

Experiencia innovadora con funciones periódicas derivadas del andar de una hormiga en ingeniería

Miguel Delgado Pineda¹,

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED).

Magally Martínez Reyes²,

Universidad Autónoma del Estado de México, Universidad Politécnica de Texcoco.



Presentado en eXIDO 22

Resumen: Este trabajo presenta una estrategia de intervención didáctica innovadora, donde se parte de una situación imaginaria en un contexto real, el andar de la hormiga alrededor de un cuadrado, a partir del cual se debe inducir la función periódica que representa este fenómeno, pasando de operaciones concretas a operaciones abstractas. La muestra experimental de las actividades fueron 80 estudiantes universitarios; estudiantes de dos ingeniería en dos universidades. Tanto las situaciones escolares de partida como las infraestructura de las instituciones fueron diferentes. Se presentan los resultados cuantitativos y cualitativos de las actividades, algunos comentarios de los estudiantes sobre este tipo de intervención didáctica y se hace un análisis de los resultados en función de las condiciones de cada universidad. Se concluye que este tipo de intervención innovadora ofrece a los estudiantes universitarios un nuevo a conceptos matemáticos, de una forma lúdica, lo cual incentiva la reflexión personal sobre lo que sucede en cada situación en concreto y fomenta el proceso de abstracción, teniendo como meta llegar a una representación del fenómeno físico mediante diversos registros semióticos de representación: registro aritmético, registro tabular, registro gráfico, registro algebraico.

Palabras clave: Innovación educativa, funciones periódicas, pensamiento funcional, didáctica en ingeniería, tecnología educativa.

Abstract: This work presents an innovative didactic intervention strategy, where we start from an imaginary situation in a real context, the walking of the ant around a square, from which the periodic function that represents this phenomenon must be induced, going from concrete operations to abstract operations. The experimental sample of the activities was 80 university students; two engineering students at two universities. Both the starting school situations and the infrastructure of the institutions were different. The quantitative and qualitative results of the activities are presented, as well as some comments from the students about this type of didactic intervention and an analysis of the results is made based on the conditions of each university. It is concluded that this type of innovative intervention offers university students a new mathematical concepts, in a playful way, which encourages personal reflection on what happens in each specific situation and encourages the abstraction process, with the goal of reaching to a representation of the physical phenomenon through various semiotic registers of representation: arithmetic register, tabular register, graphic register and algebraic register.

¹ miguel@mat.uned.es

² mmartinezr@uaemex.mx

Keywords: Educational innovation, periodic functions, functional thinking, engineering didactics, educational technology.

Introducción

Este trabajo tiene su primera raíz en un taller para profesores de Enseñanza Secundaria y de profesionales de la educación interesados en mantener una base innovadora relativa a la Formación del Profesorado. Dicho taller, de título *Explorando funciones con simuladores*, se impartió en el Undécimo Encuentro Internacional de Enseñanza del Cálculo, 11° EICAL 11, en septiembre del año 2020 (Delgado y Martínez, 2020) En él, los autores facilitaban el acercamiento a diferentes tipos de funciones reales usando distintas situaciones simuladas con GeoGebra.

Una segunda raíz está constituida por lo mostrado en una Conferencia Especial en el encuentro 12° EICAL en septiembre del año 2021 de título *Uso de herramientas tecnológicas para el estudio de funciones* donde se presentaban distintas formas de usar GeoGebra y algunas simulaciones de diversos tipos de funciones, de forma transversal a todos los niveles educativos. Otra raíz más está constituida por lo dicho en una ponencia en el marco de las Quintas Jornadas de Experiencias e Innovación Docente en Estadística y Matemáticas, eXIDO21, en octubre del año 2021 (Delgado y Martínez, 2021b) de título *Construcción de funciones andando*. Con la cual se hizo patente la necesidad de diseñar actividades graduales que acercaran al estudio de las funciones en los diferentes niveles educativos, partiendo de una actividad lúdica, aunque al principio las actividades estaban prediseñadas para estudiantes de nivel de Enseñanza Secundaria, se presentón unas posibles extensiones al nivel de Enseñanza Universitaria.

Una vez enfatiza la necesidad de disponer de actividades lúdicas que permitan a los estudiantes experimentar con ideas y conceptos matemáticos, se diseñó entonces un taller sobre estas cuestiones denominado *Matemáticas visibles. Del andar de la hormiga hasta las funciones periódicas* durante marzo hasta mayo del año 2022. El taller tuvo el respaldo de Asociación Nacional por la Inclusividad Educativa en México (ANIEM, 2022) y de la Dirección General de Primarias del estado de Nayarit, México, aunque se tuvo que adecuar al nivel de Enseñanza Primaria. El taller abarcaba desde nivel primaria hasta nivel universitario, lo que representó un reto de innovación educativa.

Experimentar didácticamente en matemáticas con nuestras actividades lúdicas se inició durante 2021, una población de una centro de Telesecundaria Semirural del Estado de México, Escuela Telesecundaria OVTV 0598 Emperador Cuauhtémoc. La muestra estaba formada por un grupo multigrado de 8 alumnos, lo que permitió medir si las instrucciones y actividades eran factibles en las condiciones de esta escuela. Al año siguiente, 2022, se repitió la experiencia en la misma institución. En este momento, se intentó medir la secuencia didáctica completa y la facilidad de llegar a los resultados esperados para este nivel.

De forma análoga, en ese año 2022, se diseñaron una lista de actividades matemáticas lúdicas de acuerdo al nivel de primaria, ajustandolas a las condiciones imperantes en cada tipo escuelas del estado de Nayarit; escuelas rurales, escuelas de ciudad y escuelas de costa.

Este trabajo presenta los resultados obtenidos, en el año 2022, de la experimentación educativa con las actividades con la hormiga imaginaria en dos centros universitarios públicos el Centro Universitario UAEM Valle de Chalco (UAEMex) y la Universidad Politécnica de Texcoco (UPTex). La muestra experimental estuvo constituida con estudiantes de Ingeniería. El objetivo consistía en mostrar si era posible que los estudiantes de este nivel lograran realizar similares actividades matemáticas de forma lúdica, si eran capaces de desarrollar la secuencia didáctica de actividades, y si alcanzaban a representar e interpretar funciones periódicas derivadas de un problema concreto con la hormiga.

Debemos recordar que en los estudios de Ingeniería (Computación, Electrónica, Telecomunicaciones, ...) se plantea el acercamiento a las matemáticas como una forma de generar pensamiento crítico y la resolución de problemas en los estudiantes, sujetos al aprendizaje basado en proyectos. Esta intención se ve plasmada en los Planes y Programas de estudio (UAEMex, 2022; UPTEx, 2022), pero resulta compleja de instrumentar por los docentes. La razón es que deben ceñirse a tiempos, condiciones administrativas y lineamientos institucionales administrativos y académicos (UAEMex, 2022; UPTEx, 2022). En particular, el plan de estudios de los primeros cursos de matemáticas universitarias marca el estudio de las funciones como una forma de representar los fenómenos físicos y sociales, en específico las funciones periódicas como un tipo especial de función. Sin

embargo, una mayoría de libros “de texto” se limita a presentar las funciones trigonométricas en lo relativo a las funciones periódicas (Fuenlabrada, 2001; Steward, 2018).

El andar de la hormiga como conjunto de situaciones didácticas experimentales.

El proyecto de innovación universitaria busca generar actividades atractivas para experimentar con ideas y conceptos matemáticos hasta llegar a representar una función periódica no tradicional, como una introducción al pensamiento funcional.

Las situaciones se inicial al intentar resolver un problema que genéricamente podemos enunciar como: *¿A qué distancia está la hormiga del vértice azul si recorre uno (o, más lados, dos, tres, cuatro...) del cuadrado unitario?*

Aunque pudiera parecer mentira, la primera dificultad que afronta el estudiante es trazar un cuadrado. Cuadrado que constituye el objeto material de la experiencia. Este puede ser ubicado en un pizarrón, en una hoja cuadriculada haciendo uso de la retícula, en una hoja en blanco empleando únicamente algunas dobleces del papel o en suelo del patio del centro educativo. Puesto que estas actividades se desarrollan dentro y fuera del aula sin que el soporte material varíe, incluso se fomentó la repetición de la experiencia dentro y fuera del aula. También, se contempló la simulación del cuadrado con un programa informático, por ejemplo, GeoGebra.

La secuencia de actividades cuando se plantea usando papel y lápiz se puede iniciar siguiendo alguna de las siguientes directivas:

- a) Dibujar un cuadrado en una hoja cuadriculada;
- b) Dibujar el cuadrado en una hoja cuadriculada, sin los lados paralelos a los bordes de la hoja;
- c) Dibujar un cuadrado en una hoja en blanco, usando reglas;
- d) Dibujar un cuadrado en una hoja en blanco, pero que no tenga los lados paralelos a los bordes de la hoja.

Si la secuencia se realiza en el patio de la escuela, se requiere utilizar escoba o palo para trazar, hilo para formar el cuadrado usando los clavos como vértices y gises. Si se utiliza

como soporte del cuadrado a la computadora se dibuja el cuadrado en la pantalla de la computadora usando GeoGebra o algún software similar.

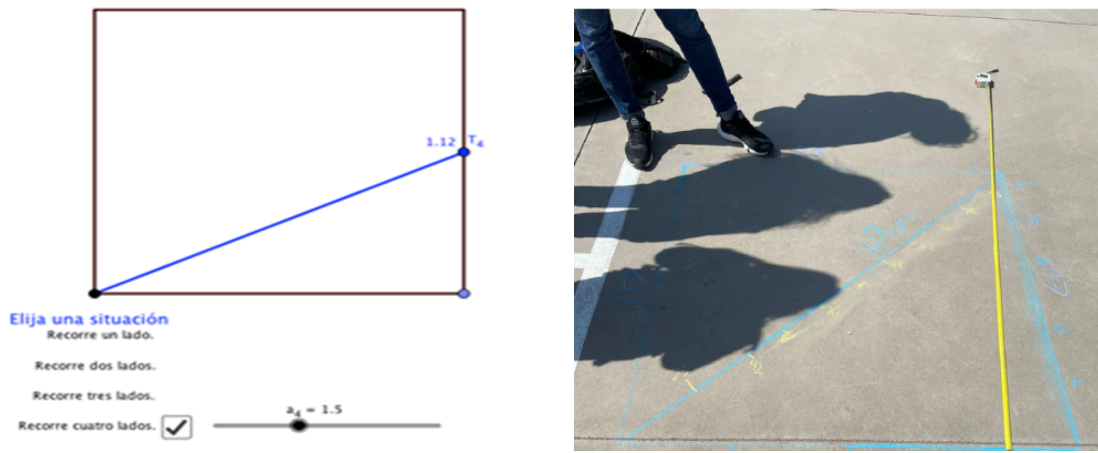


Figura 1. Diferentes escenarios para aplicar cada situación didáctica.

Con el fin de evitar reajuste de los datos obtenidos de la experiencia, se decidió que la captura de datos de la actividad se realizara mediante una guía que orienta a los estudiantes sobre los elementos que deben considerar y medir. Por ejemplo, el lado del cuadrado (con regla o con hilo), y luego cambiar el tamaño del cuadrado, además de identificar las propiedades del cuadrado y cómo empezar a medir el recorrido de la hormiga, fijando un punto inicial, ver figura 2.

1.2 Dibuje otro cuadrado con las mismas características pero más grande. Nuevamente identifique un punto inicial para hacer el recorrido de la hormiga. Complete la siguiente tabla de valores.

Cuadrado 1			
Lado 1	Lado 2	Lado 3	Lado 4
Cuadrado 2			
Lado 1	Lado 2	Lado 3	Lado 4

1.2 Dibuje otro cuadrado con las mismas características pero más grande. Nuevamente identifique un punto inicial para hacer el recorrido de la hormiga. Complete la siguiente tabla de valores.

- ¿Cuánto mide el lado del cuadrado? _____
 - ¿Los cuatro lados miden lo mismo? _____
 - ¿Cuál fue su estrategia para trazar el cuadrado? _____
-
- ¿Cumple su cuadrado con las propiedades de los ángulos para esta figura geométrica? _____
-
- ¿Cumple su cuadrado con las propiedades de paralelismo para esta figura geométrica? _____
-

EXPERIMENTO 0.3

Espacio recorrido por la hormiga	Distancia al punto marcado	Coordenadas del punto en el plano
0	0	(0,0)

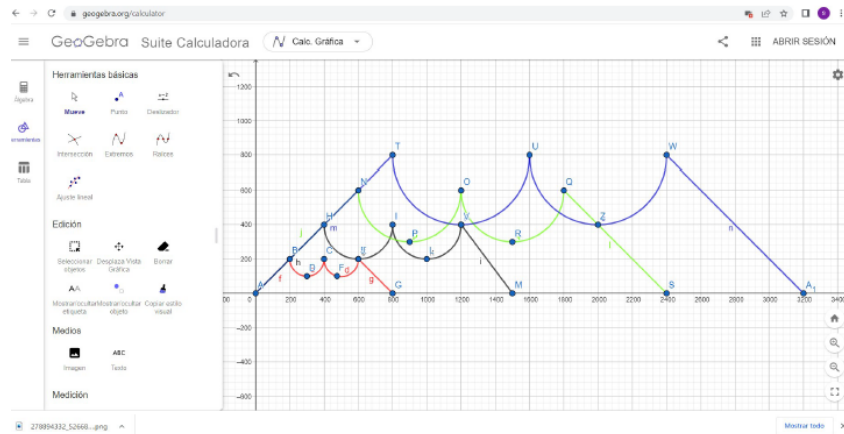


Figura 2. Formatos de captura de datos cuando se desarrolla la actividad.

En cada centro universitario, se planteó la primera de las actividades: Trazar un cuadrado en el patio de la escuela o algún lugar abierto para medir sus lados y posteriormente calcular el recorrido de una hormiga por esa figura geométrica, situando un vértice inicial y la dirección en la que se realizará el recorrido. Se remarca que en el movimiento de la

hormiga no se tiene en cuenta si se mueve o no en un determinado tiempo, que sólo interviene la posición alcanzada. De esta forma, los estudiantes se enfrentan a la problemática de dibujar un cuadrado respetando sus propiedades (ángulos iguales, lados paralelos y perpendiculares, medidas de los lados iguales), pero además a medir en diferentes sistemas de referencia (con o sin regla), en asociar la distancia con el recorrido de una hormiga y recordar el Teorema de Pitágoras para calcular distancias entre puntos, ver figura 3.

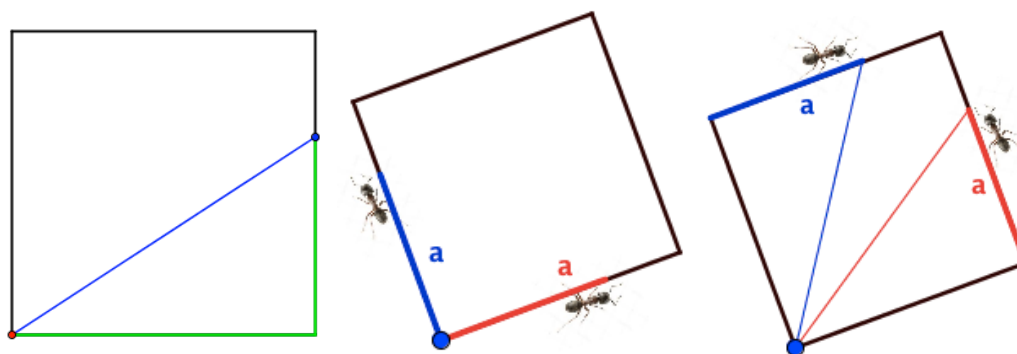


Figura 3. El andar de la hormiga por el cuadrado en diferentes contextos.

Un objetivo para el nivel universitario era que expresaran algebraicamente el andar de la hormiga por los diferentes escenarios. Si la hormiga andaba por un lado o por más, si salía de un vértice u otro. Para ello, había que experimentar la acción de medir en varios entornos, y decidir el sistema de referencia utilizable para graficar. Desde luego, lo principal era obtener las gráficas correspondientes a los lados recorridos una única vez. En esencia estas actividades conllevan a estudiar funciones definida por partes o trozos y su dominio correspondientes.

Otro objetivo era intentar expresar de las mismas formas que ocurría si se mantenía a la hormiga caminando sin parar. La descripción de esta situación conlleva al estudio de las funciones periódicas. Funciones que son abordadas en el contexto tradicional de una forma clásica, indicando de entrada el periodo.

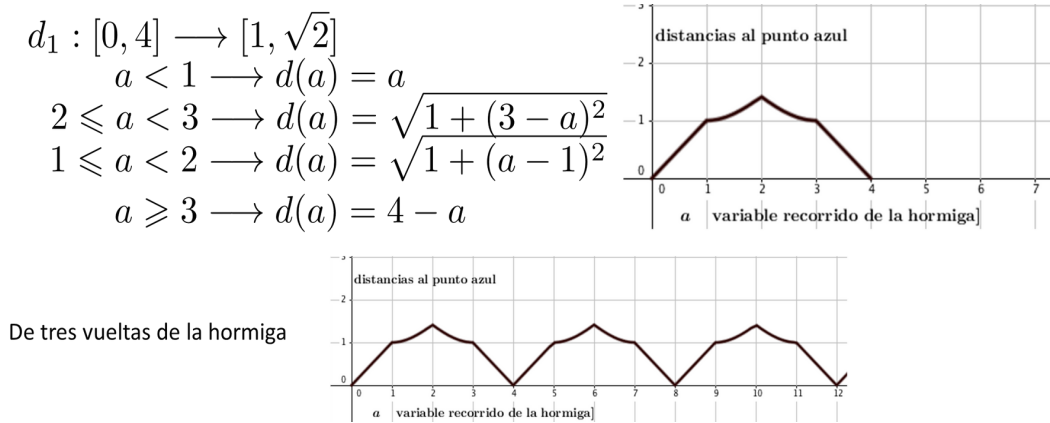


Figura 4. Expresión algebraica del andar de la hormiga en diferentes contextos.

Resultados de la Universidad Politécnica de Texcoco

En esta Universidad Politécnica, México, se imparte Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, tiene como finalidad estudiar la forma en que se transmiten y manipulan las señales, por lo que entender la función periódica es imprescindible (UPTex, 2022).

Se instrumentó la intervención didáctica con dos grupos; el grupo matutino (2MIE1) conformado por 24 alumnos y el vespertino (2VIE2) conformado por 22 alumnos. Con el grupo 2MIE1, la actividad se desarrolló en línea debido a posibles contagios de Covid en ese grupo. Se dieron todas las indicaciones en vivo mediante Microsoft Teams, y posteriormente los alumnos realizaron la actividad doblando hojas para formar un cuadrado y contestando al cuestionario guía como se aprecia en las figuras 5 y 6.

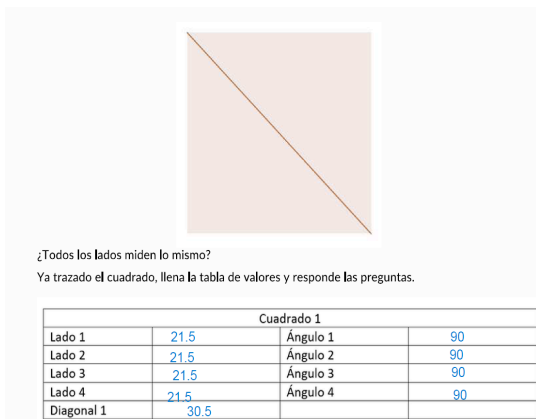


Figura 5. Actividad con doblando papel



Figura 6. Actividad vía remota

Con el grupo 2VIE2 se dieron las indicaciones oportunas en el aula. Posteriormente, los estudiantes se trasladaron al patio donde trazaron su cuadrado en el suelo de pasto (hierba) o en el suelo de concreto (cemento) según se aprecia en las figuras 7 y 8. En este grupo se formaron espontáneamente diversos equipos de 5 o 6 integrantes y dichos grupos admitieron sugerencias ante algunas cuestiones.

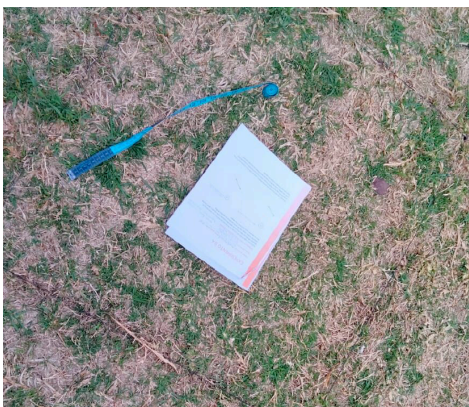


Figura 7. Actividad en el patio (césped)



Figura 8. Actividad presencial

Los datos relativos al grupo 2MIE1 indican que todos los estudiantes realizaron los dobleces adecuadas con hojas blancas para obtener un cuadrado. Rellenaron los datos solicitados en el cuestionario guía, pero no llegan a una proto-representación algebraica ni a una proto-gráfica de la función que modela el problema. En realidad nos llamó la atención que cuando se les cuestiona estos hechos, en ningún caso llegaron a realizar los procesos de abstracción y sólo trataron la cuestión mediante una expresión verbal. Es claro que en esta muestra los estudiantes universitarios no superaron las expectativas puestas en ellos. Consciente de ello, y de que eran universitarios, se decidió que realizaran nuevamente la actividad conformando equipos de 5 a 6 integrantes y saliendo al patio a trazar el cuadrado para contestar el cuestionario guía; cuando se pudo.

En esta nueva experimentación, se obtuvo cada cuadrado y se verificó que lo creado cumplía las propiedades que tiene un cuadrado, a pesar de tratar con una superficie no uniforme constituido por una extensión de pasto del jardín. Igualmente nos sorprendió la actitud de los estudiantes puesto que procedieron a realizar el recorrido de manera física alrededor del cuadrado, tomar medidas y registrar en la tabla de anotaciones en la guía o en un cuaderno.

Destacamos de este grupo el hecho de que en medio de la experimentación, interactuaban constantemente entre ellos, y si alguna vez consultaban a la profesora entonces volvían a debatir en grupo paso a paso hasta lograr el objetivo funcional deseado, vease figura 11.

Se debe destacar que la actuación principal de la profesora se limitó a registrar sus observaciones relativas a los equipos, realizando anotaciones de una forma que se había elaborado ex profeso para ello. Ante la ausencia de otro profesor de la institución que pudiera jugar únicamente el rol de observador, la profesora actuó como profesor y observador, pues era mejor actuar así que abandonar la experimentación.

Como se ha dicho los estudiantes acudieron a la profesora, y esta dió algunas sugerencias respecto a diferenciar recorrido de la hormiga y distancia al punto marcado, y cierto ayuda a la hora de expresar de manera algebraica la relación.

En una segunda sesión complementaria en el aula, los estudiantes realizaron la actividad en hojas blancas y llegaron a la expresión algebraica de la función periódica.

Resultados de la Universidad Autónoma del Estado de México

En la Universidad Autónoma del Estado de México se imparte Ingeniería en Computación. Además, en el marco de la materia de Métodos Estadísticos del segundo semestre, se tiene la finalidad de realizar un experimento como parte de su formación como ingenieros. Para ello, se instrumentó una intervención didáctica con el grupo matutino (ICO 4) conformado por 34 alumnos. La actividad fue la secuencia experimental de actividades de la hormiga, que se desarrolló de forma presencial. Para ello, se dieron las indicaciones en el aula y posteriormente los equipos de 5 o 6 componentes se trasladaron al patio para experimentar en el concreto una vez trazado cada cuadrado, vease la figura 12.

Los estudiantes procedieron a realizar el recorrido de la hormiga, medir recorridos y distancias al punto ar medidas, además, de registrar esos datos en la tabla, ya sea en la guía o en cuaderno.



Figura 12. Actividad en el patio.



Figura 13. Actividad en el aula

Ante la premura de tiempo al realizar la actividad en el patio, el grupo ICO 4 tuvo que retomar la experimentación en una clase posterior dentro del aula. Se observó la necesidad de construir, nuevamente, los elementos trazando; el cuadrado en soporte hojas de papel e, incluso, realizaron algunos esquemas en el pizarrón (figura 13).

Al final de la experiencia un equipo fue capaz de realizar una simulación sobre computador al hacer uso de GeoGebra.

Todos los equipos y en todos los casos cumplieron sus cuestionarios guía. Además, la necesaria discusión grupal permitió fijar las representaciones algebraica y gráfica de la función de una vuelta y de la función periódica. Ya hemos dicho un equipo elaboró una simulación parcial en GeoGebra como se muestra en la figura 14.

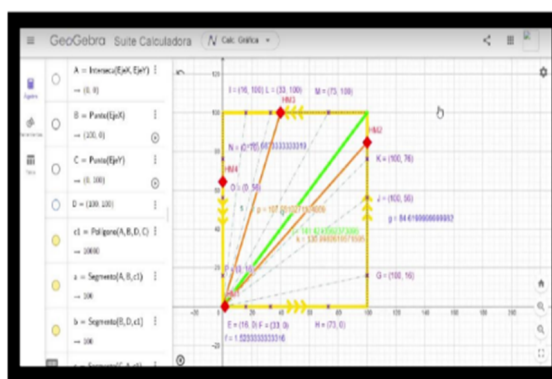
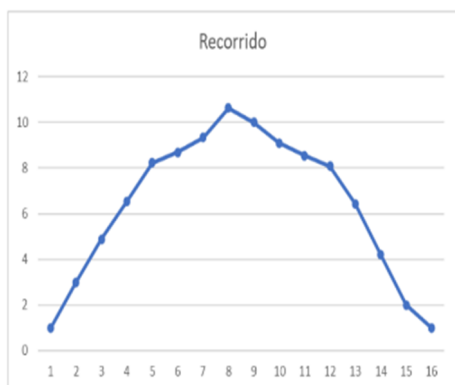


Figura 14. Gráfica de los puntos que representan la distancia y simulación en GeoGebra.

La intervención de la profesora se limitó a realizar el registro de sus observaciones en el formulario dado. Igualmente, la profesora juega el papel de profesor y observador al mismo tiempo al no disponer de otro profesor con el rol de observador. Da sugerencias respecto a cómo diferenciar entre distancia y recorrido y expresar de manera algebraica la relación.

Con este grupo fue posible explorar lo que sucede cuando la hormiga da una, dos y tres vueltas al cuadrado, obteniendo una gráfica semejante a la que se presenta en la figura 15 y la representación algebraica del comportamiento para cada lado del cuadrado.

Se retomó la actividad cuando realizaron el cuadrado doblando una hoja blanca, para lograr llegar a expresar la función algebraica del recorrido de la hormiga alrededor del cuadrado como una función periódica por sí mismos.

REPRESENTACION DE LAS 4 VUELTAS HECHAS POR LA HORMIGA EN UN MISMO PLANO

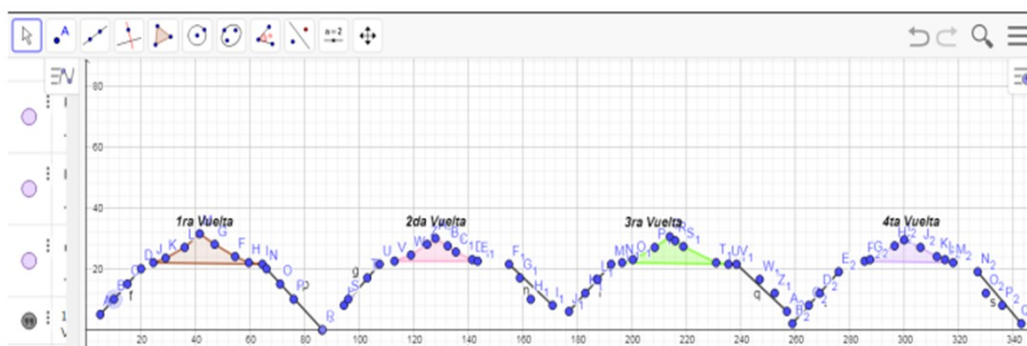


Figura 15. Gráfica de la distancia de la hormiga que recorre cuatro vueltas.

Finalmente, en una tercera clase se discutió con el mismo grupo los casos cuando elaboran dos cuadrados de distintos tamaños. Se les pidió que tomaran medidas, que determinaran su sistema de referencia y que realizaran la representación gráfica en GeoGebra; ver figura 16.

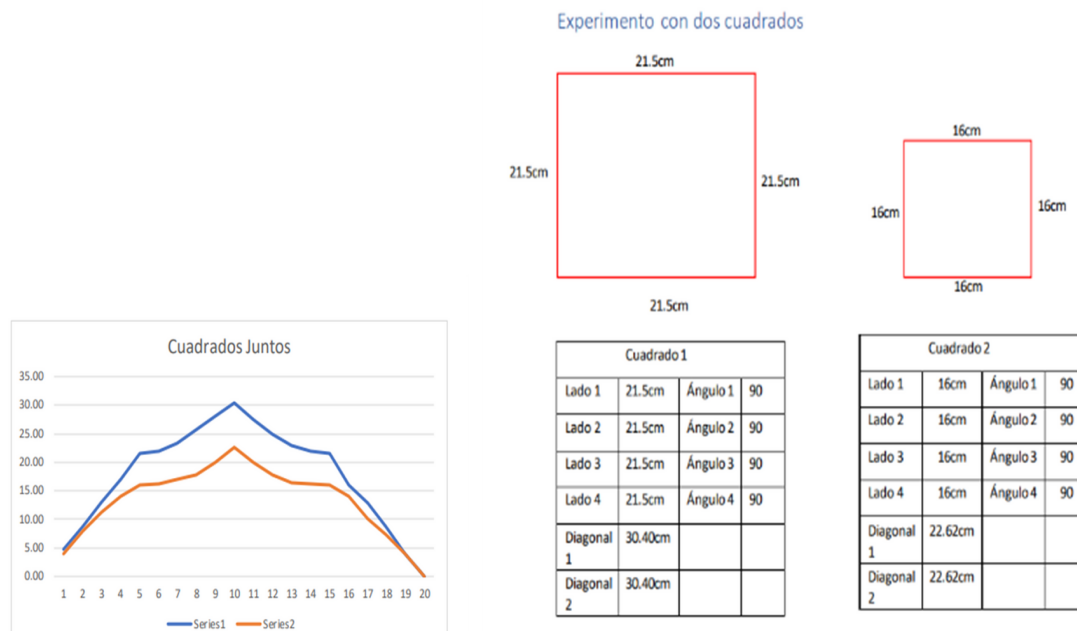


Figura 16. Recorrido de la hormiga en dos cuadrados de diferente tamaño

Primeras Conclusiones

La experiencia con estudiantes universitarios muestra la necesidad de hacer este tipo de actividades de carácter lúdicas puesto se detectan que no están aprendiendo correctamente algunas cuestiones relativas a función. Dichas actividades son pensadas para que los estudiantes transformen su trabajo con objetos concretos en conocimiento sobre objetos abstractos, haciendo uso de los distintos registros semióticos de representación.

A pesar de la edad de los estudiantes y del nivel educativo que cursaban, éstos se prestaron a realizar los recorridos físicos de la hormiga en el patio. Estas actividades evidenciaron que no son superfluas y, aunque sean actividades elementales, son necesarias para detectar deficientes aprendizajes del concepto de función. En las figuras 14 y 16 se detectan algunos aprendizajes deficientes. Por ejemplo, en la figura 14 se observa una notable deformación de la gráfica debido a la captura incorrecta de datos métricos y de la forma de representación, además de un inadecuado factor de escala de los ejes de coordenadas. En la figura 16 se detecta la falta de comprensión del dominio de la función, dejando la expresión algebraica sin sentido. Por ejemplo, se puede observar que el dominio de las dos gráficas tienen el mismo dominio, cuando en realidad son distintos dado que los lados de los

cuadrados son distintos. Es evidente que las funciones periódicas obtenidas por los estudiantes no se correspondían totalmente con los cuadrados de la experimentación.

Además, de los fallos detectados indicados existieron algunos mas o menos importantes. Otra cuestión es que fue necesario incentivar procesos de abstracción puesto que no se producía espontáneamente. Fueron auxiliados con diversas sugerencias de la profesora con el fin de que llegaran a obtener la expresión algebraica de la función patron de la función periódica.

Los estudiantes de Ingeniería en Computación recurrieron a simular el cuadrado en GeoGebra, mientras que los de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones se mantuvieron registrando datos en las guías y la libreta. En cualquier caso los resultados no parecen tan buenos como su nivel educativo indica. Visto esto, no podemos asegurar que las dificultades que tengan estos estudiantes con las asignaturas de matemáticas en el curso universitario sean cuestiones sin interés didáctico. Así pues, se hace necesario disponer de actividades de este tipo para que surgan los saberes sin enmascaramiento universitario.

Es cierto que las condiciones e infraestructuras de cada universidad importan para facilitar el desarrollo de las intervenciones didácticas, pero no es realmente importante. Sin duda, hay que considerar en la guía de exploración esas condiciones y esas infraestructuras como una variable de análisis, puesto que hacer las actividades en el suelo o en pasto dificulta la instrumentación métrica en relación a las condiciones del climaticas.

Se encuestó a toda las poblaciones de estudiantes de forma que pudieron contestar de forma cualitativa a cuestiones como:

- a) Si se divirtieron con la actividad.
- b) Si aprendieron algún contenido de matemáticas.
- c) Si todo el equipo participó.
- d) Si tuvieron los materiales suficientes.
- e) Si tenían sugerencias.

Se rozó el 100% de respuestas afirmativas en cada apartado. Es decir, se divirtieron mucho con la actividad y la hicieron sin ninguna presión. Declararon que aprendieron algunas cuestiones sobre la representación funcional y periódica del andar de la hormiga. La libertad de actuación hizo que todos los componentes de cada equipo participaron ejecutando roles específicos como registrar o graficar y otros hicieron el cuadrado, aunque posteriormente se intercambiaron esos roles. Declararon la suficiencia de los materiales en la experimentación fuera del aula.

Sorprendentemente indicaron que al hacer el recorrido físico de la hormiga, resultaban más claros los conceptos que si sólo trabajaba con la hoja de papel. Entendían que salir al patio generaba un ambiente mejor para aprender matemáticas.

Sugirieron buscar superficies planas, fuera del pasto, para realizar las actividades. Superficies que estén a la sombra y disponer más tiempo para desarrollar las actividades con mayor tranquilidad. Ahora bien, en lo que todos estuvieron de acuerdo es que consideraban que deberían realizar más actividades de este tipo con otras cuestiones matemáticas.

Este tipo de intervención innovadora permite a los estudiantes, a pesar de ser ya universitarios, un acercamiento lúdico, incentiva la reflexión sobre lo que sucede en la situación en concreto de modelar el recorrido de la hormiga en el cuadrado y definir una función que mida la distancia. Se fomentan procesos de abstracción para llegar a una representación del fenómeno en diversos registros de representación: gráfico, tabular, algebraico y aritmético, detectando las dificultades en cada registro para lograr el objetivo de la tarea.

La profesora sugiere e indica la necesidad de experimentar con más actividades de este tipo y hacerlo gradualmente ante la falta de algunos conocimientos previos en los estudiantes. Lo que fue generalizado es el gusto por la actividad, lo divertido y desafiante que resultó para docente y estudiantes.

En cuanto a la evolución de la experimentación y el trabajo para el 2023, está en preparación emplear estas estrategias innovadoras en algún centro de Enseñanza

Secundaria de España y otros de en Andorra. Se desarrollará un taller para desarrollar los recorridos de la hormiga en Centros de Formación de Profesores o Escuelas Normales Superiores de México. También se está planeando repetir la experiencia en centros del nivel Medio Superior en el Estado de México, se están gestionando las intervenciones.

Queremos destacar que en el curso 2021-22 se realizó una intervención didáctica de la hormiga en la asignatura de Trabajo de Fin de Grado del grado de Matemáticas que se cursa en la Universidad Nacional de Educación a Distancia de España, UNED, fruto del cual un estudiante analizó el recorrido periódico de la hormiga por tres cuadrados unidos, y redactó la imprescindible memoria, obteniendo puntuación máxima.

Referencias

- ANIEM. (2022). Taller Matemáticas visibles. Disponible en: <http://asociacion-aniem-blogspot.com/2022/03/Matematicas-Visibles.html>.
- Delgado, M. y Martínez, M. (2022). Una propuesta para dinamizar actividades didácticas multinivel en el aula. EICAL 13. <https://www.youtube.com/watch?v=MxNAsE3sSMc&t=3s>
- Delgado, M. y Martínez, M. (2021). Uso de herramientas tecnológicas para el estudio de funciones con gradualidad de dificultad. EICAL 12. <https://eical12.recacym.org/programa/>
- Delgado, M. y Martínez, M. (2021b). Construcción de funciones andando. Quintas Jornadas de Experiencias e Innovación Docente en Estadística y Matemáticas. EXIDO 2021. <https://extension.uned.es/actividad/25289&idioma=en>
- Delgado, M. y Martínez, M. (2020). Explorando funciones con simuladores. EICAL 11. <https://recacym.org/eical11/talleres/>
- Fuenlabrada, S. (2001). Cálculo diferencial. México: McGraw Hill.
- Steward, J. (2018). Cálculo de una variable. USA: Cengage.
- UAEMex. (2022). Plan de Estudios de Ingeniería en Computación. Disponible en: <http://dep.uaemex.mx/portal/oferta.php?doc=planes>
- UPTex. (2022). Plan de Estudios de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. Disponible en: <https://uptexcoco.edomex.gob.mx/ingenieria-electronica>