



Una propuesta didáctica sobre rampas en educación infantil: la importancia de la intervención docente en el desarrollo de destrezas científicas y construcciones

A Didactic Proposal on Ramps in Early Childhood Education: the Importance of Teacher Intervention in the Development of Scientific Skills and Constructions

Daniel Zuazagoitia
Universidad del País Vasco, UPV/EHU.
Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales y Sociales
daniel.zuazagoitia@ehu.es
<https://orcid.org/0000-0001-9954-7855>

Leire Ruiz de Azua
Universidad del País Vasco, UPV/EHU.
Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales y Sociales
leirer Ruiz98@gmail.com

Josu Sanz
Universidad del País Vasco, UPV/EHU.
Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales y Sociales
josu.sanz@ehu.es
<https://orcid.org/0000-0002-1211-1598>

Silvia España-Diez
Centro de Educación Infantil y Primaria Aldaialde. Red pública del País Vasco.
silvia.espana@aldaialdeikastexea.eus

Montse López-Puente
Centro de Educación Infantil y Primaria Aldaialde. Red pública del País Vasco.
montse.lopez@aldaialdeikastexea.eus

Aritz Ruiz-González
Universidad del País Vasco, UPV/EHU.
Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales y Sociales
aritz.ruiz@ehu.es
<https://orcid.org/0000-0001-7409-4634>

RESUMEN • Este estudio presenta, como fruto de la colaboración escuela-universidad, el diseño, la implementación y la evaluación de una intervención didáctica de corte socioconstructivista y de naturaleza dialógica sobre las interacciones en los sistemas físicos (rampas y caminos) en educación infantil. La propuesta didáctica diseñada consta de dos fases y cuatro actividades distintas y fue implementada en un grupo ($n = 20$) de un aula de infantil (5-6 años) en un contexto basado en el juego, de movimiento autónomo y libre elección. Durante la implementación, se evaluaron las habilidades científicas emergentes, la complejidad de las construcciones realizadas, así como el efecto de la intervención docente sobre el aprendizaje. Los resultados indican una evolución positiva en las habilidades científicas emergentes y también en el grado de sofisticación de las estructuras construidas. Los niños y niñas fueron además capaces de establecer relaciones de causa y efecto, así como de hablar en términos científicos sobre posición, trayectoria y velocidad.

PALABRAS CLAVE: Educación infantil; Rampas; Libre elección; Intervención docente; Habilidades científicas.

ABSTRACT • This study presents, as a result of school-university collaboration, the design, implementation and evaluation of a didactic intervention with a socio-constructivist approach and dialogic nature on interactions in physical systems (ramps and pathways) in early childhood education. The designed didactic proposal consists in two phases and four different activities and was implemented in a group ($n = 20$) of pre-school children (5-6 years old) in a free choice context based on play and autonomous movement. During the implementation, the emerging scientific skills, the complexity of the constructions made, as well as the effect of the teaching intervention on learning were evaluated. The results indicate a positive evolution in the emerging scientific skills and in the degree of sophistication of the constructed structures. The children were also able to establish cause and effect relationships, as well as to talk in scientific terms about position, trajectory, and speed.

KEYWORDS: Early childhood education; Ramps; Free choice; Teacher intervention; Scientific skills.

Recepción: julio 2022 • Aceptación: junio 2023 • Publicación: noviembre 2023

INTRODUCCIÓN

La alfabetización científica a edades tempranas es un proceso complejo. El diseño de propuestas de enseñanza-aprendizaje ajustadas, la formación de los docentes, los ambientes de aprendizaje y su evaluación son de vital importancia para conseguir este objetivo (Osterhaus et al., 2021). Diversos marcos epistemológicos, teóricos y metodológicos son utilizados en la investigación educativa; aun así, capturar esta complejidad sigue siendo un desafío. En este sentido, son necesarias nuevas líneas de investigación que aborden una evaluación combinada del espacio de juego infantil, los materiales, el papel del profesorado y los resultados de aprendizaje en el ámbito de las ciencias (Hapgood et al., 2020). Según Counsell et al. (2016), para edades comprendidas entre los tres y ocho años, el docente debe interrelacionar estas tres dimensiones (véase figura 1): involucrar a los niños¹, proveer oportunidades y tomar decisiones informadas. El papel de la maestra requiere tratar de entender lo que están pensando para valorar la conveniencia de su intervención y ser capaz de ajustarla a su interlocutor (Pedreira, 2018). Así, ofrecer poco apoyo puede hacer que los niños no profundicen en sus retos; por el contrario, ofrecer una estructura inadecuada o excesiva puede disminuir su curiosidad (Jirout, 2020).

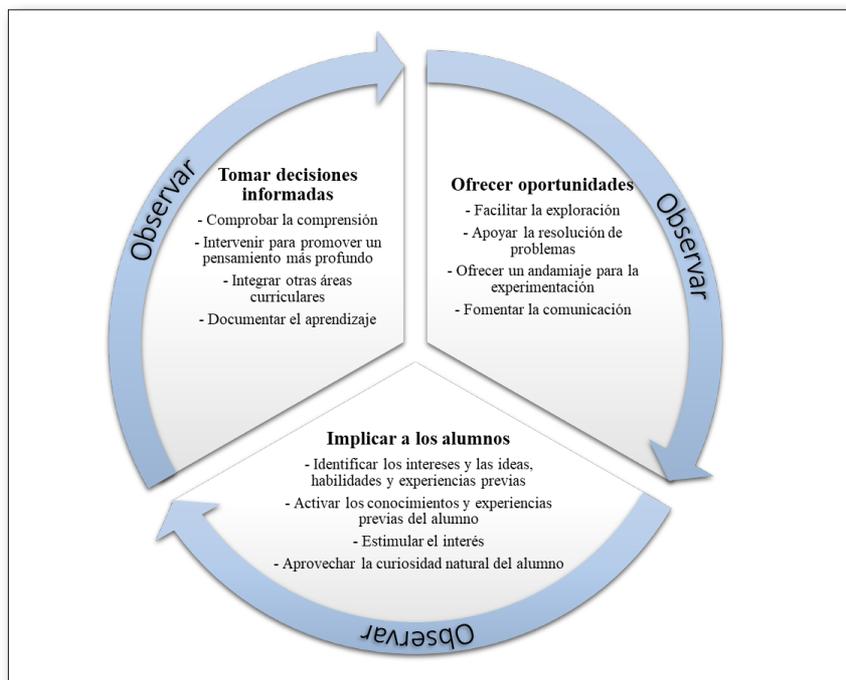


Fig. 1. Marco propuesto por Counsell et al. (2016) para promover la indagación en el aula de infantil a través de la intervención docente (traducción propia).

MARCO TEÓRICO

Hoy en día existe un amplio consenso en priorizar las prácticas científicas en la construcción del conocimiento científico, sobre todo desde edades tempranas (Guarrella et al., 2022b). Así, el ámbito

1. Nota de las AA.: En el escrito se ha intentado utilizar un lenguaje inclusivo en la medida de lo posible; no obstante, con el objetivo de facilitar la lectura, en ocasiones no se utiliza la duplicidad de género. Aunque sustantivos como niño, alumno y docente se refieren también a las niñas, alumnas y a las docentes.

de infantil ha ido ganando en los últimos años un espacio y una voz propia dentro de la didáctica de las ciencias, con líneas de trabajo que han evidenciado la potencialidad de la ciencia escolar en Educación Infantil (EI) para trabajar prácticas científicas de argumentación, indagación y modelización (Mateo y Sáez-Bondía, 2022; Monteiro et al., 2017). De este modo, se pueden poner en juego habilidades básicas como la observación, la clasificación o la realización de comparaciones o inferencias (Pedreira y Márquez, 2019; Counsell et al., 2016).

Aunque muchas de estas actividades pueden desarrollarlas por el alumnado de manera autónoma, cuando son acompañadas por la persona adulta, los alumnos pueden realizar tareas más complejas; por ejemplo, emitir hipótesis, identificar y controlar las variables o diseñar experimentos, recoger y analizar datos, así como utilizarlos para tomar decisiones y realizar predicciones sobre otros problemas (Jirout y Zimmerman, 2015; Martin y Schmidt, 2005), lo que hace que su aprendizaje sea más eficaz y eficiente (Davis, 2015). El objetivo de las intervenciones docentes en la enseñanza de las ciencias es alimentar, enriquecer y mantener el interés natural y espontáneo de los niños por el conocimiento y los procesos científicos (Klahr et al., 2011). Interpretar el comportamiento de los niños desde un punto de vista intencional y responder en sintonía permite que estos actúen con iniciativa y favorece la continuidad en la situación educativa (Haldón et al., 2022).

Ofrecer propuestas atractivas que integren herramientas de andamiaje y evaluación es fundamental para el profesorado (Cohen y Emmons, 2017). Bargiela et al. (2022), mediante un análisis de las preguntas empleadas por docentes en el aula de infantil, ponen de manifiesto la importancia de las preguntas de indagación para el desarrollo de destrezas científicas y disposiciones del pensamiento crítico. Fragkiadaki et al. (2022) revelaron que el propósito científico se desarrolla cuando el motivo del juego y del aprendizaje científico se interrelacionan dialécticamente a lo largo del tiempo. El presente estudio parte de la propuesta didáctica de Counsell (2016) sobre rampas y caminos e incluye, a su vez, las preguntas productivas de Martens (1999) y las diversas estrategias dialógicas de Keeley (2016) para ofrecer pruebas en torno a la capacidad de los niños y la significancia del rol docente.

Las propuestas sobre sistemas físicos (flotación, viento, rampas, etc.) resultan fundamentales para la educación científica, tanto en lo que respecta al currículum educativo (BOE, 2022; p. ej., los procesos de observación y manipulación de objetos, el desarrollo de destrezas lógico-matemáticas, el modelo de control de variables y estrategias y técnicas de investigación: ensayo-error, observación, comprobación y realización de preguntas) como por sus aplicaciones tecnológicas o su relación con fenómenos de la vida cotidiana. El interés espontáneo que suscitan las rampas en los niños es algo de sobra conocido. Toboganes, cuestas, planchas o raíles de madera permiten al niño poner en movimiento un objeto al soltarlo, sin aplicar ninguna fuerza sobre él (Alsina, 2010). Los conceptos involucrados como el movimiento, la fuerza, la causa y efecto, los patrones, la escala y la proporción, las estructuras y los sistemas son inherentes al juego libre infantil con rampas (Counsell et al., 2016). En contra de lo expuesto por Piaget, los niños y niñas de 4 años tienen una comprensión implícita de las relaciones directas entre duración y distancia y entre distancia y velocidad en algunos contextos (Matsuda, 2001). Algunos autores ponen de manifiesto la capacidad de los niños (5-6 años) para relacionar la altura de la rampa con la velocidad alcanzada por el objeto, pero se señalan, en cambio, algunas dificultades para relacionar la distancia recorrida y el peso del objeto (Hast y Howe, 2013). De este modo, a lo largo de la infancia, los niños van refinando esas ideas constantemente mediante la exploración directa.

En la actualidad, existen propuestas de andamiaje para una progresión en el aprendizaje de estos modelos precursores de sistemas físicos. Algunos autores proponen una secuenciación a lo largo de la escolaridad básica (de infantil hasta la ESO) mediante una mirada a la física escolar relacionada con el modelo de interacciones mecánicas, que inciden, por ejemplo, en «la descripción cinemática (cómo se mueve un objeto, de qué depende que se mueva, etc.), así como la explicación dinámica de estos movimientos, que son concretos e intuitivos» (Sanmartí et al., 2022). La comprensión de los niños de

la mecánica simple de los objetos delimitados sufre un cambio considerable durante los últimos cursos de EI y los iniciales de primaria, especialmente en lo que se refiere a la apreciación de cómo interrelacionar las variables que se corresponden con las trayectorias. Así, en un primer estadio (5-8 años), y en lo que a rampas se refiere, los niños deberían ser capaces de describir movimientos sencillos (p. ej., una recta, una curva) y hablar de la rapidez; también pueden empezar a describir las situaciones en las que hay cambios de movimiento y las acciones asociadas a estos. Por su parte Willard (2020, p. 40), para el mismo rango de edad, propone centrarse más en las interacciones entre objetos y la predicción como habilidad científica: «¿Cómo se puede predecir el movimiento continuo de un objeto, los cambios en el movimiento o su estabilidad?».

Este tipo de propuestas se pueden desarrollar en los rincones de ciencia (Cruz-Guzman et al., 2020) o en los espacios de ciencia de libre elección (Mateo y Sáez-Bondía, 2022; Pedreira y Márquez, 2017) dentro del marco del aprendizaje de la ciencia por indagación en EI. Tanto las propuestas como el espacio y los materiales se diseñan con una intencionalidad de aprendizaje clara y bien definida sobre algún ámbito de la ciencia, pero, al mismo tiempo, deben ser lo suficientemente abiertas como para permitir que sucedan cosas no previstas (Pedreira y Márquez, 2019). Además de ser una potente herramienta didáctica, ofrecen también muchas posibilidades como contexto evaluativo (Guarrella et al., 2020a; Mateo y Sáez-Bondía, 2022) donde observar la interacción de los niños con los materiales, con los adultos y entre ellos. Estos contextos basados en el juego sientan las bases para intercambios significativos de pensamiento, que transforman los fenómenos cotidianos de los niños en conocimientos científicos. En numerosas ocasiones, el juego se ve erróneamente como una actividad de ocio y sin complicaciones realizada por niños pequeños (Sukkar y Chapman, 2014). Sin embargo, el juego «es el impulso primario para descubrir, explorar y entender el mundo que nos rodea» (Marín, 2009; p. 234); aun así, debemos poner atención y que la propuesta no pierda su intencionalidad: «jugar frente a jugar aprendiendo ciencias» (Mateo y Sáez-Bondía, 2022).

OBJETIVOS

Este trabajo tiene como objetivo fundamental diseñar, implementar y evaluar una propuesta didáctica en un espacio de ciencias de libre elección sobre rampas y caminos (ECLERC) en un aula de EI.

Este propósito se concreta en tres preguntas de investigación específicas:

- ¿Qué tipo de habilidades científicas emergen en el transcurso de la implementación?
- ¿Qué tipo de estructuras diseñan y cómo evolucionan en el ECLERC?
- ¿Qué efecto tienen las intervenciones docentes en los aspectos anteriores?

METODOLOGÍA

Participantes, espacio y materiales

Los participantes fueron 20 alumnos (9 niñas y 12 niños) y sus maestras, en un aula de EI (5-6 años) de una escuela pública urbana. Todos ellos hablan euskera, castellano o ambos con fluidez. Los nombres de los niños aquí expuestos son seudónimos, mientras que la profesora se identifica con su nombre real. Esta escuela tiene una fuerte vocación innovadora, ya que participa en programas y proyectos autonómicos para la implementación de propuestas de alfabetización científica en EI. Escuela (2 docentes) y Universidad (3 investigadores) vienen colaborando y formándose desde el año 2019 en espacios de ciencia de libre elección. El diseño de la propuesta, la recogida de datos y el análisis de estos se ha realizado conjuntamente, mediante procesos iterativos de mejora. La muestra de alumnos fue elegida

sobre la base de la experiencia de las docentes de EI (que llevan con ellos desde los dos años), bajo los criterios de conveniencia de edad (Counsell et al., 2016), de implementaciones piloto anteriores y de la fundamentación teórica en espacios de ciencia de libre elección.

Cada aula cuenta con diversas propuestas de aprendizaje (anexo 1) basadas en el juego, la libre elección y el movimiento autónomo; todas ellas distintas, de diversos ámbitos y que van variando a lo largo del curso (ciencia, lectura, minimundos o piezas sueltas, juegos matemáticos, representación artística). El alumnado puede elegir dónde ir y con quién, y se promueve la libre circulación de alumnado de diferentes edades por estos espacios. Cada propuesta tiene un límite de ocupantes y una serie de normas mínimas para el juego. En ocasiones son necesarias unas breves explicaciones para que el alumnado entienda la propuesta. La presentación y la estética de estos cobran importancia para que sean atractivos y susciten interés. El objetivo de estos espacios es promover un juego de calidad, en el que se dé suma importancia a los materiales ofrecidos, a su disposición y organización (Counsell et al., 2016).

La propuesta de construcciones se ubicó en el aula de 5 años (anexo 1 – construcciones). Este estudio se centra en la observación del grupo de referencia de EI ya mencionado, que participó en este espacio de ciencia (figura 2A) durante intervalos de una hora y media en grupos de tres o cuatro alumnos como máximo, por un periodo de 7 semanas. La afluencia al espacio varía en función de los deseos del alumnado, los cuales se guían por sus intereses y motivación frente a las propuestas que se ofrecen, y que ellos experimentan como un juego.

En cuanto a los materiales, en este estudio se utilizó un kit de 24 rampas de diferentes tamaños (40, 80, 120 y 160 cm), realizadas todas con madera y 30 tacos de madera maciza de pino sin tratar (20 × 12 × 4 cm), además de varias bolas de madera del mismo peso y tamaño (figura 2B). La base de cada rampa es plana por un lado y cóncava por el otro (figura 2C), y no tiene curvas en los extremos, lo que permite plantear retos a la hora de construir rampas, caminos y estructuras.

El objetivo de la propuesta es involucrar a los niños en la indagación, la resolución de problemas y la investigación activa mediante el uso de planos inclinados y el movimiento de bolas en la construcción de sistemas físicos de interacciones mecánicas. Entre otros, la utilización de estos materiales tiene como objetivo trabajar ciertas relaciones de causa-efecto mediante el control de variables (Counsell et al., 2016). Estas se recogen a continuación, en orden de complejidad:

- Relación entre el número de bloques y su estabilidad en altura.
- Relación entre los cimientos de la estructura de bloques y la altura que mantiene.
- Relación entre el número de tacos y la inclinación de la rampa.
- Relación entre la pendiente de la rampa y la velocidad de las bolas.
- Relación entre la superposición de tablas y el movimiento de la bola.
- Relación entre el ángulo de los tacos para redirigir la bola en las curvas.
- Relación entre la velocidad de la canica y la facilidad con la que dobla la esquina.
- Relación entre la velocidad de la canica y la distancia alcanzada en llano.
- Relación entre la velocidad de la bola y su tiro parabólico.



Fig. 2. A) ECLERC en el aula de EI. B) Material de rampas expuesto. C) Detalle de rampa, taco y bola de madera.

Diseño e implementación de una propuesta didáctica fundamentada en el ECLERC

El diseño de esta propuesta vino precedido por un amplio análisis epistemológico ya recogido en el marco teórico. Asimismo, se tuvieron en cuenta las ideas del alumnado a edades tempranas y las progresiones en el aprendizaje del modelo de interacciones mecánicas. Esta propuesta didáctica consta de dos fases con objetivos y actividades específicas en cada una de ellas, tal y como se recoge en la tabla 1. En el apartado de resultados se recoge una descripción detallada de cada fase, así como la evolución de las habilidades y construcciones realizadas por el alumnado.

Para el diseño de la propuesta se han adaptado y conjugado tres propuestas metodológicas de similar enfoque. Se parte de la propuesta de Counsell et al. (2016) «Aprendizaje STEM a edades tempranas: La enseñanza por indagación mediante rampas», a la que se añade también el uso de las preguntas productivas propuesto por Martens (1999). Con el objetivo de promover las habilidades científicas, se propuso una batería de preguntas agrupadas en función de su finalidad, y contextualizadas para el ECLERC (véase figura 3). Finalmente, se adaptó una propuesta de evaluación formativa de Keleey (2013), así como su marco dialógico de intervención docente mediante la charla científica. La propuesta completa (tabla 1) está a caballo entre la epistemología genética y el enfoque sociocognitivo (Ravanis, 2017).

Tabla 1.
Resumen cronológico de las actividades llevadas a cabo
en la propuesta didáctica fundamentada en el ECLERC

	<i>FASE 1</i> <i>(Libre experimentación)</i> <i>(Semanas 1-3)</i>		<i>FASE 2</i> <i>(Intervención docente)</i> <i>(Semanas 4-7)</i>	
Actividades	(1)	(2)	(3)	(4)
	Introducción del espacio y el material de rampas y charla científica	Libre experimentación en el ECLERC	Experimentación guiada mediante intervención docente con preguntas productivas en el ECLERC	Prueba de evaluación mediante la charla científica.
Duración	1 sesión de 40 min	20 días, espacio abierto durante 90 min al día	30 días, espacio abierto durante 90 min al día	1 sesión de 90 min
Objetivos generales	Motivar y captar la atención de los niños y niñas, así como evaluar cuáles son sus ideas iniciales	Emergencia de las habilidades y construcciones sin intervención docente	Emergencia de las habilidades y construcciones con intervención docente	Evaluación del modelo de interacciones físicas al final de la intervención
Evaluación	Análisis de las habilidades científicas mediante transcripción de conversaciones	Análisis de la rúbrica de habilidades científicas, transcripción de diálogos y fotografías de las construcciones		Análisis de las habilidades científicas mediante transcripción de conversaciones

Herramientas para la recogida de datos y la evaluación

El análisis de las construcciones realizadas, así como de las destrezas científicas empleadas, se realizó mediante la metodología observacional (Anguera, 2003). Esta permite el análisis de la conducta espontánea en su contexto habitual. Comienza con un enfoque cualitativo para ir progresivamente registrando las construcciones y acciones verbales y no verbales para después codificarlas, por lo que al final predomina una perspectiva semicuantitativa del análisis del juego libre infantil (Prat et al., 2021).

En todas las sesiones, la observadora principal –alumna del grado de EI en prácticas de cuarto curso y que realiza en ese momento su trabajo de fin de grado, con una formación específica en un curso de 75 h sobre espacios de ciencia en EI–, con la asistencia de las dos docentes responsables, fotografió las construcciones realizadas por el alumnado y anotó las destrezas científicas mediante una rúbrica basada en sendos criterios de registro (figura 3).

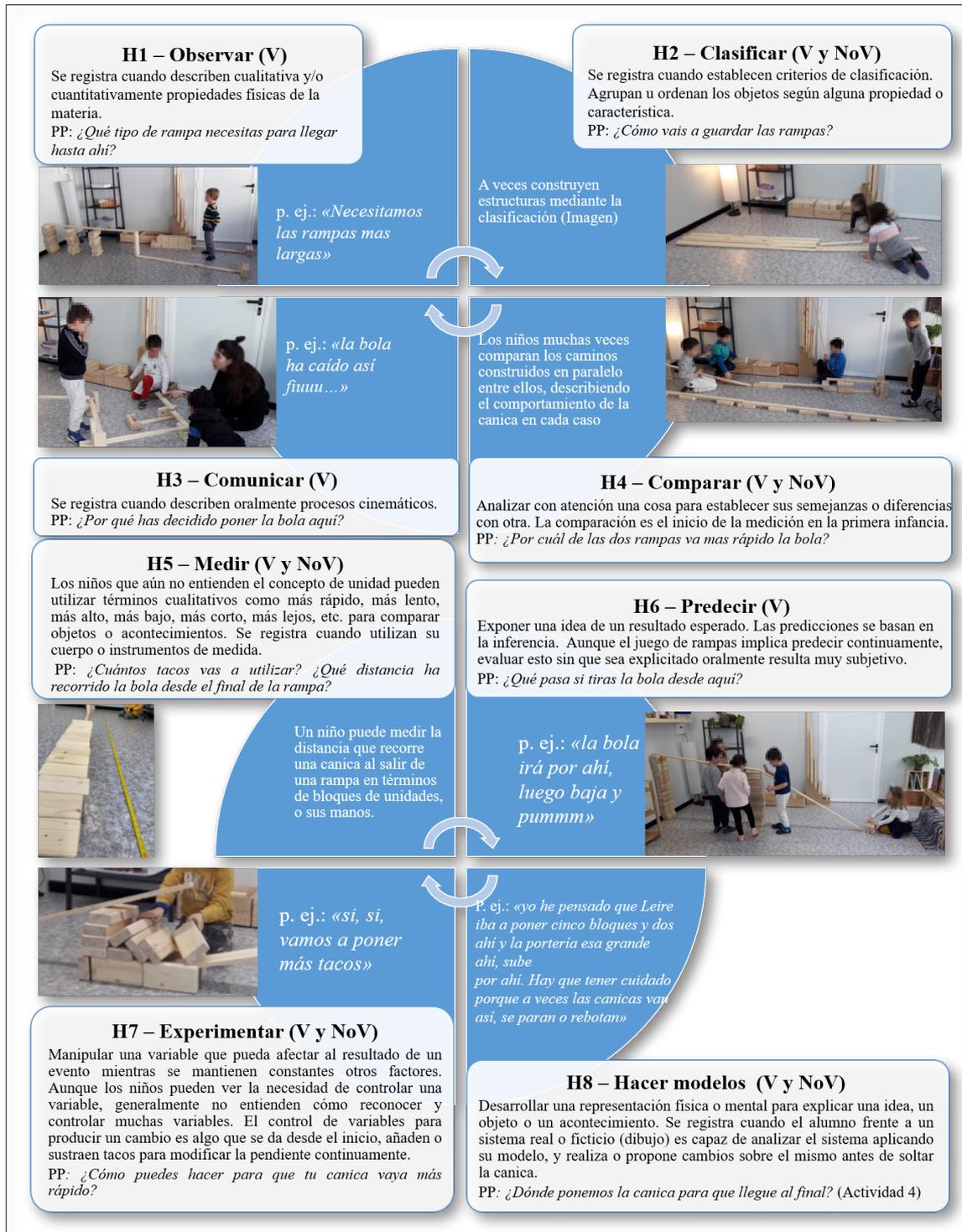


Fig. 3. Criterios establecidos para registrar las habilidades científicas emergentes (H1-H8), ejemplos contextualizados y ejemplos de preguntas productivas (PP).

La categorización de las construcciones infantiles a partir de los registros fotográficos se realizó así: en una primera fase, uno de los investigadores, ayudado por la observadora principal, analizó estos registros y, a partir de estos, generó un borrador con las categorías obtenidas y la evolución de las construcciones. Cada categoría se codificó en función de la presencia de características fácilmente reconocibles. Se puso especial atención en las siguientes estructuras: rampas, valles, saltos, cambios de pendiente, curvas, curvas de herradura, cambios de sentido, objetivos, etc. A continuación, otros dos investigadores clasificaron de manera autónoma las respuestas de un 15 % de la muestra –aleatorio– en las categorías de este borrador, y se compararon las categorizaciones, consiguiendo un elevado consenso (coeficiente kappa de Cohen = 0,89). Finalmente, para describir la evolución en la construcción de sistemas físicos, se ordenaron estas categorías en función de su aparición en el tiempo (Marton y Booth, 1997).

Para el registro de habilidades emergentes en el aula de EI, las docentes y un investigador diseñaron un primer instrumento a partir de la rúbrica original de Counsell et al. (2016, pp. 82 y 173). Para su validación se recabó la opinión de dos investigadores. Las sugerencias propuestas se recogieron en una segunda versión, y esta se utilizó en un estudio piloto de una semana de duración en el aula de 5 años de EI. De este primer análisis, se vio la necesidad de introducir espacio suficiente en la rúbrica para recabar transcripciones y ordenar las habilidades por complejidad creciente (Martin y Schmidt, 2005) en procesos básicos e integrados. Sin tener en cuenta su frecuencia ni grado de complejidad, se consideró que una destreza emergía una vez que era ejecutada por el niño sobre la base de los criterios expuestos. Algunas habilidades solo se registraron cuando el alumno verbalizaba su acción (V), mientras que otras se registraron a partir de sus expresiones orales o acciones corporales (V y NoV). Estos criterios de registro, así como ejemplos reales de las habilidades emergentes y de las preguntas productivas (PP) utilizadas, se resumen en la figura 3.

RESULTADOS

A partir de los datos obtenidos se ha podido determinar que diariamente el espacio ha sido utilizado por una media de aproximadamente 10 alumnos, en su mayoría niños (70 %). Si bien al principio (en las primeras dos semanas) el uso del espacio era muy alto (3-4 grupos de 2-3 alumnos, no simultáneamente), paulatinamente esta cifra ha ido descendiendo sin caer en desuso (1-2 grupos de 2-3 alumnos), al contrario que otras propuestas dentro del espacio de libre elección. Al final, la práctica totalidad de los niños pasaron por el espacio. A continuación, se describe la propuesta educativa y los resultados de la implementación siguiendo las dos fases en orden cronológico (tabla 1, actividades 1-4).

Fase 1. Indagación libre en el ECLERC (semanas 1-3)

Actividad 1. Introducción del material y charla científica

Esta intervención dialógica inicial (40 min) se realizó antes de presentar el espacio de rampas al alumnado. La maestra reunió al grupo en círculo y puso sobre el suelo una rampa en posición horizontal, colocó una canica en el centro de esta y preguntó: ¿Cómo podríamos hacer para que la canica llegue a un extremo? ¿Cómo conseguirlo sin tocar la canica? Esta situación provoca una lluvia de ideas que son el punto de partida y el momento clave para detectar las ideas del alumnado, experiencias de la vida cotidiana e intereses y habilidades de los niños y niñas. El alumnado propone varias formas de hacerlo, todas ellas plausibles (p. ej., «poner las manos atrás y soplar»; «abrir la ventana, entra el viento y mueve la bola»; «poner cuatro libros debajo de la rampa y la bola va a caer; la tiramos», etc.).

La docente anima para que todas participen. Las preguntas realizadas promueven habilidades de orden superior (p. ej., Niño: «Profe, no va a funcionar, tiene que estar recto»; explicita su modelo y propone modificaciones –H8–, contraargumenta, predice erróneamente –H6–). Se observa, en este primer momento, que hay en el aula alumnos con un modelo precursor de interacciones mecánicas más desarrollado que otros y que razonan correctamente. El clima es de confianza y todos se expresan con naturalidad. Como era de esperar, en las primeras semanas se expresan mediante un vocabulario reducido (conocimiento y uso de palabras) y estructuras gramaticales simples.

Finalmente, se construye la rampa mediante libros, se lanza la bola y todo el alumnado exclama con un rotundo «¡Sííí!». Parecen cumplirse sus expectativas. La maestra entonces coloca otros cuatro libros al otro lado de la rampa, tal y como propusieron algunos alumnos, dejando la rampa otra vez en posición horizontal. Ante la pregunta de si la bola rodará ella sola, la respuesta es unánimemente negativa y, por tanto, el alumnado predice (H6) correctamente.

Actividad 2. Libre experimentación en el ECLERC

Tras la actividad 1, se presentó el ECLERC al alumnado y se explicó que existen ciertas reglas para su uso (grupos de menos de cinco, seguridad, etc.). Durante las primeras tres semanas surge espontáneamente un juego colaborativo de construcción de rampas y caminos, que permite a los niños y niñas producir y mejorar sistemas físicos, comparando sus expectativas con aquello que observan experimentalmente, y modificando el sistema diseñado mediante prueba y error, refinando así sus propias ideas y modelos. Se comentan, a continuación, los registros llevados a cabo en esta fase.

Al inicio, los niños comienzan observando y describiendo (H1) los materiales, sus propiedades, características y límites (por ejemplo, «Está muy alta»). Apilan los tacos para testar (H7) las posibilidades que ofrecen estos. Usan las rampas más largas (H2) y todos los tacos, teniendo la «necesidad» de utilizar todo el material hasta agotarlo. Así, al inicio crean rampas simples, con bajadas o subidas leves, siempre rectas y bastante largas. Los tacos se ubican siempre al inicio del sistema, como soporte a la rampa principal, como queriendo asegurar su estabilidad. Poco después, en cambio, sus estructuras parecen pasar al otro extremo; crean rampas largas y casi verticales seguidas de rectas horizontales y «protegen» las vías mediante tacos a los lados para que la canica no se salga del circuito. Exploran los límites físicos del sistema donde llevar a cabo su juego con estructuras muy largas o altas (fotos en la figura 4, A y B).

En la tercera semana comienzan a usar las rampas cortas. Empiezan a construir sistemas más heterogéneos y a optimizar el uso de tacos; los sistemas son más sofisticados mediante un menor uso de materiales. Crean caídas consecutivas y comparan (H4) sistemas idénticos en paralelo entre ellos (véase figura 4C, valles). En general, todos son capaces de experimentar (H7) de forma autónoma, cambiando el número de tacos para modificar la inclinación de la rampa y así obtener mayor o menor velocidad. Son capaces de plantearse pequeños retos, de predecir (H6) el comportamiento de la bola (por ejemplo, «Por aquí va a subir y va a bajar la canica») y de comunicar (H3) con sus palabras el comportamiento de la canica (a veces hablan para sí mismos verbalizando estas ideas). En esta fase el alumnado clasifica (H2) con un criterio claro, identificando y escogiendo el material según sus cualidades e intereses (por ejemplo, «Voy a coger la rampa más larga»). Asimismo, cuando termina la sesión, clasifican (H2) el material por tamaño y lo guardan.

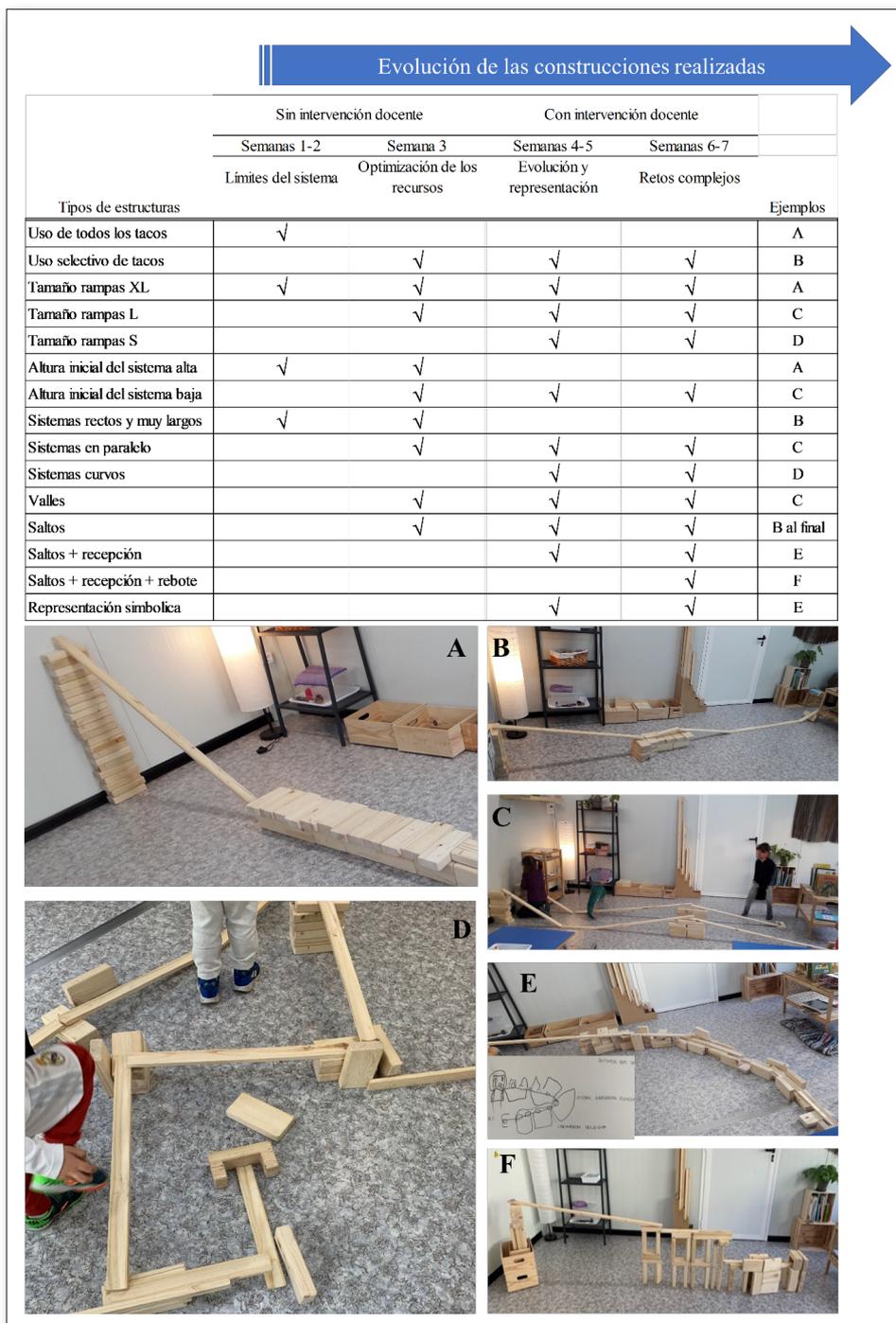


Fig. 4. Aparición de los diversos tipos de estructuras construidas a lo largo del tiempo.

El análisis de la actividad registrada en esta primera fase (figura 5 – fase 1) a partir de los criterios establecidos (véanse el apartado de «Metodología» y la figura 3) indica que hay habilidades que emergen en la mayoría los alumnos de forma natural (H2, H3, H7), mientras que otras lo hacen de un modo sutil en unos pocos alumnos del grupo estudiado (H1, H5, H6 y H8). Las observaciones realizadas

in situ por el observador no siempre pueden abarcar el conjunto de acciones del alumnado, aunque sí permiten ofrecer una aproximación semicuantitativa, así como información de carácter cualitativo de las habilidades científicas.

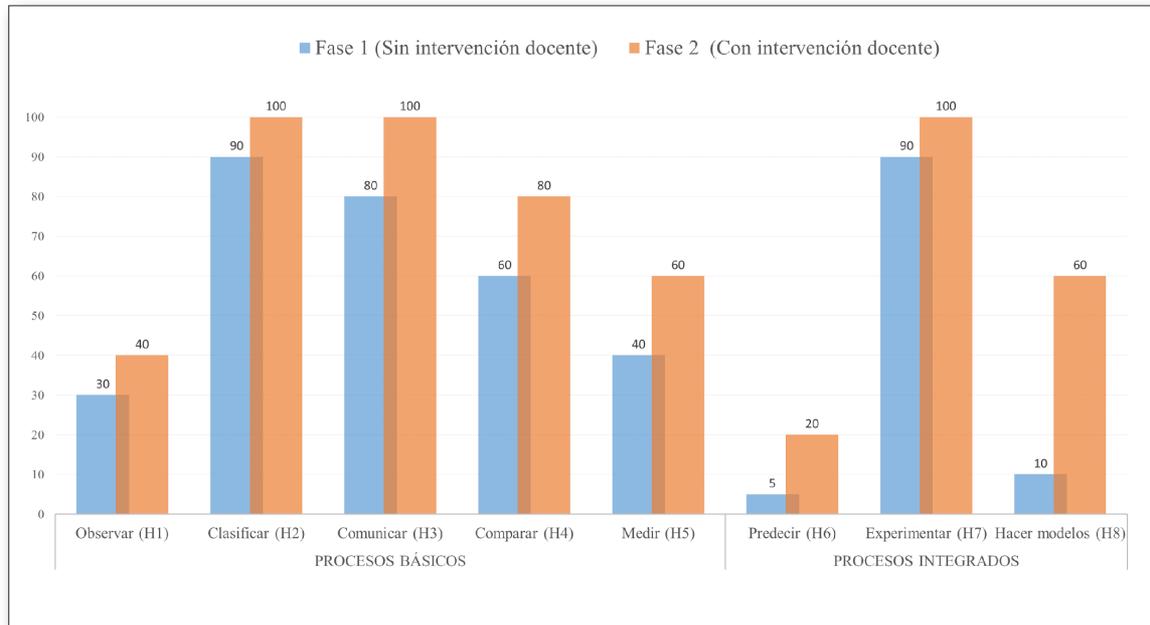


Fig. 5. Tipo de habilidades emergentes (H1-H8) y su frecuencia relativa de aparición para las fases 1 y 2 de la implementación.

Este primer diagnóstico permitió diseñar una mejor intervención de cara a la fase 2 de la implementación (tabla 1), donde se plantearon las siguientes mejoras:

1. Potenciar las habilidades menos frecuentes (observar, medir, predecir y crear modelos).
2. Introducir nuevos retos para potenciar las habilidades que aparecen con regularidad, pero poco desarrolladas (medir, clasificar sobre la base de otros criterios, comunicar de otras formas, por ejemplo, mediante dibujos, incluso experimentar con otras variables etc.).

Fase 2. Intervención docente en el ECLERC (semanas 4-7)

Actividad 3. Indagación en el ECLERC e intervención docente

Con el objetivo de promover la indagación y la emergencia de ciertas habilidades científicas, así como mejorar las construcciones, durante las últimas cuatro semanas se intervino mediante preguntas productivas (Martens, 1999) adaptadas a la propuesta y sus objetivos (véase figura 3). El uso de preguntas productivas surte el efecto deseado en la mayoría de los casos (figura 5 – fase 2), y el alumnado verbaliza muchas cuestiones que antes omitía. Sobre todo, se utilizaron preguntas para centrar la atención (*¿Por dónde se sale la bola?*), preguntas de comparación (*¿Qué rampa va más rápido?*), preguntas para plantear problemas (*¿Cómo conseguirás meter la canica por esa puerta?* –reto: construir curvas–), preguntas para medir (*¿Cuántos tacos pondrás para que la bola llegue hasta ahí?*) y preguntas de razonamiento (*Me pregunto si funcionará si...*). De este modo, el grado de complejidad de los sistemas construidos aumenta (véase figura 4).

En la cuarta semana comienzan a colocar tacos en horizontal o vertical y, de ese modo, ganan altura rápidamente, creando así puentes, caídas y desniveles en un mismo sistema. Asimismo, construyen series de curvas de 90° mediante el uso de tacos como pared para que la bola no se salga en las curvas. Los

sistemas empiezan a ser más complejos por el uso de rampas más cortas (figura 4D). En este momento comienzan a dibujar (H8) aquello que han construido y, además, recogen predicciones (H6) en términos cinemáticos (trayectoria y posición) sobre el hipotético comportamiento de la bola (figura 4E); es más, comunican verbalmente que se trata de una rotonda y describen el movimiento de la bola (H3).

En esta fase, una correcta intervención docente permite evaluar, por ejemplo, el razonamiento y capacidad predictiva del alumnado (tabla 2). En general las intervenciones docentes fueron ajustadas a la situación (diálogo 1); aunque a veces, por falta de entrenamiento, alguna intervención por parte del adulto provoca el desinterés del niño por la actividad, al proponer un reto no adecuado (diálogo 2).

Tabla 2.

Transcripciones de diálogos con ejemplos de intervenciones docentes ajustadas (1) y no ajustadas (2)

<i>Transcripción de diálogo 1</i> <i>Ejemplo de una intervención docente ajustada</i>	<i>Análisis</i>
Niño: <i>¡Ya viene!</i>	Comunican en términos cinemáticos (H3)
Niña: <i>No ha llegado.</i>	Comunican en términos cinemáticos (H3)
Maestra: <i>Leire, se ha parado la canica. ¿Qué necesita tu canica para no pararse?</i>	Pregunta de razonamiento
Niña: <i>Más velocidad.</i>	Predice (H6)
Maestra: <i>Tu canica necesita más velocidad. ¿Cómo puedes darle más velocidad?</i>	Pregunta de acción
Niña: <i>Necesita más inclinación.</i>	Predice (H6) y expresa su modelo (H8) al proponer cambios sobre el sistema antes de soltar la bola
Maestra: <i>¡Ah! Necesita más inclinación. ¿Dónde vas a poner más inclinación?</i>	Pregunta para centrar la atención
Niña: <i>Al principio.</i>	
Maestra 2: <i>Vale, vamos a probarlo.</i>	
<i>Transcripción de diálogo 2</i> <i>Ejemplo de una intervención docente no ajustada</i>	<i>Análisis</i>
Maestra: <i>Urko, mira, si cambiamos esto, vamos a verlo, va a ir mejor tu rampa.</i>	Reto demasiado complejo e inapropiado
Niño:	No responde
Maestra: <i>Escucha</i>	El niño se va

En la semana 6-7 los sistemas diseñados son muy sofisticados e implican una pericia y precisión considerables. Se emplean todo tipo de rampas y contienen diversos tipos de estructuras (rampas, saltos, túneles, cambios de sentido, etc.) que responden a retos muy complejos (p. ej., se proyectan saltos parabólicos entre diferentes pisos y recepciones en pistas de dirección contraria; véase figura 4F). En general, son capaces de establecer relaciones de causa-efecto mediante el control de distintas variables a la vez (por ejemplo, la altura de los tacos, la pendiente, la velocidad de la bola y su movimiento). El grado de implicación del alumnado en la propuesta es alto y este no desiste en sus proyectos y, si un día no lo consiguen, al día siguiente siguen con el mismo proyecto de circuito. Las predicciones (H6) realizadas se refinan, («si le doy más inclinación, tendré más velocidad. Por tanto, no parará»). La intervención de la maestra provoca que los pequeños verbalicen sus estimaciones y mediciones (H5) (p. ej. el número de tacos para una determinada inclinación, el necesario para obtener X saltos, etc.), y realizan mediciones tanto espaciales como temporales (H5) haciendo uso de un metro, de un hilo de lana y de un reloj de arena. En general, son capaces de observar la estructura de una rampa, reconocer que funcionará (o no) tal y como está construida y realizar los cambios necesarios antes de soltar una canica, prueba de que el niño ha construido un modelo mental del sistema (H8).

Actividad 4. Prueba individual y grupal mediante la charla científica

Finalmente, una vez cerrado el ECLERC, y a través de una prueba diseñada *ad hoc* basada en una propuesta de evaluación formativa (Keeley, 2013), se evaluó y se puso en común la capacidad predictiva del alumnado y, en definitiva, la sofisticación del modelo de rampa que cada alumno desarrolló a lo largo del itinerario formativo. La sesión (90 min) consta de una prueba individual y otra grupal en la que se utilizan la charla científica y sus diversas estrategias dialógicas: revocar, reproducir las ideas de los demás compañeros, comparar modelos, promover la participación adicional de los estudiantes, pedir a los estudiantes que expliquen su razonamiento y utilizar el tiempo de espera (Keeley, 2016).

Prueba de evaluación individual

Individualmente se les ofreció una hoja a todos los alumnos (n = 20) con una representación de una rampa (figura 6B) y varias pegatinas para responder a la pregunta «¿Dónde ponemos la canica para que llegue al final?». Cada uno colocó una pegatina, salvo dos alumnas que pegaron dos sobre su papel. En general, la mayoría contestaron correctamente (figura 6A), con respuestas plausibles. Nótese que cualquier punto entre C (34,7 % de pegatinas) y D (8,7 %) sería obviamente correcto; aunque ubicar la bola en el punto A (43,5 %) o cerca de A también podría tener éxito, no así ubicarla en B (0,4 %). Las pegatinas se ubicaron en los puntos descritos (A, B, C o D), ninguna entre ellos y dos fuera del sistema (0,7 %). Una vez recogidas las respuestas, algunos niños necesitaron describir verbalmente en términos cinemáticos (H3) su predicción (H6) (por ejemplo, «la bola bajará, subirá y volverá a bajar» o «aquí rápido, despacio, rápido»).

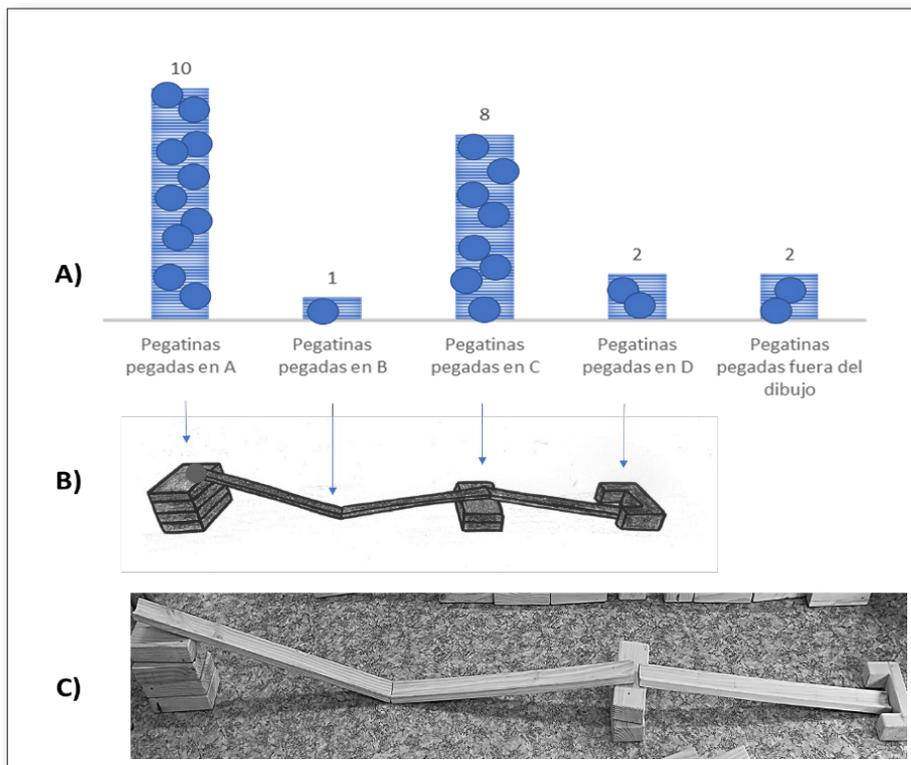


Fig. 6. A) Número de respuestas –pegatinas pegadas– sobre el dibujo de la rampa. B) Dibujo de la rampa sobre la que contestaron las niñas. C) Construcción realizada espontáneamente a partir del dibujo proporcionado.

Prueba de evaluación grupal mediante la charla científica

A continuación, sentados en círculo y con la misma imagen delante sobre una cartulina (figura 7B), se realizó la misma pregunta: *¿De dónde vamos a tirar la canica para que entre en la portería?* El objetivo es que argumenten dónde y por qué han puesto cada uno la pegatina, que escuchen los razonamientos de sus compañeros, que contrasten sus modelos, verbalicen sus predicciones y, finalmente, si se diera la ocasión, que la comprueben experimentalmente. Esta actividad grupal transcurre rápidamente (30 min) y es difícil captar todas las aportaciones y matices del alumnado (la observadora principal, una docente y un investigador estuvieron presentes y anotando).

Inicialmente, y de manera espontánea, algunas niñas insistieron en su deseo de representar (H8) el sistema de rampas de forma real, construyéndolo a partir del dibujo bidimensional proporcionado. Se les permitió hacerlo, con la condición de no probar el modelo con la canica hasta acabar la charla, y lo realizaron correctamente (figura 6C). Posteriormente, los niños y niñas comienzan describiendo (H3) sobre la cartulina o sobre el sistema real cuál podría ser el recorrido de la bola, su comportamiento y trayectoria, que de alguna forma predicen (H6). Hay alumnos que contestan brevemente no estar de acuerdo, no participan de manera muy activa al principio, parecen evaluar sus ideas iniciales y compararlas con aquellos que se pronuncian en sentido contrario al suyo. Normalmente, hablan en términos cinemáticos (H3), no de fuerzas (por ejemplo, «Yo por aquí porque va a ir así»). Dos alumnas utilizaron términos mecánicos para superar el punto C («la bola necesitará empuje para pasar por aquí»). En general, las predicciones realizadas (H6) son correctas (lanzar la bola de A o C), aunque afloran discrepancias, sobre todo con lanzar la bola desde el punto A, ya que muchos piensan que no será suficiente (en torno a un tercio de la clase).

En los primeros minutos la docente casi no interviene, ya que el alumnado se autorregula adecuadamente (tabla 3). Posteriormente, la maestra hace uso de las estrategias dialógicas para animar al alumnado que todavía no ha participado a expresarse: «¿Qué te parece lo que ha dicho Pablo, María?», «¿Iker, tú también piensas eso?», «¿Roberto dice que por aquí va rápido, es así?», «¿Alguien quiere decir algo más?», etc. Comparando esta charla con la charla inicial o la individual se observa, en líneas generales, un vocabulario más amplio, un mayor nivel expresivo y una mayor seguridad para argumentar sobre el funcionamiento de los sistemas construidos. Antes de perder la atención de los alumnos, se decide comprobar experimentalmente. Varios alumnos ultiman los retoques finales de la estructura antes de tirar la bola (H8). Como la mayoría de los votos recayeron en el punto A, la primera bola se lanzó desde ahí: «¡Gooool!». Las caras de los niños se llenan de satisfacción al ver sus expectativas cumplidas, aunque todavía, y a la luz de las evidencias, haya algunos que no desean revisar su modelo (Niño: «Pero se podía parar aquí»). La maestra deja entonces que los niños experimenten y lancen la bola desde otros puntos mientras el juego continúa.

Tabla 3.
Extracto de charla científica frente al modelo construido

<i>Transcripción de un diálogo</i>	<i>Análisis</i>
Niño A: <i>No va a pasar porque hay un agujero grande.</i>	Observa (Agujero = valle; punto B, H1) y predice (H6)
Niño B: <i>Va así Urko, siuuuuu.</i>	Describe el comportamiento de la bola, verbal y gestualmente (H3)
Niña: <i>No, ha caído así.</i>	Predice en sentido contrario (H6) y lo expresa en tiempo verbal presente (H3)

<i>Transcripción de un diálogo</i>	<i>Análisis</i>
Niño A: <i>Yo he pensado que Leire iba a poner cinco bloques y dos ahí y la portería esa grande ahí. Cinco bloques ahí y cinco bloques ahí, sube por ahí. Hay que tener cuidado porque a veces las canicas van así, se paran o rebotan.</i>	Este niño describe (H3) el comportamiento general de las canicas a partir de su experiencia, y además experimenta (H7) mentalmente y predice (H6) que el sistema ya construido necesitará una mayor altura inicial (H8).
Niño C: <i>Yo no he visto que haya marcado un gol.</i>	Expresa su disconformidad y predice en sentido contrario (H6). Es escéptico y, tal vez, ya está clamando por una comprobación experimental.
Niña: <i>Ni yo. Si hay empuje, esa la primera le empuja a la segunda, la segunda a la tercera y esa mete gol.</i>	Hace suyas las palabras de Leo. Piensa que cada pegatina es una bola –ella puso tres– y chocan entre ellas. Comunica (H3) en términos más mecánicos que cinemáticos.
Niño B: <i>Por aquí rápido, por aquí despacio y por aquí rápido.</i>	Describe (H3) y predice (H6) adecuadamente el comportamiento de la bola

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Fruto de la colaboración escuela-universidad, este trabajo recoge el diseño, la implementación y la evaluación de una propuesta didáctica de larga duración en EI sobre sistemas físicos (rampas y caminos) con fases de libre experimentación (fase 1 – 20 días) y experimentación guiada (fase 2 – 30 días). Se han evaluado las destrezas científicas emergentes y las construcciones llevadas a cabo a lo largo de la implementación, así como el efecto de la intervención docente.

En líneas generales, los resultados indican una clara evolución estructural en los sistemas construidos, ya sea por la complejidad en los retos recogidos, o por la carga representativa de las propias estructuras. Llegar a ese nivel de complejidad requiere conocer las propiedades, posibilidades y límites de los materiales y una pericia y precisión remarcable (Cohen y Emmons, 2017). Si bien inicialmente los niños y niñas construyen sistemas rectos y simples, a medida que el docente propone nuevos retos mediante preguntas productivas, estos responden y dan inicio a proyectos más complejos donde incluyen curvas, saltos, recepciones, etc. En línea con estudios previos (Kamii, 2015), el alumnado ha sido capaz de resolver problemas e investigar de manera activa a través del juego, relacionando diversas variables al mismo tiempo, tales como la altura de los tacos y la pendiente, la velocidad de la bola y el salto parabólico posterior. En este proceso son vitales las preguntas utilizadas por el docente para ayudar al infante a *i)* focalizar la atención en el reto o problema principal, *ii)* comparar estructuras, o *iii)* proponer una acción concreta, como tirar la bola por otro lado. Este andamiaje permite sostener la atención y acción del niño en el tiempo y profundizar en el juego (Guarrella et al., 2022b). Al igual que en otras propuestas, en este trabajo la participación docente mediante un andamiaje verbal –como hacer preguntas abiertas, plantear problemas, hacer afirmaciones y pensar en posibilidades en voz alta– también han aumentado la complejidad de las estructuras realizadas por los niños (Cohen y Emmons, 2017).

Con respecto a las habilidades científicas (H1-H8), cabe destacar que todas afloran de manera natural durante el juego sin intervención. Guarrella et al. (2022b) indican que la exploración científica en el contexto de la educación infantil debería centrarse en el desarrollo de las habilidades científicas, ya que permiten un andamiaje del pensamiento, el análisis y el razonamiento científico a través de la exploración lúdica y la intervención docente en estos espacios de libre elección. Sin embargo, en la fase de experimentación libre, solo algunas habilidades (como clasificar, comunicar, experimentar) son desarrolladas por la mayoría del alumnado, mientras que otras como medir, predecir o hacer modelos, en cambio, son minoritarias. En este sentido, la intervención docente en las siguientes semanas mediante preguntas productivas elevó el número de habilidades registradas. Si bien surge aquí el interrogante

sobre si los alumnos serían capaces de desarrollar estas habilidades y estructuras similares en propuestas sin andamiaje y más extensas en el tiempo, diferentes estudios avalan la necesidad de un andamiaje docente ajustado. A este respecto, y en línea con los resultados obtenidos por Bargiela et al. (2022), en este estudio la formulación de preguntas por parte de la docente también resultó fundamental para activar destrezas y disposiciones de pensamiento crítico en el alumnado que no parecen emerger de manera espontánea. Del mismo modo, otros trabajos también indican que la orientación del docente puede favorecer que los niños y niñas realicen comprobaciones y, por tanto, desarrollen nuevas habilidades científicas (Mateo y Sáez-Bondía, 2022). Por lo tanto, los resultados aportados en este estudio apuntan a la necesidad de andamiaje docente en el desarrollo de las destrezas científicas en el aula de EI.

Obviamente, estudios en contextos reales y a largo plazo como el aquí presentado tienen una serie de limitaciones metodológicas inherentes. En ciertos momentos resultó difícil recabar todas las acciones ejecutadas por los niños dada la velocidad a la que estas suceden. Así, la observadora tuvo que elegir en algunos casos qué situaciones recoger y cuáles descartar. Abordar ese análisis hubiera necesitado de herramientas más exhaustivas como grabaciones en vídeo. Aun así, la herramienta de evaluación propuesta resulta práctica para un uso cotidiano en el aula de EI y aporta evidencias en forma de registros.

Dentro de la fase de experimentación guiada por el docente, además de las preguntas productivas, en este trabajo también se ha utilizado una prueba de evaluación diseñada *ad hoc* fundamentada en la charla científica (Keeley, 2016). Esta herramienta ha permitido trabajar específicamente varias habilidades científicas como la predicción, la comparación y la modelización, donde la capacidad para guiar la charla científica por parte de las docentes resulta esencial. Esta charla tiene un efecto catalítico y promueve la participación de la mayoría de los alumnos, pues ayuda a expresar sus modelos explicativos. Los diálogos recogidos en estas charlas finales muestran un mayor dominio del vocabulario específico y una mejor capacidad para argumentar sobre la base de sus experiencias. Propuestas escalonadas de exploración libre o exploración guiada junto con sesiones de charlas científicas ya han sido recogidas anteriormente por Chalufour y Worth (2004), donde se aboga por ampliar el uso de este tipo de estrategias dialógicas en el aula de EI para el desarrollo de habilidades científicas clave.

Finalmente, cabe recalcar que la colaboración escuela-universidad ha resultado ser una estrategia *win-win*, donde docentes y alumnado de ambas instituciones han cogenerado recursos y propuestas para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje. Con todo, el presente estudio pone de manifiesto que la utilización de espacios y materiales accesibles en entornos de libre elección ofrecen al alumnado oportunidades de juego y aprendizaje significativas. Además, un uso adecuado de las estrategias dialógicas y herramientas de evaluación permiten a los docentes realizar un seguimiento pormenorizado del desarrollo gradual de las habilidades científicas en el aula de EI.

REFERENCIAS

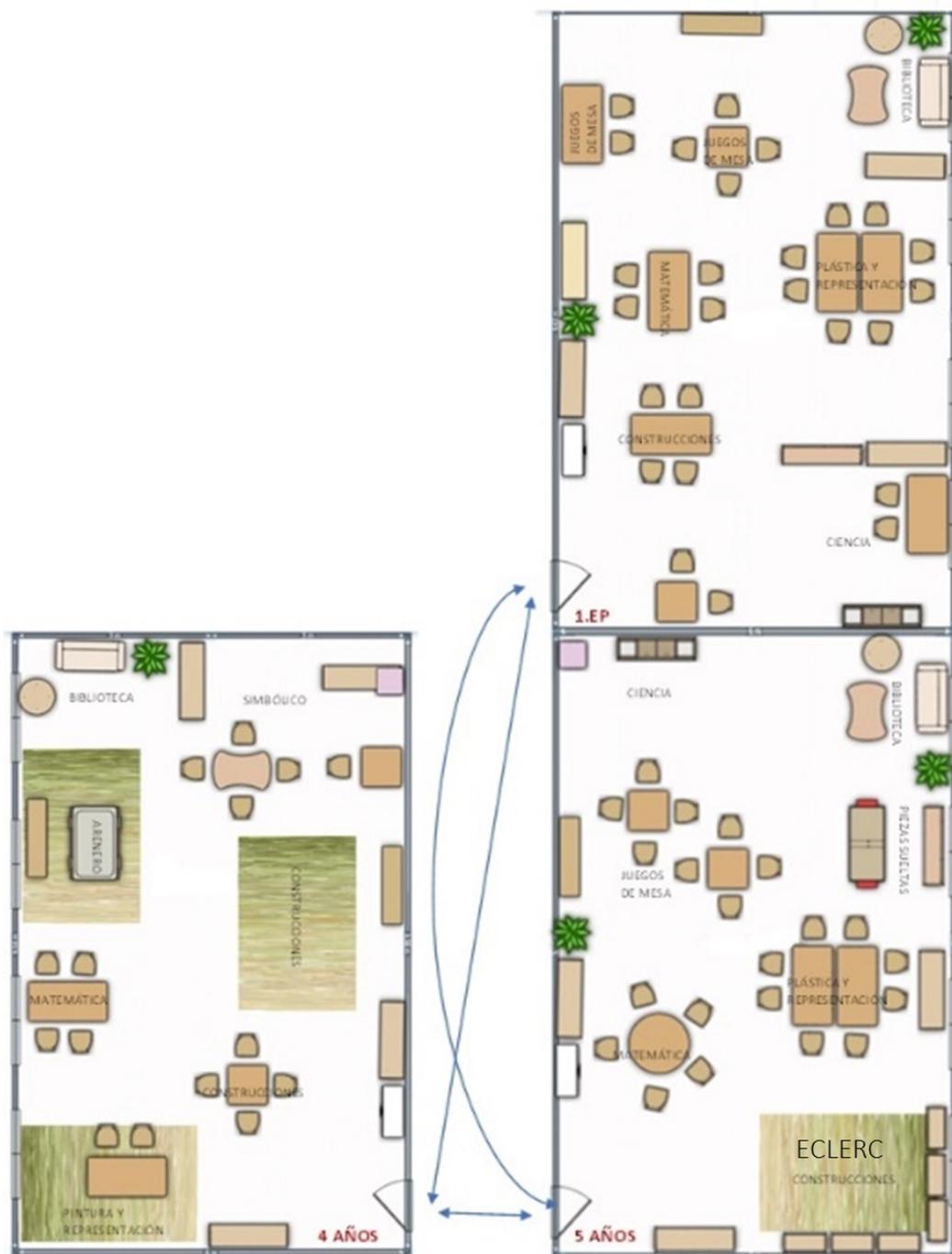
- Alsina, N. G. (2010). Rampas para movernos y para pensar. *Aula de infantil*, (57), 19-23. <http://hdl.handle.net/11162/24608>
- Anguera, M. T. (2003). La observación en la Educación Infantil. En J. L. Gallego Ortega y E. Fernández de Haro (Dirs.), *Enciclopedia de Educación Infantil* (Vol. I, pp. 861-884). Aljibe.
- Bargiela, I. M., Anaya, P. B. y Puig, B. (2022). Las preguntas para la indagación y activación de pensamiento crítico en educación infantil. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 40(3), 11-28. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5470>
- BOE, *Boletín Oficial del Estado* (2022). Real Decreto 95/2022, de 1 de febrero, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Infantil.

- Chalufour, I. y Worth, K. (2004). *Building Structures with Young Children. Trainer's Guide*. Redleaf Press.
- Cohen, L. E. y Emmons, J. (2017). Block play: spatial language with preschool and school-aged children. *Early Child Development and Care*, 187(5-6), 967-977.
<https://doi.org/10.1080/03004430.2016.1223064>
- Counsell, S., Escalada, L., Geiken, R., Sander, M., Uhlenberg, J., Van Meeteren, B., ... y Zan, B. (2016). *STEM learning with young children: Inquiry teaching with ramps and pathways*. Teachers College Press.
- Cruz-Guzmán, M., Puig, M. y García-Carmona, A. (2020). ¿Qué tipos de actividades diseñan e implementan en el aula futuros docentes de Educación Infantil cuando enseñan ciencia mediante rincones de trabajo? *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 38(1), 27-45.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2698>
- Davis, E. A. (2015). Scaffolding learning. *Encyclopedia of Science Education*, 21(2), 362-364.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_206
- Fragkiadaki, G., Fleeer, M. y Rai, P. (2022). Science Concept Formation During Infancy, Toddlerhood, and Early Childhood: Developing a Scientific Motive Over Time. *Research in Science Education*, 1-20.
<https://doi.org/10.1007/s11165-022-10053-x>
- Guarrella, C., Cohrssen, C. y van Driel, J. (2022a). The Quality of Teacher-Child Interactions during the Enactment of Playful Science Games in Preschool. *Early Education and Development*, 33(4), 634-654.
<https://doi.org/10.1080/10409289.2021.1900993>
- Guarrella, C., van Driel, J. y Cohrssen, C. (2022b). Science Education in Early Childhood Education—Are We Approaching a Cure for the State of Chronic Illness? *Research in Science Education*, 1-9.
<https://doi.org/10.1007/s11165-022-10087-1>
- Haldón Lahilla, J., Pedreira Álvarez, M. y Lemkow Tovas, G. (2022). Propuesta de análisis de la intervención de la persona adulta en un espacio de ciencia de libre elección. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5505>
- Hapgood, S., Czerniak, C. M., Breneman, K., Clements, D. H., Duschl, R. A., Fleeer, M., ... y Van Meeteren, B. (2020). The importance of early STEM education. En *Handbook of Research on STEM Education* (pp. 87-100). Routledge.
- Hast, M. y Howe, C. (2013). Towards a complete commonsense theory of motion: The interaction of dimensions in children's predictions of natural object motion. *International Journal of Science Education*, 35(10), 1649-1662.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2011.604685>
- Jirout J. y Zimmerman C. (2015) Development of science process skills in the early childhood years. En Cabe Trundle, K. y Saçkes, M. (Eds.), *Research in Early Childhood Science Education* (pp. 143-165). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-94-017-9505-0_7
- Jirout, J. J. (2020). Supporting early scientific thinking through curiosity. *Frontiers in Psychology*, 11, 1717. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01717>
- Kamii, C. (2015). Physical-Knowledge Activities for the Development of Logico-mathematical Knowledge. En *Research in early childhood science education* (pp. 185-209). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-94-017-9505-0_9

- Keeley, P. (2013). *Uncovering student ideas in science: 25 new formative assessment probes for Grades K-2*. National Science Teachers Association.
- Keeley, P. (2016). Talk Moves. *Science and Children*, 53(8), 24.
- Klahr, D., Zimmerman, C. y Jirout, J. (2011). Educational interventions to advance children's scientific thinking. *Science*, 333(6045), 971-975.
<https://doi.org/10.1126/science.1204528>
- Marín, I. (2009). Jugar, una necesidad y un derecho. *Aloma: revista de psicología, ciències de l'educació i de l'esport Blanquerna*, 25, 233-249.
- Martens, M. L. (1999). Productive questions: Tools for supporting constructivist learning. *Science and Children*, 36(8), 24
- Martin, D. J., Jean-Sigur, R. y Schmidt, E. (2005). Process-oriented inquiry a constructivist approach to early childhood science education: teaching teachers to do science. *Journal of Elementary Science Education*, 17(2), 13.
<https://doi.org/10.1007/BF03174678>
- Marton, F. y Booth, S. (1997). *Learning and awareness*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Mateo, E. y Sáez-Bondía, M. J. (2022). Experimentar con minerales en Educación Infantil: evaluación de un espacio de Ciencia de libre elección. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(2), 2801-2801.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i2.2801
- Matsuda, F. (2001). Development of concepts of interrelationships among duration, distance, and speed. *International Journal of Behavioral Development*, 25, 466-480. DOI: 10.1080/016502501316934905
- Monteira, S. F., Jiménez Aleixandre, M. P. y Martins, I. (2017). Construcción de modelos y apropiación de recursos comunicativos en el aula de infantil (3-4 años). *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 4273-4280.
- Osterhaus, C., Brandone, A. C., Vosniadou, S. y Nicolopoulou, A. (2021). The Emergence and Development of Scientific Thinking During the Early Years: Basic Processes and Supportive Contexts. *Frontiers in Psychology*, 12, 387.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.629384>
- Pedreira, M. (2018). Intervenir, no interferir: el adulto y los procesos de aprendizaje. *Aula de Infantil*, 96, 9-13.
- Pedreira, M. y Márquez, C. (2017). Espacios de Ciencia de libre elección: posibilidades y límites. *Enseñanza de las Ciencias e Infancia. Problemáticas y avances de teoría y campo desde Iberoamérica*, 151-169.
- Pedreira, M. y Márquez, C. (2019). Experience, Explication, Evolution: Processes of learning in a free-choice science museum activity for children up to 6 years of age. *Journal of Emergent Science*, 17(19), 19-31.
- Prat, M., Anglès-Virgili, N., Geis, À. y Mañós, R. V. (2021). Diseño de un instrumento observacional de base neurocientífica para el análisis del juego libre infantil: ObPlay 9-36m. *Bordón: Revista de pedagogía*, 73(3), 115-129.
- Ravanis, K. (2017). Early Childhood Science Education: state of the art and perspectives. *Journal of Baltic Science Education*, 16(3), 284-288.
- Sanmartí, N. et al. (coord.) (2022). *Tesor de recursos* (página web). <https://tresorderecursos.com/>
- Sukkar, H. y Chapman, D. (2014). Teaching in play-based contexts. Springer. *Encyclopedia of Science Education*, 1-1.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_267
- Willard, T. (2020). *The NSTA Atlas of the Three Dimensions*. NSTA Press.

ANEXO 1.

Mapa de las tres aulas contiguas donde se lleva a cabo el movimiento autónomo por diversos espacios de aprendizaje, y en el que se incluye un espacio de ciencia (el ECLERC)



A Didactic Proposal on Ramps in Early Childhood Education: the Importance of Teacher Intervention in the Development of Scientific Skills and Constructions

Daniel Zuazagoitia
Universidad del País Vasco, UPV/
EHU. Departamento de Didáctica
de la Matemática y de las Ciencias
Experimentales y Sociales
daniel.zuazagoitia@ehu.es
<https://orcid.org/0000-0001-9954-7855>

Silvia España-Diez
Centro de Educación Infantil y Primaria
Aldaialde. Red pública del País Vasco.
silvia.espana@aldaialdeikastetxea.es

Leire Ruiz de Azua
Universidad del País Vasco, UPV/EHU.
Departamento de Didáctica
de la Matemática y de las Ciencias
Experimentales y Sociales
leireruz98@gmail.com

Montse López-Puente
Centro de Educación Infantil y Primaria
Aldaialde. Red pública del País Vasco.
montse.lopez@aldaialdeikastetxea.es

Josu Sanz
Universidad del País Vasco, UPV/EHU.
Departamento de Didáctica
de la Matemática y de las Ciencias
Experimentales y Sociales
josu.sanz@ehu.es
<https://orcid.org/0000-0002-1211-1598>

Aritz Ruiz-González
Universidad del País Vasco, UPV/
EHU. Departamento de Didáctica
de la Matemática y de las Ciencias
Experimentales y Sociales
aritz.ruiz@ehu.es
<https://orcid.org/0000-0001-7409-4634>

Today there is a broad consensus in prioritising scientific practices in the construction of scientific knowledge, especially from an early age (Guarrella et al., 2022b). Thus, in recent years, early childhood education has been gaining its own space and voice within science education, with lines of work that have highlighted the potential of science in early childhood education so as to work on scientific practices such as argumentation, inquiry and modelling (Mateo & Sáez-Bondía, 2022; Monteiro et al., 2017). In this way, basic skills such as observation, classification, or making comparisons or inferences can be brought into play (Pedreira & Márquez, 2019; Counsell et al., 2016).

Although many of these activities can be carried out autonomously, when accompanied by an adult, learners can perform more complex tasks (e. g. hypothesising, identifying and controlling variables or designing experiments, collecting and analysing data, as well as using data to decide and make predictions about other problems; as seen in Jirout & Zimmerman, 2015 and Martin & Schmidt 2005), which makes their learning more effective and efficient (Davis, 2015).

This study presents, resulting from the collaboration between school and university, the design, the implementation, and the evaluation of a didactic intervention of a socio-constructivist and dialogical nature on interactions in physical systems (ramps and pathways) in early childhood education. The didactic proposal which was designed consists of two phases and four different activities and was implemented in a group ($n = 20$) of a classroom for pre-school children (5-6 years old) in a free choice context based on play and autonomous movement. During its implementation, the emerging scientific skills, the complexity of the constructions made, as well as the effect of the teaching intervention on learning were evaluated. This study builds on Counsell's (2016) didactic approach to ramps and pathways and includes Martens' (1999) productive questions and Keeley's (2016) various dialogical strategies to provide evidence of children's ability and the significance of the teaching role.

In general terms, the results indicate a clear structural evolution in the systems constructed, both in terms of the complexity of the challenges and the representative load of the structures themselves. Although initially the children build straight and simple systems, as the teacher proposes new challenges through productive questions, they respond and start more complex projects including curves, jumps, receptions, etc. In this process, the questions used by the teacher to help the child are vital to *i*) focus attention on the main challenge or problem, *ii*) compare structures, and/or *iii*) propose a concrete action such as throwing the ball to the other side. With regards to the scientific skills (H1-H8), it is worth noting that all of them emerge naturally during play without any intervention. However, only some skills (e. g. classifying, communicating, experimenting) are developed by most students, while others (e. g. measuring, predicting, modelling) are thus developed by a minority. In this sense, the teaching intervention in the following weeks by means of productive questions increased the number of skills recorded. In this respect, and in line with the results obtained by Bargiela et al. (2022), in this study the formulation of questions by the teacher was also fundamental to activate critical thinking skills and dispositions in students that do not seem to emerge spontaneously.

