

EL PENSAMIENTO GEOMÉTRICO-ESPACIAL Y COMPUTACIONAL EN EDUCACIÓN INFANTIL: UN ESTUDIO DE CASO CON KUBO

María Ruiz Moltó 

Consejería de Educación, Región de Murcia

Blanca Arteaga Martínez 

Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED

RESUMEN: Los robots de suelo se utilizan en las aulas de Educación Infantil no solo como un juego sino como recurso didáctico, desde los contenidos de alguna de las didácticas específicas. El propósito de este artículo es analizar si la implementación de la robótica educativa favorece el aprendizaje de nociones espaciales y geométricas. Para ello se presenta un estudio de caso, en un aula de 25 niños de 3 y 4 años, centrada en una propuesta integradora para el desarrollo del pensamiento geométrico y computacional sustentada teóricamente en el modelo de Van Hiele, con el uso del robot KUBO y su sistema de programación *Tagtile*. Los resultados revelan cómo se ha favorecido el aprendizaje de nociones espaciales y geométricas, así como el disfrute del alumnado, produciéndose un avance de su razonamiento dentro del nivel de visualización. Ello señala la efectividad de la robótica para el abordaje de la geometría desde un mejor conocimiento del espacio, así como la necesidad de que el profesorado de Infantil se forme en el uso de este tipo de material para permitir al alumnado el acceso a herramientas computacionales.

PALABRAS CLAVE: geometría, orientación espacial, robótica, educación infantil, KUBO.

GEOMETRIC-SPATIAL AND COMPUTATIONAL THINKING IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION: A CASE STUDY WITH KUBO

ABSTRACT: The floor robots are used in the classrooms of Early Childhood Education not only as a game but as a didactic resource, from the contents of some of the specific didactics. The purpose of this article is to analyze whether the implementation of educational robotics favors the learning of spatial and geometric notions. For this purpose, a case study is presented in a

classroom of 25 children aged 3 and 4, focused on an integrative proposal for the development of geometric and computational thought based theoretically on the Van Hiele model, with the use of the KUBO robot and its Tagtile programming system. The results reveal how the learning of spatial and geometric notions has been favored, as well as the enjoyment of students, producing an advance of their reasoning within the level of visualization. This indicates the effectiveness of robotics for the approach of geometry from a better knowledge of the space, as well as the need for the teachers of Early Childhood Education to be trained in the use of this type of material to allow students access to computer tools.

KEYWORDS: Geometry, spatial orientation, robotics, early childhood education, KUBO.

Recibido: 14/02/2022

Aceptado: 07/05/2022

Correspondencia: Blanca Arteaga-Martínez, Facultad de Educación, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), C/ Juan del Rosal, 14, 28040 Madrid. Email: blanca.artega@edu.uned.es

1. INTRODUCCIÓN

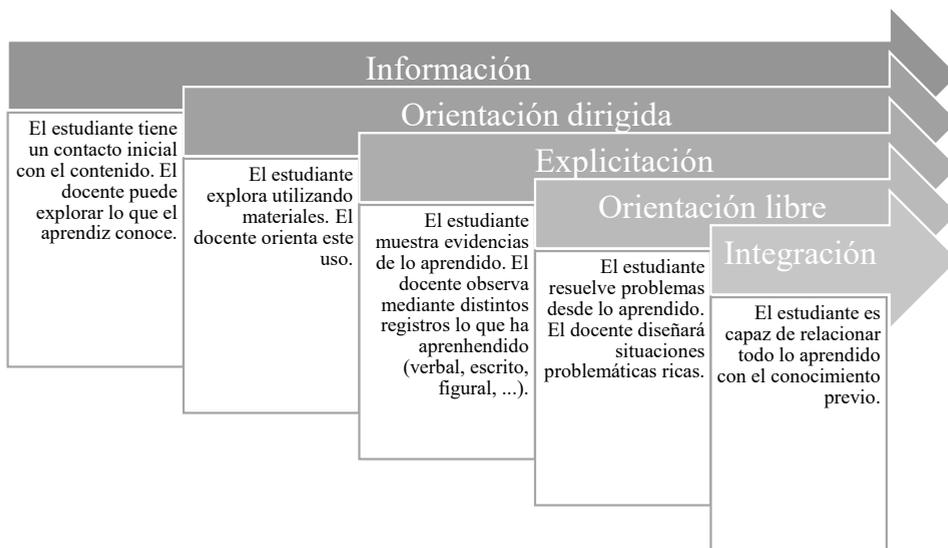
La geometría es una de las disciplinas que involucran a los niños desde los primeros años de su vida (Inan y Dogan-Temur, 2010), su imperiosa necesidad por explorar el entorno próximo proporciona una forma de explicar aquello que perciben a través de los sentidos, por lo que su estudio resulta fundamental para su comprensión e interpretación. De ahí, la necesidad de trabajar sus contenidos desde la etapa de Educación Infantil, abordando los mismos a partir de una construcción mental vivida y experimentada paso a paso, que permita sentar las bases de una formación integral de calidad. Sin embargo, esta parte de los contenidos matemáticos es generalmente minimizada en estas etapas tempranas de la educación (Espina de la Cruz y Novo, 2019).

La geometría constituye una vertiente de las matemáticas referida al análisis lógico del espacio, teniendo como objetivo descubrir y conocer la forma, la situación, los movimientos y transformaciones de los objetos en el espacio (Martínez y Sotos, 2020). De esta manera, los contenidos de geometría en Educación Infantil no deben basarse únicamente en el trabajo con las formas de los objetos, sino también en la posición relativa entre ellos, incluyendo nociones topológicas, proyectivas y euclídeas del espacio (Vanegas, 2018). No obstante, el aprendizaje de dicha disciplina en esta etapa se ha basado casi exclusivamente en la identificación de figuras y su representación en el papel, de manera descontextualizada y dejando de lado procesos de razonamiento, argumentación y visualización, priorizando por ejemplo el uso de formas prototípicas, lo que ha

dado lugar a un fenómeno ostensivo (Martínez y Ávila, 2013), y por tanto, a obstáculos de aprendizaje posteriores. Este pensamiento geométrico debe separarse del espacial, considerándose distintos y a la vez complementarios, dando sentido en estas primeras edades a una captación comprensiva de un espacio donde el niño aprende, explora y se mueve (NCTM, 1989).

Para una planificación educativa adecuada, resulta por ello indispensable tener en cuenta las aportaciones de las distintas corrientes psicopedagógicas (Piaget, Vigotsky, Ausubel) que constituyen los pilares de toda intervención educativa, tales como la importancia de la actividad y el autodescubrimiento, de la interacción social, así como de promover aprendizajes funcionales y significativos. Junto con ello, cobra especial relevancia la propuesta del matrimonio Van Hiele (1986), quienes elaboraron un modelo con el que explican cómo se construye el aprendizaje de la geometría a través de una secuencia de niveles de razonamiento (visualización, análisis, deducción informal, deducción formal y rigor) y a fin de que el alumnado avance de un nivel a otro, ofrecen unas fases de aprendizaje en cada uno de ellos (Figura 1), así como pautas para que el docente pueda acompañarles en la construcción de su pensamiento geométrico-espacial.

Figura 1. Fases de Van Hiele para los niveles de razonamiento



El modelo no vincula el avance a la edad cronológica del aprendiz, por lo que el foco de interés para el docente es conocer en qué nivel de razonamiento se encuentra el estudiante, dado que se considera que el paso de uno a otro puede ser inmediato.

Este enfoque de construcción del pensamiento geométrico puede enriquecerse en la actual era digital, ya que considerar las Tecnologías del Aprendizaje y el

Conocimiento (TAC) “supone tener en cuenta su rápida evolución y la constante renovación y transformación de las mismas y por ello, la necesidad de su incorporación al ámbito educativo” (Ruiz y Hernández, 2018, p. 82).

Una de las herramientas que se está impulsando en la etapa de Educación Infantil es la Robótica Educativa (RE), un recurso que hace posible diseñar ambientes de aprendizaje atractivos e interactivos, además de constituir una oportunidad idónea para acercar al alumnado a la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM) (Castro et al., 2018), a la vez que facilita el desarrollo de la competencia computacional (García-Valcárcel y Caballero, 2019). En la actualidad, estos aspectos pueden considerarse fundamentales en el aprendizaje temprano para participar en una cultura dominada por las tecnologías, al tiempo que se mantiene actualizado con la perspectiva laboral del siglo XXI (Noh y Lee, 2020). Tanto es así, que los conceptos de pensamiento computacional, programación y robótica se han incorporado en los entornos educativos al considerarse esenciales para la formación del alumnado ante las demandas de la sociedad (Diago y Yáñez, 2021). Además, el uso de robótica en el aula es un gran recurso para potenciar las habilidades cognitivas de los estudiantes (Espinosa y Gregorio, 2018) tales como el razonamiento, la memoria de trabajo (Arfé et al., 2020) o la toma de decisiones a la hora de resolver problemas (Diago et al., 2018) a la vez que constituye un gran apoyo a la hora de aprender jugando, lo que permite transformar la enseñanza y aprendizaje en un proceso más divertido y eficaz (Bers, 2019; Chaldi y Mantzanidou, 2021).

Aun cuando algunos autores (Papadakis, 2020a) la consideran como una de las últimas tendencias en educación, otros (Recio-Caride, 2019) señalan que no se trata de introducir tales recursos por el mero hecho de ser novedosos, sino que los maestros han de actuar como investigadores de su propia acción en el aula para introducirlos de manera crítica. En este sentido, el creciente estudio sobre la implementación de robótica en las aulas ha demostrado su impacto positivo en alumnado y profesorado, al constituir un recurso útil e innovador que permite desarrollar la creatividad, la colaboración, la resolución de problemas, el aprendizaje por descubrimiento, el pensamiento crítico y algorítmico (Tzagkarakaki et al., 2021), así como aprender conceptos fundamentales de pensamiento computacional desde edades tempranas, apoyando el aprendizaje socioemocional, lingüístico, cognitivo y matemático (U.S. Department of Education, 2015). Asimismo, el enfoque multidisciplinario de la robótica educativa y su enorme potencial para la mejora de las habilidades espaciales (Papadakis, 2020b) ha permitido mostrar la idoneidad de los robots de suelo programables, como recurso eficaz para la construcción y evolución del pensamiento geométrico. En relación al espacio, destaca la posibilidad de vivenciar las nociones topológicas y proyectivas fundamentalmente a través de la programación del robot, lo que permite el desarrollo y adquisición de la orientación espacial, considerada como la comprensión de la posición del propio cuerpo en relación con el exterior o las posiciones entre objetos (Vanegas, 2018). Además, mediante la creación de diferentes escenarios en los tapetes, se pueden plantear retos de figuras geométricas donde el alumnado, no solo identifica las formas y sus propiedades, sino que pone en marcha

habilidades esenciales que le facilitarán una mejor orientación y localización espaciales.

Implementar recursos de robótica educativa en las aulas como vehículo para un aprendizaje geométrico más efectivo, implica entre otras acciones iniciar al alumnado en el funcionamiento del robot y consecuentemente, saber programarlo, debiendo poner en marcha el paso previo de desarrollo del pensamiento computacional (Recio-Caride, 2020). García-Valcárcel y Caballero (2019) definen el pensamiento computacional como la habilidad y capacidad para resolver problemas utilizando la programación y los fundamentos de las ciencias computacionales o lo que es lo mismo, a través de secuencias de instrucciones y algoritmos (Aho, 2012). Para el desarrollo del mismo, lo cierto es que no se precisa de ningún tipo de dispositivo tecnológico, ya que es posible hacer uso de una gran variedad de actividades *unplugged* o desconectadas, donde a partir de un enfoque constructivista, el alumnado ha de resolver desafíos a través de cartas de dirección, desplazamientos a través del propio cuerpo, con el fin de que adquieran habilidades que puedan ser evocadas posteriormente como el diseño de algoritmos, aspecto clave para la programación del robot (Zapata-Ros, 2019). A modo de ejemplo, cuando el niño programa al robot sobre un tapete de la ciudad para que vaya desde su casa hasta el parque, este ha de indicarle una secuencia de acciones como: delante, izquierda o derecha, tantas veces como sean necesarias hasta llegar a su destino. Este procedimiento lleva al niño a integrar nociones espaciales básicas como dentro-fuera (topológicas), delante, izquierda, derecha (proyectivas) o trayectos largos o cortos (euclídeas). De esta manera, pensamiento geométrico y computacional se fusionan para dar lugar a una propuesta integradora en la etapa de Educación Infantil.

Sin embargo, esta perspectiva supone un gran reto para el profesorado, quienes desempeñan un papel crucial en el liderazgo de esta innovación (Tzagkaraki et al., 2021) debiendo fortalecer sus competencias tanto en geometría como en robótica educativa. Ello plantea la necesidad de que la formación que reciben los maestros durante sus estudios universitarios cumpla con los requisitos de la nueva era, con el fin de contribuir a su práctica como futuros docentes (Borrull et al., 2020), además de la necesidad de una continua renovación de conocimientos que les permita permanecer actualizados. Esta formación debe facilitar espacios con “oportunidades para explorar y ponderar el potencial de las nuevas tecnologías dentro de sus programas de preparación” (Alqahtani et al., 2021, p. 22).

El objetivo general de este estudio es analizar si la implementación de herramientas de robótica educativa en Educación Infantil (3-4 años) favorece el aprendizaje de nociones geométricas y espaciales en el alumnado. Para ello se plantean como preguntas de investigación las siguientes:

1. ¿Podemos desarrollar actividades para la enseñanza de la geometría a través de robótica educativa en un aula de Educación Infantil?
2. ¿Es el robot educativo un recurso a tener en cuenta para el aprendizaje de nociones geométricas y espaciales en Educación Infantil?

3. ¿Qué aspectos del modelo de Van Hiele nos facilitan la implementación y evaluación de actividades en el aula?

Para responder a estas preguntas, se plantea una intervención en un aula, que nos permitirá recoger y analizar datos cualitativos y cuantitativos, centrada en la interacción con el robot de suelo KUBO. Los datos cualitativos nos facilitarán dar respuesta al primer interrogante, mientras que los datos cuantitativos se utilizarán para responder al resto de preguntas.

2. MÉTODO

En el presente trabajo se describe la experiencia de aula denominada “KUBO Geoexplora”, basada en una propuesta integradora para la enseñanza y aprendizaje de la geometría a través del uso de robótica educativa. La metodología es de estudio de caso (Yin, 2018), dado que no podemos separar el análisis de la propuesta del contexto en que se produce. El caso es paradigmático (Flyvbjerg, 2004) dado que se presenta una forma particular de aprendizaje en la escuela con un robot concreto.

2.1. Elección del caso

El grupo de estudiantes pertenece al aula del primer nivel del segundo ciclo de Educación Infantil, compuesta por 25 niños/as de 3 y 4 años de edad, de un centro público de la Región de Murcia (España). Los estudiantes no han trabajado de manera previa con este robot.

KUBO es un pequeño robot educativo de 9 centímetros de altura, diseñado para que el alumnado de edades tempranas comience a desarrollar el pensamiento computacional y se inicie en la programación a través de su lenguaje de programación por fichas (*Tagtiles*). Se trata de un sistema de codificación similar a un puzle, que permite a los niños realizar rutas, funciones y bucles, aunque para el nivel de 3 y 4 años únicamente nos centramos en las rutas. Para ello, se hizo uso de tres tipos de *Tagtiles*: verde (hacia delante), azul (hacia la derecha) y naranja (hacia la izquierda), que el alumnado debía combinar uniéndolas a modo de puzle, para después poner a KUBO sobre ellas, de modo que a través de su lectura ejecute las acciones avanzando paso a paso.

Como enriquecimiento de la propuesta, se emplearon además otros materiales de elaboración propia como la creación del cuento “KUBO Geoexplora”, el tablero y las *Tagtiles* gigantes (Figura 2), desde el diseño de tapetes personalizados donde se plasmó el escenario del cuento (Terroba et al., 2021), donde los niños podían llevar a cabo movimientos actuando de manera similar a como lo hace el robot.

Utilizar el propio cuerpo resulta fundamental para la adquisición de la orientación espacial en el niño (Ricart et al., 2019). Esto permitió una propuesta cohesionada y significativa adaptada a los intereses y las características psicoevolutivas del alumnado de 3 y 4 años. Adicionalmente, las actividades tuvieron lugar en diversos

espacios, destacando el aula de referencia, el patio del centro y un parque cercano al colegio (“Geópolis”).

Figura 2. Cuento, tablero, tagtiles gigantes y escenario



2.2. Construcción del caso

El caso se ha estructurado en torno a tres etapas. La primera etapa comprende la evaluación inicial, sustentada en distintas pruebas diagnósticas, sobre los conocimientos previos del alumnado en robótica y geometría. Para el área de robótica se dejó que los niños experimentasen libremente con el robot KUBO, y para el área de geometría se plantearon cinco juegos que atendían a contenidos geométrico-espaciales, desde la identificación de algunas figuras planas (círculo, cuadrado, triángulo) y las posiciones relativas. Estos juegos se basaron en el primer nivel de visualización propuesto por el matrimonio Van Hiele, referido al alumnado que es capaz de percibir “las figuras geométricas globalmente, como objetos físicos, y sus descripciones se basan en características visuales, táctiles, etc. No reconocen explícitamente partes o propiedades matemáticas de las figuras, en especial las que no son evidentes” (Gutiérrez, 2012, p. 35), además son capaces de comparar estas figuras con objetos cotidianos (Berciano et al., 2017). Los materiales empleados fueron manipulativos, lo que permitió al alumnado cambiar la orientación, facilitando la identificación de las formas y previniendo el fenómeno ostensivo. En ambas pruebas se hizo uso de la observación participante y grabaciones en vídeo, para después registrar los datos de los juegos en un instrumento *ad hoc* y transcribir la situación derivada de la experimentación libre con el robot.

La segunda etapa se refiere a la propuesta de intervención “KUBO Geoexplora” (Tabla 1), conformada por 6 sesiones formativas basadas en el nivel de visualización y secuenciadas según las cinco fases de aprendizaje propuestas por el matrimonio Van Hiele.

Tabla 1. Fases de la propuesta de intervención “KUBO Geoexplora”

Fases Van Hiele	Sesiones	Actividades
Fase 1. Información	Sesión 1	Actividad de motivación: a través del cuento “KUBO Geoexplora” y la iniciación al uso del robot, se informó a los niños del contexto de trabajo, dándoles a conocer los materiales y los contenidos a trabajar.
Fase 2. Orientación dirigida	Sesiones 2, 3, 4	Actividades de desarrollo: 3 retos (uno por semana) que englobaron 3 fases. En un primer momento la orientación dirigida, donde se explicó a los niños lo que se iba a trabajar y mediante una actividad <i>unplugged</i> sobre el tablero gigante les permitió manipular, explorar y descubrir a través del cuerpo los conceptos y propiedades fundamentales (Figura 3). Tras la actividad, se pasó a la fase de explicitación donde se escuchó a los niños y se plantearon algunas tareas como reflexión del trabajo realizado. A partir de lo que experimentaron, tenían la oportunidad de aplicarlo en el tapete con KUBO para resolver un determinado problema o reto (orientación libre).
Fase 3. Explicitación		
Fase 4. Orientación libre		
Fase 5. Integración	Sesión 5	Actividad final: se dejó a los niños “hacer” de manera autónoma sobre el tapete, siendo un momento clave para que recordasen e integrasen los contenidos abordados a lo largo de la propuesta.
	Sesión 6	Para poner fin a la propuesta visitamos con KUBO “Geópolis”, un parque con estructuras geométricas, permitiendo la práctica de lo aprendido de una manera lúdica fuera del contexto del aula.

Nota. Elaboración propia a partir de Van Hiele (1986).

Figura 3. Secuencia de los retos

2.3. Protocolo y toma de datos

Al tratarse de una investigación basada en la interpretación y comprensión de una situación en un contexto educativo, los principales instrumentos (Tabla 2) de evaluación fueron la observación, los registros fotográficos y en vídeo, para después registrar detalles del proceso de aprendizaje durante la realización de las actividades propuestas.

Tabla 2. *Procedimiento e instrumentos*

Procedimiento	Instrumentos
Etapa 1. Evaluación inicial. Conocimientos previos del alumnado y conocimiento especializado de la maestra tutora del contenido matemático y tecnológico.	Pruebas diagnósticas <i>ad hoc</i> : entrevista, registros de observación, grabación en vídeo y transcripción de conversaciones.
Etapa 2. Intervención "KUBO Geoexplora" basada en 6 sesiones didácticas.	Registros de observación <i>ad hoc</i> y escala de satisfacción del alumnado.
Etapa 3. Evaluación final. Resultados del alumnado.	Registro de observación <i>ad hoc</i> basado en los estándares <i>Common Core</i> .

Para evaluar cada una de las sesiones de esta etapa se diseñó un instrumento *ad hoc* donde se recogió el nivel de consecución de cada ítem atendiendo a la escala Likert: nada, algo, bastante, mucho. Del mismo modo, se valoró la motivación y disfrute de los niños después de cada sesión, haciéndoles preguntas de manera individual como "¿te gusta jugar con KUBO?", "¿te lo has pasado bien?", "¿te has sentido contento?"; para la recogida de esta información, se empleó una escala tipo Likert de tres posibles respuestas adaptadas al formato de evaluación que se utilizaba de manera previa en el aula; para cada pregunta debían responder colocando una pinza en uno de los tres colores (rojo, amarillo, verde) de un semáforo individual.

Finalizada la implementación de la propuesta se pasó a la tercera y última etapa, que comprendió la evaluación final de los estudiantes a través del planteamiento de seis juegos individuales, basados en los contenidos y procedimientos trabajados durante la implementación en el aula, y al tiempo, se sustentaron en una selección de las recomendaciones dadas en los *Common Core State Standards Initiative* (CCSSI, 2010) para el bloque de Geometría en la etapa inicial, denominada en este documento como *Kindergarten* (Tabla 3).

Tabla 3. *Estándares del dominio geométrico recogidos en la evaluación final*

<i>Common Core Standards Initiative</i>		<i>Ítems en la evaluación final</i>
Identificar y describir formas	Describe objetos en el entorno usando nombres de formas.	Identifica y nombra círculo, cuadrado y triángulo, independientemente de su orientación y tamaño. Reconoce en el entorno un objeto con forma de círculo, cuadrado y triángulo.
	Nombrar correctamente las formas independientemente de su orientación o tamaño general.	
	Describe las posiciones relativas de estos objetos usando términos como delante, a un lado y al otro lado (izquierda/derecha) ¹ .	

1. El original recoge los términos: arriba, abajo, al lado, delante, detrás y al otro lado.

<i>Common Core Standards Initiative</i>		<i>Ítems en la evaluación final</i>
Analizar, comparar, crear y componer formas	Analizar y comparar formas bidimensionales, en diferentes tamaños y orientaciones, utilizando un lenguaje informal para describir sus similitudes, diferencias, partes (ej. número de lados y vértices/"esquinas") y otros atributos (por ejemplo, tener lados de igual longitud).	Identifica y describe diferencias entre un cuadrado y triángulo del mismo grosor y tamaño. Compone un círculo, cuadrado y triángulo con depresores flexibles.
	Modelar formas reales construyendo formas a partir de componentes (por ejemplo, palos y bolas de arcilla) y dibujando formas.	Diseña una ruta de manera autónoma haciendo uso de las <i>tagtiles</i> : delante, derecha e izquierda.

Nota. Elaboración propia a partir de los Common Core State Standards Initiative (CCSSI, 2010).

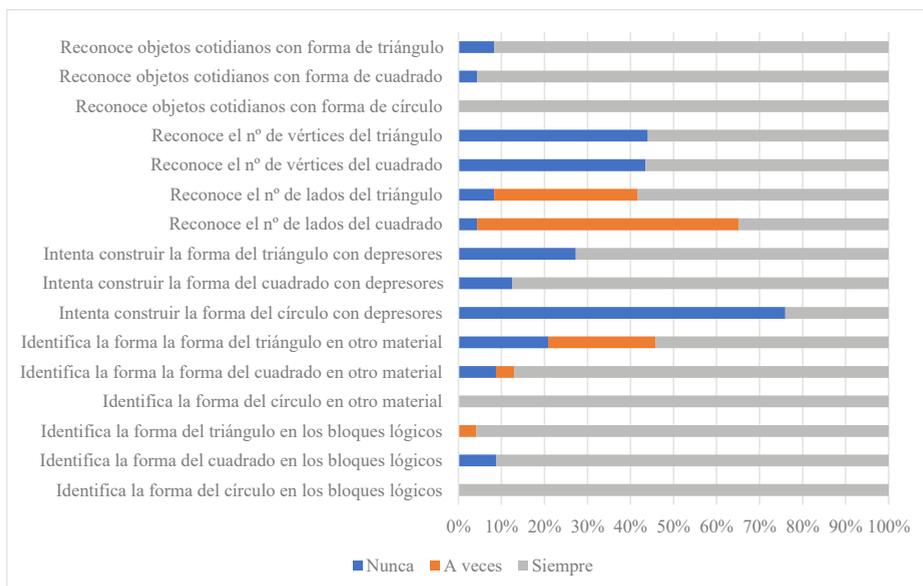
2.4. Análisis e interpretación de los datos

El análisis de los datos que se presentan se organiza de acuerdo con las etapas diseñadas en el caso: evaluación inicial, intervención y evaluación final.

Evaluación inicial

En este caso se recogen los datos de 16 ítems (Figura 4), evaluados como una variable Likert (nunca, a veces, siempre). Los datos se muestran de acuerdo con los descriptores del nivel 1 de Van Hiele desde las acciones de los estudiantes: (a) Identifican formas globalmente, (b) aportan descripciones basadas en características visuales y físicas, y (c) relacionan las figuras con otras del entorno.

Figura 4. Resultados de la evaluación inicial



- a) La mayoría de los estudiantes identifican correctamente las tres formas. Cabe señalar que se muestran mejores resultados en la identificación desde los bloques lógicos que en otro material de aula (fabricado con cartulina y gomaeva, con mayor variedad de colores y tamaños que los bloques). La figura que parece mostrar mayor dificultad para identificarla en este material es el triángulo, solo el 52% de los estudiantes la identifican siempre. Este hecho puede deberse a que los estudiantes suelen demostrar conocimientos de figuras prototípicas (Zogaib y Santos-Wagner, 2019), y el triángulo suele presentarse equilátero y apoyado sobre uno de los lados.

En cuanto a la identificación de características visuales, podemos decir que no todos los niños reconocen el número de vértices del triángulo y cuadrado (56%), ni el número de lados, donde el caso del cuadrado parece mostrar mayor dificultad. Señalamos como los niños utilizan la palabra “esquinitas” para designar a los vértices.

- b) Se facilitó a los niños depresores flexibles para construir las figuras. Todos ellos intentaron construir el contorno. La mayoría de los niños lo logran con el cuadrado (87.5%) y el triángulo (72.7%); el 76% indica de partida que “no se puede”, el resto (24%) moldea el depresor, y lo consiguen utilizando un único depresor unido por los extremos.
- c) Respecto al reconocimiento de estas figuras en su entorno, todos los niños reconocen el círculo. El resto de las figuras se reconocen también, presentando mayor dificultad el cuadrado.

Los niños no tenían ningún tipo de conocimiento previo a cerca de KUBO, ya que era la primera vez que lo veían. Se mostraron muy curiosos y entusiasmados ante el elemento novedoso, y entre todos comenzaron a plantear sus hipótesis sobre sus características y funcionamiento, e incluso algunos se animaron a experimentar con él. Por ejemplo, el alumno 3 tras unir la cabeza al cuerpo del robot, dio paso al análisis de sus características: color, tamaño o la forma de KUBO. Otro ejemplo de tal experimentación se da cuando la alumna 5 trató de desplazar al robot con ayuda de sus ruedas. Sin embargo, aunque KUBO era un nuevo robot por descubrir, algunos estudiantes se apoyaron en otras ideas previas sobre robótica y sus propias vivencias; por ejemplo el alumno 9 indicó que él cree que el robot puede moverse con botones, tal y como lo hace un robot de suelo (*Bee-bot*) que en alguna ocasión habían utilizado, u otros como el alumno 8 cuando planteó la necesidad de un mando o pilas para que el robot funcionase, asociándolo de esta manera a posibles juguetes que puedan tener en casa como coches teledirigidos. Asimismo, resulta significativo cuando los niños ya confundidos por no saber de qué manera se desplaza el robot, ellos mismos le ordenaban que se moviese e incluso cuando la maestra les indicaba que posiblemente no les entendía por hablar otro idioma, estos le saludaban con las manos tratando de interactuar con él.

Intervención

En este periodo son distintas las actividades que se realizan siguiendo las distintas fases de Van Hiele (nivel 1). En la fase de información, el 52% identifican

las tres figuras en las escenas del cuento, incluso cuando cuadrado y triángulo se muestran en distintas orientaciones, incluso evocando objetos que no están como un “diente de dinosaurio” al ver un triángulo, o un diamante en relación al cuadrado.

Si observamos los resultados de las tareas de identificación de las figuras (Tabla 4), de acuerdo a tres situaciones (cuento, entorno, propiedades) podemos observar que los niños identifican siempre el círculo en el entorno y desde la descripción verbal de sus propiedades; los resultados de identificación en el cuento son idénticos para las tres figuras. La figura que presenta mayor dificultad para identificar es el triángulo en el entorno cercano.

Tabla 4. Porcentajes para la identificación de las figuras

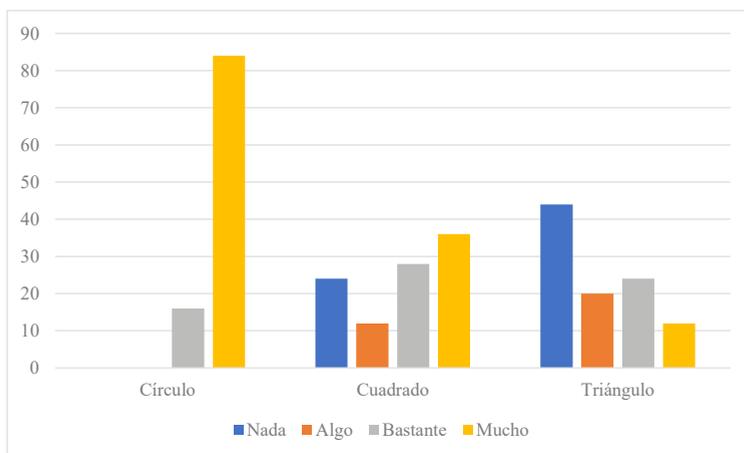
	Identifica círculo			Identifica cuadrado			Identifica triángulo		
	Cuento	Entorno	Propiedades	Cuento	Entorno	Propiedades	Cuento	Entorno	Propiedades
Algo	12			12		12	12	20	16
Bastante	36			36	8	36	36	40	40
Mucho	52	100	100	52	92	52	52	40	44

En cuanto al aporte de descripciones, analizando las grabaciones de las sesiones, podemos decir que solo tenemos aportaciones del 44, 20 y 32% de los estudiantes, en la descripción de círculo, cuadrado y triángulo, respectivamente. La mayor dificultad aparece en el cuadrado.

Algunas de las expresiones que los estudiantes utilizan para relatar qué son las figuras, indica cómo descubren sus propiedades, utilizando como medio la relación con objetos del entorno. Algunas de estas expresiones fueron: “el triángulo es una forma que tiene tres lados y tres esquinas”, “un círculo es algo redondo, muy redondo”, “el triángulo es una cosa que se pone en las casas”, “un círculo es una rueda”, “no sé qué es un triángulo. Es un tejado”, “un círculo es como una rueda que da vueltas”, “un triángulo es una forma que tiene 3 esquinas”, o “un cuadrado tiene 4 lados”. A veces estas expresiones nos señalan una necesidad de intervención de la maestra, para ayudarles con las representaciones del plano cuando los niños intentan relacionarlo con el espacio, por ejemplo, cuando dicen “un círculo es una pelota”.

A la hora de relacionar las figuras con otras con la misma forma en el entorno (Figura 5), la figura que mejor identifican es el círculo.

Figura 5. Porcentajes de desempeño para la relación de las figuras en el entorno



De acuerdo a la prueba de Friedman, existen diferencias significativas entre los distintos ítems de forma global ($p < .001$). Podemos ver el valor de los rangos de esta prueba (Tabla 5) como elemento clarificador, mostrando unos pesos que podemos interpretar como valores para la dificultad desde las distintas acciones y figuras.

Tabla 5. Rangos medios en la prueba de Friedman

	Rango medio
Relaciona triángulo	2.22
Relaciona cuadrado	3.96
Identifica triángulo (entorno)	5.34
Identifica triángulo (propiedades)	5.62
Identifica cuadrado (propiedades)	6.14
Identifica círculo (cuento)	6.2
Identifica cuadrado (cuento)	6.2
Identifica triángulo (cuento)	6.2
Relaciona círculo	7.64
Identifica cuadrado (propiedades)	8.06
Identifica círculo (entorno)	8.42

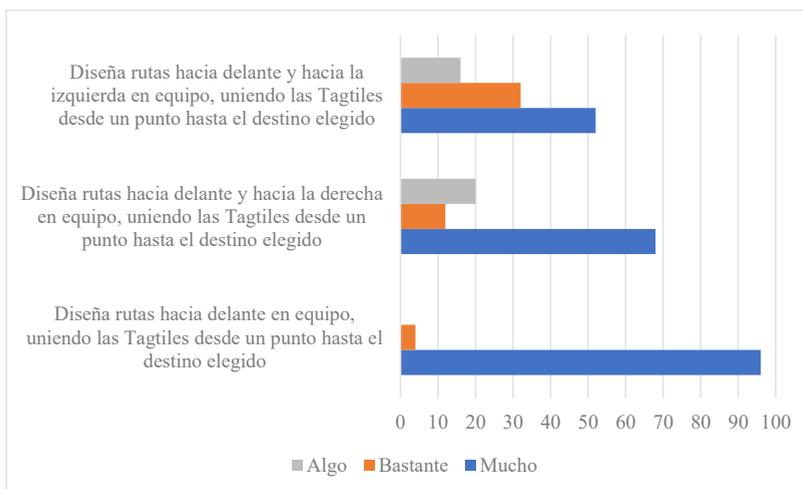
La última parte de la intervención se refiere a la fase de integración, el total de los estudiantes reconocen el círculo, mientras que el 68% reconocen el cuadrado y triángulo en todas las ocasiones.

Siguiendo la misma estructura de fases para la recogida y análisis de la observación referida al uso de KUBO, podemos decir que en la fase de información todos los niños conocieron al robot, comprendieron que sólo se podía mover utilizando los tres tipos de *Tagtiles*.

En las fases posteriores todos los niños asociaron la *Tagtile* verde con el movimiento hacia delante, el 79.2% (19) de ellos lo hicieron con el movimiento a la derecha, y el 95.8% (23) lo hicieron con el movimiento a la izquierda, lo que muestra que es necesario una mayor atención a los movimientos laterales, este hecho se comprobó con el uso de su cuerpo en el tablero gigante, mostrando resultados similares.

En relación al diseño de rutas (Figura 6), pudimos comprobar que las mayores dificultades se muestran en los movimientos combinados hacia delante e izquierda, algo que de alguna manera no concuerda con los resultados de los desplazamientos uno a uno.

Figura 6. Porcentajes de acierto en el uso de *Tagtiles*



El 92% (23) de los niños muestra iniciativa por proponer nuevas rutas creativas, pero únicamente el 62.5% (15) traducen siempre las ideas en código para que KUBO las ejecute.

Evaluación final

Los resultados de la evaluación final muestran que todos los estudiantes identifican y nombran las tres figuras (círculo, cuadrado y triángulo), independientemente de su orientación y tamaño, así como las reconocen en objetos del entorno. También todos ellos son capaces de componer un cuadrado y triángulo con depresores flexibles, pero únicamente 16 estudiantes (64%) lo hace con el círculo.

En cuanto a identificar y describir diferencias entre un cuadrado y triángulo del mismo grosor y tamaño, 23 de los estudiantes (92%) son capaces de hacerlo; mientras que el resto solo lo hace a veces.

Los resultados correspondientes a las posiciones evaluados con el diseño de la ruta con KUBO, nos indican que 18 de ellos (72%) son capaces de diseñar una ruta de manera autónoma haciendo uso de los *tagtiles*: delante, derecha e izquierda, el resto sólo lo hace a veces.

Se ha podido además confirmar los resultados de Martínez y Sotos (2021) cuando señalan que “les resultaba algo más sencillo seguir orientaciones entre objetos que con su propio cuerpo, y más fácil seguir la orientación (con o sin señal visual) que verbalizarla ellos mismos” (p. 34).

En relación al uso del semáforo para evaluar el disfrute de los niños con las actividades, la mayoría de las valoraciones (99.2%) utilizaron el color verde. Únicamente cinco niños, identifican el color amarillo en la sesión de orientación dirigida.

3. CONCLUSIONES

Este estudio de caso podemos considerarlo como un análisis del diseño e implementación de la aprehensión de conceptos geométricos y espaciales por un grupo de estudiantes de Educación Infantil, tanto desde una perspectiva perceptiva como operativa (Duval, 1998). El robot de suelo y los materiales construidos específicamente para el caso han facilitado el uso del propio cuerpo como herramienta de aprendizaje, y sobre todo la vivencia desde experiencias sensoriales que propician la comprensión de figuras geométricas (Hall y Nemirovsky, 2012). Expondremos a continuación la respuesta a las preguntas de investigación planteadas al inicio, para así poder concluir de manera justificada los resultados del trabajo presentado. La primera de las preguntas nos cuestionaba la posibilidad de desarrollar actividades para la enseñanza de la geometría a través de robótica educativa en un aula de Educación Infantil. Como hemos visto hemos desarrollado estas actividades para el grupo con el que se ha trabajado, considerando dos aspectos clave en este sentido, el diagnóstico inicial de los estudiantes y el soporte teórico dado a las actividades desde el modelo de Van Hiele, que nos ha facilitado el proceso de evaluación desde el inicio al fin de una manera ordenada y fundamentada.

La segunda de las cuestiones situaba al robot educativo como recurso para el aprendizaje de nociones geométricas y espaciales en Educación Infantil. Consideramos que el robot ha supuesto un elemento clave tanto como parte de la necesaria alfabetización en materia tecnológica, como elemento conductor y motivacional ante los contenidos expuestos. Como se ha mostrado en el apartado de análisis, las experiencias con el robot las relacionan con otros objetos de su día a día, y hemos podido observar en el análisis de las grabaciones como se han comportado con él, como si tuviese características personales similares a las suyas. Los resultados específicos de aprendizaje de contenidos matemáticos señalan como los niños tienen mayor facilidad al identificar el círculo en el entorno que otras figuras planas, este hecho puede fundamentarse en la simplicidad de las características perceptivas de la figura, sin lados ni vértices.

Los niños confunden en la observación figuras planas con cuerpos geométricos en ocasiones, cuando identifican por ejemplo una pelota con un círculo; esto puede deberse a un abuso en el uso del registro de representación, cuando trasladamos las figuras del entorno real a dibujarlos en un papel, e intentar así forzar en el niño una visualización de una naturaleza más abstracta.

Por ello, se plantea la necesidad de una formación inicial y permanente que le prepare para un mundo digitalizado y permita a los docentes diseñar material didáctico adecuado para su alumnado. En este sentido, destacan investigaciones como la llevada a cabo por Schina et al. (2021), en la que, tras implementar un curso sobre capacitación robótica con profesorado de Educación Infantil en formación universitaria, estos mostraron una mejora en la aceptación de tales recursos, en la autoeficacia, así como una predisposición positiva por integrar la robótica educativa en sus futuras aulas.

Por último, el tercer interrogante focalizado en aquellos aspectos del modelo de Van Hiele que facilitan la implementación y evaluación de actividades, destacamos el hecho de poder diseñar actividades de una forma ordenada, identificando de manera gradual los avances en el aprendizaje de los contenidos matemáticos, de acuerdo a las fases y niveles que se contemplan.

Las tareas que han presentado menor dificultad durante el proceso han sido de manera general las relacionadas con el proceso de identificar. Este hecho puede tener relación con que los niños inicialmente tienen conocimientos aislados y les cuesta relacionar, por lo que es necesario reforzar la relación entre los objetos y con el entorno, porque “sólo se comienza a aprender matemáticas cuando se establecen relaciones entre los conceptos aprendidos” (Espina de la Cruz y Novo, 2019, p. 112). Además, en el proceso de identificar cuando mostramos una figura al niño, no hay elementos distractores en la actividad que le hagan tener que dar lugar a un proceso doble donde primero se identifica y después se relaciona, sin la necesidad de separar y comparar las características diferenciales de cada figura.

Los niños son capaces de componer con segmentos (depresores) las figuras con lados (cuadrado y triángulo), pero no todos son capaces de construir el círculo. Este hecho centrado en la capacidad del niño de interactuar con el propio objeto modificándolo en su forma, se relaciona con el desarrollo de la comprensión espacial desde la construcción con formas (Gejard y Melander, 2018).

En cuanto a la orientación espacial, los movimientos hacia delante resultan más sencillos que a derecha o izquierda, resultando más sencillo en el espacio según instrucciones dadas que sobre el tablero gigante.

Con base en los resultados de este estudio de caso, y desde el objetivo de analizar si la implementación de herramientas de robótica educativa en Educación Infantil favorece el aprendizaje de nociones geométricas y espaciales en el alumnado, podemos concluir que sí, pero desde un modelo de fundamentación y secuenciación de los contenidos expuestos. Planteamos la necesidad de continuar con el trabajo con este tipo de robots de suelo, dado que los resultados expuestos no son generalizables debido al reducido número de estudiantes. Esta experiencia aporta un primer diseño de registro de información sustentada en el modelo de Van Hiele, que puede encaminarse a la construcción y validación de un instrumento para utilizar en las aulas de Educación Infantil.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aho, A. (2012). Computation and Computational Thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 32-835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>
- Alqahtani, M. M., Hall, J. A., Leventhal, M. y Argila, A. N. (2021). Programming in Mathematics Classrooms: Changes in Pre-service Teachers' Intentions to Integrate Robots in Teaching. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 7(3). <https://doi.org/10.1007/s40751-021-00096-6>
- Arfé, B., Vardanega, T. y Ronconi, L. (2020). The effects of coding on children's planning and inhibition skills. *Computers & Education*, 148, 103807. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103807>
- Berciano, A., Jiménez-Gestal, C. y Salgado, M. (2017). Razonamiento y argumentación en la resolución de problemas geométricos en educación infantil: un estudio de caso. En J. M. Muñoz-Escolano, A. Arnal-Bailera, P. Beltrán-Pellicer, M. L. Callejo y J. Carrillo (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXI* (pp. 147-156). SEIEM.
- Bers, M. U. (2019). Coding as another language: a pedagogical approach for teaching computer science in early childhood. *Journal of Computers in Education*, 6, 499-528. <https://doi.org/10.1007/s40692-019-00147-3>
- Borrull, A., Schina, D., Valls, C. y Vallverdú, M. (2020). Introbot: introducción de la robótica educativa en el grado de educación infantil. En R. Roig-Vila (Ed.), *La docencia en la Enseñanza Superior. Nuevas aportaciones desde la investigación e innovación educativas* (pp. 528-538). Octaedro.
- Castro, E., Cecchi, F., Salvini, P., Valente, M., Buselli, E., Menichetti, L., Calvani, A. y Dario, P. (2018). Design and Impact of a Teacher Training Course, and Attitude Change Concerning Educational Robotics. *International Journal of Social Robotics*, 10, 669-685. <https://doi.org/10.1007/s12369-018-0475-6>
- CCSSI (2010). *Common Core State Standards for Mathematics*. http://www.corestandards.org/wp-content/uploads/Math_Standards1.pdf
- Chaldi, D. y Mantzanidou, G. (2021). Educational robotics and STEAM in early childhood education. *Advances in Mobile Learning Educational Research*, 1(2), 72-81. <https://doi.org/10.25082/AMLER.2021.02.003>
- Diago, P. D., Arnau, D. y González-Calero, J. A. (2018). Elementos de resolución de problemas en primeras edades escolares con Bee-bot. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 7(1), 12-41.
- Diago, P. D. y Yáñez, D. (2021). Estrategias de suma y resta basadas en conteo con Bee-bot. *Uno: Revista de didáctica de las matemáticas*, 93, 38-43.
- Duval, R. (1998). Geometry from a cognitive point of view. En C. Mammana y V. Villani (Eds.), *Perspective on the Teaching of the Geometry for the 21st Century* (pp. 37-51). Kluwer Academic Publishers.

- Espina de la Cruz, E. y Novo, M. L. (2019). Análisis de la presencia de la geometría en los proyectos editoriales de Educación Infantil. *Educación matemática*, 31(3), 85-116. <https://doi.org/10.24844/em3103.04>
- Espinosa, C. y Gregorio, M. (2018). La Robótica en Educación Infantil. *Publicaciones Didácticas*, 90, 282-288.
- Flyvbjerg, B. (2004). Cinco malentendidos acerca de la investigación mediante los estudios de caso. *Reis: Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, 106, 33-62. <https://doi.org/10.2307/40184584>
- García-Valcárcel, A. y Caballero, Y. (2019). Robótica para desarrollar el pensamiento computacional en Educación Infantil. *Comunicar*, 59, 63-72. <https://doi.org/10.3916/C59-2019-06>
- Gejard, G. y Melander, H. (2018). Mathematizing in preschool: children's participation in geometrical discourse. *European Early Childhood Education Research Journal*, 26(4), 495-511. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2018.1487143>
- Gutiérrez, A. (2012). Investigar es evolucionar: Un ejemplo de investigación en procesos de razonamiento. En N. Planas (Ed.), *Teoría, crítica y práctica de la educación matemática* (pp. 43-59). Grao.
- Hall, R. y Nemirovsky, R. (2012). Introduction to the Special Issue: Modalities of Body Engagement in Mathematical Activity and Learning. *Journal of the Learning Sciences*, 21(2), 207-215. <https://doi.org/10.1080/10508406.2011.611447>
- Inan, H. Z. y Dogan-Temur, O. (2010). Understanding kindergarten teachers' perspectives of teaching basic geometric shapes: a phenomenographic research. *ZDM Mathematics Education*, 42, 457-468. <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0241-1>
- Martínez, M. P. y Ávila, A. (2013). Formación de docentes de educación preescolar en el área de geometría. *XII Congreso Nacional de Investigación Educativa*. Universidad de Guanajuato, México.
- Martínez, R. y Sotos, M. (2021). Aprendizaje de conceptos geométricos y de orientación espacial, a través del juego, en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 9(2), 21-36.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.
- Noh, J. y Lee, J. (2020). Effects of robotics programming on the *computational thinking and creativity of elementary school students*. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 463-484. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09708-w>
- Papadakis, S. (2020a). Robots and Robotics Kits for Early Childhood and First School Age. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 14(18), 34-56. <http://dx.doi.org/10.3991/ijim.v14i18.16631>

- Papadakis, S. (2020b). Evaluating a Teaching Intervention for Teaching STEM and Programming Concepts Through the Creation of a Weather-Forecast App for Smart Mobile Devices. En M. Kalogiannakis y S. Papadakis, *Handbook of Research on Tools for Teaching Computational Thinking in P-12 Education* (pp. 31-53). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-4576-8.ch002>
- Recio-Caride, S. (2019). Experiencias robóticas en Infantil. *RIITE. Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 7, 73-84. <http://doi.org/10.6018/riite.399641>
- Recio-Caride, S. (2020). *Propuesta didáctica Go Kubo Go STEAM. 3 años*. Grupo editorial Luis Vives.
- Ricart, M., Estrada, M. y Margalef, M. (2019). Idoneidad didáctica en educación infantil: matemáticas con robots Blue-Bot. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 8(2), 150-168. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v8i2.11589>
- Ruiz, M. C. y Hernández, V. M. (2018). La incorporación y uso de las TIC en la Educación Infantil. Un estudio sobre la infraestructura, la metodología didáctica y la formación del profesorado en Andalucía. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 52, 81-96. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2018.i52.06>
- Schina, D., Valls-Bautista, C., Borrull-Riera, A., Usart, M. y Esteve-González, V. (2021). An associational study: preschool teachers' acceptance and self-efficacy towards Educational Robotics in a pre-service teacher training program. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18, art. 28. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00264-z>
- Terroba, M., Ribera, J. y Lapresa, D. (2021). Cultivando el talento matemático en Educación Infantil mediante la resolución de problemas para favorecer el desarrollo del pensamiento computacional. *Contextos Educativos. Revista de Educación*, 28, 65-85. <https://doi.org/10.18172/con.5008>
- Tzagkaraki, E., Papadakis, S. y Kalogiannakis, M. (2021, February 25-26). Exploring the Use of Educational Robotics in primary school and its possible place in the curricula. En M. Malvezzi, D. Alimisis y M. Moro (Eds.), *Education in & with Robotics to Foster 21st Century Skills. Proceedings of Edurobotics 2020* (pp. 216-229). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77022-8_19
- U.S. Department of Education. (2015). *Head start early learning outcomes framework: ages birth to five*. <https://eclkc.ohs.acf.hhs.gov/sites/default/files/pdf/elof-ohs>
- Van Hiele, P. M. (1986). *Structure and insight: A theory of mathematics education*. Academic Press.
- Vanegas, Y. (2018). Percepción, interpretación y representación del espacio. En M. C. Muñoz y J. Carrillo (Eds.), *Didáctica de las matemáticas para maestros de Educación Infantil* (pp. 213-240). Paraninfo.
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications. Design and Methods* (6th ed.). Sage Publication.

- Zapata-Ros, M. (2019). Pensamiento computacional desenchufado. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 20, 29. https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a18
- Zogaib, S. D. y Santos-Wagner, V. M. P. dos. (2019). Estágio, pesquisa e geometria na educação infantil: um estudo sobre (de)composição de figuras geométricas. *Educação Em Perspectiva*, 10, e019021. <https://doi.org/10.22294/eduper/ppge/ufv.v10i0.7090>