



Idoneidad didáctica en educación infantil: matemáticas con robots Blue-Bot

Didactical suitability in early childhood education: mathematics with Blue-Bot robots

María Ricart Aranda¹, María Estrada Roca² y María Margalef Martí³

Fecha de recepción: 09/02/2019; Fecha de revisión: 30/05/2019 Fecha de aceptación: 31/05/2019

Cómo citar este artículo:

Ricart Aranda, M., Estrada Roca, M., & Margalef Martí, M. (2019). Idoneidad didáctica en educación infantil: matemáticas con robots Blue-Bot. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 8(2), 150-168. doi: <https://doi.org/10.21071/edmetic.v8i2.11589>

Autor de Correspondencia: maria.ricart@matematica.udl.cat

Resumen:

El objetivo de este trabajo es valorar la idoneidad didáctica de un proceso de enseñanza y aprendizaje de orientación espacial con el robot Blue-Bot. Primero, se contextualiza la experiencia innovadora implementada con niños de 5 y 6 años de un centro escolar de alta complejidad y tradicional; a continuación, se describen las componentes de las idoneidades parciales y se valoran. Los resultados indican que la Blue-Bot promueve el trabajo de los procesos matemáticos implicados en una situación de resolución de problemas y facilita la adquisición de nociones complejas en educación infantil, como son la de giro y la de tiempo. Finalmente, se concluye que el modelo STEAM se puede implementar con facilidad en una escuela tradicional y que la robótica promueve no solo la competencia matemática y las competencias del siglo XXI, sino también la autorregulación del aprendizaje ya en educación infantil.

Palabras clave: Educación preescolar, Robótica, Geometría, Evaluación

Abstract:

The aim of this work is to assess the didactical suitability of a teaching-learning process about spatial orientation carried out with Blue-Bot robots. Firstly, the innovative experience put into practice with children of 5 and 6 years old of high complexity and traditional school is contextualized. Afterwards, the components and indicators of the partial suitabilities are described and assessed. The results indicate that the Blue-Bot robot promotes the work of the mathematical processes involved in a situation of problem solving and it also facilitates the acquisition of complex notions in early childhood education, such as the rotation or the time. Finally, it is concluded that the STEAM model can be easily implemented in a traditional school and that robotics promotes not only the mathematical competence and competences of 21st century, but also de self-regulation of learning in early childhood education.

Key Words: Pre-school education, Robotics, Geometry, Assessment

¹ Universidad de Lleida (España), maria.ricart@matematica.udl.cat;  <https://orcid.org/0000-0001-9999-0515>

² Universidad de Lleida (España), aestrada@matematica.udl.cat;  <https://orcid.org/0000-0002-3595-9145>

³ Llar d'Infants Municipal la Cadenera (El Perelló, España), margalefmartimaria@gmail.com;  <https://orcid.org/0000-0001-7932-9770>

1. INTRODUCCIÓN

El Currículum de Educación Infantil de Cataluña (2016) afirma que es imprescindible que los niños se sitúen en el espacio y que, por tanto, se deben proponer situaciones a los estudiantes en las que sitúen objetos, reconociendo la posición que ocupan y la distancia respecto de un punto. Así, se empieza a construir el pensamiento geométrico. También defiende que la escuela debe ser un espacio de comunicación donde la comprensión e interpretación del lenguaje oral sea el centro de las actividades del día a día. Asimismo, el hecho que el aprendizaje deba ser significativo y globalizado, obliga a diseñar situaciones de aula motivadoras para los estudiantes de educación infantil, basadas en la manipulación y la experimentación (Antón y Gómez, 2016). En la misma línea, Arnaiz (2005) argumenta que se debe proporcionar a los niños situaciones donde tengan que hacer representaciones ya que, así, se les permite configurar sus propias ideas a través de una forma significativa para ellos.

En el caso particular de las matemáticas, el National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, de aquí en adelante), defiende que a los estudiantes de educación infantil se les debe ofrecer oportunidades de exteriorizar lo que comprenden con su propio lenguaje oral, escrito o gráfico, porque los procesos matemáticos de la comunicación y la representación les permiten aclarar, organizar y consolidar su pensamiento y aprendizaje (NCTM, 2000).

Una disciplina-recurso que cumple todos los requisitos anteriores es la robótica, ya que desarrolla y fomenta la imaginación, la creatividad, potencia la comunicación y la toma de decisiones colectivas (Gallego, 2010). Además, su carácter motivador y multidisciplinar, genera ambientes de aprendizaje significativo que contribuyen positivamente a que el niño construya su propio conocimiento (Del Mar, 2006). Un robot diseñado para la interiorización de las nociones espaciales y, en consecuencia, para que los niños aprendan a orientarse son la Bee-Bot y la Blue-Bot. Ambas se programan mediante unas teclas incorporadas de dirección (adelante, atrás, giro a la derecha, giro a la izquierda) y unas de control («go», que ejecuta la sentencia, «pause», la para y, «X», que la borra). Se desplazan por un tapete cuadrículado que se puede

diseñar y que permite al niño ver el resultado de su programa. La Blue-Bot también se puede programar con un ordenador o Tablet y su interfaz es transparente, por lo que se pueden ver los componentes electrónicos que la forman.

En este trabajo se valora la idoneidad didáctica de un proceso de enseñanza y aprendizaje matemático implementado con Blue-Bots en el curso educativo de educación infantil de P5. Se observa que el proceso didáctico, diseñado inicialmente a partir de los procesos matemáticos de resolución de problemas, comunicación y representación, desarrolla y construye el pensamiento geométrico de los niños en esta etapa educativa.

1.1 Robótica educativa

Es evidente que introducir la robótica en el aula nos permite trabajar de manera versátil porque siempre podemos adaptar el modo de utilización más adecuado según los objetivos a obtener, los contenidos a trabajar y las necesidades concretas de los estudiantes.

Asimismo, a través de la robótica se puede desarrollar el pensamiento computacional de los estudiantes. Es una forma de resolución de problemas usando estrategias inteligentes e imaginativas, a la vez que permite combinar la abstracción y el pragmatismo, ya que es un modelo que se fundamenta en las matemáticas (Valverde, Fernández y Garrido, 2015). A su vez, contribuye a la organización y el análisis de datos de forma lógica (Alsina y Acosta, 2018). En 1985, Papert ya defendía que el pensamiento computacional es una herramienta eficaz para abordar conocimientos matemáticos. De hecho, el lenguaje LOGO que introdujo se puede considerar plenamente un precursor del robot Bee-Bot.

No obstante, en ocasiones, la práctica de la robótica no contempla la fase de construcción y programación, sino que solamente se centra en la interacción entre el robot y los niños, denominado en este caso al robot, robot social (Ruiz, 2017). En la experiencia que presentamos, se considera la Blue-Bot como una herramienta que adquiere la función de robot social que además se programa.

1.2 Orientación espacial y procesos matemáticos en educación infantil

El concepto de orientación espacial hace referencia a la capacidad de una persona para entender, analizar y establecer las relaciones que existen entre

diferentes posiciones en el espacio, de forma que implica mantener la localización del propio cuerpo respecto al resto de personas u objetos. Por eso, es importante que las relaciones topológicas (delante-detrás, izquierda-derecha, dentro-fuera, encima-debajo) se trabajen a partir del propio cuerpo (Gonzato, Fernández y Godino, 2011).

El currículo de educación infantil y, más concretamente el área de conocimiento del entorno, propone trabajar la orientación espacial del siguiente modo: «la realización de desplazamientos orientados ha de hacerse desde el conocimiento del propio cuerpo y de su ubicación espacial» (MEC, 2007, p.9). En la misma línea, Canals (2009), propone que el conocimiento del espacio debe empezar vivencialmente, caminando y desplazándose por el entorno. Luego, hay que dar oportunidades a los niños para que expresen oralmente sus ideas, sus acciones para, finalmente, pasar a la expresión plástica con tareas preparadas o representaciones libres de lo que han aprendido. Asimismo, los estándares para la educación matemática postulan que, si se quiere que los estudiantes sean competentes a la hora de describir, representar su entorno y desplazarse en él, es importante trabajar la situación y orientación espacial a partir del lenguaje hablado, dándoles y siguiendo instrucciones en varios pasos para que localicen objetos (NCTM, 2000).

Por otro lado, en matemáticas, es tan importante el contenido a enseñar que el cómo se debe hacer. Por eso, en el año 2000, se presentaron los procesos matemáticos, referentes a cómo se deben enseñar los contenidos matemáticos en todos los niveles educativos. Se establecen cinco procesos: resolución de problemas, razonamiento y prueba, comunicación, representación y conexiones (NCTM, 2000).

La resolución de problemas consiste en encontrar una estrategia para obtener una solución a una situación nueva que no se puede conseguir de manera inmediata (Alsina, 2014). Por otra parte, las experiencias y las ideas intuitivas no se convierten verdaderamente en matemáticas hasta que los alumnos reflexionan sobre ellas, las representan de diversas formas y las conectan con otras ideas (NAYEC y NCTM, 2013), por eso es tan importante llevar a cabo procesos de comunicación y representación. En cuanto al proceso de conexiones, es necesario que en los primeros niveles educativos se

relacionen las matemáticas informales que surgen de las experiencias personales de los niños con las matemáticas de la escuela (NCTM, 2000). La misma idea propone el currículum de educación infantil de Cataluña (2016) a partir de las actividades globalizadoras y significativas.

1.3 Idoneidad didáctica

El marco teórico Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemáticos (EOS, de aquí en adelante) de la Didáctica de las Matemáticas (Godino y Batanero, 1994) establece la noción de idoneidad didáctica para determinar cómo de idóneo o adecuado se considera un proceso de enseñanza y aprendizaje de matemáticas. Permite al docente evaluar los procesos realizados reflexionando sobre la propia práctica; de este modo el maestro puede diseñar nuevos procesos de instrucción o modificar los procesos llevados a cabo, con el fin de lograr un mayor aprendizaje de sus alumnos (Godino, 2013). La idoneidad se compone de seis idoneidades parciales: la epistémica, la cognitiva, la afectiva, la interaccional, la mediacional y la ecológica (Godino, Batanero y Font, 2007).

La idoneidad epistémica es el grado de representatividad de los significados institucionales implementados o pretendidos respecto de un significado de referencia; la cognitiva es el grado de aproximación de los significados personales logrados por los estudiantes a los significados pretendidos; la idoneidad afectiva es el grado de implicación, interés y motivación de los estudiantes; la interaccional, es el grado en que la interacción entre los diferentes agentes implicados en el proceso permite identificar y resolver conflictos, a la vez que aprender a aprender y favorecer la competencia comunicativa; la idoneidad mediacional hace referencia a la disponibilidad de recursos materiales, tecnológicos y temporales para desarrollar el proceso; finalmente, la idoneidad ecológica, comprende la adecuación de una tarea o acción formativa teniendo en cuenta el contexto curricular, social, cultural y económico en que se desarrolla (Godino, 2013).

2. MÉTODO

El enfoque de este estudio es cualitativo con un alcance exploratorio y descriptivo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Los participantes son 50 niños y niñas de 5 y 6 años que cursan el 3º curso del segundo ciclo de educación infantil.

La descripción y valoración de la idoneidad didáctica de esta experiencia se realiza según las componentes y los indicadores propuestos por Godino (2013) de cada idoneidad parcial. La observación directa de los investigadores y sus anotaciones, las dos fichas de representación gráfica de cada estudiante y las grabaciones de audio son los instrumentos de recogida de datos que permiten la descripción y valoración de los indicadores de las componentes de idoneidad.

Para el diseño de la propuesta didáctica se tuvo en cuenta el entorno social y cultural de los estudiantes, así como el proyecto educativo de centro para la etapa escolar a la que nos dirigimos. Pensamos que estos factores influyen, sobretodo, en el diseño de las facetas mediacional, afectiva y ecológica. Asimismo, para el diseño de las tareas matemáticas, en cuanto al contenido se refiere y a la implementación, se tuvieron en cuenta, sobretodo, los estándares para la educación matemática del NCTM (2000) y algunas indicaciones teóricas del EOS, como, por ejemplo, la de realizar en el diseño, un análisis epistémico con los principales objetos y significados (Rivas, Godino y Castro, 2012).

2.1 Contexto

La experiencia de innovación se realizó en una escuela tradicional de alta complejidad con los niños de las dos clases de P5. En el centro escolar, generalmente, se usa el cuaderno didáctico como recurso de aprendizaje; los recursos tecnológicos son escasos y los estudiantes, previamente, no habían tenido ningún tipo de contacto con la robótica.

Todo el proceso de enseñanza y aprendizaje se llevó a cabo dentro del proyecto de centro de «Microhabilidades», en el que se tiene en cuenta la agudeza y la percepción visual, la atención y la memoria, tanto auditiva como visual. La finalidad del proyecto es optimizar los procesos de enseñanza y aprendizaje mejorando estos aspectos ya que, si no hay atención y escucha activa, no hay aprendizaje. Así pues, la propuesta didáctica se incorporó al proyecto como una actividad de ampliación del mismo.

2.2 Diseño de la propuesta didáctica

Matemáticamente, esta propuesta didáctica (Figura 1) está pensada para la adquisición de las nociones de orientación espacial y para el desarrollo del razonamiento geométrico.



Figura 1. Propuesta didáctica. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el análisis epistémico de los procesos (Tabla 1) y objetos matemáticos que se pretenden trabajar con esta propuesta: conceptos (Tabla 2), elementos lingüísticos (Tabla 3), procedimientos (Tabla 4), propiedades (Tabla 5) y argumentos (Tabla 6).

Tabla 1. Análisis epistémico: procesos matemáticos. Fuente: Elaboración propia

| Procesos | Significado |
|---|--|
| 1. Resolución de problemas | 1. Encontrar soluciones a un reto, es decir, que la Blue-Bot llegue al destino deseado. |
| 2. Representación | 2. Mostrar el resultado; eso es, representar las órdenes que indican las flechas de la ficha y representar libremente un camino. |
| 3. Comunicación | 3. Transmitir, es decir, explicar cómo se llega al destino y/o justificar por qué no se ha llegado. |
| 4. Razonamiento y prueba (probar, predecir, argumentar) | 4. Probar. Trabajar a partir del ensayo-error para poder verificar, comprobar. Predecir. Predecir si las órdenes dadas al robot |

son correctas o no.
Argumentar. Justificar los errores, sus predicciones y las de los demás.

Tabla 2. Análisis epistémico: conceptos. Fuente: Elaboración propia.

| Conceptos | Significado |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Arriba-abajo, derecha-izquierda, adelante-atrás, cerca-lejos 2. Giro 3. Contaje 4. Correspondencia cuantitativa 5. Tiempo 6. Largo y corto 7. Segmento 8. Línea recta | <ol style="list-style-type: none"> 1. Nociones de orientación espacial, trabajadas vivencialmente y en el plano. 2. Transformación geométrica y noción espacial. 3. Cuando los niños desean llevar el robot a un destino, deben contar el número de casillas a recorrer en una misma dirección por la Blue-Bot. 4. Los niños tienen que contar las casillas que debe avanzar la Blue-Bot en una misma dirección y luego, pulsar el botón de la orden tantas veces como casillas hay que avanzar. 5. Duración. Los alumnos deben esperar su turno para poder experimentar con la Blue-Bot y, además, esperar que el robot llegue a su destino una vez pulsadas las teclas y habiendo ejecutado la acción (go). 6. Nociones de medida. 7. En este caso, es un camino con inicio y final. 8. Camino que recorre la Blue-Bot. |

Tabla 3. Análisis epistémico: elementos lingüísticos. Fuente: Elaboración propia.

| Elementos lingüísticos | Significado |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Comunicación verbal 2. Lenguaje gráfico 3. Lenguaje simbólico (flechas) | <ol style="list-style-type: none"> 1. A lo largo de toda la experiencia, los niños comunican lo que comprenden, lo que quieren hacer y lo que no han hecho bien al darle las órdenes al robot con su propio lenguaje oral. 2. Se usa el lenguaje gráfico en la ficha que se les da para que tracen el camino que indican las flechas (cuadrícula y flechas) y en el tablero de la Blue-Bot (cuadrícula con casillas en blanco y otras con dibujos de lugares). 3. En la ficha final: los niños tienen que escribir unas órdenes libres y trazar el camino de esas órdenes. En los botones de la Blue-Bot. Por ejemplo, el símbolo de "pausa" es universal. |

Tabla 4. Análisis epistémico: procedimientos. Fuente: Elaboración propia.

| Procedimientos | Significado |
|---|-------------|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Ir de excursión a la Mitjana | |

| | |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 2. Manipular libremente la Blue-Bot 3. Dar órdenes al robot 4. Trabajar a partir del ensayo-error 5. Trazar en el papel la ruta realizada por la Blue-Bot. 6. Interpretar | <ol style="list-style-type: none"> 1. Explorar el entorno con el cuerpo. 2. Los niños disponen de tiempo para familiarizarse con las Blue-Bots y explorar sus posibilidades. 3. Los alumnos deben dar órdenes al robot para que éste llegue a un destino determinado. 4. Si hay errores, pueden volver a intentarlo tantas veces como sea necesario y buscar nuevas estrategias. 5. Finalmente, los alumnos han de representaren una ficha didáctica el recorrido realizado por el robot. 6. Deben interpretar los comandos de la Blue-Bot y también las indicaciones (flechas) de la ficha final. |
|---|--|

Tabla 5. Análisis epistémico: propiedades. Fuente: Elaboración propia.

| Propiedades | Significado |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Al girar perdemos de vista los objetos de enfrente. 2. Si, al robot, no se le borran las órdenes dadas la última vez, se repiten. 3. Se debe pulsar cada tecla tantas veces como se desee ir hacia aquella dirección. 4. Pulsando la tecla (X) se borran las órdenes dadas al robot. 5. Al clicar el botón (Go) se inicia la acción. 6. Al pulsar la tecla (II) el robot se detiene y entra en modo "pausa". 7. Al clicar el botón (→) el robot gira hacia la derecha. 8. Al pulsar la tecla (←) la Blue-Bot gira hacia la izquierda. 9. Pulsando la tecla (↑) el robot avanza hacia adelante. 10. Al clicar el botón (↓) la Blue-Bot se desplaza hacia atrás. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Hecho que pueden constatar los estudiantes para entender el giro. 2.-10. El resto de puntos se trata de las reglas de uso de las Blue-Bots. |

Tabla 6. Análisis epistémico: argumentos. Fuente: Elaboración propia.

| Argumentos / Significado |
|---|
| Se espera que justifiquen sus errores y los de los demás utilizando nociones matemáticas. |

Además, para el diseño de las tareas matemáticas que comprenden todo el proceso de enseñanza y aprendizaje se ha tenido en cuenta la clasificación de tareas para el desarrollo de habilidades de visualización y orientación espacial propuesta por Gonzato et al. (2011). En nuestro caso, son tareas del tercer tipo, es decir, de orientación del sujeto en espacios reales. La Tabla 7, basada en dicha clasificación, muestra, categoriza y describe las tareas diseñadas para esta experiencia innovadora.

Tabla 7. Categorización de las tareas de la propuesta innovadora. Fuente: Elaboración propia a partir de las aportaciones de Gonzato et al. (2011).

| Estímulo inicial | Acción inicial | Tipo de respuesta |
|----------------------------|---|--|
| 1. Espacio real | Explorar el espacio: ir de excursión a la Mitjana (parque natural) caminando. | De descripción: en el aula se pregunta a los niños por dónde han pasado, es decir, deben explicar el recorrido. |
| 2. Representación espacial | Interpretación información gráfica: interpretar los comandos de la Blue-Bot. | De descripción: antes de ejecutar las órdenes de la Blue-Bot se pide a los niños que expliquen qué órdenes darán. Física: ejecutar el trayecto dando órdenes a la Blue-Bot. |
| 3. Representación espacial | Interpretación de la información gráfica: interpretar las flechas/símbolos en el papel. | De representación: representar en una cuadrícula el trayecto que indican las flechas. Pensar/escribir unas órdenes libremente y representar el trayecto en una cuadrícula. |

3. RESULTADOS

3.1 Descripción de las componentes de idoneidad

En este apartado se describen y se analizan los indicadores más relevantes de las componentes de idoneidad didáctica (Godino, 2013) una vez implementada la propuesta didáctica.

Durante la experiencia se propuso a los niños diversos retos, “situaciones –problema” a resolver. Debían dar las órdenes adecuadas a la Blue-Bot para que el robot siguiera el mismo recorrido que hicieron ellos en el parque natural. Por otro lado, se les plantearon nuevos problemas incrementando la dificultad,

como añadir obstáculos a evitar con la Blue-Bot u obligándoles a pasar por unas casillas determinadas. Además, en algunas ocasiones, fueron ellos mismos los que se planteaban un reto a resolver.

Respecto a las componentes «lenguajes» y «argumentos», en esta experiencia se usan diferentes modos de expresión matemática: verbal, gráfica y simbólica. La expresión verbal se tiene en cuenta a lo largo de todo el proceso ya que se les pide a los alumnos que comuniquen y argumenten las órdenes a programar, por ejemplo, cuántos recuadros han avanzado, hacia qué dirección o, porqué se han equivocado. Hay niños que se expresan fácilmente: «he ido dos hacia adelante, he girado y he tirado uno más hacia adelante», pero hay otros que no tienen las nociones bien interiorizadas y lo hacen sin precisar la orden: «he hecho así, así y así», acompañándose de gestos. Por otra parte, se trabaja el lenguaje gráfico en las fichas y el simbólico con los botones del robot. Por tanto, no solo representan, sino que también interpretan.

Las representaciones de los niños y niñas muestran tres tipos de nivel cognitivo (componente «aprendizajes») que corresponden a los descritos en Canals (2009): de interiorización, de expresión plástica y de pensamiento lógico. La mayoría de los participantes representa correctamente las órdenes dadas en la ficha; sin embargo, en algunos casos, en lugar de ir hacia la derecha, van hacia la izquierda. Del mismo modo, hay estudiantes que entienden el significado de las nociones espaciales, pero se equivocan en el contaje (Figura 2). Este aspecto también se ha observado cuando usan la Blue-Bot, ya que les cuesta asociar el número de veces que pulsan el botón con el número de casillas que debe recorrer el robot en la misma dirección. Esto es, si el robot tiene que avanzar 3 casillas hacia adelante para llegar al destino, pulsan una vez el botón, la Blue-Bot avanza; pulsan otra vez el botón, vuelve a avanzar y, nuevamente, pulsan el botón. En algunos casos, en el papel lo representan marcando un punto cada vez que paran.

Un aspecto a destacar en las representaciones de órdenes libres, es la simbología. Entre los diferentes dibujos se observan todo tipo de flechas (con la punta pintada o sin relleno), cruces, puntos, rallas, corazones o soles. Además, hay estudiantes que han decidido dar la orden de ir en diagonal (Figura 3), aunque la Blue-Bot no disponga de ella. Finalmente, en algunos casos, utilizan

colores distintos para indicar que el robot ha cambiado de dirección: por ejemplo, si el robot va hacia la derecha utilizan un color y, si gira, escogen otro. Esto demuestra que han involucrado el pensamiento lógico y que, por tanto, ha completado el proceso de aprendizaje (Canals, 2009).

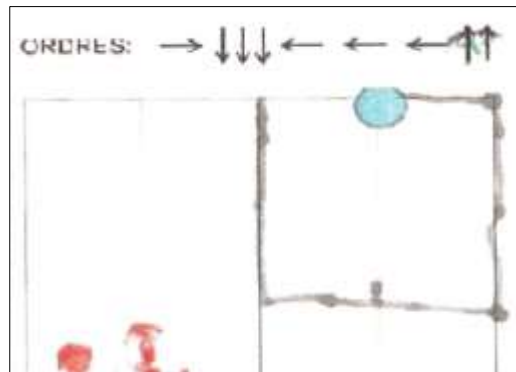


Figura 2. Dificultad conteo. Fuente: Propia

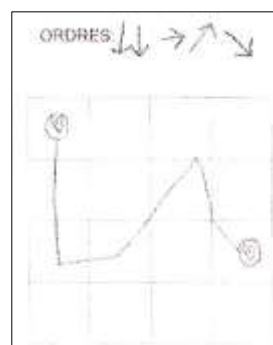


Figura 3. Flecha diagonal. Fuente: Propia

La componente «intereses y necesidades» de la idoneidad afectiva se observa perfectamente en todo el proceso a partir de dos aspectos: el primero, muy destacable, es la estética del robot que permite ver los circuitos internos que lo componen, hecho que resulta motivador y despierta el interés de los estudiantes por la tecnología, tanto en niños como en niñas. El segundo, es que se proponen situaciones que permiten valorar la utilidad de las matemáticas en la vida cotidiana, pues es imprescindible que los niños se sepan situar en el espacio. En cuanto a la componente «emociones» es remarcable que, en algún momento de la experiencia, todos los estudiantes tienen su momento de éxito al conseguir que la Blue-Bot ejecute lo que ellos tienen en mente. Por último, es claro que se resaltan las cualidades de estética en la simbología de las representaciones libres, así como la precisión de las

matemáticas a la hora de pulsar el botón una cantidad de veces determinada, pues en caso contrario el robot puede salir del tapete o no llegar al destino deseado.

Respecto a la componente interaccional de «la interacción entre alumnos», el trabajo en grupos heterogéneos favorece el diálogo y la comunicación, fomenta la concentración y el respeto hacia los compañeros. Por otra parte, los indicadores «recursos materiales», el «número de alumnos, horario y condiciones del aula» y el «tiempo» de la idoneidad mediacional se describen, básicamente, así: se usaron, por aula, 6 Blue-Bot y 6 tapetes con la temática La Mitjana (Figura 4), una para cada grupo. Se destinó una mañana a ir de excursión al parque natural de la Mitjana; posteriormente, se dedicaron 3 sesiones de 1'5 horas cada una, a la experimentación con las Blue-Bot. Participaron 6 docentes.



Figura 4. Tapete con motivos del parque natural. Fuente: Propia.

Finalmente, en cuanto a las componentes y a los indicadores de «adaptación al currículo», «apertura hacia la innovación didáctica» y «conexiones intra e interdisciplinares» de la idoneidad ecológica, destacamos que los contenidos que se trabajan en la propuesta didáctica se relacionan: las Blue-Bot ofrecen la posibilidad de trabajar la orientación espacial y, a su vez, requieren de las microhabilidades definidas en el proyecto educativo, como la concentración (Pittí, Curto y Moreno, 2010). Además, se ha contemplado una excursión en un espacio natural que se tiene en cuenta en el tapete y, más importante aún, permite abordar el trabajo secuencial de la geometría. Asimismo, se han establecido conexiones dentro de las matemáticas, ya que también se trabaja el contaje y se conectan los procesos matemáticos de resolución de problemas (llegar al destino), de comunicación (explicar cómo o porqué) y de representación (trazar órdenes en el papel).

3.2 Valoración de las idoneidades parciales

Dado que se han puesto de manifiesto los objetos matemáticos de la Tablas 2, 3, 4, 5 y 6 y, que, en particular, se ha logrado que emergieran los procesos de la Tabla 1, siendo la resolución de problemas el motor del proceso de enseñanza y aprendizaje, valoramos como alto el grado de idoneidad epistémica.

De acuerdo con los resultados obtenidos, gran parte de los estudiantes ha demostrado entender la mayoría de las nociones espaciales y ha sabido representar las órdenes correctamente. Asimismo, la experimentación con la Blue-Bot ha ofrecido la posibilidad de trabajar a partir del ensayo-error (Gallego, 2010), lo que ha favorecido el desarrollo de la autonomía cognitiva de los niños. Además, se ha visto que, la experiencia, permite que éstos se hagan preguntas, hagan predicciones y las comprueben. Por tanto, la idoneidad cognitiva es adecuada.

En cuanto a la idoneidad afectiva, el uso de las Blue-Bots ha incrementado la motivación de los estudiantes ante un proceso de enseñanza y aprendizaje dentro del aula, así como su predisposición en resolver situaciones nuevas. Esta práctica ha contribuido a que los niños y niñas aprendan a «gestionar su propio conocimiento, las habilidades y sus emociones para conseguir un objetivo a menudo más cercano a situaciones funcionales en contextos de vida cotidiana que a su uso académico» (Alsina, 2012, p.6), ya que las actividades planteadas de orientación espacial conectan, claramente, con su vida fuera del aula. Por tanto, la idoneidad afectiva también es adecuada.

Hay dos aspectos que hacen que el grado de idoneidad interaccional sea también elevado: el primero, son las preguntas planteadas por el adulto o las aportaciones de los compañeros, pues les permite darse cuenta de dónde se han equivocado o buscar nuevas estrategias para resolver retos. Todo ello favorece la autorregulación de su propio aprendizaje y, en definitiva, hace que la evaluación sea más que formativa: formadora. El otro aspecto que enriquece tal idoneidad son las preguntas del docente, que se consideran buenas preguntas porque las respuestas, que pueden ser varias, requieren argumentación y contribuyen al aprendizaje de todos (Sullivan y Lilburn, 2002).

En la línea Del Mar (2006), la Blue-Bot es un recurso versátil y estéticamente atractivo que, además, promueve la aparición de distintos lenguajes. Sin embargo, se piensa que 5 o más estudiantes por robot es demasiado. Para que la idoneidad mediacional sea alta, se debe procurar que los niños no se impacienten demasiado al no poder manipular y se debe respetar las necesidades individuales y los ritmos de aprendizaje en todos los sentidos, incluyendo a aquellos niños con un aprendizaje más rápido, pues no se debe descuidar que pueden caer en el aburrimiento y desmotivarse.

Por lo que respeta al grado de idoneidad ecológica es muy adecuado porque se consigue implantar un modelo STEAM de acuerdo con las directrices curriculares y el proyecto de centro, aumentando así las conexiones intra e inter disciplinares. Asimismo, de acuerdo con Yakman y Lee (2012), con este modelo y, especialmente, con la Blue-Bot, se han puesto de manifiesto los valores sociales, sobre todo el respeto, porque los niños deben respetar su turno, esperando; en consecuencia, se trabaja el tiempo, un contenido importante en educación infantil.

En definitiva, el grado de idoneidad didáctica de la propuesta implementada es alto (Figura 5) para los fines pretendidos.

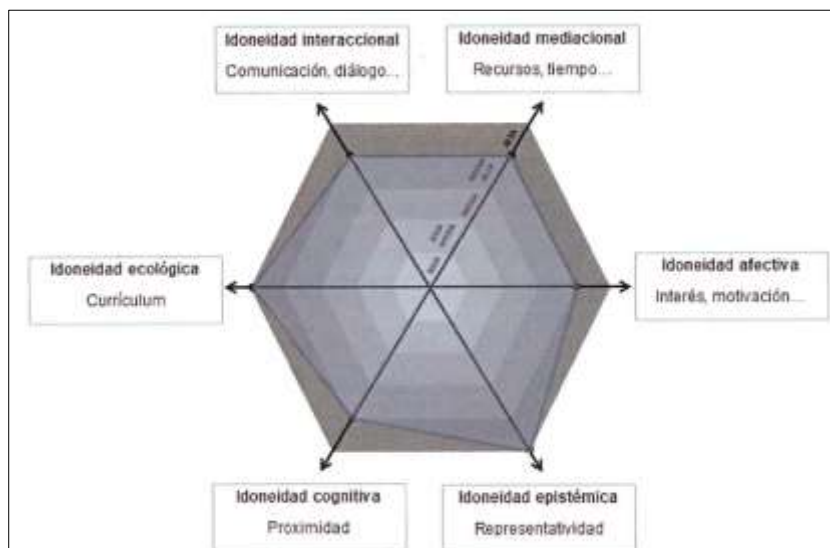


Figura 5. Hexágono de la idoneidad didáctica de la propuesta innovadora. Fuente: Elaboración propia a partir de las aportaciones de Godino (2013).

4. CONCLUSIONES

La valoración de las idoneidades parciales nos lleva a las siguientes conclusiones (Figura 6) del estudio: la primera, se debe a la interacción entre

las facetas epistémica-ecológica-mediacional y es que la práctica realizada con los robots sociales permite la implantación de un modelo educativo STEAM con facilidad en un contexto escolar de alta complejidad y tradicional.

La segunda conclusión nace de la relación entre las facetas mediacional, afectiva y cognitiva. De acuerdo con Bazán y Aparicio (2006), las actitudes son aspectos importantes de la educación, ya que, ante un proceso de enseñanza y aprendizaje, los estudiantes pueden tener una reacción positiva o negativa que se puede reproducir y convertirse en una actitud que influirá en el ámbito cognitivo del niño. En efecto, el uso de las Blue-Bots motiva a los estudiantes y hace que éstos adopten una actitud de perseverancia y esfuerzo y, en consecuencia, aumenten sus aprendizajes.

La tercera conclusión, promovida por las facetas mediacional, afectiva, cognitiva y epistémica, es que el carácter motivador y atractivo del robot social y la ventaja que ofrece de trabajar a partir del ensayo-error, junto con la metodología de aula seguida, ayudan a desarrollar los procesos matemáticos ya en educación infantil; de hecho, se amplía y matiza la línea observada por Gallego (2010) ya que, en concreto, se fomenta la resolución de problemas, la comunicación matemática, el razonamiento matemático, el diseño de estrategias, la toma de decisiones y una buena actitud de investigación. Por tanto, se contribuye, en particular, al desarrollo de la competencia matemática y a las competencias del siglo XXI.

Finalmente, destacamos los siguientes aspectos: contemplar distintos modos de expresión (verbal, manipulativa y gráfica) permite hacer una evaluación de los aprendizajes de nuestros alumnos más profunda y real. Asimismo, es importante que el profesor interfiera oportunamente y sepa hacer buenas preguntas ante la dificultad, el error o el éxito, para que haya autorregulación del aprendizaje y conseguir así una evaluación formadora, pues «constituye el motor de todo el proceso de construcción de conocimiento» (Sanmartí, 2007, p.23). En segundo lugar, destacamos que el uso de la Blue-Bot contribuye notablemente a la adquisición de la transformación geométrica del giro, en particular, a que los estudiantes de infantil entiendan que el giro no necesariamente tiene que ser completo. Por último, creemos que la propuesta didáctica diseñada puede servir de modelo

para maestros de educación infantil, siendo la trayectoria de aprendizaje vivencial-manipulativa-papel y, el tapete que permita ejecutar un camino realizado vivencialmente, elementos fundamentales e indispensables.



Figura 6. Conclusiones. Fuente: Elaboración propia.

REFERENCIAS

- ALSINA, À. (2012). Más allá de los contenidos, los procesos matemáticos en educación Infantil. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 1(1), 1-14.
- ALSINA, À. (2014). Procesos matemáticos en Educación Infantil: 50 ideas clave. *Números: Revista de la Didáctica de las Matemáticas*, 86, 5-28.
- ALSINA, À., y ACOSTA, Y. (2018). Iniciación al álgebra en Educación Infantil a través del pensamiento computacional: una experiencia sobre patrones con robots educativos programables. *Unión: Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 52, 218-235.
- ANTÓN, Á. y GÓMEZ, M. (2016). La geometría a través del arte en Educación Infantil. *Enseñanza & Teaching*, 34(1), 93-117.
- ARNAIZ, V. (2005). *Jugant, jugant...L'ofici de créixer*. Barcelona: Graó.
- BAZÁN, J.L., y APARICIO, A.S. (2006). Las actitudes hacia la Matemática-Estadística dentro de un modelo de aprendizaje. *Revista Educación*, 15(28), 1-14.
- CANALS, M. A. (2009). *Transformacions geomètriques*. Barcelona: Associació de Mestres Rosa Sensat.
- DEL MAR, A. (2006). *Planificación de actividades didácticas para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia y tecnología a través de la*

- Robótica Pedagógica con enfoque CTS.* (Trabajo Especial de Ascenso para optar a la categoría de profesor Asistente). Universidad católica Andrés Bello, Venezuela. Recuperado de: <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ6345.pdf>
- GALLEGO, E. (2010). *Robótica Educativa con Arduino. Una aproximación a la robótica bajo el hardware y software libre.* Recuperado de: <https://edoc.site/2-robotica-educativa-con-arduino-pdf-free.html>
- GENERALITAT DE CATALUNYA. DEPARTAMENT D'ENSENYAMENT. (2016). Currículum i orientacions educació infantil: segon cicle. Recuperado de: <http://ensenyament.gencat.cat/web/.content/home/departament/publicacions/colleccions/curriculum/curriculum-infantil-2n-cicle.pdf>
- GODINO, J. D. (2013). Indicadores de idoneidad didáctica de procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 11, 111-132.
- GODINO, J.D., y BATANERO, C. (1994). Significado institucional y personal de los objetos matemáticos. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. 14(3), 325-335.
- GODINO, J.D., BATANERO, C., y FONT, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. *The International Journal on Mathematics Education*, 39(1-2), 127-135.
- GONZATO, M., FERNÁNDEZ, T., y GODINO, J.D. (2011). Tareas para el desarrollo de habilidades de visualización y orientación espacial. *Números: revista de la Didáctica de las Matemáticas*, 77, 99-117
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., y BAPTISTA, P. (2014). *Metodología de la investigación.* (6ª ed.). México: McGrawHill.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN (2007). *Orden ECI/3960/2007, de 19 de diciembre, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la Educación Infantil.* Madrid: BOE-A-2008. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-222>
-

- NATIONAL ASSOCIATION FOR THE EDUCATION OF YOUNG CHILDREN (NAEYC) y NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS (NCTM). (2013). *Edma 0-6. Educación Matemática en la Infancia*, 2(1), 1-23.
- NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS (NCTM). (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of teachers of mathematics.
- PAPERT, S. (1985). Different visions of logo. *Computers in the Schools. Interdisciplinary Journal of Practice, Theory, and Applied Research*, 2(2-3), 3-8.
- PITTÍ, K., CURTO, B., y MORENO, V. (2010). Experiencias construccionistas con robótica educativa en el centro internacional de tecnologías avanzadas. *Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 11(3), 310-329.
- RIVAS, M., GODINO, J.D. y CASTRO, W.F. (2012). Desarrollo del conocimiento para la enseñanza de la proporcionalidad en futuros profesores de primaria. *Bolema*, 26(42B), 559-558.
- SANMARTÍ, N. (2007). *10 ideas clave. Evaluar para aprender*. Barcelona: Graó.
- SULLIVAN, P., y LILBURN, P. (2002). *Good questions for Maths Teaching: why ask them and what to ask, K-6*. Australia: Oxford University Press.
- VALVERDE, J., FERNÁNDEZ, M. R., y GARRIDO, M. C. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *RED, Revista de Educación a Distancia*, 46(3), 1-18.
- YAKMAN, G., y LEE, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. *Journal of the Korean Association for Science Education*. 32(6), 1072-1086.