



Enseñar Matemática con juegos digitales: un estudio de caso con *Triángulo Rescate*

María Rita **Otero**

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
Argentina
rotero@niecyt.exa.unicen.edu.ar

María Paz **Gazzola**

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Argentina
mpgazzol@niecyt.exa.unicen.edu.ar

María Cecilia **Berezaga**

Argentina
cecilia.berezaga@gmail.com

Resumen

Se adoptó el enfoque Digital Game-Based Learning (DGBL) y se diseñó e implementó una secuencia didáctica para enseñar las relaciones métricas del triángulo rectángulo, basada en el juego digital Triángulo Rescate, en un curso de una escuela secundaria pública de Argentina. Se describieron y analizaron las actividades de los estudiantes y del docente en cada tarea de la secuencia. Los resultados indican que el juego promueve la participación activa de todos los estudiantes en clase, quienes utilizan, justifican y aplican la semejanza de triángulos y las relaciones métricas del triángulo rectángulo a nuevas situaciones que ellos crean.

Palabras clave: Aprendizaje basado en juegos digitales; Escuela secundaria; Matemática.

Introducción

El Digital Game-Based Learning (DGBL) es un enfoque basado en el uso de juegos digitales para enseñar y aprender, que ha surgido recientemente como un área de investigación en educación (Byun & Joung, 2018). Suele destacarse que el DGBL proporciona a los estudiantes entretenimiento, alegría, reglas, objetivos, resultados y retroalimentación, sentimientos de éxito, desafíos, posibilidad de resolver problemas, interacción social y emocionalidad (Prensky & Thiagarajan, 2007). Al disfrutar aprendiendo y sentirse desafiados los alumnos aumentan su autoeficacia y persistencia en el aprendizaje (O'Rourke et al., 2017). La Matemática es una disciplina clave en la educación secundaria y superior porque aporta conocimientos básicos para otros dominios tales como la ciencia, la ingeniería o la tecnología. Sin embargo, para muchos estudiantes los cursos de Matemáticas son difíciles, están llenos de dificultades y riesgos, porque los exponen a posibles calificaciones bajas, razón por la cual, ellos suelen experimentar experiencias intensas de estrés y ansiedad (Roick & Ringeisen, 2018).

Los juegos digitales ofrecen una alternativa a las formas tradicionales de enseñanza, centradas en el docente, tornando el aprendizaje más agradable y motivando a los alumnos (Siew, 2018; Es-Sajjade & Paas, 2018). El DGBL también se asocia con las denominadas habilidades propias del siglo XXI, tales como el pensamiento crítico, la creatividad, el modelado, la resolución de problemas, la colaboración, la comunicación y la alfabetización digital (Gee, 2005; Williams-Pierce, 2019). Otra ventaja de los juegos educativos es que permiten disfrutar de aprender, así como afrontar las dificultades y superar los desafíos que demandan concentración, seguridad en uno mismo y paciencia, actitudes cruciales para la educación superior y a lo largo de toda la vida (Liu et al., 2021).

En las investigaciones de Gazzola y Otero, 2023 a, b; Otero et. al, 2023, 2024, se analizó por medio de encuestas y entrevistas semiestructuradas, cómo los profesores enseñan los ciertos contenidos involucrados en juegos digitales y con qué recursos lo hacen. Los resultados indican que la forma tradicional de enseñar Matemáticas y las concepciones epistemológicas de los profesores, están relacionadas con las reticencias y dificultades que ellos manifiestan para usar los juegos en sus clases. Así, cuando se les pregunta específicamente ¿cómo emplearían los juegos en la clase de Matemática? los profesores indican mayoritariamente que los usarían para ejercitar a los estudiantes, después de haber enseñado de la manera habitual. Es decir, los docentes consideran que ellos deben proporcionar a los estudiantes las definiciones, aplicaciones y ejercicios, antes de permitirles jugar. Además, esto se acopla con ciertas ideas implícitas de los docentes, que opondrían la actividad matemática escolar con la actividad de jugar (íbid).

En este trabajo nos proponemos describir y analizar el uso de juegos digitales en la enseñanza-aprendizaje de la Matemática, tanto desde la perspectiva del estudiante como del profesor. Se busca utilizar la potencialidad de los juegos digitales en el aula, en equilibrio con una enseñanza de tipo constructivista. Así, buscando dicho equilibrio, diseñamos una secuencia didáctica para enseñar las relaciones métricas del triángulo con el juego digital Triángulo Resgate (Gomes et al., 2022) creado por el equipo V-Lab-UFPE de Brasil. Este grupo desarrolló más de cincuenta juegos digitales gratuitos sobre Matemáticas y ciencias que corren en teléfonos móviles y pueden usarse con o sin internet. Cada uno de ellos se acompaña de una guía didáctica para el profesor y de links a numerosos recursos digitales constituyendo lo que denominamos un Recurso Educativo Digital (RED). Los RED se diseñaron según los criterios de la Base Nacional

Común Curricular (BNCC) de Brasil y fueron evaluados con respecto a la jugabilidad, aplicabilidad y experiencia de usuario y también al diseño y la representación visual (Queiros, et al. 2022). Actualmente se los está utilizando y testeando en las aulas de Matemáticas y ciencias en instituciones escolares de Brasil y Argentina. Triángulo Resgate es un juego digital diseñado para ayudar a los estudiantes/jugadores a aprender las relaciones métricas de un triángulo, las razones trigonométricas y los teoremas del seno y del coseno. En este trabajo, presentamos una primera versión de una secuencia didáctica sobre las relaciones métricas del triángulo empleando Triángulo Resgate y describimos algunos resultados parciales de su implementación piloto en una escuela pública de Argentina.

Triángulo Resgate

El juego Triángulo Resgate está ambientado en un tablero interactivo que representa el fondo del mar y en donde se encuentran, por un lado, una especie marina que debe ser rescatada, y por el otro un peixorro (una combinación de pez y perro) que es una suerte de héroe para salvar a dicha especie. A partir de un triángulo (Figura 1, izquierda) con un valor desconocido que se corresponde con el segmento que conecta los peixorros y la vida marina, el usuario debe encontrar dicho valor para avanzar de nivel. Para ello, dispone de tres ecuaciones que representan relaciones entre los elementos del triángulo y debe identificar y elegir la que permite hallar el valor desconocido. Al seleccionar la ecuación elegida se despliega una nueva pantalla (Figura 1, derecha), y el usuario debe ingresar todos sus coeficientes por medio de un teclado numérico disponible en la interfaz (incluido el valor desconocido).

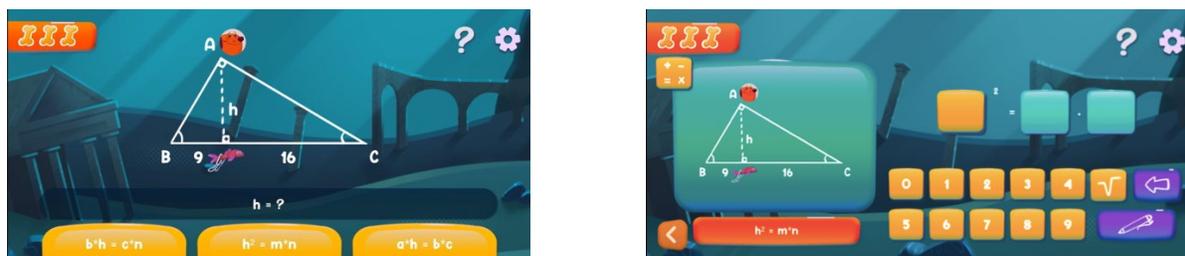


Figura 1: Pantalla principal y Pantalla emergente (Nivel1).

Metodología

La implementación de la secuencia se realizó en 4to año de una escuela secundaria pública en argentina, en un curso de 20 alumnos de entre 14-15 años de edad, en cuatro clases de dos horas cada una. La profesora a cargo del curso participó del diseño de la secuencia junto con el equipo de investigación. Los estudiantes nunca habían participado en un aula donde se emplea un juego digital y tampoco habían estudiado ni la semejanza de triángulos ni las relaciones métricas del triángulo rectángulo. Los estudiantes fueron informados de que se estaba desarrollando una investigación y se obtuvo el consentimiento correspondiente. El corpus de datos se compone del registro de las respuestas escritas de los estudiantes a las tareas propuestas, las notas del campo del profesor y el registro audiovisual de las puestas en común durante las clases. En este trabajo nos enfocamos en el análisis del desarrollo de la secuencia que integra el juego digital Triángulo Resgate en la clase, y su funcionamiento, para mejorarla y readaptarla a futuras implementaciones.

Secuencia Didáctica

La secuencia se diseñó para enseñar las relaciones métricas del triángulo con el juego digital antes mencionado y consta de cinco tareas:

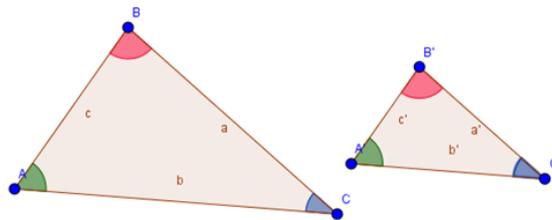
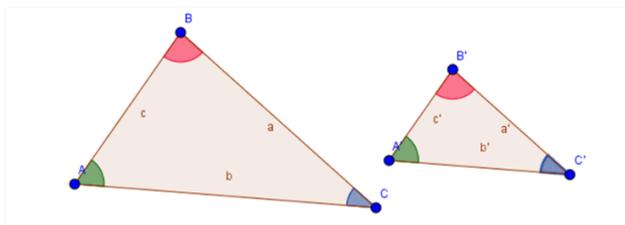
Tarea 1

Con el Juego Triángulo Rescate que tienes en tu celular, intenta pasar los primeros 5 niveles de “Triángulo Resgate”.

Reconociendo los ángulos congruentes y los lados homólogos proporcionales entre dos triángulos cualesquiera, analizar su semejanza.

Tarea 2

“En los triángulos semejantes los ángulos son respectivamente congruentes y los lados homólogos proporcionales”. Por lo tanto, si dos triángulos tienen ángulos iguales, son semejantes.



Ángulos congruentes

$$\hat{A} \cong \hat{A}' \quad \hat{B} \cong \hat{B}' \quad \hat{C} \cong \hat{C}'$$

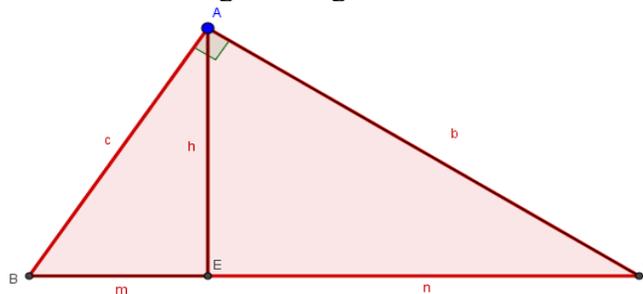
Lados homólogos

$$a \sim a' \quad b \sim b' \quad c \sim c'$$

Si los triángulos fueran rectángulos ¿cómo se pueden generar triángulos semejantes?

Tarea 3

A partir del triángulo ABC en Triángulo Resgate



¿Cómo podríamos probar que los triángulos de la figura son semejantes?

Tarea 4

A partir de los triángulos semejantes considerados: ¿Cómo podríamos justificar las fórmulas que se usan en el juego?

Tarea 5

Crea y diseña nuevos niveles de un juego *Triángulo Resgate* en un soporte no digital.

Resultados

Tarea 1

En la primera clase se resolvió la Tarea 1. Los estudiantes jugaron individualmente los cinco primeros niveles secuenciales del juego, referidos a las relaciones métricas del triángulo. Los alumnos avanzaron individualmente a su ritmo con el apoyo de la calculadora. Los protocolos muestran que los estudiantes resuelven cada nivel identificando los elementos conocidos y reemplazándolos en la fórmula calculan el valor desconocido ya sea mentalmente o con la calculadora. Además, realizan la verificación como se observa en las Figuras 2 y 3.

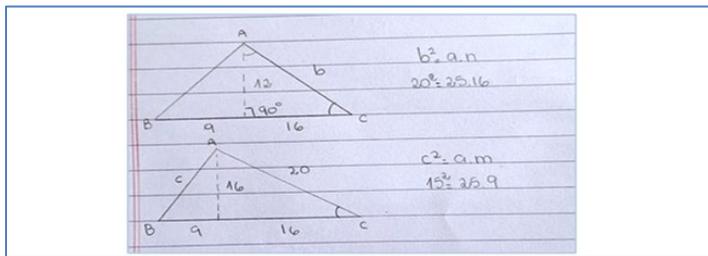


Figura 2: Protocolos de respuesta al primer nivel.

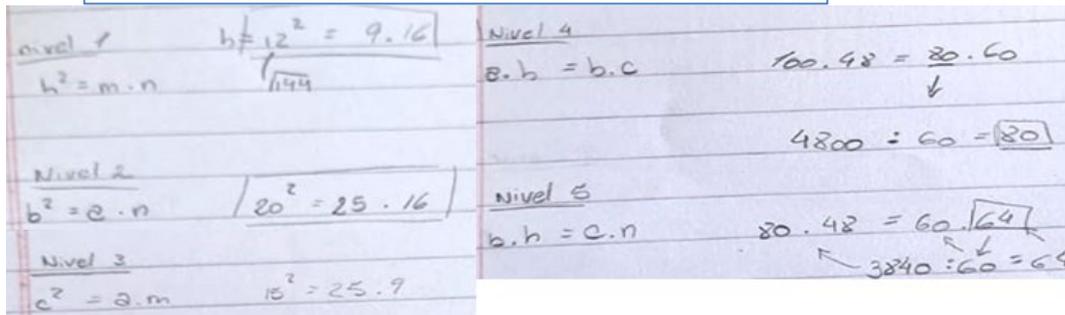
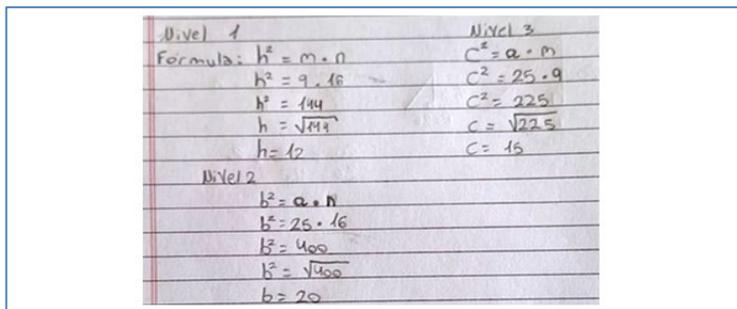


Figura 3. Solución de los niveles 1, 2 y 3 de Triángulo Resgate.

Luego, se realizó una puesta en común acerca del objetivo del juego, para conocer si el funcionamiento del mismo les había resultado difícil entender y si les había gustado esta forma de trabajo. Los alumnos expresaron su agrado por el juego y mencionaron claramente el objetivo: “rescatar a los peces atrapados”, para lo cual era necesario calcular los lados de un triángulo rectángulo con las informaciones disponibles y decidiendo qué fórmulas aplicar en cada caso.

Tarea 2

En esta tarea los alumnos estudiaron la definición de semejanza en general e identificaron los ángulos congruentes y los lados homólogos entre triángulos semejantes. El profesor preguntó Q1: “Dado un triángulo rectángulo ¿cómo se pueden construir triángulos semejantes a él?”. Los estudiantes propusieron trazar rectas paralelas a cada uno de los lados del triángulo. De este modo, comprobaron que se podían construir otros triángulos que, si bien tenían lados de medidas diferentes, conservan los ángulos y las razones entre los lados. La Figura 4 muestra algunos protocolos con las construcciones y las proporciones entre los lados homólogos realizadas por los estudiantes.

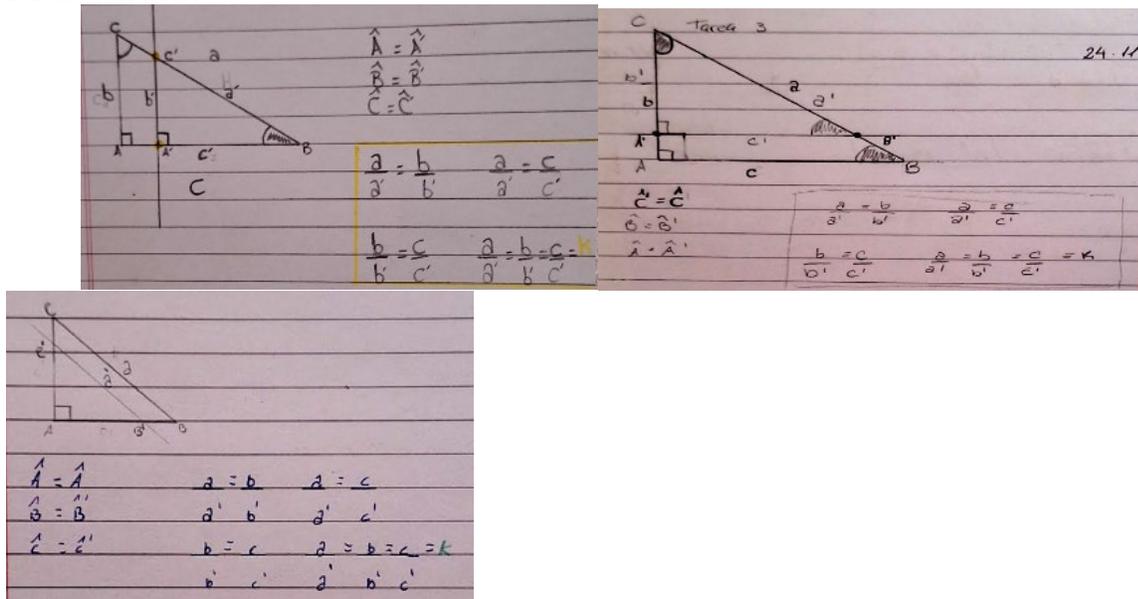


Figura 4. Construcciones y justificación de triángulos semejantes

Además de expresar las razones de manera general, los estudiantes propusieron ejemplos especificando las medidas de los lados como se muestra en la Figura 5:

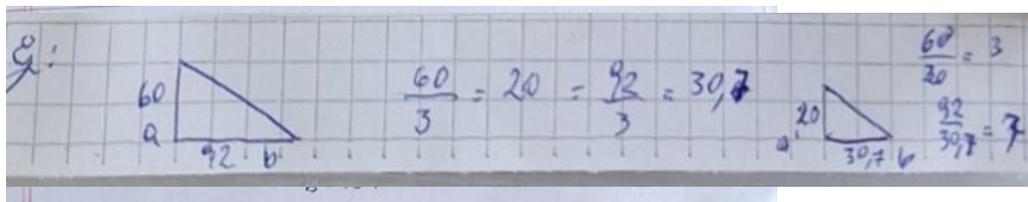


Figura 5. Ejemplos de triángulos semejantes específicos propuestos por los estudiantes

Tarea 3

Para responder a la pregunta Q_3 : ¿Cómo podríamos probar que los triángulos de la figura son semejantes? se propone regresar al juego *Triángulo Resgate* para analizar los triángulos allí propuestos y establecer su semejanza, escribiendo las proporciones entre los lados. En la pantalla del juego, el triángulo se encuentra apoyado sobre el lado mayor, que es la hipotenusa. Por esta razón, se propuso a los estudiantes replicar dicho triángulo en papel para facilitar la identificación y denotación de los elementos homólogos de triángulos en diferentes posiciones. Los estudiantes recortaron los triángulos y los manipularon para reconocer los ángulos congruentes, a los cuales identificaron por medio de colores como se muestra a continuación en la Figura 6:

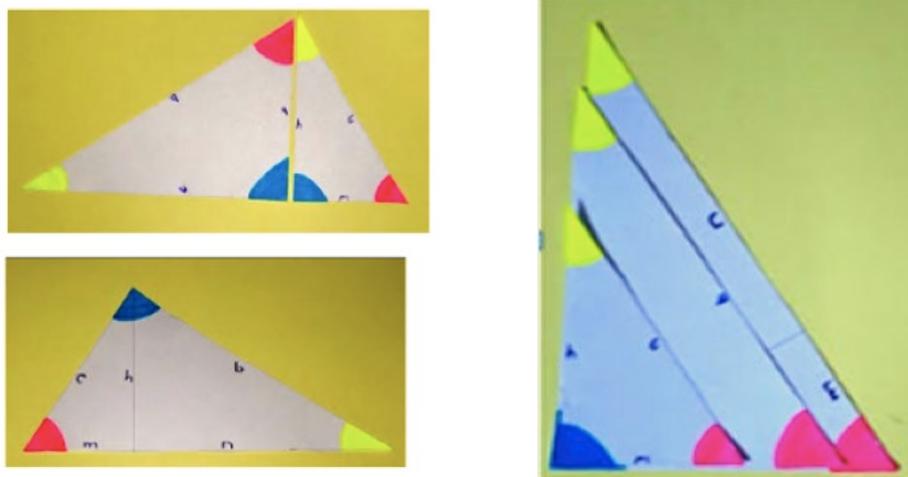


Figura 6. Manipulación de los triángulos en papel.

La Tarea 4 consiste en obtener las fórmulas de las relaciones métricas empleadas para superar los cinco primeros niveles del juego. Si bien inicialmente, a los estudiantes esto les resultó poco familiar, porque lo habitual es que las fórmulas las imponga el profesor sin justificación, ellos reconstruyeron las proporciones pertinentes para obtener las mismas fórmulas propuestas en el juego.

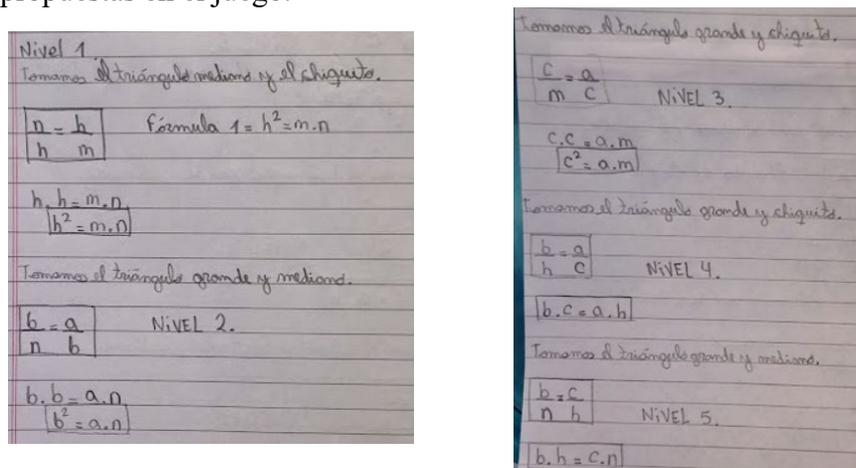


Figura 7. Deducción de las relaciones métricas.

En la Figura 7 se observa que los estudiantes se refieren a los triángulos de papel construidos en la Tarea 3 (Figura 6) para escribir las proporciones entre los lados homólogos. Ellos eligen los pares de triángulos apropiados, que involucran a los lados presentes en las fórmulas. Finalmente, en la Tarea 5, durante la cuarta clase, los alumnos crearon su propio juego, empleando ítems similares a los del juego digital. Estos nuevos ítems fueron diseñados por ellos con tarjetas, además definieron las reglas para jugar en clase. Los ítems fueron resueltos y desarrollados en la carpeta y luego, los estudiantes crearon las tarjetas, en las cuales deliberadamente omitieron la solución. Esta tarea se llevó a cabo en nueve grupos de dos estudiantes cada uno. Cuatro grupos de estudiantes generaron tarjetas muy similares a las que proponía el juego. En la Figura 8, se muestran tarjetas con triángulos en la misma posición del juego original.

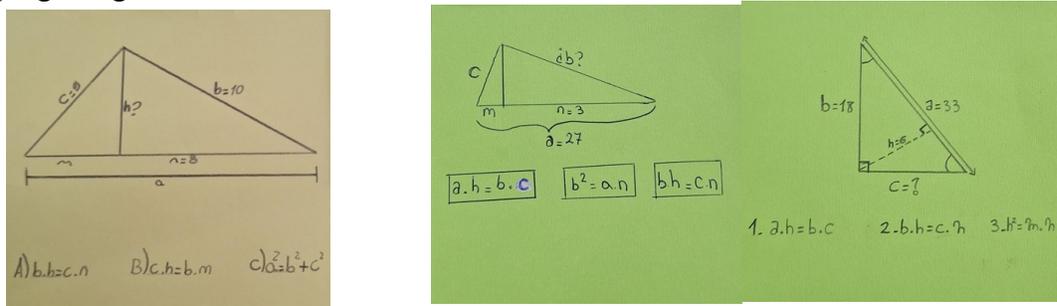


Figura 8. Tarjetas con triángulos en la misma posición que los del juego.

La Figura 9 muestra que, para armar las tarjetas del juego, los estudiantes eligieron cuáles serían los valores conocidos y en función de ello, seleccionaron tres fórmulas posibles para ser parte de la tarjeta y descartaron otras.

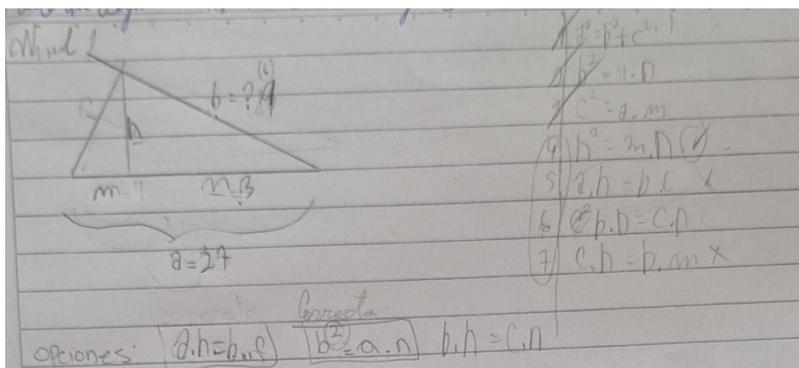


Figura 9. Solución del ítem para el juego y propuesta de la tarjeta.

Por otro lado, los cinco grupos restantes, establecieron además del anterior, otro grado de dificultad en las tarjetas que propusieron. En este último modificaron las posiciones de los triángulos propuestos, para producir un mayor nivel de dificultad. Los triángulos no se encuentran “apoyados” sobre uno de sus lados, sino sobre algún vértice. Por ejemplo:

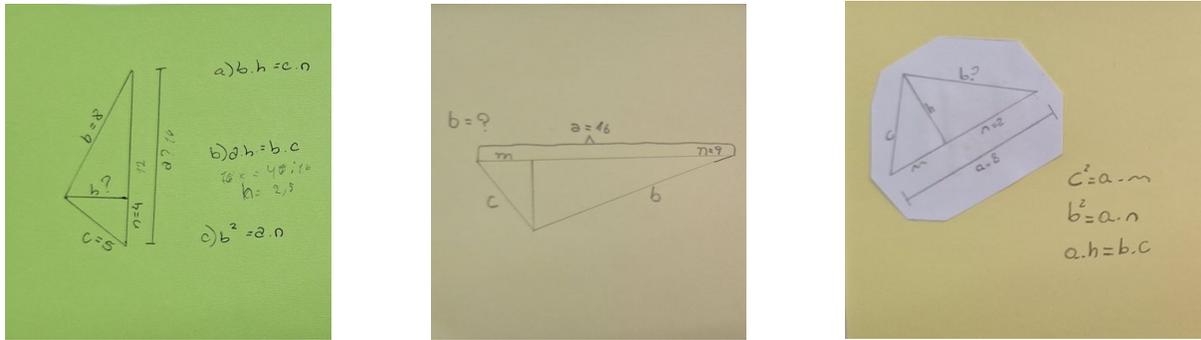


Figura 10. Tarjetas con los triángulos rotados.

En la Figura 10 se muestra que algunos estudiantes, realizaron primero el triángulo en un papel y luego lo pegaron rotado. En la Figura 11, se observa que el estudiante rota el triángulo propuesto para el nivel 1 y nivel 2 del juego.

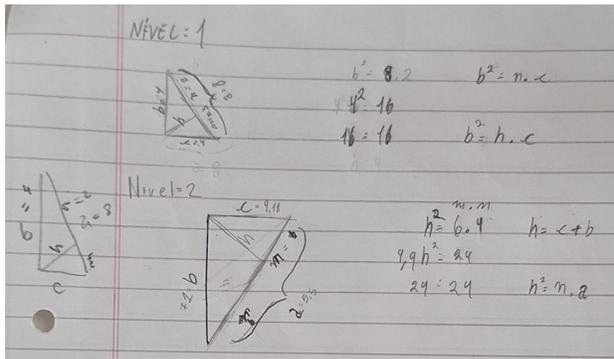


Figura 11. Soluciones para triángulos rotados, respecto del nivel 1 y 2 del juego.

Si bien durante el desarrollo de la tarjeta, los estudiantes resolvieron el caso que iban a proponer, es decir que, ellos conocen previamente la solución esperada, tienen que elegir como elementos distractores, el resto de las fórmulas que colocarán en la tarjeta, sabiendo que no son las apropiadas. Estas son acciones cognitivas y metacognitivas, ya que los estudiantes consideran las dificultades y posibilidades para otros sujetos, que no son ellos. Esto revela su conocimiento de las relaciones métricas y su capacidad de aplicarlas en nuevas situaciones, más complejas que las contenidas en el juego. Finalmente, los estudiantes jugaron entusiastamente con las tarjetas y reglas generadas por ellos. Esta última tarea, resultó entonces una actividad de síntesis, evaluación y ejercitación apropiada, pues los estudiantes quieren ganar el juego, y esto no puede hacerse sin el conocimiento pertinente. Además, la acción de crear las tarjetas, opera como una evaluación de lo aprendido en la secuencia y del papel del juego digital en ella, ya que los estudiantes necesitan remitirse en al menos tres ocasiones al juego digital: en la Tarea 1, en la Tarea 3 y en la cuatro cuando deben probar las fórmulas y al finalizar, para crear sus propias tarjetas vuelven a jugar los cinco primeros niveles del juego. Es decir, que *Triángulo Rescate* subyace a toda la actividad desplegada por los estudiantes, resulta motivador y funciona como una situación de familiarización con las relaciones métricas antes y durante la justificación.

Conclusiones

En este trabajo se diseñó una secuencia didáctica basada en el juego digital *Triángulo Rescate*, para enseñar las relaciones métricas del triángulo rectángulo. La secuencia se implementó de manera piloto con 18 estudiantes de una escuela pública argentina. El resultado de la implementación muestra que los estudiantes usan el juego digital sin problemas y que, además, a partir de la secuencia, y mediante la semejanza de triángulos que aprenden por medio de ella, logran obtener y justificar todas las fórmulas de las relaciones métricas del triángulo contenidas en el juego. Los resultados son consistentes con los trabajos que afirman el papel motivador del juego y muestran que, al insertarlo en un diseño didáctico apropiado, es posible aprovechar estas ventajas para lograr que los propios alumnos justifiquen como en este caso fórmulas y propiedades geométricas relevantes, que de otro modo les son impuestas sin sentido. Además, los alumnos deben generar un juego similar, que no es digital, y en esta tarea, la mayoría de ellos va más allá del conocimiento propuesto en el juego digital, diseñando tareas más complejas, que consisten en rotar los triángulos para dificultar el reconocimiento de los elementos de los mismos que son pertinentes para decidir qué fórmula es apropiado usar. La secuencia requiere que los estudiantes regresen al juego digital una y otra vez, lo cual conduce a “fijar” el conocimiento de la semejanza de triángulos y de las relaciones métricas.

Esta experiencia piloto, también resulta de interés para la formación de profesores, ya que, evidencia posibilidades de integrar el juego en el aula de Matemáticas con otras actividades matemáticas como demostrar y justificar. Esto es relevante pues como hemos documentado en otros trabajos, los profesores en general reconocen el papel motivacional y las bondades de los juegos, pero a la hora de usarlos en sus clases los circunscriben a la ejercitación, desaprovechando el potencial que estos recursos tienen para modificar las formas tradicionales de enseñanza, centradas en el docente. En síntesis, los resultados muestran la potencialidad de este juego digital para smartphones en la enseñanza -aprendizaje de las relaciones métricas del triángulo al integrarlo en una secuencia didáctica constructivista. Tales resultados nos interpelan e invitan a continuar profundizando en esta dirección, tanto con los estudiantes como con los docentes.

Referencias

- Ahmad, N. F., and Iksan, Z. (2021). Penerapan Kemahiran Proses Sains melalui Pembelajaran Sains Berasaskan Permainan Digital. *Sains Insani* 6, 75–81. doi: [10.33102/sainsinsani.vol6no1.246](https://doi.org/10.33102/sainsinsani.vol6no1.246)
- Byun, J., & Joung, E. (2018). Digital game-based learning for K-12 mathematics education: A meta-analysis. *School Science and Mathematics*, 118(3-4), 113–126.
- Es-Sajjide, A., & Paas, F. (2020). Educational theories and computer game design: lessons from an experiment in elementary mathematics education. *Educational Technology Research and Development*, 68(5), 2685–2703. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09799-w>
- Gazzola, M.P., Otero, M. R. (2023). Recurso Educativo Digital (DER) para enseñar funciones en la escuela secundaria: opiniones de los profesores. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, n.º 35, p. e5.
- Gee, J. P. (2005). Learning by design: Good video games as learning machines. *E-learning and Digital Media*, 2(1), 5–16.
- Lasut, E. M. M., and Bawengan, J. J. (2020). “The effectiveness of ICTs integration in enhancing student motivation in learning english” in *Proceedings of the 4th Asian Education Symposium* (AES 2019) 438, 211–215. doi: [10.2991/assehr.k.200513.047](https://doi.org/10.2991/assehr.k.200513.047)
- Liu, Y.C., Wang, W.-T., and Lee, T.-L. (2021). An integrated view of information feedback, game quality, and autonomous motivation for evaluating game-based learning effectiveness. *J. Educ. Comput. Res.* 59, 3–40. doi: [10.1177/0735633120952044](https://doi.org/10.1177/0735633120952044)

- Otero, M. R.; Gazzola, M. P.; Llanos, V. C. (2024). Instrumental genesis of the Digital Educational Resource (DEG) “Função Resgate”. *17th IARTEM Conference*. París, Francia. 29 al 31 de mayo de 2024.
- Otero, M. R.; Llanos, V. C.; Gazzola, M. P. (2023). Recursos online na escola secundária: análise de uma pesquisa. *Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática*, [S. l.], v. 4, p. e023003, 2023. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/859>
- O’Rourke, J., Main, S., & Hill, S. M. (2017). Commercially available Digital Game Technology in the Classroom: Improving Automaticity in Mental-maths in Primary-aged Students. *Australian Journal of Teacher Education*, 42(10), 50–70.
- Prensky, M., & Thiagarajan, S. (2007). *Digital Game-Based Learning* (p. 17). St. Paul MN: Paragon House.
- Queiros, L. M., Gomes, A. S., Pereira, J. W., Castro Filho, J. A. de, Santos, E. M. dos, & Silva Neto, D. F. da. (2022). Enigmas de Yucatàn: Recurso Educacional Digital para o Ensino de Geometria Espacial. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 30, 108-134 <https://doi.org/10.5753/rbie.2022.2140>
- Roick, J., & Ringeisen, T. (2018). Students’ math performance in higher education: Examining the role of self-regulated learning and self-efcacy. *Learning and Individual Differences*, 65, 148–158.
- Siew, H. P. (2018). Pedagogical change in mathematics learning: Harnessing the power of digital game-based learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(4), 259–276.
- Williams-Pierce, C. (2019). Designing for mathematical play: failure and feedback. *Information and Learning Sciences*, 120(9-10), 589–610. <https://doi.org/10.1108/ILS-03-2019-0027>
- Zou, D. (2020). Gamified flipped EFL classroom for primary education: student and teacher perceptions. *J. Comput. Educ.* 7, 213–228. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00153-w>