamiento de estándares, contenidos y elementos meteorológicos se construyeron matrices en las que se relaciona el estándar matemático, unido a una temática y a posibles fenómenos meteorológicos, naturales y ambientales para ser incluidos en el trabajo matemático. Un ejemplo de estas matrices se observa en la tabla 3. Esta identificación permite también diseñar las actividades que se desarrollan en cada espacio de clúster matemático.

Tabla 3. Relacionamiento de estándar, contenido y fenómenos meteorológicos y naturales

Estándar de matemáticas	Contenido	Fenómeno natural y meteorológico asociable
Identifico el conjunto de los números enteros como una extensión de los números naturales y los utilizo para identificar situaciones de la vida cotidiana. Resuelvo y formulo problemas en situaciones aditivas de composición, transformación, comparación e igualación.	Números enteros. Representación gráfica de enteros.	Temperaturas altas y bajas. Altitud, crecimiento de tubérculos y plantas. Efecto de las lluvias
Utilizo sistemas de coordenadas para especificar localizaciones y describir relaciones espaciales.	Ángulos. Plano cartesiano	Dirección del viento. Puntos cardinales. Brújula
Reconozco el uso de algunas magnitudes (longitud, área, volumen, capacidad, peso y masa, duración, rapidez, temperatura) y de algunas de las unidades que se usan para medir cantidades de la magnitud respectiva en situaciones aditivas y multiplicativas. Predigo patrones de variación en una secuencia numérica, geométrica o gráfica.	Aplicación de la potenciación, radicación o logaritmación. Solución de problemas.	Movimiento acelerado de objetos. Caída libre - lluvia
Comparo y clasifico objetos tridimensionales de acuerdo con componentes (caras, lados) y propiedades.	Potenciación, radicación y logaritmación. Área, volumen y dimensiones de objetos.	Siembra en superficies. Escala del PH. Lluvia ácida

Nota: Elaboración propia.

El trabajo de matemáticas se articuló de acuerdo con el modelo de Escuela Nueva, en el cual se propician proyectos, problemas o la indagación a través de un autoaprendizaje del estudiante. En la experiencia se buscó que las temáticas se transversalizaran en el clúster de aprendizaje matemático, unido a las guías de desarrollo de Escuela Nueva con diversas actividades según corresponda.

A continuación se muestran dos ejemplos del trabajo estructurado según algunas temáticas de aprendizaje, al igual que bloques de programación para el desarrollo de pensamiento computacional sugerido en las actividades, como se ve en las Tablas 4 y 5 y en las Figuras 3a y 3b, que tienen códigos de programación en Micro:bit make code.

Tabla 4. Ejemplo de actividad para cuarto y quinto. Números enteros

Estándar de matemática grado cuarto y quinto			
Identifico el conjunto de los números enteros como una extensión de los números naturales y los utilizo para identificar situaciones de la vida cotidiana			
Descripción de la actividad	Actividades básicas	Actividades de práctica	Actividades de aplicación
<p>Estación meteorológica</p> <p>Identificar los datos de temperatura de los últimos 20 días</p>	<p>Anota en el cuaderno los datos de la temperatura de los últimos 20 días.</p>	<p>Identifica los siguientes fenómenos en tus datos: los días de menor temperatura, mayor temperatura y la temperatura que más se repite. Además, ordénalos de menor a mayor.</p>	<p>De esos últimos días, ¿cómo relaciona los días de lluvia con la temperatura?</p>
<p>Huerta escolar</p> <p>Ubicar en la zona de los tubérculos la remolacha (<i>Beta vulgaris</i>) y realizar las siguientes medidas utilizando la regla en centímetros.</p>	<p>Anota la altura de las hojas (número positivo) tomando como referencia el nivel del suelo. Anota la profundidad (número negativo).</p>	<p>Realiza operaciones con estos números sumando y restando la altura y la profundidad. Comparte datos con tus compañeros y determina cuál tubérculo presenta</p>	<p>En tu casa mide la profundidad y la altura de otras hortalizas como la cebolla o yuca.</p>

La altura de las hojas con respecto al suelo y la profundidad del tubérculo.		una mayor altura, mayor profundidad y la diferencia de estas.	
Meliponarios Observa los meliponarios y las actividades que realizan las abejas en este momento.	Utilizando el cronómetro cuenta durante 5 minutos la cantidad de abejas que salen y las que entran de la colmena de boquesapos y registra estos datos.	Realiza operaciones con los datos obtenidos del ingreso y la salida de abejas de la colmena. Realiza la misma observación en los días lluviosos y de mayor temperatura.	Piensa si el aumento de la temperatura influye en la forma que trabajan las abejas para la producción de miel. ¿El descenso de la temperatura a niveles negativos afectaría la vida de la colmena?
Origami-papiroflexia Construcción de un modelo de avión de papel. Lanza el avión desde una altura en forma ascendente, luego determina la distancia donde cayó el avión.	Que cada estudiante mida la distancia en la cual cayó el avión, entregarla en metros y centímetros.	Compare la distancia que recorrieron los aviones de manera visual y luego utilizando los datos, determina y contrasta ambos métodos de medir qué avión llegó más lejos.	Realicen una competencia con otros equipos y determinen que avión avanza mayor distancia en ascenso y descenso.
Programación en Micro:bit Crear un código de programación que genere números enteros positivos y negativos al azar (ver figura 3a).	Generar con la asistencia del profesor un programa que genere en forma aleatoria números enteros positivos y negativos.	Ejecuta el programa durante 20 veces y anota los números, determina el mayor y el menor valor y después escribe los números en la recta numérica efectuando la suma y la resta de estos	Ejecuta el programa 10 veces y escribe estos números en la recta numérica efectuando la suma y la resta de estos números

Nota: Elaboración propia.

Tabla 5. Ejemplo de actividad para quinto grado. Coordenadas y posicionamiento

Estándar de matemática grado cuarto y quinto			
Utilizo sistemas de coordenadas para especificar localizaciones y describir relaciones espaciales.			
Descripción de la actividad	Descripción de actividades básicas	Descripción de actividades de práctica	Descripción de actividades de aplicación
<p>Estación meteorológica</p> <p>Tomar los datos de la dirección del viento de los últimos 8 días.</p>	<p>Utilizando el plano cartesiano, trace la dirección del viento correspondiente a cada día.</p>	<p>En qué cuadrante del plano cartesiano hay menor cantidad de vientos direccionados. Identificar en qué dirección han estado la mayoría de los vientos de estos días</p>	<p>Piensa otra manera en que se puede describir la dirección de los vientos. ¿Cómo puedes predecir por la dirección de los vientos si va a llover?</p>
<p>Huerta escolar</p> <p>Vamos a la huerta, identificamos la zona de la caña (<i>Saccharum officinarum</i>), buscamos tallos caídos por efecto del viento</p>	<p>Medimos el tamaño de los tallos de caña, y utilizando el sistema cardinal identifique la dirección hacia la que se encuentran los tallos caídos. Registra los datos en tu cuaderno.</p>	<p>Determina en qué dirección fueron más fuertes los vientos por la cantidad de tallos caídos.</p>	<p>Piensa un poco y responde: ¿Qué se puede hacer para evitar que el viento tumba la caña? ¿Qué tamaño de caña tiende a ser tumbado más fácil por el viento?</p>
<p>Meliponarios</p> <p>Ve al meliponario de las abejas boquesapo (<i>Melipona eburnea</i>) y cuenta cronometrando el tiempo la cantidad de abejas que</p>	<p>Determina en qué dirección llegaron la mayor cantidad de abejas.</p>	<p>Observa los datos de la estación meteorológica y traza en el plano cartesiano la dirección del viento. Analiza si existe relación entre la dirección del viento y la</p>	<p>¿Tendrá alguna relación la ubicación de la entrada de las abejas con los puntos cardinales de norte, sur, oriente y occidente? ¿En</p>

regresan hasta completar la décima abeja, identificando la dirección en la que regresan, según el norte geográfico proporcionado por la brújula.		dirección de la entrada de las abejas.	qué dirección observas más cantidad de flores en la escuela?
Origami-papiroflexia Toma una hoja block tamaño carta e hilo, con la ayuda del docente se va a construir una cometa.	Comprueben la dirección del viento elevando la cometa.	Determina en tres momentos cada 10 minutos la dirección del viento elevando la cometa	Realiza esta práctica en tu hogar y determina en qué dirección soplan los vientos con mayor proporción
Programación en Micro:bit Crear un código de programación que sirva como brújula (ver figura 3b).	Con la brújula identifique la dirección de los puntos cardinales, el valor de los ángulos entre cada punto cardinal	Con la ayuda de la tarjeta Micro:bit y tu dedo humedecido en la falange más distal, determina la dirección en la que sopla el viento por medio de aquella dirección en la que se presenta menor sensación térmica	¿Qué otra aplicación le encuentras a una brújula?

Nota: Elaboración propia.

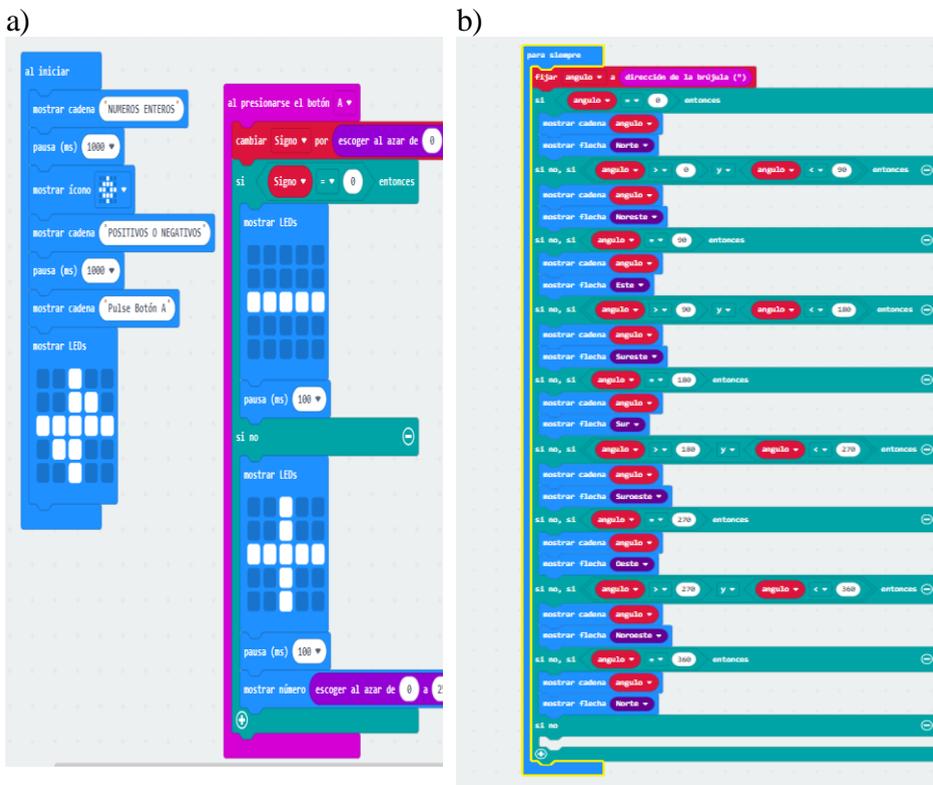


Figura 3. a) Estructura del código de bloques para la actividad de números enteros en el grado cuarto y quinto; b) Estructura del código de bloques para la actividad de la brújula. Fuente: Elaboración propia.

En los niños se observa una actitud de interés y agrado para realizar las distintas actividades propuestas, pues estas permiten el intercambio de lugares y de actividad enriqueciendo su mente y posibilitando en ellos una motivación intrínseca hacia la matemática.

La actividad de la huerta y el análisis de los datos de la estación permitió determinar cómo las condiciones ambientales influyen en el aumento o disminución de la producción de las hortalizas en la huerta. Los análisis que realizan los niños acompañados del docente los llevan a identificar las condiciones de temperatura y precipitación que mejoraban la producción de algunos productos sembrados en la huerta.

En cuanto al trabajo con los meliponarios, y la dinámica allí con las abejas, los niños reconocieron que en temporadas de lluvia las abejas disminuyen la producción de miel y sus reservas se convierten en alimento

para ellas, mientras que en temporadas cálidas hay mayor producción de miel, la cual se puede aprovechar por los humanos.

La programación es otro elemento valioso que se integra al aprendizaje de la matemática, pues lleva a los niños a estructurar órdenes, a entender en la ambiente programación, lo que permitió un mayor afianzamiento de los objetos matemáticos.

En términos generales, la estrategia ha motivado a los estudiantes a aprender conceptos matemáticos por medio de su relación con elementos de su vida cotidiana y de datos obtenidos con dispositivos tecnológicos; estas relaciones también les permitieron identificar la influencia de fenómenos meteorológicos en la producción agrícola. La estrategia también permite desarrollar actividades de manera cooperativa entre los niños. No se evidenció en ellos una apatía similar a la que se puede tener cuando sólo se reduce a una experiencia de formación tradicional donde el maestro transmite un saber a través de ejercicios de contexto que no son cercanos a él.

4. DISCUSIÓN

En el ámbito de la educación matemática, un elemento necesario a considerar es la capacidad que desarrollan los estudiantes para comprender el ambiente, los cuales entran en un mundo complejo por las múltiples relaciones existentes en él. Esta dinámica para comprender el ambiente presenta ciertas dificultades en particular en el contexto rural donde históricamente existe una brecha de analfabetismo limitante en los procesos educativos (Colbert, 2006), pero un conocimiento adecuado del contexto y su empleo en una enseñanza realista de las matemáticas es más beneficioso para los estudiantes (Asghar et al., 2012; Freudenthal, 1979, 1999; Gravemeijer y Terwel, 2000; Martínez y Gorgorió, 2004; Mojica et al., 2019; Treffers, 1993).

Esta relación con el mundo proporciona las bases de una estructura para los pensamientos matemáticos desarrollados en el niño, con ella se genera la posibilidad de indagar a través de lo espacial y temporal (Rodríguez-Muñiz y Díaz, 2015), tan necesarios en esta etapa donde se descubre la realidad. De ahí que descontextualizar la enseñanza matemática convierte su enseñanza en una actividad abstracta la cual no es tan beneficiosa para los niños en una etapa en que los niños deben explorar,

jugar, manipular (Carrasco, 2019; Felicetti y Pineda, 2016; Ministerio de Educación Nacional, 2014; Ortegón, 2016).

En el sector rural se debe prestar especial atención a la dinámica del contexto, ya que los escenarios allí son ricos en biodiversidad y fenómenos naturales. Desde la metodología Escuela Nueva se busca reconocer el papel del contexto, para que los estudiantes, a través de la autonomía y en cooperación con otros pares, desarrollen criterio frente al conocimiento adquiriendo y esto les ayude a transformar su propia comunidad (García, 2015).

Teniendo en cuenta las diversas formas de aprendizaje que obedecen a la gran variedad de inteligencias que permite que cada estudiante comprenda mejor el proceso de aprendizaje matemático en un contexto (Karamikabir, 2012), el docente juega un papel fundamental como líder que logra ver las dificultades y fortalezas de cada niño para potencializarlo en forma positiva, implementando estrategias no sólo novedosas sino pertinentes ante las exigencias de cada estudiante (Hernández et al., 2015) conforme a las posibilidades que brinda el contexto (Stelzer et al., 2015). Según esto, integrar ciencias, matemáticas y tecnología sin desvirtuar el currículo en cada área lleva al conocimiento a adquirir un carácter global y en relación con el saber de las otras áreas, ayudando a que el niño no atomice el conocimiento, el cual no es necesario en esta época del desarrollo cognitivo del niño (Espinar y Viguera, 2020; González, 1999; Kosko y Zimmerman, 2019; Morin, 2004; Vasco, 2011).

Es fundamental reconocer la importancia de las tareas y actividades diseñadas para los niños que se encuadren en el contexto real de vida, ejercicios de experimentación o de simulación que se nutran de esa realidad. Con ellos, el niño se involucra de manera activa en el proceso de formación, pues se está prolongando la realidad a través de la propia imaginación del niño que plasma en productos visibles sus imaginarios, pero que obedecen a reglas matemáticas de solución de problemas (Ponte, 2004). Por eso el trabajo con herramientas STEM enlazadas por medio de la meteorología es una forma maravillosa para cumplir con la contextualización y amplía un panorama de la pertinencia del saber. Sería valioso que todas las instituciones educativas a nivel mundial contaran con una estación de monitoreo ambiental, pues esto ayudaría en la consolidación de redes de estaciones meteorológicas, no sólo para estudiar el clima sino para fomentar el desarrollo de habilidades matemáticas a través de la toma de datos y su análisis, de manera similar a las

experiencias en zonas rurales de los Estados Unidos (Clark et al., 2015) o como una forma de crear un estilo de ciencia ciudadana (Pecl et al., 2015).

Algunos de los logros alcanzados con la implementación de la experiencia de aula son el mejoramiento de procesos de enseñanza en matemáticas a través de la utilización de datos reales del contexto a nivel atmosférico; que permite al niño divertirse, contar, procesar información, descubrir variables climáticas y realizar operaciones aritméticas con elementos del entorno. Además, esta experiencia ha incentivado a que los niños disfruten el campo desde el uso de la matemática que está implícita en el universo (Alsina y Salgado, 2022). Es una experiencia donde el niño aprende en forma natural, sin forzar a reproducir conocimientos, al igual que se avanza en procesos de aprendizajes tecnológicos, que enmarcan el conocimiento actual y el futuro. Ejemplo de un adelanto frente al conocimiento del futuro es mostrar formas de programar con Micro:bit, con lo cual el niño se empodera de nuevos conocimientos que le llevan a imaginarse en un futuro con un proyecto de vida definido y en una vida profesional de áreas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) (Toma y Greca, 2016).

Entre otros logros a resaltar están el acercar al niño al conocimiento de las matemáticas desde la naturaleza que lo rodea, identificando tiempos de germinación, de crecimiento, modelación de la vida a través de figuras, y comprender los conceptos de superficie y volumen con figuras en dos dimensiones y tres dimensiones que le lleven a comprender los datos tomados por los sensores de presión, humedad, temperatura, cantidad de lluvia, velocidad y dirección del viento e intensidad lumínica proporcionados por la estación meteorológica.

Algunas dificultades para ejecutar la experiencia se ubican dentro del manejo que se tiene de una huerta por la periodicidad para el riego, el manejo del cultivo, que el niño logre hacer adecuadamente un proceso de siembra y sistematizar los procesos matemáticos que subyacen al crecimiento de una planta, al igual que la dificultad que se tiene al conseguir o comprar recursos necesarios para el trabajo en los espacios. Otra dificultad ha sido el presupuesto para ensamblar una estación meteorológica automatizada como mediador pedagógico para el aprendizaje del niño.

La experiencia ha permitido descubrir la matemática a través de un proceso que incluye al niño como actor fundamental del aprendizaje, lleva a que el niño descubra un universo matemático, busca que aprenda desde el contacto con el entorno natural (Lee et al., 2013; Morris et al., 2013;

Rojo y Dudu, 2017). Todo aprendizaje tiene una finalidad y particularmente, con el estudio de las matemáticas que están presentes en la vida cotidiana, se espera que el niño descubra, construya, se equivoque, asuma un rol activo, investigativo y se atreva a realizar predicciones (Barrett et al., 2014).

Esta experiencia de investigación de aprendizaje de las matemáticas a través de los eventos naturales permitió que los niños desarrollaran competencias a través del aprender haciendo dentro de un contexto específico, principio clave en el modelo de Escuela Nueva, implementado en todo el territorio rural de Colombia, pues las pedagogías activas están en la base del modelo.

Articulado al modelo de Escuela Nueva como una forma de aprender en contexto, el enfoque STEM permitió que el niño, a través del aprender haciendo, desarrollara habilidades de indagación que permitieron descubrir aquellos elementos presentes en la naturaleza, ayudando en el desarrollo de los pensamientos matemáticos como una manera de ayudar en el fomento de la creatividad y la innovación (Domènech Casal, 2019).

5. CONCLUSIONES

El pensamiento matemático desarrollado a temprana edad permite la adquisición de competencias necesarias para obtener mejores aprendizajes y desempeños, lo cual se da con el desarrollo de actividades que impliquen la manipulación, el conteo, la medida, la interpretación de datos, acciones que deben suceder en espacios que generen el mayor grado de bienestar a los estudiantes y a quienes intervienen en el proceso educativo (Vallejo-Jiménez et al., 2018).

En esta investigación se logra construir una estrategia didáctica que integra diferentes espacios propios de la ruralidad como la huerta y el meliponario, con otros espacios que involucran la manipulación de dispositivos tecnológicos, logrando asociarse por medio de fenómenos meteorológicos cotidianos en el contexto del niño. Es así como se logran incorporar elementos de la ciencia, la tecnología y la matemática en la enseñanza.

Estas estrategias logran poner las matemáticas al servicio del mundo de la vida permitiendo comprender los procesos naturales que se evidencian en fenómenos como el crecimiento de semillas, procesos meteorológicos, estructuras de la naturaleza, entre otros aspectos

relacionados con factores bióticos y abióticos (Ghos, 2018). Es a través de esta comprensión de la realidad que la matemática se convierte en una ciencia humanizante por excelencia (Freudenthal, 1979, 1999; Gravemeijer, 2020; Gravemeijer y Terwel, 2000).

El niño tiene un rol activo, protagónico, que exige que se vincule en sus propios procesos de formación, los cuales a través de estrategias basadas en el descubrimiento del contexto, en el aprender haciendo, tienen mayor potencialidad, al llevar a éstos a pensar con alegría, a explorar para descubrir con mayor apropiación (Karmiloff et al., 1996). Con lo anterior, la inclusión de los elementos del clúster matemático empoderó a los niños para desarrollar el papel activo en el proceso de su aprendizaje, un clúster que les permitió interactuar en forma integrada con la ciencia, la tecnología y el sector productivo.

En este sentido, una educación matemática basada en procesos meteorológicos o naturales llevó al niño por una ruta de aprendizaje contextual (Ministerio de Educación Nacional de Colombia, 1998) que le permitió familiarizarse con conceptos matemáticos y relacionarlos con fenómenos de la naturaleza, al igual que lo condujo en el desarrollo de otros pensamientos matemáticos con actividades muy prácticas que lo hacen medir, contar, numerar, clasificar datos y relacionarlos.

En síntesis, empoderar al niño para trabajar la matemática desde su propio contexto no solo posibilita la ejecución de actividades que ellos desarrollan continuamente, sino el fortalecimiento de actividades que integran saberes científicos, cumpliendo uno de los papeles de la perspectiva STEM.

BIBLIOGRAFÍA

- Aaron, I. y Zinn, G. (2017). *Steps to STEM - Student science notebook*. Sense Publishers.
- Akran, S. K. y Aşıroğlu, S. (2018). Perceptions of teachers towards the stem education and the constructivist education approach: Is the constructivist education approach preparatory to the STEM education? *Universal Journal of Educational Research*, 6(10), 2175–2186. <https://doi.org/10.13189/ujer.2018.061016>
- Alsina, Á. y Salgado, M. (2021). Prácticas de medida en Educación Infantil desde la perspectiva de la Educación Matemática Realista. *Edma 0-6*:

Educación Matemática En La Infancia, 7(2), 24–37.
<https://doi.org/10.24197/edmain.2.2018.24-37>

Alsina, Á. y Salgado, M. (2022). Understanding Early Mathematical Modelling : First Steps in the Process of Translation Between Real - world Contexts and Mathematics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20, 1719–1742.
<https://doi.org/10.1007/s10763-021-10232-8>

Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F. y Prime, G. M. (2012). Supporting STEM Education in Secondary Science Contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6(2).
<https://doi.org/10.7771/1541-5015.1349>

Barrett, B. S., Moran, A. L. y Woods, J. E. (2014). Meteorology meets engineering: an interdisciplinary STEM module for middle and early secondary school students. *International Journal of STEM Education*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/2196-7822-1-6>

Becker, K. y Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary. *Journal of STEM Education*, 12(5), 23–38.

Bonotto, C. (2007). How to replace word problems with activities of realistic mathematical modelling. En P. L. Galbraith, H.-W. Henn y M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education. The 14th ICMI Study* (pp. 185–192). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1_18

Borja, D. F. (2016). Propuesta pedagógica: matemática en contexto. *Rutas de Formación: Prácticas y Experiencias*, 3(1), 58–65.

Borrut, J., Camps, J., Maixé, J. y Planelles, M. (1992). La meteorología en la enseñanza de las ciencias experimentales: una propuesta interdisciplinar e integradora. *Enseñanza de Las Ciencias*, 10(2), 201–205.

- Carrasco, M. del C. (2019). Recursos educativos abiertos: Jugando y aprendiendo matemáticas. *Entretextos Labor de Punto*, 30, 55–67.
- Carrero, M. y González, M. (2016). La educación rural en Colombia: experiencias y perspectivas. *Praxis Pedagógica*, 16(19), 79–89. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.16.19.2016.79-89>
- Charlton, A. J. (2013). Problem-Based Learning approaches in meteorology. *Journal of Geoscience Education*, 61(1), 12–19. <https://doi.org/10.5408/11-281.1>
- Clark, L., Majumdar, S., Bhattacharjee, J. y Hanks, A. (2015). Creating an atmosphere for STEM literacy in the rural south through student-collected weather data. *Journal of Geoscience Education*, 63(2), 105–115. <https://doi.org/10.5408/13-066.1>
- Colbert, V. (2006). Mejorar la calidad de la educación en escuelas de escasos recursos. El caso de la Escuela Nueva en Colombia. *Revista Colombiana de Educación*, 51. <https://doi.org/10.17227/01203916.7689>
- Cornare (2016). *Reserva forestal protectora regional de los cañones de los ríos Melcocho y santo Domingo*. Autor.
- Danuor, S., Gaye, A., Yacouba, H., Mariko, A., Bouzou, M. I., Maiga, M., Da, D., Ginoux, K., Parker, D. J., Polcher, J., Laval, K., Diallo, D. y Bourles, B. (2011). Education in meteorology and climate sciences in West Africa. *Atmospheric Science Letters*, 12(1), 155–159. <https://doi.org/10.1002/asl.326>
- Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A. y Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K-12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1701–1720. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1638531>
- Delahunty, T., Seery, N. y Lynch, R. (2020). Exploring problem conceptualization and performance in STEM problem solving contexts. *Instructional Science*, 48, 395–425.

<https://doi.org/10.1007/s11251-020-09515-4>

- Domènech Casal, J. (2019). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Universitas Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*, 1(2), 154-168. <https://doi.org/10.17345/ute.2019.2.2646>
- Duque, G. y García, Y. (2013). La intervención del Banco Mundial en el Proceso de Reforma a la Educación Colombiana. *Revista de La Facultad de Ciencias Económicas*, 11, 40-61. <https://doi.org/10.30972/rfce.0111054>
- EL-Deghaidy, H., Mansour, N., Alzaghibi, M. y Alhammad, K. (2017). Context of STEM integration in schools: Views from in-service science teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(6), 2459–2484. <https://doi.org/10.12973/EURASIA.2017.01235A>
- Espinar, E. y Viguera, A. (2020). El aprendizaje experiencial y su impacto en la educación actual. *Revista Cubana de Educación Superior*, 39(3), 1–14.
- Fakayode, S. O., Yakubu, M., Adeyeye, O. M., Pollard, D. A. y Mohammed, A. K. (2014). Promoting Undergraduate STEM education at a historically black college and university through research experience. *Journal of Chemical Education*, 91(5), 662–665. <https://doi.org/10.1021/ed400482b>
- Fan, S., Yu, K. y Lin, K. (2020). A Framework for Implementing an Engineering-Focused STEM Curriculum. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19, 1523–1541. <https://doi.org/10.1007/s10763-020-10129-y>
- Felicetti, V. L. y Pineda, A. (2016). Didáctica y pensamiento matemático en educación infantil. *Educação Por Escrito*, 7(2), 253-262. <https://doi.org/10.15448/2179-8435.2016.2.24109>
- Freudenthal, H. (1979). ¿Matemáticas nueva o nueva educación? *Perspectivas*, 9(3), 337–348.

- Freudenthal, H. (1999). *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*. Kluwer Academic Publisher.
- García, J. Á. (2015). El lenguaje ordinario: la clave para el aprendizaje de las matemáticas basado en problemas. *Actualidades Investigativas En Educación*, 15(1), 1–24. <https://doi.org/10.15517/aie.v15i1.17591>
- Gaviria, M. y Colbert, V. (2017). *Historia de la Escuela Nueva en Colombia*. QUADgraphics.
- Ghos, N. (2018). Science Bulletin. En B. Chandra (Ed.), *Science Bulletin*, Vol. 1, pp. 62-69.
- González, M. S. (1999). *Edgar Morin. Complejidad y sujeto humano*. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes.
- González-Quintero, M. (2016). El problema educativo colombiano. *Aibi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 4(2), 63–67. <https://doi.org/10.15649/2346030x.392>
- Gravemeijer, K. (2020). A Socio-constructivist elaboration of realistic mathematics education. En M. Van den Heuvel (Ed.), *National Reflections on the Netherlands Didactics of Mathematics* (pp. 217–234). Springer Open. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33824-4_12
- Gravemeijer, K y Terwel, J. (2000). Hans Freudenthal: a mathematician on didactics and curriculum theory. *Journal of Curriculum Studies*, 32(6), 777–796. <https://doi.org/10.1080/00220270050167170>
- Hernández, L., García, M. y Mendivil, G. (2015). Estrategia de enseñanza y aprendizaje en matemáticas teniendo en cuenta el contexto del alumno y su perfil de egreso. Asesoría entre pares: ¿un método para aprender a aprender a enseñar matemáticas? *Revista Boletín Redipe*, 4(12), 45–58.
- Holmlund, T. D., Lesseig, K. y Slavit, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5(32). <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>

- Hurtado, L. y Aristizábal, J. (2013). Observando el tiempo: Los meteoros. *Agencia Estatal de Meteorología*.
- Hurtado, L., Delgado, A. y Corral, F. (2013). Observando el tiempo: La presión. *Agencia Estatal de Meteorología*.
- Ibáñez, M. B. y Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers and Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Kanadli, S. (2019). A meta-summary of qualitative findings about STEM education. *International Journal of Instruction*, 12(1), 959–976. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12162a>
- Karamikabir, N. (2012). Gardner's multiple intelligence and mathematics education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31, 778–781. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.140>
- Karmiloff, A., Grant, J., Sims, K., Jones, M. C. y Cuckle, P. (1996). Rethinking metalinguistic awareness: Representing and accessing knowledge about what counts as a word. *Cognition*, 58(2), 197–219. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(95\)00680-X](https://doi.org/10.1016/0010-0277(95)00680-X)
- Kennedy, T. J. y Odell, M. R. L. (2014). Engaging Students In STEM Education. *Science Education International*, 25(3), 246–258.
- Kosko, K. W. y Zimmerman, B. S. (2019). Emergence of argument in children's mathematical writing. *Journal of Early Childhood Literacy*, 19(1), 82–106. <https://doi.org/10.1177/1468798417712065>
- LaForce, M., Noble, E., King, H., Century, J., Blackwell, C., Holt, S., Ibrahim, A. y Loo, S. (2016). The eight essential elements of inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education*, 3(21), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0054-z>
- Lee, J. J., Ceyhan, P., Jordan-Cooley, W. y Sung, W. (2013). GREENIFY: A Real-World Action Game for Climate Change Education. *Simulation and Gaming*, 44(2–3), 349–365.

<https://doi.org/10.1177/1046878112470539>

- Lomas, J., Milford, J. R. y Mukhala, E. (2000). Education and training in agricultural meteorology: Current status and future needs. *Agricultural and Forest Meteorology*, 103(1–2), 197–208. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(00\)00112-X](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00112-X)
- Lynch, P. (2013). Invisible in the Storm: The Role of Mathematics in Understanding Weather—A Book Review. *Notices of the American Mathematical Society*, 60(08), 1. <https://doi.org/10.1090/noti1036>
- Manziona, R. L. (2017). Modelagem Matemática E Estatística Aplicada À Hidrogeografia E Agrometeorologia. *Irriga*, 22(4), 847–851. <https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n4p847-851>
- Martínez, M. y Gorgorió, N. (2004). Concepciones sobre la enseñanza de la resta: un estudio en el ámbito de la formación permanente del profesorado. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 6(1), 1–19.
- McDonald, C. (2016). STEM Education: A Review of the Contribution of the Disciplines of Science, Technology, Engineering and Mathematics. *Science Education International*, 27(4), 530–569.
- Ministerio de Educación Nacional (2006). *Estándares básicos de competencias en lenguaje, matemáticas y ciencias ciudadanas*. Autor.
- Ministerio de Educación Nacional (2010). *Manual de implementación Escuela Nueva. Generalidades y orientaciones pedagógicas para la transición y primer grado. Tomo I*. Autor.
- Ministerio de Educación Nacional (2014). La exploración del medio en la educación inicial. En *Serie de orientaciones pedagógicas para la educación inicial en el marco de la atención integral* (Issue 24). Panamericana formas e impresiones S.A.
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia (1998). *Lineamientos curriculares de matemática*. Autor.

- Mojica, M. A., Castro, N. A. y Martínez, L. M. (2019). Las matemáticas de la enseñanza media en Colombia y su enfoque etnomatemático. *Universidad y Sociedad*, 11(5), 513–520.
- Morin, E. (2004). La epistemología de la complejidad. *Gazeta de Antropología*, 20(2), 1–14. <https://doi.org/10.30827/digibug.7253>
- Morris, B. J., Croker, S., Zimmerman, C., Gill, D. y Romig, C. (2013). Gaming science: the “Gamification” of scientific thinking. *Frontiers in Psychology*, 4, 1–16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00607>
- Nikkel, R. W. (s.f.). *El viento santo*.
- Ortegón, M. (2016). *Gamificación de las matemáticas en la enseñanza del valor posicional de cantidades*. Trabajo Fin de Máster no publicado. Universidad Internacional de La Rioja.
- Palinussa, A., Molle, J. y Gaspersz, M. (2021). Realistic mathematics education : Mathematical reasoning and communication skills in rural contexts. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 10(2), 522–534. <https://doi.org/10.11591/ijere.v10i2.20640>
- Pecl, G., Gillies, C., Sbrocchi, C. y Roetman, P. (2015). Building Australia through citizen science. *Occasional Paper Series*, 1(11), 1–4.
- Pintrich, P. R. y De Groot, E. V. (2003). A Motivational Science Perspective on the Role of Student Motivation in Learning and Teaching Contexts. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 667–686. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.4.667>
- Ponte, J. (2004). Problemas y investigaciones en la actividad matemática de los alumnos. En J. Giménez, L. Santos y J. P. Ponte (Eds.), *La actividad matemática en el aula* (pp. 25-34). Graó.
- Prada, R., Hernández, C. y Avendaño, W. (2021). Percepción de estudiantes sobre el desarrollo de aptitudes matemáticas en el aula y su relación con su desempeño académico. *Revista Boletín Redipe*, 10(4), 388–401.

- Ring, E. A., Dare, E. A., Crotty, E. A. y Roehrig, G. H. (2017). The evolution of teacher conceptions of STEM education throughout an intensive professional development experience. *Journal of Science Teacher Education*, 28(5), 444–467. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2017.1356671>
- Ring-Whalen, E., Dare, E., Roehrig, G., Titu, P. y Crotty, E. (2018). From conception to curricula: The role of science, technology, engineering, and mathematics in integrated STEM units. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 6(4), 343–362.
- Rodríguez, C., Sánchez, F. y Armenta, A. (2007). *Hacia Una Mejor Educación Rural: Impacto de un programa de intervención Colombia*. Documento CEDE (1657-7191, Vol. 7191). <https://doi.org/10.57784/1992/8088>
- Rodríguez-Muñiz, L. J. y Díaz, P. (2015). Strategies in Spanish universities to improve incoming students' mathematical performance. *Aula Abierta*, 43(2), 69–76. <https://doi.org/10.1016/j.aula.2015.01.002>
- Rojó, T. y Dudu, S. (2017). Los videojuegos en la implementación de políticas de mitigación del cambio climático. *Ambitos, Revista Internacional de Comunicaciones*, 37, 1–25. <http://dx.doi.org/10.12795/Ambitos.2017.i37.06>
- Romagnoli, C. y Sebben, V. (2015). Nociones de Física de la Atmósfera en la Escuela Primaria. Una mirada desde la Meteorología Escolar. *Revista de Enseñanza de La Física*, 27(2), 741–747.
- Santano, P. y Arauz, H. (2012). La meteorología en la escuela. Una propuesta. *Indivisa: Boletín de Estudios e Investigación*, 13, 68–75.
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Debate.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2019). *Popularización de la meteorología en la educación básica regular primaria. Guía para el docente*. Ministerio del Medio Ambiente del

Perú.

Soldner, M., Rowan-Kenyon, H., Inkelas, K. K., Garvey, J. y Robbins, C. (2012). Supporting students' intentions to persist in STEM disciplines: The role of living-learning programs among other social-cognitive factors. *Journal of Higher Education*, 83(3), 311–336. <https://doi.org/10.1353/jhe.2012.0017>

Stelzer, F., Urquijo, S. y Canet-Juric, L. (2015). Procesamiento numérico . Relaciones con el desempeño en matemáticas en niños. *Cuadernos de Neuropsicología. Panamerican Journal of Neuropsychology*, 9(1), 87–108.

Toma, R. B. y Greca, I. M. (2016). *Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de Educación Primaria*. Comunicación presentada en el Tercer Simposio Internacional de Enseñanza de Las Ciencias SIEC, 2016.

Torres, D. L., Fonseca, W. P. y Pineda, B. N. (2018). Las vivencias como estrategia de fortalecimiento del pensamiento crítico en educación rural. *Práxis y Saber*, 8(17), 201–224. <https://doi.org/10.19053/22160159.v8.n17.2018.7207>

Treffers, A. (1993). Wiskobas and Freudenthal realistic mathematics education. *Educational Studies in Mathematic*, 25, 89–108. <https://www.jstor.org/stable/3482879>

Vallejo-Jiménez, M. M., Martínez-Puerta, J. J., Agudelo, S. B. y Salgado, N. D. (2018). SENA Tecnoacademia Risaralda and Caldas as a collaborative learning scenario in robotics. *CEUR Workshop Proceedings*, 2312.

Vasco, C. (2011). La presencia de Piaget en la Educación colombiana, 1960-2010. *Revista Colombiana de Educación*, 60, 15-40. <https://doi.org/10.17227/01203916.836>

Vasquez, J. (2015). STEM: beyond the acronym. *Educational Leadership*, 3(3), 10–16.

- Villa, J. A., Gonzalez, D. y Carmona, J. A. (2018). Modelación y Tecnología en el Estudio de la Tasa de Variación Instantánea en Modelación y Tecnología en el Estudio de la Tasa de Variación Instantánea en matemáticas. *Formación Universitaria*, 11(2), 25–34. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062018000200025>
- Wang, X. (2013). Why Students Choose STEM Majors: Motivation, High School Learning, and Postsecondary Context of Support. *American Educational Research Journal*, 50(5), 1081–1121. <https://doi.org/10.3102/0002831213488622>
- Zollman, A. (2012). Learning for STEM Literacy: STEM Literacy for Learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12–19. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x>