



## Elementos de resolución de problemas en primeras edades escolares con *Bee-bot*

Pascual D. Diago Nebot

Departament de Didàctica de la Matemàtica, Universitat de València, [Pascual.Diago@uv.es](mailto:Pascual.Diago@uv.es)

David Arnau Vera

Departament de Didàctica de la Matemàtica, Universitat de València, [David.Arnau@uv.es](mailto:David.Arnau@uv.es)

José A. González-Calero Somoza

Departamento de Matemáticas, Universidad de Castilla-La Mancha, [Jose.GonzalezCalero@uclm.es](mailto:Jose.GonzalezCalero@uclm.es)

Fecha de recepción: 16-03-2018

Fecha de aceptación: 30-06-2018

Fecha de publicación: 27-08-2018

### RESUMEN

En este trabajo se presenta un estudio exploratorio sobre elementos de resolución de problemas puestos en juego por estudiantes de primeras edades escolares mientras resuelven tareas con el robot programable *Bee-bot*. En dichos problemas, los estudiantes deben secuenciar las instrucciones necesarias para que el robot recorra un camino desde un punto inicial a otro final. Se pretende observar y caracterizar actuaciones de tres parejas de estudiantes con el fin de determinar recursos heurísticos y procesos de gestión desarrollados durante la resolución de los problemas. Al ser un estudio exploratorio, se han seleccionado dos parejas de estudiantes del último curso de infantil y una pareja del primer curso de primaria con el objeto de poder determinar divergencias en el uso y gestión de elementos propios de la resolución de problemas matemáticos ya estudiados en didáctica de la matemática. A su vez, con la propuesta de enseñanza empleada, se pretende iniciar el uso de la programación con entornos tecnológicos y desarrollar el pensamiento computacional en estudiantes de infantil y de primeros cursos de primaria, como una forma de desarrollar la competencia en resolución de problemas.

**Palabras clave:** Primeras Edades Escolares, Resolución de Problemas, Robótica Educativa, Pensamiento Computacional.

### Problem-solving elements in early childhood education with *Bee-bot*

#### ABSTRACT

This work presents an exploratory study about problem-solving elements applied by early childhood students when solving tasks with the *Bee-bot* robot. These problems consist of programming the instructions that make *Bee-bot* move from a starting point to a final point. The aim is to observe and characterize performances in three student pairs in order to determine which heuristic resources and management processes are involved during the problem-solving process. Due to the exploratory nature of this work, we have selected two pairs from Kindergarten (5-6 years) and one pair from 1st grade (6-7 years old). The purpose is to identify divergences on the use and management of mathematical problem-solving elements previously studied and characterized in mathematics education. Moreover, the teaching sequence designed aimed at introducing programming with technological environments and developing computational thinking in early childhood students, as a way to promote problem-solving skills.

**Key words:** Early Childhood Education, Problem Solving, Educational Robotics, Computational Thinking.

## 1. Introducción

El reciente resurgimiento del uso de la programación en la escuela y el reconocimiento de la competencia de los estudiantes cuando resuelven tareas propias de las ciencias de la computación (FECYT, Google y Everis, 2016) han derivado en el auge de nuevos entornos tecnológicos orientados a educación.

El interés sobre el uso de robots en la escuela ha ido en aumento desde que Seymour Papert presentara el lenguaje de programación LOGO y su famosa tortuga en los años 60. La *robótica educativa*, inicialmente concebida como un elemento de integración tradicional centrada en el desarrollo de conocimientos técnicos de programación (Barker y Ansorge, 2007), se ha transformado en un enfoque innovador para el aula, en el que los entornos tecnológicos son concebidos como contexto de enseñanza-aprendizaje. En este nuevo enfoque las tareas basadas en dichos entornos permiten el desarrollo y adquisición de competencias, no solo referentes a ámbitos técnicos, sino de otras áreas, como son las matemáticas, la lengua o la música (Mubin, Stevens, Shahid, Al Mahmud y Dong, 2013). Así, podemos hablar de tres paradigmas de aprendizaje relacionados con la robótica educativa: i) *learning robotics*, aquel en el que los estudiantes usan los robots como plataforma para aprender conocimientos propios de ingeniería, relacionados con mecánica, electrónica o programación; ii) *learning with robotics*, cuando los robots son utilizados como soporte en el proceso de aprendizaje; iii) *learning by robotics*, cuando, a través de la robótica, los estudiantes aprenden contenidos y destrezas de diferentes disciplinas, a la vez que desarrollan competencias transversales (Gaudiello y Zibetti, 2016). En este último enfoque, también conocido como *robotic-based instruction* en la literatura, el robot actúa como herramienta activa intermediaria entre estudiante, profesor y materia escolar.

Ante la aparente modernidad del asunto, conviene recordar que este enfoque pedagógico basado en las características de la programación y el uso de la tecnología no es nuevo. Ya en la década de los 70, y de forma mucho más masiva en la de los 80, proliferaron investigaciones sobre el uso de la programación en las aulas en relación a la resolución de problemas, el razonamiento algebraico y los procesos de abstracción propios de la educación matemática (Drijvers et al., 2010). Pese a que dicha corriente no sobrevivió a la década de los 90 debido a las limitaciones y la disponibilidad de la tecnología de la época (Kaput, 1992), su legado sí que ha llegado hasta nuestros días. Quizá el más claro ejemplo sea el entorno de programación por bloques Scratch<sup>1</sup> (Resnick et al., 2009), derivado de LOGO (Papert, 1981), especialmente diseñado para que los estudiantes puedan arrastrar y enlazar instrucciones ya programadas, como piezas de un puzzle, para crear otros programas más complejos, juegos o simulaciones interactivas. Así, los entornos de programación por bloques ofrecen transparencia y facilidad de uso para poder ser utilizados directamente por los estudiantes sin conocimientos de programación, pese a ser percibidos como menos potentes y auténticos por usuarios más experimentados (Weintrop y Wilensky, 2015).

### 1.1 Pensamiento computacional

Es en 2006, con la publicación del artículo seminal de Jeannette M. Wing, cuando se vuelve a pensar en las implicaciones cognitivas y educativas de la programación tanto a nivel académico como institucional. En aquel artículo se definió el *pensamiento computacional* como una aproximación a la resolución de problemas mediante el uso de estrategias de descomposición, diseño de algoritmos, abstracción y razonamiento lógico (Wing, 2006). Así, el pensamiento computacional queda desligado de las ciencias de la computación, y pasa a constituir un conjunto de destrezas y competencias que cualquiera puede desarrollar y trabajar. Con la llegada de la perspectiva integradora conocida internacionalmente como STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*, de sus siglas en inglés) para la integración del aprendizaje y la enseñanza de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, el pensamiento

---

<sup>1</sup> <https://scratch.mit.edu/>

computacional pasa a tener un papel central en muchas de las propuestas educativas internacionales en la escuela de infantil y primaria (K-12; Grover y Pea, 2013). En 2014 Reino Unido introduce la programación como parte del currículum oficial de primaria (Department for Education, 2013) y desde entonces, ya son nueve los países europeos que incluyen el desarrollo del pensamiento computacional en sus escuelas de formación básica (FECYT, Google y Everis, 2016). A nivel nacional todavía no existe ningún plan coordinado para la inclusión del pensamiento computacional entre los contenidos mínimos de las primeras etapas educativas. Además, se constata una escasez de propuestas que integren los contextos matemáticos y científicos con las herramientas tecnológicas y, especialmente, con la ingeniería en primeras edades escolares (Sullivan y Bers, 2016).

## 1.2. Resolución de problemas mediante robots programables en primeras edades escolares

A pesar de existir propuestas para fomentar el desarrollo del pensamiento computacional no vinculadas al uso de entornos tecnológicos (Brackmann et al., 2017), la gran mayoría se apoyan fuertemente en el uso de la tecnología educativa. En concreto, a nivel internacional, en la comunidad educativa está proliferando el uso de robots y de la programación en bloques, adaptados a primeras edades escolares, como vía para la investigación y la innovación educativa (Benton, Hoyles, Kalas y Noss, 2017; Leidl, Bers y Mihm, 2017; Sáez y Cózar, 2017; Sullivan y Bers, 2016; Sullivan, Bers y Mihm, 2017; Sullivan, Strawhacker y Bers, 2017).

Nuestro enfoque para con los entornos tecnológicos se sustentará en una visión del pensamiento computacional como proceso de resolución de problemas, en el que el estudiante debe idear, generar, desplegar y gestionar estrategias que le permitan abordar el problema (con o sin éxito) con la restricción de que la solución obtenida debe poder implementarse en dicho entorno tecnológico. Así pues, nos situamos en una perspectiva de la enseñanza de la resolución de problemas independiente del contenido, lo que según Puig (1996) sería el estudio de la "pura resolución de problemas" o estudio de la *heurística matemática*, en el sentido de Polya (1945). Es importante resaltar aquí que este enfoque no se centra en los aspectos instrumentales de la herramienta tecnológica ni en el fomento de la llamada competencia digital, sino que se pretende que el estudiante tome consciencia de los procesos que la herramienta tecnológica es capaz de llevar a cabo y que sea capaz de gestionarlos para elaborar un plan que le permita hacer frente al problema que se le plantea.

## 1.3. Propósito de la investigación

Bajo estas directrices, se desarrolla este estudio exploratorio con un doble objetivo, dado que se pretende:

1. Fundamentar una propuesta de enseñanza orientada a primeras edades escolares (etapa de infantil o primeros cursos de primaria). En ella, los profesores encontrarán un punto de partida para la introducción del pensamiento computacional a la vez que permitirán el desarrollo de las habilidades propias del pensamiento matemático, como son la resolución de problemas y la toma y gestión de decisiones, en sus estudiantes.
2. Analizar y caracterizar esquemas heurísticos puestas en juego por estudiantes de primeras edades escolares a la hora de resolver problemas que implican la comunicación con entornos tecnológicos y la toma de decisiones.

## 2. Marco teórico-instrumental

Desde el punto de vista de la psicología, el carácter relativo de la idea de problema fue puesto por manifiesto por Brownell (1942) al sustituir la visión estática ligada a una tarea por otra visión dinámica en la que un resolutor la aborda tomando como punto de partida sus conocimientos. Al adoptar esta

perspectiva, una misma tarea puede ser considerada por sujetos distintos como ejercicio, problema o enigma (Puig, 1996).

La resolución de problemas se refiere a) solo a tareas conceptuales o perceptivas, b) cuya naturaleza el sujeto es capaz de comprender gracias a su naturaleza original, a un aprendizaje previo, o a la organización de la tarea, pero c) para las que, en ese momento, desconoce cualquier medio directo de realización. d) El sujeto experimenta perplejidad ante la situación problemática, pero no experimenta total confusión [...] (Brownell, 1942, citado en Puig 1996, pp. 19-20).

Las tareas en las que los estudiantes de infantil deben programar robots para realizar un determinado trayecto se convierten típicamente en situaciones problemáticas ya que son capaces de entenderlas, pero no disponen de un medio directo para su realización. La naturaleza matemática del problema la podemos identificar en las ideas puestas en juego a la hora de organizar los fenómenos presentes que podría formalizarse en un nivel matemático superior mediante el recurso a las coordenadas cartesianas en los espacios euclídeos. Evidentemente la resolución se ve condicionada por a) la necesidad de transmitir la información al robot usando un lenguaje formal; y b) la existencia simultánea de dos sistemas de referencia: uno solidario al robot y el ligado a la cuadrícula-resolutor. Por otro lado, la relativa escasa dificultad conceptual desde un punto de vista matemático puede hacer más visible el recurso a las llamadas herramientas heurísticas a la hora de abordar la resolución.

Con este fin partimos de las definiciones de Puig (1996) de lo que se consideran los esquemas heurísticos, clasificados en *sugerencias heurísticas*, *destrezas con potencial heurístico* y *herramientas heurísticas*. Entendemos por *herramienta heurística* a aquellos modos o medios heurísticos que permiten transformar la situación problemática, aun sin suponer una garantía de que se obtenga la solución. En el caso concreto que nos ocupa el descomponer una ruta en trayectorias lineales y giros o la reformulación de la ruta mediante el cambio de posición de los estudiantes con respecto al tablero o al robot *Bee-bot* serán ejemplos de estas herramientas heurísticas. Llamaremos *destreza (heurística)* a aquellas formas de trabajo o de presentación del trabajo con potencial heurístico que aparecen en el proceso de resolución de problemas. Así, como indica Puig (1996), las destrezas "no tienen el carácter de transformación del problema", sino que sirven para descubrir lo necesario para resolver el problema. Por poner un ejemplo, el hacer una tabla, el uso de un esquema o el uso de un lenguaje propio para indicar los movimientos del robot serían caracterizados como destrezas. Por último, una *sugerencia heurística* "señalará una dirección del trabajo, pero no se referirá a ningún procedimiento concreto". Sirva como ejemplo la consideración de los pasos de Pólya (1945) para resolver un problema: comprender el problema, concebir un plan, ejecutar un plan y revisar-extender la solución obtenida. Finalmente, conviene considerar el hecho de que el proceso de resolución exige del resolutor la gestión de las decisiones que organizan la planificación estratégica y táctica desde un punto de vista metacognitivo (Puig 1996; Schoenfeld, 1985).

### 3. Materiales y método

#### 3.1. Materiales

##### 3.1.1. *Bee-bot*

Es un robot muy básico en cuanto a su sencillez y uso, ya que no cuenta con sensores. La única interacción posible con el robot se realiza mediante los botones situados en el propio robot, por lo que es clasificado dentro del grupo de *Tangible User Interfaces -TUI* en la taxonomía de Strawhacker y Bers (2015). Cada uno de los botones corresponde a un bloque de programación (a una instrucción). Al pulsar una secuencia de instrucciones el robot las va almacenando de forma correlativa y secuencial hasta que se pulse el botón "GO", que hará que el robot ejecute la secuencia de órdenes almacenada. Todos los bloques de programación tienen que ver con el movimiento del robot *Bee-bot* atendiendo a su propio sistema de referencia, así estas son las instrucciones disponibles (ver Figura 1):

- *Flecha hacia adelante*: el robot avanza 15cm.
- *Flecha hacia atrás*: el robot retrocede 15cm.
- *Giro a la derecha*: el robot gira sobre sí mismo 90 grados en sentido horario.
- *Giro a la izquierda*: el robot gira sobre sí mismo 90 grados en sentido anti-horario.
- *Pausa*: detiene al robot durante un breve lapso de tiempo.
- *Borrado*: borra la secuencia de instrucciones introducidas previamente en el robot.
- *Botón "Go"*: permite al robot ejecutar las órdenes introducidas.



Figura 1. El robot *Bee-bot* y los actuadores disponibles para programarlo

### 3.1.2. Tablero en forma de cuadrícula

Se hará uso de un tablero blanco con una cuadrícula de 15cm de lado sobre el que se desplazará el robot (ver Figura 3). En nuestro caso este tipo de tablero resulta necesario dado que queremos facilitar que el estudiante pueda determinar el número de avances que debe introducir en el robot. Este tipo de tablero no sería necesario si lo que se pretende es que el estudiante estime distancias o que se centre en otros aspectos relacionados con la lateralidad o los giros. Sobre el tablero se presentarán diferentes problemas consistentes en llevar a *Bee-bot* desde una posición inicial a otra final siguiendo un camino dado, para ello, se marcará con cinta adhesiva roja la trayectoria y con una flor la posición final. Para agilizar el proceso de presentación de los problemas de la fase experimental se prepararon varios tableros, uno por problema.

### 3.1.3. Tarjetas de bloques y caja de secuenciación

Se hará uso también de un sistema de tarjetas que representarán a cada uno de los bloques (o instrucciones) que puede ejecutar el robot (Figura 2). Los estudiantes dispondrán las tarjetas en el orden en que se introducirían las instrucciones en el robot dentro de lo que hemos denominado la caja de secuenciación. Para ello, la caja contiene varios huecos numerados y una flecha que indica el orden de ejecución de las instrucciones allí presentes (ver Figura 3). Estas tarjetas de comandos, inspiradas en materiales similares ya existentes, contienen una pequeña ilustración de *Bee-bot* que ayudarán a desambiguar el significado de la tarjeta.



Figura 2. Tarjetas de comandos correspondientes a los movimientos de *Bee-bot*

Tanto la caja como las tarjetas actuarán a modo de destreza heurística, en el sentido de que será un medio de representación de la trayectoria que el robot ha de seguir, sin que ello suponga un éxito en la resolución del problema. Se pretende facilitar a los estudiantes un sistema mediante el cual puedan

representar un plan previo a la programación del robot, compararlo a partir de la respuesta proporcionada por el robot y, si es el caso, modificarlo.



*Figura 3.* Vista principal de la presentación de un problema. Se pueden observar las tarjetas de instrucciones y la caja de secuenciación en la que el estudiante debe planificar la secuencia de comandos para luego introducirlos en el robot *Bee-bot*

### 3.2. Los participantes

La experimentación que aquí se va a describir se llevó a cabo con tres parejas de estudiantes de un centro concertado del sistema educativo de la Comunitat Valenciana. Las dos primeras parejas pertenecían al último curso de Educación Infantil y la tercera pertenecía al primer curso de Educación Primaria:

- Pareja 1: Pablo (4 años y 11 meses) y Alberto (5 años recién cumplidos)
- Pareja 2: Adrián (4 años y 11 meses) y Alba (5 años y 5 meses)
- Pareja 3: Jordi (5 años y 11 meses) y Laura (6 años y un mes)

La elección de los estudiantes no respondió a ningún criterio concreto puesto que se trata de un estudio exploratorio sobre las estrategias puestas en práctica por ellos mismos mientras resuelven problemas. En consecuencia, se aceptó como válida la selección de alumnos realizada por las tutoras cada clase. Además, los estudiantes confirmaron que no tenían ninguna experiencia previa con el robot *Bee-bot*.

### 3.3. Métodos

Como se describe anteriormente, la intención de este estudio exploratorio es doble: por un lado, aborda la instrucción en resolución de problemas como contenido mediante secuencias de enseñanza adecuadas y, por otro, considera el análisis y la caracterización de las actuaciones de los estudiantes durante la resolución de problemas. En ambos casos en el marco que imponen las restricciones propias del dispositivo, el robot *Bee-bot*, con el cual se resuelven los problemas.

Los datos se obtuvieron al enfrentar las parejas de estudiantes arriba mencionadas a la resolución de una colección de problemas en las que debían hacer que el robot *Bee-bot* siguiera una ruta marcada sobre un tapiz cuadrículado. Las sesiones se grabaron en vídeo y se transcribieron posteriormente a un protocolo escrito.

La determinación del número de personas que participaron en cada sesión de grabación y del nivel de intervención del investigador tuvo en cuenta las variables que afectan al proceso de toma de datos de las producciones verbales descritas por Schoenfeld (1985). Estas variables son: el número de personas grabadas; el grado de intervención del investigador; la naturaleza y los grados de libertad de las instrucciones recibidas; la naturaleza del entorno y lo confortable que se sientan los sujetos; y, por último, las variables de tarea. Schoenfeld (1985) indica que los protocolos verbales obtenidos de una única persona ofrecen cogniciones puras; mientras que cierto tipo de conductas, como la toma de decisiones, se muestran más fácilmente en los protocolos resultantes de la actuación de dos personas. Como nuestra investigación trataba de dilucidar y relacionar las decisiones que tomaban los resolutores cuando resolvían este tipo de problemas, concluimos que era conveniente observar la actuación de parejas de estudiantes y de tal forma lo hicimos. Las grabaciones se llevaron a cabo en un aula del centro contigua a la que utilizan habitualmente los estudiantes. De esta forma, se pretendía que el ambiente les produjera la menor presión posible, a lo que también contribuía el hecho de trabajar en parejas (Schoenfeld, 1985). Estuvieron presentes dos investigadores y (en periodos intermitentes) una maestra del centro.

Como nuestra investigación pretende observar la resolución de problemas, los investigadores debían tener un grado de intervención muy bajo (Schoenfeld, 1985). Sin embargo, no podía ser inexistente, pues se debían evitar las situaciones en las que se enfrentaban a dificultades asociadas al manejo del *Bee-bot* (por ejemplo, recordar la necesidad borrar el plan previo). También se pretendía remediar la ausencia de comunicación o los diálogos inaudibles propios de los estudiantes de estas etapas educativas. Las intervenciones de los investigadores se encaminaron a los propósitos anteriormente mencionados.

Para la realización de este estudio exploratorio se planificaron dos fases diferenciadas con los estudiantes seleccionados: una primera fase de enseñanza y una segunda fase de experimentación, ambas con el robot *Bee-bot*. A continuación, se detallan cada una de las fases.

### 3.3.1. La fase de enseñanza con *Bee-bot*

La secuencia de enseñanza puesta en práctica con cada una de las parejas consistió básicamente en una instrucción sobre el uso y la comprensión de las tarjetas de instrucciones (bloques) que simbolizan el movimiento del robot *Bee-bot* por el tablero. Así, el investigador mostró de forma ordenada diferentes secuencias de instrucciones simbolizadas con dichas tarjetas. A estas secuencias ordenadas las llamaremos *planes* en lo que sigue. Los planes que se ejecutaron en el robot durante la fase de enseñanza son los mostrados en la Figura 4. Se pretendió que la simbolización de los planes con las tarjetas de bloques ayudara a los estudiantes a reconocer (y a aventurar inicialmente) cuál sería el resultado de la introducción de dichas instrucciones en el robot *Bee-bot*. En el transcurso de la instrucción se hizo hincapié en dos hechos de suma importancia:

- El orden en la secuencia de tarjetas y de cómo éste afecta al resultado final, es decir, al movimiento del robot *Bee-bot* por el tablero.
- Las particularidades propias del bloque de giro, el cual lo realiza el robot sobre sí mismo, sin desplazarse a ninguna otra casilla (se hace uso del plan 5 de la Figura 4 para este menester).

Durante esta fase se introducen paulatinamente las instrucciones de las tarjetas, a la vez que se incide en la orientación del dibujo del robot *Bee-bot* presente en las tarjetas, con el objetivo de resaltar el hecho de que las tarjetas responden al sistema de referencia del robot. Para ello, se prepara un plan con las tarjetas (de los detallados en la Figura 4), se traslada al robot y se comenta lo sucedido.

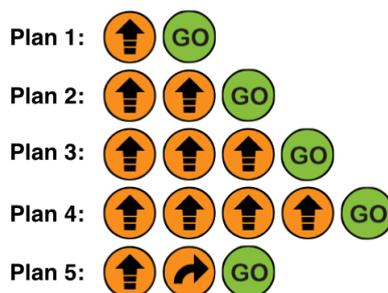


Figura 4. Planes utilizados en la fase de enseñanza con las parejas de estudiantes

### 3.3.2. La fase experimental con *Bee-bot*

Para cada pareja la fase experimental se inició justo después de la fase de enseñanza y constó de tres problemas (mostrados en la Figura 5) consistentes en llevar al robot *Bee-bot* desde una posición inicial (marcada con un icono similar al robot *Bee-bot* en este trabajo) a otra final (marcado con una flor) siguiendo una trayectoria marcada sobre el tablero. Para cada problema los estudiantes debían discutir el plan que debía seguir el robot *Bee-bot* para completar el camino mostrado y preparar las tarjetas con las comandos correspondientes en la caja de secuenciación para, posteriormente, introducir dichas órdenes en el robot y comprobar si la secuencia respondía al camino marcado en el tablero del problema y, por tanto, resolvía el problema.

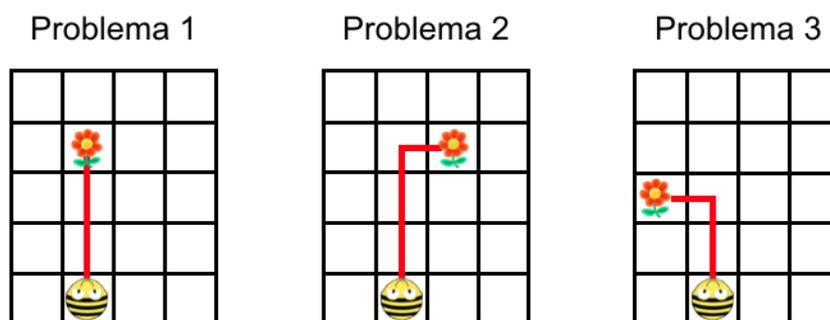


Figura 5. Problemas mostrados a las parejas de estudiantes durante la fase experimental

## 4. La actuación de los estudiantes, estudio de casos

Con el fin de analizar y caracterizar los esquemas heurísticos desplegados por las parejas de estudiantes mientras resuelven los problemas descritos, se rescatan algunos extractos de los protocolos escritos correspondientes a las grabaciones audiovisuales. Con ellos se quiere destacar de aquellas actuaciones más interesantes desplegadas por las tres parejas en la fase experimental. Debe entenderse que son precisamente extractos, por lo que no dan cuenta de todo el episodio completo de resolución del problema, pero que permiten analizar y caracterizar, con un poco más de profundidad, algunos elementos de resolución de problemas puestos en juego por los estudiantes. Para cada uno de los problemas y parejas, se resumirá la actuación de los estudiantes en una tabla con los planes que han ido ideando y probando en el proceso de resolución del problema, a modo de intentos.

### 4.1. La pareja 1, Pablo y Alberto, en la fase experimental

#### 4.1.1. Problema 1

Traemos a colación la siguiente conversación que se produce nada más plantear el problema 1, consistente en un camino recto formado por tres avances, como se muestra en la Figura 5.

1. Investigador: Pensad cuántas veces hay que darle a los botones para que llegue allí (refiriéndose a la flor situada en el final del trayecto que debe recorrer *Bee-bot*.)
2. Pablo: Tres (asiente convencido y sin hacer uso del conteo con los dedos.)
3. Alberto: ¿Tres? (parece estar pensando; a continuación mira el tablero y hace el gesto de contar a la vez que recorre con el dedo las casillas que conforman el camino.) Yo digo dos.
4. Investigador: ¿Probamos el plan de Pablo primero o con el de Alberto?
5. (Pablo señala con el dedo a Alberto para que probemos con el plan de Alberto.)
6. (Alberto prepara el plan inicial acordado, plan 1 en la Tabla 1, correspondiente a las instrucciones<sup>2</sup> [↑, ↑, GO] y lo ejecuta.)
7. Investigador: ¿Ha llegado a la flor?
8. Alberto y Pablo: (a la vez) ¡No!
9. Investigador: Vamos a ver, ¿qué harías tu (dirigiéndose a Alberto) para que llegara a la flor?
10. Alberto: ¡Pondría tres!
11. Investigador: De acuerdo, preparamos las tarjetas y probamos a ver.
12. (Preparan el plan 2 de la Tabla 1, programan el robot y consiguen llevarlo a la casilla deseada.)

Como punto de partida, se puede observar cómo los investigadores formulan verbalmente una sugerencia hacia el uso de una destreza heurística como es "traducir el problema a un conjunto de tarjetas (instrucciones)" que denominaremos D1. La intención es que la pareja 1 comience a pensar alguna estrategia que les permita vislumbrar la necesidad de contar las casillas del trayecto señalado.

Tabla 1. Planes elaborados por la pareja 1 para la resolución del problema 1

Plan	Pareja 1
1	[↑, ↑, GO]
2	[↑, ↑, ↑, GO]

#### 4.1.2. Problema 2

A continuación se muestra un extracto del transcurso del episodio de resolución del problema 2 (consistente en la secuencia ↑, ↑, ↑, >, ↑, ver Figura 5), consistente en avanzar tres casillas, realizar un giro a la derecha y avanzar una casilla más:

1. Investigador: ¿Qué haremos ahora?
2. Alberto: Cuatro veces (levantando a su vez cuatro dedos de su mano derecha.) ¡No! Cinco.
3. (Alberto prepara el plan 1 mostrado en la Tabla 2, correspondiente a las instrucciones [↑, ↑, ↑, ↑, ↑, GO] y lo ejecuta con el robot *Bee-bot*.)
4. (Investigador y estudiantes van recitando la secuencia numérica a la vez que el robot *Bee-bot* realiza cada avance. El robot sale, no solo del camino marcado en rojo, sino también del tablero en el último avance.)
5. Investigador: (Una vez el robot *Bee-bot* se ha detenido.) ¿Por qué no ha llegado a la flor?
6. Pablo: Porque había que hacer cuatro (replica con cuatro dedos de su mano derecha levantados) y había que girar una (señalando con el índice de su mano izquierda hacia la derecha.)
7. Investigador: Pues vamos a intentarlo, venga Pablo.
8. (Pablo introduce el plan [↑, ↑, ↑, ↑, >, GO] en el robot, intento 2 en la Tabla 2. El robot en su cuarta instrucción sale nuevamente de la trayectoria marcada en rojo, solo que esta vez queda orientado hacia el lado derecho, en el que se encuentra la flor objetivo.)
9. Alberto: (Una vez el robot se ha detenido.) ¡Te has pasado! ¡Eran tres!
10. Pablo: Sí, son tres y una girar (señalando nuevamente la dirección con el dedo.)

<sup>2</sup> En lo que sigue se utilizará la notación siguiente para referirnos a los bloques correspondientes a las tarjetas presentes en los planes elaborados por los estudiantes: ↑ (adelante), ↓ (atrás), > (giro de 90° a la derecha), < (giro de 90° a la izquierda) y GO (ejecutar órdenes en el robot *Bee-bot*).

11. (Introducen el plan mostrado en el intento 3 de la Tabla 2 [ $\uparrow, \uparrow, \uparrow, >, GO$ ] y ejecutan el plan. El robot gira sobre sí mismo tras el último avance y queda orientado hacia la flor, a una casilla de la flor.)
12. Alberto: ¡Toma!
13. Investigador: Pero, ¿ha llegado a la flor?
14. Alberto y Pablo: ¡No!
15. Investigador: ¿Qué ha de hacer ahora el robot *Bee-bot*?
16. Alberto: Cuatro veces.
17. (El robot permanece en la casilla en la que se ha detenido, como se muestra en el panel A de la Figura 6. Este hecho corresponde con lo que caracterizamos como destreza D2, analizada posteriormente en el texto la cual permite establecer comparaciones entre el resultado del plan ejecutado y el plan óptimo que lleva al robot a completar el camino.)
18. Investigador: (Revisando junto a los estudiantes las tarjetas situadas en la caja de secuenciación que acaban de ser ejecutadas.) ¿Qué instrucciones le habéis dado al robot? Habéis puesto una (señalando la primera tarjeta y sucesivas), dos, tres veces avanzar y ¿qué más?... la de girar... la de girar hacia aquí (señalando hacia la derecha.) Y ahora ¿qué falta? (señalándoles la posición del robot en el tablero, ver Figura 6, panel A) ¿Dónde ha de ir?
19. Alberto: (Pensativo.) Una vez...
20. Investigador: ¿Qué instrucción le daríais? (Señalando el montón de fichas de secuenciación para que elijan una.)
21. Alberto: Éste (Señalando la tarjeta de giro a la derecha.) Sólo una vez... (En este momento el plan que tiene Alberto pensado es [ $\uparrow, \uparrow, \uparrow, >, >, GO$ ], plan 4 de la Tabla 2, plan que no llegan a probar.)
22. (El profesor mueve el robot *Bee-bot* a su posición inicial, devolviendo la configuración a la mostrada en el panel B en la Figura 6.)
23. Alberto: Bueno... (Se queda pensativo durante varios segundos mirando el camino marcado en rojo que el robot ha de recorrer.)
24. (Se observa como Alberto, con el robot *Bee-bot* colocado en su posición inicial, vuelve a contar con su dedo índice de la mano derecha las casillas que restan hasta la casilla marcada con la cruz.)
25. Alberto: Pondría cuatro y uno de girar (plan 5 de la Tabla 2).

Tabla 2. Planes elaborados por la pareja 1 para la resolución del problema 2

Plan	Pareja 1
1	[ $\uparrow, \uparrow, \uparrow, \uparrow, \uparrow, GO$ ]
2	[ $\uparrow, \uparrow, \uparrow, \uparrow, >, GO$ ]
3	[ $\uparrow, \uparrow, \uparrow, >, GO$ ]
4	[ $\uparrow, \uparrow, \uparrow, >, >, GO$ ]
5	[ $\uparrow, \uparrow, \uparrow, \uparrow, >, GO$ ]
6	[ $\uparrow, \uparrow, \uparrow, >, GO$ ]*
7	[ $\uparrow, \uparrow, \uparrow, >, \uparrow, GO$ ]

En este fragmento se identifican algunas actuaciones típicas de estudiantes de Educación Infantil relacionadas con el conteo. Así, en el desarrollo del primero de los planes (ítem 2) Alberto cuenta las cinco casillas que separan al robot de la meta, contando cuatro casillas inicialmente e incluyendo después la casilla ocupada por el propio *Bee-bot* respondiendo "cinco". La solución inicial, elaborada a partir del conteo de casillas, ignora por completo el hecho de que el robot necesite girar para alcanzar su objetivo. Este hecho podría deberse a que el problema anterior se ha limitado a presentar un camino recto o simplemente al desconocimiento de la necesidad de realizar un giro, pese a que esta funcionalidad había sido presentada en la fase de enseñanza.

En el ítem 6 se produce una elaboración más razonada del plan. En esta segunda versión, Pablo continúa contando las casillas restantes hasta la casilla objetivo "porque había que hacer cuatro y había que girar una" (son solo tres avances hasta el giro). En este caso ya no incluye la casilla ocupada por el propio

robot e introduce la instrucción de giro. No obstante, su concepto de giro no coincide con el bloque de instrucción giro del robot, ya que él la asocia con un desplazamiento del robot. Aquí, además se pone de manifiesto que no evalúan el plan que están ideando, ya que hasta que no lo ponen en práctica (ítem 9) no son capaces de ver que tan solo necesitaban tres avances, nuevamente están contando la casilla en la que está situado el robot *Bee-bot*.

En el ítem 17 aparece, introducida por el investigador<sup>3</sup>, la destreza heurística consistente en "dejar al robot *Bee-bot* sobre la última casilla alcanzada tras la ejecución de un plan" (D2), que pictóricamente podemos ver en el panel A de la Figura 6, en contraposición a retirar el robot *Bee-bot* y devolverlo a su punto de partida nada más acabar el movimiento, panel B de la Figura 6. La destreza D2 no tiene carácter de transformación del problema por sí misma, pero les permite pensar y razonar sobre el plan ejecutado y les ayuda en la organización de la resolución y sirve, además, de antesala de la herramienta heurística de dividir el problema en caminos más cortos (H2, explicada más adelante). El potencial de la destreza D2 puede observarse en las diferencias cualitativas de los planes organizados en los ítems 21 y 25, pese a no ser ninguno de ellos correcto. En el primero de ellos se ha puesto en juego la destreza heurística (el robot está en la posición A de la Figura 6) y el plan elaborado consiste en [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $>$ ,  $>$ , GO] (plan 4 de la Tabla 2), por lo que solo quedaría aclarar la última de las instrucciones que tiene que ver con el concepto de giro. En cambio, una vez eliminada la destreza heurística (el robot ocupa la posición B de la Figura 6) el plan elaborado consiste en [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $>$ , GO] (plan 5 de la Tabla 2), en el que los estudiantes vuelven a plantear una secuencia que ha sido probada previamente resultando incorrecta (coincide con el plan 2 de la Tabla 2).

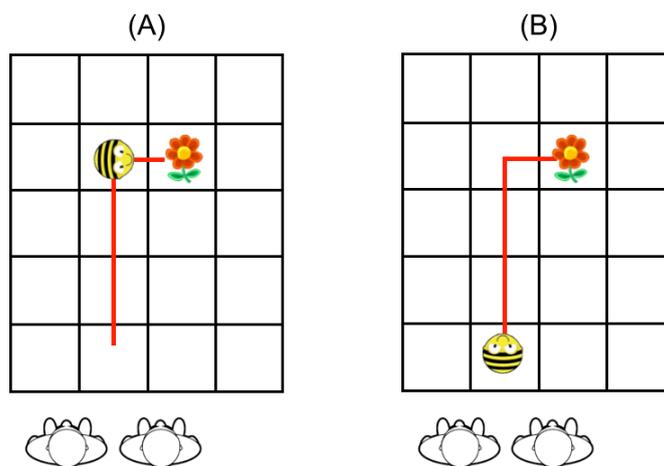


Figura 6. En el panel A se está haciendo uso de la destreza heurística D2, consistente en dejar el robot *Bee-bot* en la casilla a la que le lleva la última instrucción de un plan ejecutado (plan 3 de la Tabla 2 en este caso); en el panel B se muestra la configuración original del problema, sin hacer uso de D2

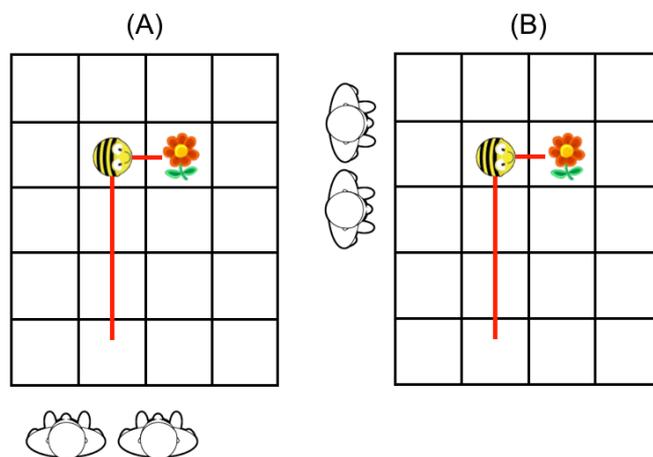
Continuamos la transcripción del episodio donde lo dejamos, después de hacer que la destreza heurística D2 deje de estar presente, con la acción de situar al robot *Bee-bot* en su configuración inicial (ver panel B de la Figura 6):

26. (Alberto programa las instrucciones del plan que han elaborado [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $>$ , GO], plan 5 de la Tabla 2. En el momento en el que Alberto introduce el cuarto bloque Pablo se tapa la boca sorprendido. Finalmente el robot ejecuta el movimiento correspondiente a dicho plan.)
27. Investigador: ¿Pablo, qué ha pasado que has puesto esa cara?
28. Pablo: Que [el robot] ha hecho cuatro y ha empezado aquí (señalando la casilla de la que ha partido el robot) y entonces... ha hecho uno, dos, tres y cuatro y entonces... había que hacer tres y uno hacia allí (señalando a su derecha.)

<sup>3</sup> Si no se indica lo contrario, el robot *Bee-bot* siempre se devuelve a la casilla inicial tras la ejecución de un plan.

29. Investigador: Pues vamos a ver. ¿Qué harías?  
30. (Pablo prepara el plan que acaba de decir, [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $>$ , GO], plan 6 de la Tabla 2, y lo ejecuta.)  
32. (El robot se queda, como ya ha sucedido antes, tal como se muestra en el panel A de la Figura 6.)  
31. Investigador: ¿Ha llegado a la flor? ¿Qué falta?  
32. Pablo: Le falta uno.  
33. Investigador: Uno pero... ¿cómo?  
34. Alberto: Uno más.  
35. Investigador: Pero... ¿uno más de qué tipo? (señalando a las tarjetas de instrucciones, sugiriendo nuevamente la destreza D1.)  
36. Pablo: Para allí (señalando hacia su derecha.)  
36. Investigador: Levantaros y ponerlos aquí.  
37. (El investigador mueve a los estudiantes de la posición que se muestra en el panel A de la Figura 7 a la del panel B.)

En el extracto del episodio transcrito podemos encontrar en el ítem 35, nuevamente la destreza D1, pues se sugiere al estudiante que haga uso del lenguaje de las tarjetas que representan los comandos, obligándole a pensar en términos de los bloques que puede ejecutar el robot *Bee-bot* para desplazarse. En el ítem 36 el investigador recurre a una nueva herramienta heurística (H1): "hacer solidarios los sistemas de referencia de estudiante-robot". Este recurso, a diferencia de los anteriores, sí que tiene carácter de transformación del problema pues, a efectos prácticos consiste en una simplificación del problema, al hacer coincidir los ejes de los sistemas de referencia de los estudiantes con el del robot *Bee-bot*, que diferían porque el robot había realizado un giro. Dicha herramienta heurística consiste, operativamente, en un cambio de la posición de los estudiantes (ver Figura 7), obteniendo con ello una transformación del problema original. Hay que hacer notar que esta herramienta da pie al estudiante a poner en marcha una segunda herramienta heurística, la consistente en "dividir el problema en caminos más cortos" (H2), mediante la cual ha de integrar las soluciones obtenidas para los caminos parciales. Esta herramienta se describe más adelante en el texto.



*Figura 7.* Posiciones de los estudiantes durante la resolución del problema 2. En el panel de la derecha (B) se está haciendo uso de la destreza heurística D2, consistente en hacer que los sistemas de referencia de estudiantes y robot sean coincidentes; en cambio en el panel de la izquierda (A) no se hace uso de esta herramienta heurística y, por tanto, los sistemas de referencia de estudiantes y robot no coinciden

El uso de la herramienta heurística de cambio de posición (H1) la consideramos determinante, pues tanto Pablo como Alberto son capaces de discernir la instrucción correcta que le resta a *Bee-bot* para llegar a la casilla objetivo, como veremos a continuación, con algunos matices:

38. Investigador: (Con los estudiantes en la posición mostrada en el panel B de la Figura 7) ¿Cuál de estos movimientos pensáis que debe de hacer el robot ahora? (Señalando las tarjetas.)
39. (Tanto Pablo como Alberto señalan la tarjeta con la instrucción  $\uparrow$ .)
40. Investigador: De acuerdo, pues cogedla y colocadla en la posición que le corresponda en la caja. ¿Dónde la pondríais? ¿Antes de girar? ¿Después de girar?
41. (Los estudiantes vuelven a ocupar su lugar, en la posición mostrada en el panel A de la Figura 7.)
42. (Pablo coloca la tarjeta en la posición correcta para la resolución del problema, pero con la orientación particular mostrada en la Figura 8.)
43. Investigador: Venga, a ver si ahora podemos hacer que el robot *Bee-bot* llegue a la casilla marcada con el plan que hemos elaborado.
44. (Pablo, sin prestar demasiada atención a las tarjetas presentes en la caja de secuenciación -Figura 8-, introduce las instrucciones correspondientes al plan 7 de la Tabla 2, pero cambiando la última instrucción por un giro, [ $\uparrow, \uparrow, \uparrow, >, >, GO$ ].)
45. Investigador: ¡Atención! ¿Le habéis dicho a *Bee-bot* que gire dos veces?
46. Alberto: (Mirando la caja de secuenciación.) ¡no!
47. Investigador: Mira bien las tarjetas que habías preparado, fíjate en que la última de las tarjetas está tumbada. ¿A qué instrucción corresponde?
48. Pablo: ¡Recto! (señalando la flecha de avance de *Bee-bot*,  $\uparrow$ .)
49. Investigador: Vamos Pablo...
50. (Pablo introduce en *Bee-bot* la secuencia [ $\uparrow, \uparrow, \uparrow, GO$ ].)

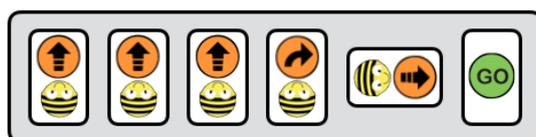


Figura 8. Secuencia de tarjetas utilizada por los estudiantes en el ítem 42

En este punto (ítem 50), y quizá debido a los problemas con la interpretación de la instrucción referente al giro, Pablo traslada al robot *Bee-bot* un plan que no coincide con el que tienen organizado en la caja de secuenciación (Figura 8). Así, el plan introducido por Pablo es un plan parcial, que solo contempla las tres primeras instrucciones de avance. A la vista de esta actuación, el investigador introduce una nueva herramienta heurística: "dividir el problema en caminos más cortos" (H2).

Como define Puig (1996), la herramienta heurística "división de un problema en partes" consiste en que el problema original  $P$  se transforma en un conjunto de problemas  $\{P_1, P_2, \dots, P_n, C(P)\}$  en el que todos los problemas  $P_i$  son menos ambiciosos que  $P$ ; la conjunción de los problemas  $P_i$  no equivale a  $P$ ; y  $C(P)$  es el problema "cómo se combinan los resultados de los  $P_i$  para obtener el resultado de  $P$ ", de modo que la conjunción de los  $P_i$  y  $C(P)$  sí que es equivalente a  $P$ .

Como se ha comentado antes, la puesta en juego de la herramienta heurística "hacer solidarios los sistemas de referencia de estudiante-robot" (H1) puede ser un desencadenante para que el estudiante ponga en juego la herramienta de "dividir el problema en caminos más cortos" (H2). A pesar de ello, y como se ha descrito arriba, no todo es tan sencillo, pues el simple hecho de resolver una parte del camino que conforma el problema no resuelve el problema inicial. Así, en el ítem 50 el estudiante parece iniciar la división del problema principal (llevar al robot *Bee-bot* a la casilla marcada) recorriendo un primer trayecto (panel izquierdo de la Figura 9) que se correspondería con el problema  $P_1$ , para después (como se describe en los ítems 51 en adelante), con las ayuda del investigador, completar los otros dos trayectos que conformarían los problemas  $P_2$  y  $P_3$ . En este caso, al ser un problema del tipo "recorrer un trayecto" el problema  $C(P)$  consiste operativamente en ejecutar las soluciones a los problemas  $P_1, P_2$  y  $P_3$  de forma concatenada, siguiendo simplemente su orden de aparición.

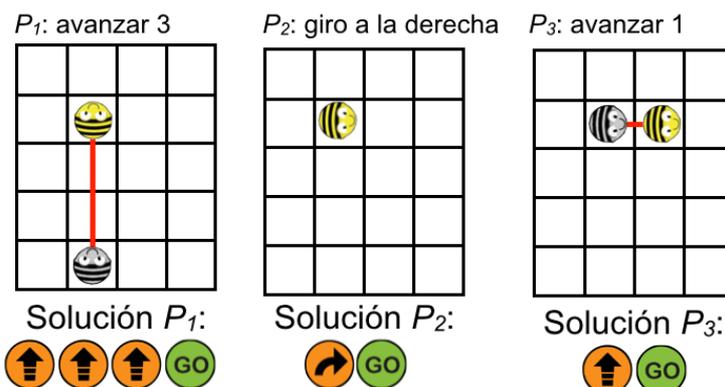


Figura 9. Partes en las que se descompone el problema 2, según la pareja 1

El episodio continúa así:

51. Investigador: Vamos a hacer una cosa. Ahora, desde donde está [el robot *Bee-bot*] vamos a llegar a la flor. Pero desde donde está, repito (el robot se encuentra en la casilla que indica el panel izquierdo de la Figura 9).
52. Alberto: yo solo haría una, pero para allá (señalando hacia su derecha con el dedo).
53. Investigador: A ver, hazlo.
54. (Alberto introduce en el robot *Bee-bot* las instrucciones [ $>$ , GO].)
55. Investigador: ¿Y ahora qué?
56. (Alberto por sí solo se levanta y se sitúa detrás del robot *Bee-bot*, en la posición que indicaba el panel B de la Figura 7, e introduce las instrucciones [ $\uparrow$ , GO].)
57. Investigador: Muy bien, ha llegado.

Como se observa en el ítem 56, Alberto reformula el problema  $P_3$  mediante la herramienta heurística H1 "hacer solidarios los sistemas de referencia de estudiante-robot " y con ello logra resolver este trayecto parcial del problema inicial, sin que el investigador intervenga en esta decisión. Finalmente, se les pregunta si serían capaces de llevar al robot *Bee-bot* desde el inicio hasta la flor, pero esta vez sin hacer parar al robot:

58. Investigador: Venga, ahora lo vamos a intentar otra vez más desde aquí (situando nuevamente el robot *Bee-bot* en la casilla inicial de salida). A ver si ya tenéis claro lo que el robot ha de hacer para que llegue desde el principio, todo, hasta el final. ¡Venga!
59. (Pablo introduce las instrucciones [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $>$ ,  $\uparrow$ , GO] en el robot *Bee-bot* sin mirar las tarjetas de secuenciación, en las que efectivamente ya tiene ese mismo plan -plan 7 de la Tabla 2-.)

En la resolución, es destacable el hecho de que Pablo no mire las tarjetas situadas en la caja de secuenciación y que en cambio, se fije en el tablero, y vaya recordando y concatenando las instrucciones que anteriormente han sido soluciones de los problemas  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$ . Pablo resuelve claramente el problema haciendo uso de la herramienta heurística H2 "dividir el problema en caminos más cortos ", en este caso.

#### 4.1.3. Problema 3

El problema 3 (consistente de  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $<$ ,  $\uparrow$  - ver Figura 5) se inicia con la elaboración de dos de planes que resultan incorrectos, pero que contienen la instrucción de giro correcta. En el primero de ellos (plan 1 de la Tabla 3) se sobrepasa el número de avances en uno; y en el segundo (plan 2) se consigue que el robot *Bee-bot* quede a una casilla del objetivo, en una situación similar a las que anteriormente han sucedido. Iniciamos la transcripción del episodio en este punto, una vez introducido y ejecutado el plan 2.

Tabla 3. Planes elaborados por la pareja 1 para la resolución del problema 3

Plan	Pareja 1
1	[↑, ↑, ↑, <, GO]
2	[↑, ↑, <, GO]
3	[↑, ↑, <, ↑, GO]

1. (El robot *Bee-bot* acaba de ejecutar el plan 2 de la Tabla 3, quedándose a un avance de lograr el objetivo.)
2. Investigador: Ha faltado algo, ¿no?
3. Pablo y Alberto: ¡Sí!
4. (El investigador retira el robot *Bee-bot* del tablero y lo devuelve a la posición inicial.)
5. Investigador: Vamos a ver, ¿qué ha faltado? (con el robot *Bee-bot* ya en la casilla inicial.)
6. Alberto: Yo lo sé.
7. Pablo: Yo también. Para allí (señalando hacia su derecha con la mano de forma intermitente.)
7. Investigador: Pues venga a ver.
7. (Alberto antes de que el investigador acabe comienza a introducir en el robot *Bee-bot* el plan [↑, ↑, <, ↑, GO], pero sin hacer uso previamente de las tarjetas de secuenciación.)

Para obtener la solución de este problema, es interesante destacar que el investigador no facilita la destreza heurística D2, pues se devuelve al robot *Bee-bot* a la casilla inicial una vez ejecutado el plan 2. Se observa que la resolución del problema es bastante rápida por parte de ambos estudiantes, pudiendo deberse, bien a que este problema es bastante similar al anterior o a que efectivamente se han desencadenado procesos internos que les permiten aplicar las destrezas heurísticas que han aparecido anteriormente e integrarlas en sus razonamientos.

#### 4.2. La pareja 2, Adrián y Alba, en la fase experimental

##### 4.2.1. Problema 1

El problema 1 (consistente en un camino recto con tres avances, ver Figura 5) da comienzo con una situación inicial en la que los estudiantes no conciben el carácter secuencial del avance del robot *Bee-bot*. La transcripción del episodio es la que sigue:

1. Investigador: Fijaros, hemos de conseguir que el robot *Bee-bot* llegue hasta la flor. ¿Qué tendremos que decirle para conseguirlo?
2. Alba: Que vaya a la flor...
3. Investigador: Muy bien. ¿Pero qué instrucciones le daríais para que no se perdiera?
4. Alba: Recto.
5. Investigador: Elegid la instrucción que le daríais de entre estas (señalando las tarjetas de secuenciación.)
6. (Adrián coje una tarjeta de avanzar.)
7. Investigador: Dadle pues al robot *Bee-bot* las instrucciones que habéis planificado.
8. (Adrián introduce el plan [↑, GO] -plan 1 de la Tabla 4- en el robot *Bee-bot*.)
9. Adrián: ¡No!
10. Investigador: No ha llegado... ¿por qué?
11. Adrián: Porque se ha quedado corto.
12. Investigador: ¿Qué le tendríamos que decir?
13. Alba: Más.
14. Adrián: (Mirándose los dedos de la mano, con una intención similar a la de contar, pero sin hacerlo de forma explícita) Yo creo que llegará a cinco veces.
15. Investigador: Alba, ¿tu que piensas? Comentadlo.
16. Alba: (Mirando el tablero) Yo creo que llegará con cuatro.

17. Investigador: Pues probad.
18. (Adrián prepara el plan 1 de la Tabla 4 [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ , GO] con las tarjetas de secuenciación, y una vez preparado introduce los comandos en el robot *Bee-bot*. Cuenta en voz alta por cada vez que presiona el botón de avanzar.)
19. Adrián: uno, dos, tres y cuatro.
20. (El robot *Bee-bot* se mueve por el tablero mientras investigador y estudiantes cuentan en voz alta por cada casilla que el avanza.)
21. Adrián: ¡No!
22. Investigador: ¿No ha llegado donde querías? ¿Se ha quedado corto o se ha pasado?
23. Adrián: Pues con tres.
24. Investigador: Venga preparad el plan...
25. (Alba prepara el plan 3 de la Tabla 4, lo ejecutan en el robot *Bee-bot* y resuelven el problema.)

Tabla 4. Planes elaborados por la pareja 2 para la resolución del problema 1

Plan	Pareja 2
1	[ $\uparrow$ , GO]
2	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $\uparrow$ , $\uparrow$ , GO]
3	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $\uparrow$ , GO]

En cuanto a esquemas heurísticos, en el ítem 5 el investigador les vuelve a sugerir la destreza D1 con la que les insta a trasladar el problema al lenguaje simbólico de las tarjetas de bloques. La puesta en juego de esta destreza parece iniciar (ítem 13 en adelante) una forma de pensar en la resolución del problema más cercana a las características y limitaciones propias del entorno tecnológico, les sugiere una forma de pensamiento más centrado en las instrucciones o bloques que el robot *Bee-bot* es capaz de ejecutar.

#### 4.2.2. Problema 3

En este caso, por error, el investigador les administra el problema 3 (consistente en la secuencia  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $<$ ,  $\uparrow$ , ver Figura 5) en lugar del problema 2. La actuación de Adrián deviene un impedimento para la marcha normal de la resolución del problema, pues, como se podrá seguir en la transcripción, el estudiante entiende la resolución como un juego por turnos y en algunos momentos su afán por introducir el plan en el robot le lleva a interrumpir los razonamientos de su compañera Alba. A continuación tenemos la transcripción del inicio del episodio:

1. Investigador: Ahora, pensad qué habría que decirle al robot *Bee-bot* para que consiguiera llegar a la flor en este caso.
2. (Alba configura el plan [ $\uparrow$ ,  $<$ , GO] -plan 1 de la Tabla 5- con las tarjetas de comandos y luego introduce las órdenes en el robot *Bee-bot*.)
3. Adrián: ¡No!
4. Investigador: A ver Adrián, tú que has dicho que no. ¿Qué hay que decirle, entonces, para que llegue a la flor?
5. Adrián: Con tres... (enseñando tres dedos levantados en su mano derecha.)
6. (Adrián prepara el plan 2 de la Tabla 5 consistente en [ $\uparrow$ ,  $<$ ,  $<$ , GO] y lo ejecuta en el robot *Bee-bot*.)
7. Investigador: No ha funcionado.
8. Alba: Pues yo pensaría que con una más recto.
9. (Alba elige la tarjeta de avance y la coloca justo al inicio de la caja de secuenciación, configurando el plan 3 de la Tabla 5 [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $<$ ,  $<$ , GO]. Ejecutan el plan a continuación)
10. Investigador: ¿Qué falla?
11. Alba: Quitar esta y... (elige la tarjeta correspondiente al último giro y la devuelve al montón.)
12. Adrián: ¡Me toca! (un poco nervioso esperando su turno para poder jugar con el robot *Bee-bot*.)
13. Investigador: Venga Alba, dime.

14. Alba: Pues... dos rectas y una gira (convencida.)  
 15. (Alba ejecuta el plan 4 [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $<$ , GO].)  
 16. (El investigador retira el robot *Bee-bot* de la casilla en la que se queda detenido tras ejecutar el plan).  
 17. Alba: Una más recto.  
 18. (Rápidamente Adrián coje la tarjeta de avanzar y la coloca al inicio de la secuencia, sin que Alba tenga tiempo de reaccionar, y comienza a programar el robot *Bee-bot* con lo que es su plan 5, representado por [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $<$ , GO].)

En el ítem 17 Alba parece esbozar la idea de que el robot debe continuar con un avance más tras realizar el giro. No obstante, la actitud impaciente de Adrián no deja oportunidad para que Alba desarrolle más la idea y piense en el lugar que debe ocupar esta instrucción de avance, que ella sí que identifica como necesaria para resolver el problema. En todo caso, no es posible determinar si en este punto es consciente de si iría al final de la secuencia de instrucciones o no, por lo que no podemos conjeturar nada sobre su capacidad de resolver este problema que conlleva un cambio de orientación.

Tabla 5. Planes elaborados por la pareja 2 para la resolución del problema 3

Plan	Pareja 2
1	[ $\uparrow$ , $<$ , GO]
2	[ $\uparrow$ , $<$ , $<$ , GO]
3	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $<$ , $<$ , GO]
4	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $<$ , GO]
5	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $\uparrow$ , $<$ , GO]
6	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $<$ , GO]
7	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $<$ , $<$ , GO]
8	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $<$ , $>$ , GO]
9	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $<$ , $<$ , GO]
10	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $<$ , $>$ , GO]
11	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $<$ , GO]
12	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $<$ , $<$ , GO]*
13	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $<$ , $\uparrow$ , GO]

El episodio continúa así:

19. (Adrián ejecuta el plan 5.)  
 20. Adrián: ¡No!  
 21. Investigador: Entonces, ¿qué pasa?  
 22. (Alba, sin decir nada, coge la primera tarjeta correspondiente a la instrucción  $\uparrow$  que Adrián había colocado al inicio y la quita.)  
 23. (Adrián, con un poco de recelo por jugar con el robot *Bee-bot*, programa rápidamente el plan que se ha quedado en la caja de secuenciación -plan 6 de la Tabla 5- sin parar un segundo a pensar sobre él y lo ejecuta.)  
 24. Alba: (Nada más detenerse el robot *Bee-bot*.) Yo digo una más para girar.  
 25. (Adrián coge una tarjeta de giro del montón, añadiéndola al final de la caja de secuenciación, con lo que tenemos el plan 7: [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $<$ ,  $<$ , GO].)  
 Adrián: Entonces son dos de girar en total.  
 26. Adrián: Una, dos... una, dos. (Recita mientras aprieta el comando de avance  $\uparrow$  dos veces seguido del comando de giro a la izquierda  $<$  otras dos veces en el robot *Bee-bot*.)  
 27. (El robot *Bee-bot* ejecuta el plan 7 elaborado.)

28. Adrián: No.
29. Investigador: ¿No qué?
30. Adrián: Que no ha ido a la flor.
31. Investigador: Vale. ¿Qué quitaríais y qué pondrías? A ver... ¿Alguien piensa que falta o que sobra algo?
32. (Sin hablar Adrián quita la última instrucción de giro a la izquierda < de la secuencia de tarjetas.)
33. Investigador: ¿Tú cuál pondrías Alba?
34. Adrián: Yo pondría esta (interrumpe señalando la tarjeta de giro a la derecha >.)
35. Investigador: Tu pondrías esa Adrián, ok. ¿Y tú Alba?
36. (Alba se queda pensativa mirando la caja de secuenciación.)
37. Adrián: ¡Tengo botas! (interrumpe de nuevo Adrián para llamar la atención de los investigadores.)
38. Investigador: Pon la tarjeta entonces Adrián.
39. (Adrián coloca la tarjeta de giro a la derecha > al final de la secuencia, obteniendo el plan 8 de la Tabla 5 [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ , <, >, GO].)
40. Investigador: Ahora lo programa Alba.
41. Adrián: (Mirando la secuencia de tarjetas) Es que no va hacia ahí, creo (señalando la última instrucción de giro a la derecha.)
42. Investigador: ¿No? Entonces, ¿cuál?
43. Adrián: Con esta creo (escoge la tarjeta de giro a la izquierda < y la coloca en la caja de secuenciación obteniendo el plan 9 [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ , <, <, GO], que ya lo habían elaborado previamente en los intentos 3 y 7.)
44. Investigador: ¿Y tú, Alba, estás de acuerdo?
45. Alba: Pues creo que no.
46. Investigador: ¿Y tú cuál crees que es?
47. Adrián: ehm...
48. Investigador: No, no (cortando a Adrián). Que responda Alba. Alba dice que cree que no es esa instrucción. ¿Y cuál crees que es Alba?
49. Alba: No lo sé.
50. Investigador: Venga probamos... (Adrián programa el plan 9 en el robot *Bee-bot*.)
51. Adrián: Una, dos... una, dos (repite al igual que en el ítem 26.)
52. Investigador: Ahora es el turno para que Alba piense qué haría. ¿Tú cómo lo arreglarías, Alba, para que el robot *Bee-bot* llegara a la flor? ¿Qué es lo que está mal?
53. Alba: Yo pondría una de para allí (señalando hacia su derecha.)
54. (Alba quita la última tarjeta de giro a la izquierda < y la cambia por la de giro a la derecha >, configurando el plan 10, coincidente con el 8 ya probado.)
55. Alba: Vamos a probar...
56. Investigador: ¿Por qué has elegido esa tarjeta? ¿Qué crees que va a hacer esa instrucción?
57. Alba: No lo sé.
58. Investigador: Vamos a probar.
59. (Alba programa el plan 10 en el robot *Bee-bot* y lo ejecuta sin éxito en la resolución del problema.)
60. (Adrián dice que "tiene pipí" y abandona el aula con uno de los investigadores.)

Pese a la actitud distraída, y cansada hacia el final, de Adrián, en algunos momentos se aprecian razonamientos en los que los estudiantes son capaces de aventurar qué es lo que va a pasar con las instrucciones que están secuenciando (ver, por ejemplo, los ítems 41 para Adrián o 45 para Alba). Comparada con la actitud de Adrián, la de Alba, muestra algunas diferencias significativas. En concreto destacamos el ítem 49, en el que Alba verbaliza su incapacidad para conjeturar el resultado de una de las tarjetas de instrucciones; o el ítem 55 (o 65, más adelante), en el que Alba verbaliza la necesidad de ejecutar un plan con la intención de explorar su resultado, con la sentencia exploratoria "vamos a probar". En este sentido, y desde el punto de vista de las actuaciones de estos dos estudiantes, podríamos decir que Alba muestra una actitud más cercana a la esperada en procesos de resolución de problemas matemáticos.

Debido a la predisposición de Alba, en el momento en que Adrián abandona el experimento (ítem 60), se decide continuar con el problema solamente con ella. Esto es lo que sucede:

61. Investigador: Alba, ¿continuamos nosotros?
62. Alba: Vale.
63. (Alba quita la última instrucción del plan anterior, giro a la derecha >, y configura el plan 11 de la Tabla 5 [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ , <, GO])
64. Investigador: ¿Qué piensas que pasará?
65. Alba: No sé, vamos a probar.
66. (Alba ejecuta el plan 11.)
67. (El investigador deja el robot *Bee-bot* de la casilla en la que se ha quedado tras la ejecución del plan.)
68. Investigador: Mira bien qué ha pasado...
69. Alba: Pues una más para adelante (señala la tarjeta  $\uparrow$ ) o una girando como esta (señala la tarjeta <, ambas del plan que tiene en la caja de secuenciación.)
70. Investigador: ¿Cuál de las dos elegirías?
71. Alba: La de girar.
72. (Alba configura y ejecuta el plan 12 consistente en [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ , <, <, GO] y coincidente con algunos de los planes que ya habían probado anteriormente en los intentos 3, 7, o 9.)
73. (Adrián vuelve corriendo del aseo.)
74. Adrián: ¡No, no, no! ¡Me toca!
75. Investigador: ¿Crees que lo podrías arreglar ahora, Alba?
76. Alba: No lo sé seguro.
77. Adrián: Yo sí que puedo (interrumpiendo.)

En el ítem 67, el investigador hace uso de la destreza heurística D2, dejando el robot *Bee-bot* en la casilla a la que ha llegado tras ejecutar el plan 11. No sabemos con certeza si debido a esto o no, pero Alba es capaz de verbalizar, en el ítem 69, que al robot *Bee-bot* le falta "una más para adelante", pese a que finalmente no llega a desarrollar dicha idea y elige la opción de giro a la izquierda < (ítem 71).

Después del ítem 77, y con la vuelta de Adrián a escena, el investigador decide hacer uso de la herramienta heurística del cambio de sistema de referencia (H1) para explorar las actuaciones de los estudiantes. En este caso, y dado a las dificultades que supone la actitud de Adrián, la herramienta H1 se introduce como precursora de la herramienta de dividir el problema en partes (H2), como se describe a continuación:

78. Investigador: Vamos a hacerlo de otra manera. Vamos a volver al plan anterior.
79. (El investigador vuelve a preparar en la caja de secuenciación nuevamente el plan 11, consistente en [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ , <, GO] y ejecuta el programa.)
80. (El investigador pone en juego la herramienta heurística H1 haciendo que ambos estudiantes cambien de posición, concretamente se sitúan detrás del robot *Bee-bot*, haciendo coincidir los sistemas de referencia del robot *Bee-bot* y de los estudiantes. Los estudiantes pasan de la posición mostrada en el panel A de la Figura 10 a la posición mostrada en el panel B.)
81. Investigador: ¿Ahora qué le diríais al robot *Bee-bot* para que llegara a la flor?
82. Alba: Uno para adelante.
83. Adrián: Más para adelante.
84. Investigador: Alba, te toca. ¿Qué instrucción darías entonces al robot *Bee-bot*?
85. (Alba coje la tarjeta de comandos de avanzar  $\uparrow$  y ejecuta dicha instrucción en el robot *Bee-bot* con la secuencia [ $\uparrow$ , GO], pues se habían borrado las instrucciones anteriores. El robot *Bee-bot* llega hasta su objetivo y resuelven el problema.)
86. Investigador: ¿Cómo quedaría el plan completo, entonces?

87. (Alba coloca la tarjeta de avanzar al final de la caja de secuenciación, configurando el plan 13 siguiente: [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $<$ ,  $\uparrow$ , GO].)
88. Investigador: Ahora que ya lo hemos hecho con trocitos, a ver si lo podemos resolver desde el principio. Volved a vuestro sitio.
89. (Los estudiantes vuelven a su posición, ver Figura 7, imagen A.)
90. Adrián: Me toca.
91. Investigador: Venga Adrián, introduce tu las instrucciones que habéis coleccionado.
92. (Adrián introduce las instrucciones del plan 13 en *Bee-bot* y resuelve el problema.)

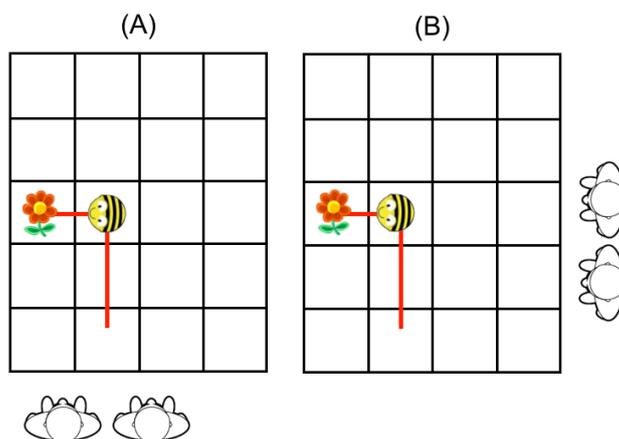


Figura 10. A la izquierda (A) posición de los estudiantes antes de desplegar la herramienta heurística cambio de posición. A la derecha (B), después de hacer uso de ella

Como ya hemos dicho, en el ítem 80 se pone en juego la herramienta H1, modificando la posición de los estudiantes. A partir de esta nueva posición, se pone en juego la herramienta H2, instándoles a que continúen el problema con el robot *Bee-bot* situado en la configuración mostrada en el panel B de la Figura 10. Ambos estudiantes son capaces de resolver el problema parcial mostrado en dicho panel (ítems 82 y 83). Aun así, no es posible concluir nada sobre la capacidad o no de que ellos mismos sean capaces de integrar las soluciones de los caminos parciales en una solución final, dado que no se explora con detalle esa vía porque Adrián parece cansado con la actividad.

#### 4.2.3. Problema 2

El problema 2 es el último en administrarse a los estudiantes. Este problema consiste en el camino  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $>$ ,  $\uparrow$ , como se muestra en la Figura 5. El episodio se inicia como sigue:

1. Investigador: ¿Qué pensáis que debe de hacer el robot *Bee-bot* en este caso?
2. (Adrián toma la tarjeta de giro a la derecha  $>$  y la coloca en la caja de secuenciación, pero no al inicio de la misma.)
3. (Alba coge dos tarjetas de avance y las coloca delante de la instrucción de giro que ha puesto Adrián.)
4. Adrián: Otra más (toma otra tarjeta de avance y la coloca a antes de la de giro, configurando el plan 1 de la Tabla 6.)
5. Alba: Vamos a probar así.
6. (Alba ejecuta el plan 1.)
7. Alba: Pues una más de girar (dice señalando la tarjeta de giro de la caja de secuenciación) o para ir para adelante (dice señalando con el dedo hacia su derecha.)
8. Adrián: Creo que así mejor (tomando rápidamente otra tarjeta de giro a la derecha del montón y la colocándola al final de la caja de secuenciación, configurando el plan 2.)
9. Investigador: Vamos a probar contigo, Adrián.
10. (Adrián programa el plan 2 en el robot *Bee-bot* y lo ejecuta.)

11. Adrián: ¡No! Voy a probar otra más con esto... (mirando entre las diferentes tarjetas de instrucciones.)
12. Alba: ¡Espera, espera, espera! Mira, ya sé cómo voy a hacerlo. Pues ir para allí... (se queda pensativa) y esta quitarla (quitando la última instrucción de giro de la caja de secuenciación.)
13. Investigador: ¿Y cuál vas a poner?
14. Alba: Una de estas (tomando una tarjeta de giro a la derecha > y colocándola al final, configurando el plan 3, consistente en [↑, ↑, ↑, >, <, GO].)
15. (Alba programa el robot *Bee-bot* con el plan 3 y lo ejecuta.)
16. Adrián: ¡No! Creo que con esta no va (quitando la última instrucción de giro de la caja de secuenciación) y con esta sí (volviendo a colocar la instrucción de giro a la izquierda, configurando el plan 4, coincidente con el plan 2.)
17. (Adrián ejecuta el plan 4.)

Tabla 6. Planes elaborados por la pareja 2 para la resolución del problema 2

Plan	Pareja 2
1	[↑, ↑, ↑, >, GO]
2	[↑, ↑, ↑, >, >, GO]
3	[↑, ↑, ↑, >, <, GO]
4	[↑, ↑, ↑, >, >, GO]*
5	[↑, ↑, ↑, >, GO]*
6	[↑, ↑, ↑, >, ↑, GO]

Es interesante comentar la actuación de Adrián en el ítem 2, pues demuestra que es capaz de pensar en términos de bloques, ubicando la instrucción de giro en un lugar intermedio y dejando un hueco para colocar (y pensar) posteriormente las instrucciones previas al giro necesarias para resolver el camino. A la vista de lo ocurrido, se observa una notable evolución con respecto al problema (ítems 2, 3 y 4). Así, Adrián parece interactuar mucho más y con aportaciones mucho más ricas y consistentes con el proceso de resolución de problemas (ítem 16).

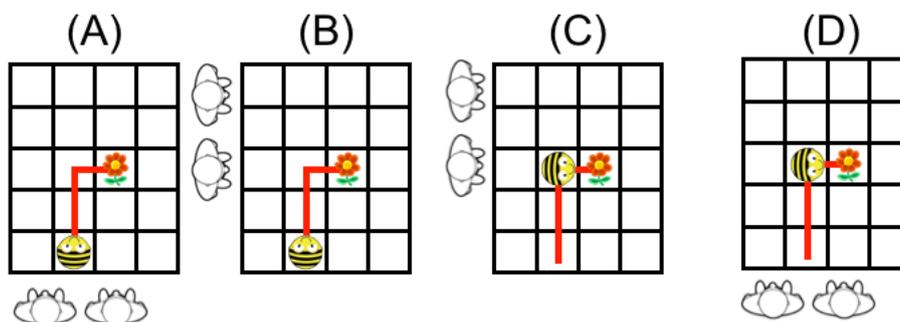


Figura 11. El panel A muestra la configuración original del problema. El panel B muestra el uso de la destreza heurística D3, cambiando la posición del tablero. El panel C muestra el uso de la herramienta heurística H1, haciendo solidarios los sistemas de referencia resolutores-*Bee-bot*. El panel D muestra el uso de la destreza heurística D2, con el fin de sugerir la puesta en escena la herramienta heurística H2, consistente de dividir el problema en partes

Visto que no consiguen resolver el problema, el investigador decide introducir una nueva destreza heurística, D3, consistente en un simple cambio de posición de los estudiantes, pero sin que los sistemas de referencia estudiantes-robot sean solidarios (como se muestra en el panel B de la Figura 11). A esta nueva destreza la llamaremos "cambio de posición del tablero", pues simplemente se trata de ofrecer una perspectiva diferente de la configuración del problema, sin que el sistema de referencia de los resolutores sea, necesariamente, solidarios con el del robot *Bee-bot*. En términos de complejidad, el problema mostrado en el panel B de la Figura 11 parece ser semejante o incluso superior al problema

original mostrado en el panel A, pues el movimiento inicial del robot se hace en un sistema de referencia no solidario al de los estudiantes. Se espera que D3 pueda ayudar a que los estudiantes desarrollen por sí mismos herramientas heurísticas como H1 o H2, recorriendo para ello mentalmente el tablero hasta conseguir llegar a situaciones similares a las mostradas en el panel C de la Figura 11. En este caso, y para esta pareja, esta destreza heurística no les reporta ninguna ayuda o sugerencia para resolver el problema, como se verá a continuación:

18. Investigador: De acuerdo, muy bien. Vamos a quitar la última instrucción (en la caja de secuenciación se queda la secuencia [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $>$ , GO]) y a ver si podemos continuar desde aquí. Pero ahora quiero que os levantéis y que os coloquéis allí. Mirad cómo está todo... (se devuelve al robot *Bee-bot* a la posición inicial.)
19. (Los estudiantes se colocan en la posición mostrada en el panel B de la Figura 11.)
20. Investigador: Mirad dónde está el robot *Bee-bot* y dónde está la flor a la que queremos llevarlo. ¿De acuerdo?
21. (Los estudiantes observan el tablero por unos segundos.)
22. Investigador: Esta instrucción (mostrando la tarjeta de giro a la derecha  $>$  que se acaba de quitar) ya hemos visto que no ha funcionado bien. Ya podéis volver de nuevo en vuestro sitio.
23. (Los estudiantes vuelven a su posición inicial, posición mostrada en el panel A de la Figura 11.)
24. Investigador: A ver, ¿qué instrucción pensáis que nos falta por darle para que llegue a la flor?
25. Alba: Yo creo que así ya estaría...
26. (Alba programa el plan 5, consistente en las instrucciones [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $>$ , GO] que el investigador había dejado previamente, y lo ejecuta.)
27. Adrián: (interrumpe mientras el robot *Bee-bot* está en movimiento) ¡se me han caído unos dientes!
28. (Alba está muy atenta al movimiento del robot *Bee-bot*.)
29. (Se hace uso de la destreza heurística D2, dejando al robot *Bee-bot* en la posición en la que se ha quedado.)
30. Investigador: Levantaros y fijaros de nuevo. (Se hace cambiar de posición a los estudiantes para desplegar la herramienta heurística H1 y hacer solidario su sistema de referencia con el del robot, como se muestra en el panel C de la Figura 11.)
31. Investigador: ¿Veís al robot *Bee-bot*?
32. Adrián: Sí.
33. Investigador: No ha llegado a la flor.
34. (Los estudiantes observan en silencio unos segundos.)
35. Investigador: Muy bien, volvemos al sitio.
36. (Los estudiantes vuelven a ocupar su posición inicial, pero en este caso continúa el robot *Bee-bot* en la posición en la que se ha quedado, como se muestra en el panel D de la Figura 11.)
37. Investigador: ¿Qué haríais ahora?
38. Adrián: Yo creo que con una... (duda y mira el montón de tarjetas de instrucciones.)
39. Alba: Para adelante.
40. Adrián: Para adelante (repetiendo la respuesta de su compañera y tomando la tarjeta de avance  $\uparrow$  del montón.)
41. (Adrián coloca la tarjeta de avance  $\uparrow$  justo antes del giro, [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $>$ , GO].)
42. Alba: Pero así (rápidamente Alba cambia la posición de la tarjeta de avance y configura lo que será el intento 6, consistente en [ $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $>$ ,  $\uparrow$ , GO].), porque así irá para allá (señalando con sus manos hacia la derecha.)
43. (Adrián introduce las instrucciones del plan 6 en el robot *Bee-bot* y consiguen resolver el problema.)

En esta última parte se despliegan varios esquemas heurísticos con el fin de explorar cómo organizan los estudiantes la resolución del problema. El primer esquema en ser usado es la destreza D3 "cambio de posición del tablero" (ítem 18). El fin es que sean capaces de visualizar diferentes perspectivas del mismo problema y determinar si el uso de esta destreza les sugiere alguna estrategia de resolución, no

obstante, esto no se consigue. En un segundo momento, se hace uso de la destreza D2, dejando al robot *Bee-bot* en la última posición alcanzada (ítem 29) y se pone en juego la herramienta heurística H1, moviendo a los estudiantes a la posición mostrada en el panel C de la Figura 11 (ítem 30). Cuando los estudiantes regresan a la configuración inicial del problema, la destreza D2 sigue en juego (ítem 36). Por la actuación de Alba (ítem 39 en adelante), podemos observar cómo la destreza D2 le ayuda a resolver la parte del problema que les faltaba, poniendo en juego la herramienta heurística H2 y completando el camino.

### 4.3. La pareja 3, Jordi y Laura, en la fase experimental

#### 4.3.1. Problema 1

Tras la fase de enseñanza se inicia la fase experimental con el problema 1 (consistente en tres avances, ver Figura 5). Ya desde el inicio se observa como las producciones de estos estudiantes (de primer curso de primaria) no requieren de la puesta en juego de esquemas heurísticos por parte del investigador, llevándoles a resoluciones mucho más rápidas.

1. Investigador: Vamos a ver, ¿Qué le diríais al robot <i>Bee-bot</i> para llevarlo hasta la flor?
2. Laura: Le diría que fuera hacia adelante.
3. Investigador: Vamos pues...
4. (Laura prepara el plan 1 de la Tabla 7 consistente en las instrucciones [ $\uparrow$ , $\uparrow$ , GO] y lo ejecuta.)
5. Jordi: Yo me la sé (levantando la mano.)
6. Investigador: ¿Qué ha pasado Laura?
7. Laura: Que no ha llegado, le tendría que haber dado tres veces adelante.
8. Investigador: ¿Quieres probar tu, Jordi?
9. (Jordi prepara el plan 2, con tres avances, lo programa y lo ejecuta, resolviendo el problema.)

Tabla 7. Planes elaborados por la pareja 3 para la resolución del problema 1

Plan	Pareja 2
1	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , GO]
2	[ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $\uparrow$ , GO]

#### 4.3.2. Problema 2

El segundo problema (consistente en la secuencia  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $\uparrow$ ,  $>$ ,  $\uparrow$ , ver Figura 5) se inicia con la siguiente conversación:

1. Investigador: ¿Y si tenemos aquí la flor? ¿Qué le diremos al robot <i>Bee-bot</i> que haga para llegar a ella?
2. Laura: Le tendrás que dar tres veces...
3. Jordi: (Completando la frase de su compañera) y girar.
4. Laura: (Continuando) y que gire.
5. Investigador: Vale, pues preparad el plan.
6. (Laura prepara el plan 1 de la Tabla 8, consistente en la secuencia de instrucciones [ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $\uparrow$ , $>$ , GO] y lo ejecuta.)
9. Investigador: ¿Ha llegado a la flor?
10. Adrián: ¡No! Faltaba una.
11. Investigador: ¿Qué falta?
12. Adrián: Darle otra vez a la tecla de girar (señalando hacia su derecha).
13. (Adrián prepara el plan 2 consistente en [ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $\uparrow$ , $>$ , $>$ , GO], lo programa y lo ejecuta.)
14. Laura: Yo me la sé (exclama antes de que acabe el movimiento del robot <i>Bee-bot</i> .)
15. Investigador: ¿Tu te la sabes? A ver...
16. (Laura prepara las tarjetas [ $\uparrow$ , $\uparrow$ , $\uparrow$ , $>$ , $\uparrow$ , GO], plan 3 de la Tabla 8.)

17. Investigador: ¿Y por qué esas instrucciones?  
 18. Laura: Porque así, cuando gire irá recto.  
 19. (Laura ejecuta el plan 3 y resuelve el problema 2.)

En este caso, se pueden observar algunas muestras de una mayor madurez en la edad de los estudiantes. En concreto se observa una mayor capacidad para trabajar en equipo (completando planes del compañero, ítems 2, 3 y 4). También se percibe una mayor comprensión de las implicaciones asociadas al giro del robot por parte de los estudiantes, en concreto, Laura parece no tener problemas con entender el cambio del sistema de referentia del robot *Bee-bot* una vez éste ha realizado el giro (ítem 18). No obstante, pese a que estas conclusiones podrían extrapolarse a la mayoría de estudiantes de primer curso de primaria, por tener una edad madurativa mayor, debería llevarse a cabo un estudio más minucioso que lo corrobore.

*Tabla 8.* Planes elaborados por la pareja 3 para la resolución del problema 2

Plan	Pareja 2
1	[↑, ↑, ↑, >, GO]
2	[↑, ↑, ↑, >, >, GO]
3	[↑, ↑, ↑, >, ↑, GO]

#### 4.3.3. Problema 3

La pareja 3, de primer curso de primaria, no abordó el problema 3 (consistente en la secuencia ↑, ↑, <, ↑, ver Figura 5), dado que resolvieron sin ninguna complicación el problema anterior, y este se ha considerando de complejidad similar.

## 4. Análisis y discusión de los resultados

### 4.1. Sobre las dificultades detectadas en los procesos de resolución de problemas

Para poder discutir acerca de los procesos de resolución de problemas que han tenido lugar en este estudio exploratorio vamos a comparar los planes elaborados por las tres parejas de estudiantes, para cada uno de los problemas administrados.

Como se puede observar en la Tabla 9, el problema 1 no presenta demasiadas diferencias en cuanto a las resoluciones desarrolladas por las distintas parejas de estudiantes. Si bien es cierto, que para los estudiantes de Educación Infantil, de esta investigación, el carácter secuencial de los movimientos del robot presentó algunas dificultades, como por ejemplo que avanzar es ir hacia adelante, y no ir tres veces hacia adelante (como ocurre con la pareja 2). En nuestro caso, el hecho de verbalizar la secuencia numérica a la vez que el robot *Bee-bot* realiza avances unido al uso de un sistema de representación, como son las tarjetas de comandos (discutido desde el punto de vista de los esquemas heurísticos más adelante), ayudó a que los estudiantes asumieran este carácter secuencial y ordenado.

*Tabla 9.* Resumen de planes elaborados por los estudiantes para la resolución del problema 1

Plan	Pareja 1	Pareja 2	Pareja 3
1	[↑, ↑, GO]	[↑, GO]	[↑, ↑, GO]
2	[↑, ↑, ↑, GO]	[↑, ↑, ↑, ↑, GO]	[↑, ↑, ↑, GO]
3		[↑, ↑, ↑, GO]	

El principal aspecto a discutir en el problema 2 es la presencia del giro. Como se puede observar en la Tabla 10, todos los estudiantes tuvieron problemas, al menos inicialmente, para entender la instrucción de giro, a pesar de haberse familiarizado con ella en la fase de enseñanza. La experimentación llevada a cabo nos muestra que existe una dificultad en entender el giro del robot *Bee-bot* como una acción que no traslada al robot de posición, sino que se realiza sobre la misma casilla. De forma general, el proceso de razonamiento que hemos detectado que se da cuando aparece un giro en el problema a resolver es el que sigue:

- i. Elaborar un plan con tantos avances como número de casillas separan al robot de la casilla objetivo, ignorando giros e incluyendo la propia casilla en la que está situado el robot
- ii. Elaborar un plan con tantos avances como número de casillas separan al robot de la casilla objetivo, ignorando giros y sin incluir la casilla en la que está situado el robot
- iii. Elaborar un plan en el que la parte en que no hay giros contiene tantos avances como número de casillas separan al robot del primer giro. Llegados a la casilla de giro, confunden la instrucción "giro" [>] con la instrucción "giro más avance" [>, ↑]
- iv. Elaborar un plan totalmente correcto, tras haber puesto en juego o no, alguna herramienta o sugerencia heurísticas

Tabla 10. Resumen de planes elaborados por los estudiantes para la resolución del problema 2

Plan	Pareja 1	Pareja 2 <sup>4</sup>	Pareja 3
1	[↑, ↑, ↑, ↑, ↑, GO]	[↑, ↑, ↑, >, GO]	[↑, ↑, ↑, >, GO]
2	[↑, ↑, ↑, ↑, >, GO]	[↑, ↑, ↑, >, >, GO]	[↑, ↑, ↑, >, >, GO]
3	[↑, ↑, ↑, >, GO]	[↑, ↑, ↑, >, <, GO]	[↑, ↑, ↑, >, ↑, GO]
4	[↑, ↑, ↑, >, >, GO]	[↑, ↑, ↑, >, >, GO]*	
5	[↑, ↑, ↑, ↑, >, GO]	[↑, ↑, ↑, >, GO]*	
6	[↑, ↑, ↑, >, GO]*	[↑, ↑, ↑, >, ↑, GO]	
7	[↑, ↑, ↑, >, ↑, GO]		

Como se observa en la Tabla 10, todos los estudiantes han tenido dificultades con la resolución del problema 2, en especial, con la instrucción relacionada con el giro. En referencia a la actuación de los estudiantes de primaria, la diferencia no es solo cuantitativa (pues han necesitado menos intentos), sino que también lo es cualitativa, pues no han necesitado que los investigadores les facilitaran ningún esquema heurístico que pudiera sugerirles estrategias de resolución. Como se puede observar en la Tabla 10 (y también en la 11), los estudiantes de infantil parecen ser capaces de resolver un problema que involucra giros en el momento en que aparece la herramienta heurística H1 consistente en "hacer solidarios los sistemas de referencia de estudiante-robot" (marcada con un \* en las Tablas 10 y 11, y en las anteriores).

Plan	Pareja 1	Pareja 2 <sup>4</sup>	Pareja 3
1	[↑, ↑, ↑, <, GO]	[↑, <, GO]	No fue abordado
2	[↑, ↑, <, GO]	[↑, <, <, GO]	
3	[↑, ↑, <, ↑, GO]	[↑, ↑, <, <, GO]	
4		[↑, ↑, <, GO]	
5		[↑, ↑, ↑, <, GO]	
6		[↑, ↑, <, GO]	
7		[↑, ↑, <, <, GO]	
8		[↑, ↑, <, >, GO]	

<sup>4</sup> A la pareja 2 se le administraron los problemas en el orden siguiente: problema 1, problema 3 y problema 2.

<b>9</b>		[↑, ↑, <, <, GO]	
<b>10</b>		[↑, ↑, <, >, GO]	
<b>11</b>		[↑, ↑, <, GO]	
<b>12</b>		[↑, ↑, <, <, GO]*	
<b>13</b>		[↑, ↑, <, ↑, GO]	

*Tabla 11:* Resumen de planes elaborados por los estudiantes para la resolución del problema 3

Con lo que respecta al problema 3, se puede observar que las dos parejas de estudiantes de infantil presentaron dificultades nuevamente con la instrucción giro. En este caso, la pareja 1 no necesitó que el investigador facilitara ningún recurso heurístico. Para la pareja 2 este fue el segundo problema que abordaron, muestra de ello es que necesitaron 13 intentos para llegar a la solución del mismo, comparados con los seis que necesitaron para resolver el problema 2 (administrado en último lugar). Tanto en el problema 2 como en el problema 3 la pareja 2 necesitó de la herramienta heurística H1 para poder dar con la solución en ambos casos.

Un aspecto que no podemos dejar de comentar en esta discusión es la vuelta, por parte de los estudiantes de infantil, a los planes de resolución ya probados. Como se observa en las Tablas 10 y 11, son varios los planes que han resultado ser fallidos y aun así se repiten. Así, el sistema de signos basado en las tarjetas de bloques y la caja de secuenciación pretende facilitar la organización del plan y su representación y almacenamiento, pero quizá en estudiantes de infantil no familiarizados con robots de este tipo, sería conveniente hacer uso de un registro de los planes ideados y probados, a modo de nueva destreza heurística, que estuviera visible, o al menos accesible, durante el proceso de resolución.

#### 4.2. Sobre los esquemas heurísticos puestos en juego durante el proceso de resolución de los problemas

Listamos a continuación los esquemas heurísticos que han aparecido a lo largo de esta experimentación con el nombre que le hemos dado a lo largo del texto junto con un breve comentario a modo de conclusión de dicho esquema.

- *Destrezas heurísticas:*
  - D1: El uso de tarjetas de comandos como lenguaje (matemático) de símbolos
  - D2: Dejar al robot *Bee-bot* sobre la última casilla alcanzada tras la ejecución de un plan
  - D3: Cambio de posición del tablero
- *Herramientas heurísticas:*
  - H1: Hacer solidarios los sistemas de referencia de estudiante-robot
  - H2: Dividir el problema en caminos más cortos

La destreza D1 parece resultar de gran ayuda para que los estudiantes comiencen a pensar la solución del problema en los términos de las limitaciones del entorno tecnológico (el robot *Bee-bot* y el uso de instrucciones o bloques secuenciados). Esta destreza les permite acercarse al desarrollo de lo que hemos denominado pensamiento computacional. Convendría profundizar, con estudios más específicos, en la influencia de esta destreza en el proceso de resolución del problema y su papel como precursor de los lenguajes de programación por bloques. Con respecto a esto, podemos traer a colación el hecho de que Adrián (pareja 2) en el problema 2 coloque una instrucción intermedia (la de giro) en una posición intermedia de la caja de secuenciación sin tener todavía colocadas las órdenes que van delante. Es decir, sabe que habrá otras instrucciones previas, pero está seguro de que en algún momento deberá ejecutarse la instrucción de giro. De alguna manera, podríamos decir que Adrián estaba "pensando en bloques" o de forma computacional.

De todos los esquemas, y según lo observado, parece ser que la destreza D2 es bastante más significativa y conduce a razonamientos más ricos en estudiantes no familiarizados con el robot *Bee-bot*. La consideramos una destreza muy potente, pues puede ser precursora de herramientas heurísticas como H1 o H2. No obstante, una investigación más exhaustiva y detallada sería necesaria con el fin de determinar y delimitar dicho potencial en los procesos de resolución de problemas de este tipo.

Con respecto a la destreza D3, ésta no parece ofrecer demasiada ayuda para estudiantes del último curso de infantil, pues requiere que el estudiante sea capaz de, mentalmente, mover al robot *Bee-bot* por el tablero con el fin de que su razonamiento le lleve a desencadenar por sí mismo otras herramientas heurísticas, como H1 o H2. No obstante, tal como se ha comentado ya, dado que solo se ha puesto en juego en una de las parejas, sería necesario corroborar la afirmación anterior con más estudiantes de este nivel. La herramienta heurística H1 ha recibido gran atención a lo largo del texto y en especial en el epígrafe 4.1. Podemos concluir que es una herramienta crucial para los estudiantes de infantil que les ha permitido resolver los problemas que contenían giros. Como se podía observar en las Tablas 10 y 11, su puesta en juego (marcado con un \* en dichas tablas) ha desencadenado la resolución del problema en todos los casos.

La herramienta H2 la percibimos como más compleja, pues involucra procesos más complejos, como son la visualización de la descomposición del camino en trayectos más sencillos y, además, la capacidad de entender la solución del problema como la concatenación de las soluciones (parciales) de esos trayectos. De las tres parejas, solo en la actuación de la primera de ellas (en el problema 3) se ha visto que un estudiante ponga en juego de forma clara esta herramienta sin serle sugerida por el investigador. Por último, en la Tabla 12 se describen los esquemas heurísticos puestos en juego por los investigadores durante la fase de experimentación, con el fin de que ver cómo es la gestión de los mismos por parte de los estudiantes:

*Tabla 12.* Resumen de los esquemas heurísticos puestos en juego por los investigadores en el proceso de resolución de los problemas administrados

	Pareja 1	Pareja 2	Pareja 3
Problema 1	D1	D1	
Problema 2	D1, D2, H1, H2	D3, D2, H1, H2	
Problema 3		D2, H1, H2	

Como comentario general, decir que estos estudiantes han sido capaces de poner en práctica, por su propia cuenta, esquemas heurísticos que habían sido presentados previamente por los investigadores y que, de alguna forma, han aprendido. Destacamos los siguientes ejemplos:

- ítem 56 (problema 2, pareja 1): pone en juego la herramienta H1 sin ser sugerida
- ítem 59 (problema 2, pareja 1): pone en juego la herramienta H2 sin necesidad de mirar las tarjetas (es capaz de concatenar los caminos que previamente ha desarrollado como soluciones parciales al problema)
- ítem 38 (problema 2, pareja 2): ponen en juego la herramienta H2, después de que el investigador sugiera la destreza D2

### 4.3. Sobre las actuaciones mostradas por los estudiantes durante el proceso de resolución de los problemas

El carácter lúdico de este tipo de problemas, así como el material y la forma en que se han presentado en este estudio exploratorio combinados con las características propias de los estudiantes de Educación Infantil han supuesto un problema en más de una ocasión. Como ha ocurrido, la tarea de resolver este

tipo de problemas puede derivar en una acción repetitiva rápidamente si el estudiante no muestra un mínimo interés y la entiende como un problema que quiera resolver. El caso de la pareja 2 (problema 3) es un claro ejemplo de esta situación, en la cual el estudiante Adrián no concibe el problema como tal, sino más bien como un juego por turnos en el que espera impaciente que llegue el suyo para poder "jugar" y hacer moverse al robot *Bee-bot*. En cambio, su compañera Alba es un ejemplo de todo lo contrario. En el problema 2 (ítem 5) y en el problema 3 (ítems 55/65) expone de forma explícita su actitud exploratoria y su motivación con frases del tipo "vamos a probar". Concluimos que este tipo de problemas puede ser de ayuda a la hora de hacer aflorar actitudes cercanas a las que deben estar presentes en la resolución de problemas matemáticos.

En cuanto a la actitud colaborativa, ha sido muy inferior en las producciones de los estudiantes de infantil, en comparación a las producciones de los de primaria, quizá debido a que entienden mejor cómo se mueve el robot en relación a las tarjetas de instrucciones y esto les permite gestionar mejor los planes y la resolución del problema en definitiva. Aun así, en los estudiantes participantes en esta investigación, todos ellos neófitos en el uso de robots del estilo *Bee-bot*, la actitud colaborativa parece asomar tras realizar algunos problemas iniciales y familiarizarse con el uso del robot. Nuestra impresión es que cuando empiezan a entender cómo funciona se ven capaces de resolver estos problemas y su motivación y nivel de colaboración aumenta.

## 5. Consideraciones finales

Dado el carácter exploratorio del presente trabajo han de reconocerse limitaciones derivadas tanto del enfoque y metodología del propio estudio como de las actuaciones del investigador en el proceso de resolución de la tarea. Así, la naturaleza cualitativa de los datos recogidos ofrece ricas observaciones en las que se espera profundizar en próximos trabajos. En particular, en el futuro se pretende realizar un análisis más sistemático de las actuaciones de los estudiantes cuando resuelven este tipo de tareas, lo que debe permitir hacer inferencias de los procesos de gestión y del uso de recursos heurísticos en primeras edades escolares. No obstante, a pesar de las posibles limitaciones ya señaladas, el presente trabajo ha permitido constatar la conveniencia del uso de tarjetas de secuenciación para la representación del plan ideado por los estudiantes, pues de este modo es posible observar y analizar las producciones de los resolutores desde el punto de vista de la gestión de recursos y herramientas heurísticas que ponen en juego y en cómo estas son modificadas o adaptadas durante el proceso de resolución del problema. En esencia, este trabajo se articula sobre la tesis de que no se quiere enseñar a resolver una colección de problemas en particular, sino a utilizar heurísticos. En consecuencia, la medida del aprendizaje no es la capacidad para resolver o no el problema, si no la capacidad de aplicar una determinada estrategia para resolverlo.

## Agradecimientos

Este trabajo ha contado con el soporte de los proyectos Prometeo 2016/413 (Conselleria d'Educació Investigació, Cultura i Esport de la Generalitat Valenciana), EDU2015-69731-R (MINECO/FEDER), EDU2017-84377-R (MINECO/FEDER) y UV-SFPIE\_RMD16-418500 (Universitat de València).

## Referencias

Barker, B. S., y Ansorge, J. (2007). Robotics as Means to Increase Achievement Scores in an Informal Learning Environment. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 229–243. <http://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782481>

- Benton, L., Hoyles, C., Kalas, I. y Noss, R. (2017). Bridging Primary Programming and Mathematics: Some Findings of Design Research in England. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 23–29. <http://doi.org/10.1007/s40751-017-0028-x>
- Brackmann, C. P., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A., y Barone, D. (2017). Development of Computational Thinking Skills through Unplugged Activities in Primary School. En *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education - WiPSCe '17* (pp. 65–72). Nijmegen, Netherlands. <http://doi.org/10.1145/3137065.3137069>
- Brownell, W. A. (1942). *Problem Solving*. En N. B. Henry (Ed.), *The Psychology of Learning*. Chicago: University of Chicago Press.
- Department for Education. (2013). Computing programmes of study: key stages 1 and 2. *National Curriculum in England*. Recuperado de [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/239033/PRIMARY\\_national\\_curriculum\\_-\\_Computing.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/239033/PRIMARY_national_curriculum_-_Computing.pdf)
- Diago, P. D. y Arnau, D. (en prensa). Pensamiento Computacional y resolución de problemas en Educación Infantil: Una secuencia de enseñanza con el robot Bee-bot. En *VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática (CIBEM)*. Zaragoza, España.
- Drijvers, P., Kieran, C., Mariotti, M.-A., Ainley, J., Andresen, M., Cheung, Y., Dana-Picard, T., Gueudet, G., Kidron, I., Leung, A. y Meagher, M. (2010). Integrating Technology into Mathematics Education: Theoretical Perspectives. En C. Hoyles y J.-B. Lagrange (Eds.), *Mathematics Education and Technology-Rethinking the Terrain* (pp. 89–132). New York: Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0_7)
- FECYT, Google y Everis. (2016). *Educación en ciencias de la computación en España 2015*. Ministerio de Economía y Competitividad. Recuperado de <https://www.fecyt.es/es/publicacion/educacion-de-las-ciencias-de-la-computacion-en-espana>
- Gaudiello, I., y Zibetti, E. (2016). *Learning Robotics, with Robotics, by Robotics. Learning Robotics, with Robotics, by Robotics: Educational Robotics* (Vol. 3). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119335740>
- Grover, S. y Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <http://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Kaput, J. J. (1992). Technology and Mathematics Education. En D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 511–556). Reston, VA: NCTM.
- Leidl, K. D., Bers, M. U. y Mihm, C. (2017). Programming with ScratchJr: a review of the first year of user analytics. En S. C. Kong, J. Sheldon y K. Y. Li (Eds.), *Conference Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education 2017* (pp. 116–121). Hong Kong: The Education University of Hong Kong.
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Al Mahmud, A., y Dong, J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Technology for Education and Learning*, 1, 1–7. <http://doi.org/10.2316/Journal.209.2013.1.209-0015>
- Papert, S. (1981). *Mindstorms - Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic Books.
- Polya, G. (1945). *How to Solve It*. Princeton, NJ: Princeton University Press [Traducción castellana de Julián Zugazagoitia, *Cómo planear y resolver problemas*. (Trillas: México, 1965)].
- Puig, L. (1996). *Elementos de resolución de problemas*. Granada: Comares.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B. y Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67. <http://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- Sáez, J. M. y Cózar, R. (2017). Pensamiento computacional y programación visual por bloques en el aula de Primaria. *Educar*, 53(1), 129–146. <http://doi.org/dx.doi.org/10.5565/rev/educar.841>
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Academic Press: Orlando, FL.
- Strawhacker, A., y Bers, M. U. (2015). "I want my robot to look for food": Comparing Kindergartner's programming comprehension using tangible, graphic, and hybrid user interfaces. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(3), 293–319. <http://doi.org/10.1007/s10798-014-9287-7>
- Sullivan, A. y Bers, M. U. (2016). Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 3–20. <http://doi.org/10.1007/s10798-015-9304-5>
- Sullivan, A., Bers, M. U. y Mihm, C. (2017). Imagining , Playing , and Coding with KIBO: Using Robotics to Foster Computational Thinking in Young Children. En S. C. Kong, J. Sheldon y K. Y. Li (Eds.), *Conference Proceedings of*

*International Conference on Computational Thinking Education 2017* (pp. 110–115). Hong Kong: The Education University of Hong Kong.

Sullivan, A., Strawhacker, A. y Bers, M. U. (2017). Dancing, Drawing, and Dramatic Robots: Integrating Robotics and the Arts to Teach Foundational STEAM Concepts to Young Children. En M. S. Khine (Ed.), *Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experience* (pp. 231–260). Springer International Publishing. [http://doi.org/10.1007/978-3-319-57786-9\\_10](http://doi.org/10.1007/978-3-319-57786-9_10)

Weintrop, D. y Wilensky, U. (2015). To Block or not to Block, That is the Question: Students' Perceptions of Blocks-based Programming. En *Proc. IDC '15. ACM* (pp. 199–208). <http://doi.org/10.1145/2771839.2771860>

Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <http://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

Pascual D. Diago Nebot. Profesor Ayudante Doctor en el Departament de Didàctica de la Matemàtica de la Universitat de València. Su investigación se desarrolla alrededor de la resolución de problemas y el uso de las nuevas tecnologías en primeras edades escolares.

Web: [www.uv.es/pascual.diago](http://www.uv.es/pascual.diago)

Email: [Pascual.Diago@uv.es](mailto:Pascual.Diago@uv.es)

David Arnau Vera. Profesor Titular en el Departament de Didàctica de la Matemàtica de la Universitat de València. Su investigación se centra en el área de pensamiento numérico y álgebraico y en la enseñanza-aprendizaje de resolución de problemas mediante sistemas inteligentes.

Web: [www.uv.es/darve](http://www.uv.es/darve)

Email: [David.Arnau@uv.es](mailto:David.Arnau@uv.es)

José A. González-Calero Somoza. Profesor Contratado Doctor Interino en el Departamento de Matemáticas de la Universidad de Castilla la Mancha. Sus líneas de investigación se centran en la resolución de problemas y en la tecnología educativa

Email: [Jose.GonzalezCalero@uclm.es](mailto:Jose.GonzalezCalero@uclm.es)