
ESTUDIO DE LA GENERALIZACIÓN DE SUCESIONES NUMÉRICAS EN SECUNDARIA CON EL VIDEOJUEGO *MINECRAFT*

Apolo Castañeda, Juan Gabriel Molina-Zavaleta y Rosa Isela González-Polo

RESUMEN

Este trabajo analiza las oportunidades de aprendizaje que ofrece el videojuego Minecraft en el estudio de las sucesiones numéricas en el nivel secundaria. Se diseñó una actividad didáctica que consta de tres secuencias de actividades donde se pide representar una sucesión numérica con figuras construidas en Minecraft, definir una regla general y responder preguntas sobre las características de la sucesión. Este diseño didáctico se aplicó a 253 estudiantes de secundaria, con edades entre 11 y 13 en diversas sesiones de 2 horas. El estudio es de tipo cualitativo, los datos se obtuvieron de las hojas de trabajo,

capturas de pantalla y de las plenarias grupales. Se encontró que los estudiantes establecieron el diseño y construcción de la sucesión inicial reduciendo la complejidad al establecer otras sucesiones más simples de tipo par. El rol de la visualización fue fundamental pues permitió proponer una ordenación a las figuras de la sucesión, distinguir patrones constantes o de variación, lo cual contribuyó a la generalización y planteamiento de una regla. Se concluye que Minecraft proporciona un escenario para representar situaciones de variación, visualizar regularidades y apoyar la generalización.

Antecedentes

Existe el estereotipo de que los videojuegos hacen a los niños antisociales, obesos y que además ejercen una influencia negativa al estimular comportamientos violentos. Pareciera que nada bueno puede obtenerse de este tipo de entretenimiento. Sin embargo, diversos investigadores en el campo de los

videojuegos en la educación han reconocido su potencial para desarrollar experiencias de aprendizaje significativas que promuevan el pensamiento crítico, resolución de problemas y habilidades de razonamiento práctico (Annetta, 2008), roles de acción dentro de mundos virtuales narrativamente ricos como medio para el aprendizaje (Barab, Scott, Siyahhan, Goldstone,

Ingram-Goble, Zuiker y Warren, 2009), ambiente de colaboración y de prácticas socialmente compartidas tales como estrategias, cooperación, experiencias, las cuales contribuyen al aprendizaje (Gee, 2008) y autonomía dentro de un ambiente de acción, donde las habilidades de pensamiento y los desafíos se equilibran con la retroalimentación instantánea permitiendo una

experiencia epistémica significativa para el estudiante (Barko y Sadler, 2012).

De acuerdo con Gee (2008) un videojuego es definido como un conjunto de experiencias donde el jugador participa desde la perspectiva de un personaje, en el que se construye una relación empática y se ejerce control sobre las acciones para avanzar progresivamente en una historia. En este

PALABRAS CLAVE / Educación Matemática / *Minecraft* / Preálgebra / Sucesiones Numéricas / Videojuegos /

Recibido: 31/05/2022. Modificado: 20/12/2022. Aceptado: 03/01/2023.

Apolo Castañeda (Autor de correspondencia). Licenciado en Educación Media en Matemática, Escuela Normal Superior del Estado de México, México. Maestro en Ciencias y Doctor en Ciencias en Matemática Educativa, Instituto Politécnico Nacional,

México. Profesor, Instituto Politécnico Nacional, México. Dirección: CICATA-IPN, Legaria 694, col. Irrigación, Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México, México. email: acastane@ipn.mx
Juan Gabriel Molina-Zavaleta. Maestro en Ciencias en Matemática

Educativa, CINVESTAV. Estudiante del doctorado en Matemática Educativa, Instituto Politécnico Nacional. Profesor, Instituto Politécnico Nacional, México. e-mail: jmolinaz@ipn.mx
Rosa Isela González-Polo. Doctora en Matemática Educativa,

Instituto Politécnico Nacional, México. Profesora, Facultad de Ciencias de la Conducta, Universidad Autónoma del Estado de México. e-mail: rgonzalezpo@uaemex.mx

STUDY OF THE GENERALIZATION OF NUMBER SEQUENCES IN SECONDARY SCHOOL WITH THE MINECRAFT VIDEO GAME

Apolo Castañeda, Juan Gabriel Molina-Zavaleta and Rosa Isela González-Polo

SUMMARY

This research paper analyzes the learning opportunities the Minecraft video game offers to study number sequences at the secondary level. A didactic activity was designed that consists of three sequences of activities where it is asked to represent a numerical sequence with figures built in Minecraft, define a general rule, and answer questions about the characteristics of the sequence. This didactic design was applied to 253 high school students, aged between 11 and 13, in various 2-hour sessions. The study is of a qualitative type, the data was obtained from the worksheets, screenshots and group ple-

naries. It was found that the students established the design and construction of the initial sequence, reducing the complexity by establishing other more straightforward sequences of even type. The role of visualization was fundamental since it allowed us to propose an arrangement to the figures of the succession and to distinguish constant or variation patterns, which contributed to the generalization and approach of a rule. It is concluded that Minecraft provides a scenario to represent situations of variation, visualize regularities and support generalization.

ESTUDO DA GENERALIZAÇÃO DE SEQUÊNCIAS NUMÉRICAS NA ESCOLA MÉDIA COM O VIDEOGAME MINECRAFT

Apolo Castañeda, Juan Gabriel Molina-Zavaleta e Rosa Isela González-Polo

RESUMO

Este artigo analisa as oportunidades de aprendizado oferecidas pelo videogame Minecraft no estudo de sequências numéricas no nível secundário. Foi elaborada uma atividade didática que consiste em três sequências de atividades onde é solicitado representar uma sequência numérica com figuras construídas no Minecraft, definir uma regra geral e responder perguntas sobre as características da sequência. Este desenho didático foi aplicado a 253 alunos do ensino secundário, com idades compreendidas entre os 11 e os 13 anos, em várias sessões de 2 horas. O estudo é do tipo qualitativo, os dados foram obtidos

das planilhas, capturas de tela e das plenárias de grupo. Constatou-se que os alunos estabeleceram o desenho e a construção da sequência inicial, reduzindo a complexidade ao estabelecer outras sequências mais simples do tipo par. O papel da visualização era fundamental, pois permitia propor um arranjo às figuras da sucessão, distinguir padrões constantes ou de variação, o que contribuía para a generalização e aproximação de uma regra. Conclui-se que o Minecraft fornece um cenário para representar situações de variação, visualizar regularidades e apoiar a generalização.

escenario ficticio, el jugador asume un papel activo donde, usualmente, se le concede un margen de libertad para lograr los objetivos a su propia manera. Este “aprender haciendo” con el videojuego le permite desarrollar planes y estrategias, usar herramientas, enfrentar resolución de problemas, pero sobre todo pensar críticamente su interacción con el entorno virtual. Además de observar sus resultados, encontrar explicaciones a sus errores y fracasos, así como reajustar sus hipótesis.

Estas características han motivado la introducción de los videojuegos en la educación como medio para enseñar y aprender (Annetta, 2008). De acuerdo con Anderson y Barnett (2011), la naturaleza

activa de los videojuegos ofrece oportunidades para crear situaciones de aprendizaje que plateen desafíos en un contexto de cooperación y competencia. Sin embargo, los videojuegos deben mirarse únicamente como un complemento a la actividad del aula, que se relaciona con temas del curso y que proporciona una ruta de aprendizaje en un entorno agradable. Gee (2007) afirma que el objetivo no es convertir el aprendizaje formal en una mera actividad de ocio, sino utilizar los videojuegos para crear oportunidades dinámicas y motivadoras para el aprendizaje.

Por ejemplo, se puede proponer un desafío en el contexto de un videojuego en el que los estudiantes formulen un plan

de acción, pongan en marcha estrategias, utilicen ensayo y error, la intuición o recuperen su propia experiencia como jugador. En este tipo de actividades, los estudiantes logran desarrollar un sentido de agencia al conseguir un alto nivel de compromiso emocional, lo que hace que la experiencia de aprendizaje se más motivadora y atractiva. Incluso, los estudiantes más pasivos se involucran y contribuyen más de lo que harían en un ambiente de aprendizaje tradicional (Gee, 2008).

Los videojuegos plantean un mundo virtual que permite explorar, construir, investigar, incluso correr riesgos en acciones que no podrían hacerse en el mundo real (Barab, *et al.*, 2009). Esta característica de

simulación puede aprovecharse en la enseñanza para visualizar y apoyar a la comprensión de situaciones o ideas abstractas, interpretar problemas, comprender fenómenos, situaciones físicas y aplicar conocimientos generados en el contexto del videojuego a situaciones del mundo real. Un trabajo que ilustra lo anterior es el de Anderson y Barnett (2011), quienes emplearon un videojuego para apoyar la comprensión de principios básicos de electromagnetismo a maestros en formación. Como lo afirma Gee (2008), en circunstancias correctas, los videojuegos son capaces de estimular una actitud o postura similar a la adoptada por los científicos que enfrentan el estudio de fenómenos y sistemas

complejos. Es decir, contribuyen a construir una empatía por la racionalidad del sistema complejo que busca la comprensión de su naturaleza.

Considerando las aportaciones que ofrecen los videojuegos para el aprendizaje, surge la pregunta ¿qué oportunidades ofrecen los videojuegos para el aprendizaje de temas del currículo de matemática de la educación básica? Al respecto, diversos estudios como los de Duncan (2011), Smolčec (2014) y Moore (2018) argumentan que el videojuego *Minecraft*, con su entorno de construcción creativa, puede contribuir al estudio de temas como área, superficie, volumen, percepción espacial, entre otros. Este es un videojuego de construcción en un mundo virtual en el que se presentan diferentes biomas, tiene la característica de ser abierto porque no tiene un final estrictamente definido. El juego se basa en colocar y quitar bloques con forma cúbica. El jugador es libre de desplazarse por el entorno virtual y modificarlo con los bloques para construir edificaciones, máquinas, superficies.

Este medio virtual ofrece la posibilidad de plantear diversas tareas, actividades, cuestionamientos y desafíos relacionados con la construcción del mundo virtual. Un ejemplo es el trabajo de Moore (2018) quien reporta el uso de diferentes estrategias que emplean los estudiantes de primaria para el cálculo de superficies. Esta investigación señala que el entorno virtual del videojuego ayuda a la reflexión, análisis y visualización de las ideas matemáticas, así como el manejo creativo de recursos y herramientas. La investigación concluye señalando que *Minecraft* motiva a los estudiantes a dar sentido a las relaciones matemáticas, a desarrollar una actitud de perseverancia para encontrar una solución y a una comprensión más profunda de la matemática.

Esta capacidad de *Minecraft* para la representación y manipulación de formas gráficas puede ser empleada para proponer tareas que involucren la

visualización para deducir relaciones generales de los objetos geométricos y propiedades, así como para ayudar a la comprensión de los objetos matemáticos (Ramírez, Ramírez, Flores y Castro, 2013). La definición de visualización que se adopta en el presente estudio proviene de Arcavi (2015), quien señala que esta habilidad se refiere a la capacidad de las personas para interpretar, analizar y reflexionar a partir de dibujos, imágenes y diagramas, ya sea en la mente, en papel o con herramientas tecnológicas. Sin embargo, la visualización no es sólo ver, sino reconocer y dar sentido a las relaciones conceptuales que se exponen en las figuras o imágenes. En opinión de Arcavi (2015), la visualización es un tipo de operación para ver lo invisible en las imágenes y figuras y con ello percibir el mundo matemático abstracto sólo visible a partir de la actividad humana.

Un ejemplo que muestra la relevancia de la visualización en el estudio de las matemáticas es la investigación de Valenzuela-García y Gutiérrez-Marfileño (2018). Ellos reportan la implementación de una actividad didáctica para estudiantes de secundaria que plantea tareas de construcción de sucesiones de figuras y generalización de patrones a través de la visualización. Los autores señalan que los estudiantes emplean el conteo, referido al cálculo numérico de los términos a partir de su diferencia constante, y la recursividad aditiva, la obtención de términos a partir del anterior, como estrategias para la generalización de patrones.

En el estudio de sucesiones numéricas se presentan varios términos y una de las tareas consiste en reconocer la relación que guardan los términos dados en la sucesión para encontrar nuevos términos que mantengan una relación de semejanza con los ya conocidos y determinar el término general de la sucesión. En este planteamiento, se denomina “término” a cada uno de los elementos o valores de la

sucesión y usualmente se escribe $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, donde “a” representa el término de una sucesión, el subíndice el lugar del término y la expresión “ a_n ” el término general de la sucesión.

Barbosa y Vale (2015) sostienen que hay diversos factores que determinan la forma en cómo los estudiantes afrontan las tareas de generalización. Por ejemplo, si se trata de sucesiones de primer orden o lineales, el tipo de cuestionamientos sobre la sucesión o el uso de figuras para representar los términos de la sucesión. Entonces, los principales puntos de este trabajo de investigación son ¿qué estrategias siguen los estudiantes de secundaria para resolver las tareas de generalización de patrones?, y en particular ¿qué estrategias están relacionadas o determinadas con el contexto inmersivo de los videojuegos?

Esta revisión documental destaca que el manejo de una notación algebraica por los estudiantes no evidencia el desarrollo de un pensamiento algebraico. Su construcción requiere enfrentar diversas experiencias donde se dé sentido a la idea de variable, variación y la generalización (Radford, 2012). Un recurso es el estudio de sucesiones que se conduce a formular un patrón, en ese tipo de actividades se definen tres tipos de tareas: identificar un elemento común, la generalización de ese elemento común a todos los términos de la sucesión y la formación de una regla o esquema para determinar cualquier término de la sucesión. Otro aspecto que se destaca en esta revisión es el desafío que deben enfrentar los estudiantes al transferir las similitudes observadas a la construcción de una regla algebraica, pues es usual que recurran al ensayo y error o a otras estrategias en lugar de emplear las generalizaciones algebraicas.

A partir de estos antecedentes, el propósito de este trabajo es analizar las oportunidades de aprendizaje del álgebra que ofrece *Minecraft* para el proceso de generalización de

patrones de una sucesión de figuras. El concepto de “oportunidades de aprendizaje” es retomado de Remillard y Kim (2020) y se refiere a los alcances en el tratamiento matemático, al enfoque pedagógico que aporta y a las posibilidades de comunicación que ofrecen al docente los contextos y materiales de estudio.

Motivado por el trabajo de Valenzuela-García y Gutiérrez-Marfileño (2018), la presente investigación aborda el estudio del tema de generalización de sucesiones debido a que esta actividad es un medio importante para introducir y desarrollar el pensamiento algebraico en las escuelas de educación básica (*National Council of Teachers of Mathematics*, NCTM, 2000), pues contribuye a formular la idea de variable, la relación entre ellas y su variación. El propósito de la actividad de generalización es desarrollar la habilidad de expresar aquello generalizable a partir del estudio analítico de los casos particulares (Rivera y Becker, 2007). La actividad de generalización también implica observar el aspecto de los elementos de la sucesión, sus semejanzas y diferencias, ensayada, determinar una expresión que generalice lo observado y, finalmente, establecer una regla que exprese cualquier término de la sucesión (Radford, 2012).

La presente investigación atiende las diferentes problemáticas señaladas en esta revisión documental y plantea una actividad didáctica que integra el videojuego como medio para la exploración de las propiedades de las figuras. Además se emplea la visualización para motivar el análisis de las formas en las figuras y establecer una generalización de las sucesiones.

Metodología

La actividad didáctica se formuló empleando la metodología denominada “experimento de enseñanza” de Bernabeu, Moreno y Llinares (2019). Ellos señalan que se trata de una herramienta de naturaleza

cualitativa cuyo objetivo es comprender el aprendizaje y razonamiento de los estudiantes en contexto de aula, adaptando los objetivos curriculares a los de la investigación y usando referentes teóricos para justificar el diseño de las tareas.

El experimento de enseñanza que se diseñó consta de tres actividades de dos fases cada una, la primera es la construcción de figuras de la sucesión en *Minecraft* y la segunda plantea cuestionamientos asociados con las construcciones. Se entregaron a los estudiantes hojas impresas para cada actividad únicamente con texto, con el propósito de no sugerir una ordenación específica en cada figura de la sucesión a construir. Al concluir cada actividad, el profesor organizó una sesión colectiva para compartir las respuestas, comparar las sucesiones de figuras y generar un diálogo reflexivo.

El diseño de las actividades está fundamentado en los aportes de la visualización, en los planteamientos sobre pensamiento algebraico, en particular sobre los procesos de generalización, y en las ventajas que ofrece *Minecraft* para el estudio de las matemáticas. A continuación, se exponen las características de las actividades, el propósito del planteamiento para el estudiante, la intención del investigador y la respuesta esperada a priori.

La primera actividad consiste en construir las primeras 8 figuras de la sucesión 3, 5, 7. El propósito es que el estudiante analice la sucesión numérica y construya una sucesión de figuras con esa ordenación. La intención es observar cómo reconoce la variación de la sucesión y qué argumentos aporta. Se espera que logren establecer una regla verbal de la sucesión para determinar el número de piezas para cualquier figura. Las preguntas planteadas a los estudiantes son, ¿cómo determinas la cantidad de piezas que tendrá cada nueva figura?, ¿tiene importancia la forma en que se acomodan las piezas en cada figura?, ¿qué operaciones tienes que

hacer para determinar el número de piezas en la figura 120?, ¿una figura de 26 piezas forma parte de esta sucesión? El propósito de estas preguntas es identificar la relevancia en la ordenación de las piezas y motivar la reflexión sobre la relación figura-número, por ejemplo, para establecer un diseño geométrico específico. La intención es conocer los criterios que emplean los estudiantes en la ordenación de piezas y las estrategias que utilizan para determinar la regla general de la sucesión. Se espera que los estudiantes enuncien una regla general apoyados de la visualización de la sucesión de figuras.

La segunda actividad consiste en construir dos ordenaciones distintas, cada una con 8 figuras, de la sucesión 4, 7, 10. El propósito es motivar la reflexión sobre la posibilidad de construir distintas sucesiones de figuras que mantienen la misma regla general. La intención es analizar los argumentos que emplean los estudiantes al establecer una ordenación específica y el procedimiento para determinar la regla general. Se espera que se presenten diferentes ordenaciones siguiendo un patrón o forma de la figura. Las preguntas planteadas son, ¿por qué hay varias formas de organizar las piezas para una misma sucesión numérica?, ¿qué reglas de construcción seguiste para cada una de las sucesiones de figuras?, ¿qué regla se sigue en esta sucesión de figuras? El propósito de estas preguntas es destacar, a partir de la ordenación de las figuras, los incrementos y la forma de integrarlas en las nuevas figuras. La intención es conocer las razones que emplean en la construcción de figuras y propiciar una reflexión sobre la regla de la sucesión. Se espera que a partir de visualizar diferentes ordenaciones e identificar las piezas que se incrementan los estudiantes establezcan la regla general de la sucesión.

La tercera actividad pide construir dos ordenaciones distintas, cada una de 8 figuras, de la sucesión, 1, 4, 9, y la

construcción de una sucesión de figuras con la regla $Sn = 2x + 1$. Las preguntas planteadas son, ¿qué regla corresponde a la primera sucesión de figuras?, ¿qué diferencias observas entre la primera sucesión y la segunda definida por la expresión $2x + 1$? El propósito de estas actividades es introducir la variación de segundo orden y analizar las características de las figuras que se definen a partir de una regla general lineal. La intención es analizar de qué forma el apoyo visual en el acomodo de piezas favorece la obtención de la regla general. Se espera que los estudiantes se apoyen de la visualización para establecer el patrón de las sucesiones y que analicen los incrementos constantes a una regla cuadrática.

El experimento de enseñanza fue implementado con 253 estudiantes de segundo año de secundaria en un medio urbano marginal en México, de entre 11 y 13 años, en sesiones de trabajo de 2 horas dentro del horario escolar. Aunque los estudiantes trabajaron de forma individual, interactuaron libremente comparando sus avances y ayudándose mutuamente para resolver problemas técnicos. La mayoría de los estudiantes tuvo acceso a un dispositivo móvil con capacidad para ejecutar *Minecraft* y sólo algunos recurrieron a computadoras portátiles en la sala de cómputo de la escuela para completar las actividades. Para obtener los datos se recuperaron las repuestas escritas de los estudiantes, se obtuvieron capturas de pantalla de las construcciones y se audiógraban las sesiones colectivas y conversaciones de algunos equipos. Para el análisis de datos se establecieron 2 categorías generadas a partir de la revisión teórica. El primero, procedimientos de construcción, se refiere a las pautas que siguieron los estudiantes para construir las figuras, a las características que distinguen en las construcciones y rol de la visualización en la construcción de las figuras. La segunda categoría, procesos de generalización, se refiere a enunciar una regla, identificar

regularidades en la sucesión y definir una expresión general del comportamiento de la sucesión.

Análisis de los resultados

Procedimientos de construcción. Los estudiantes recibieron las instrucciones de la actividad por escrito a fin de no influir en la forma de organizar las piezas de cada figura de la sucesión. Esto permitió que emergieran diferentes modelos de sucesiones con distinta ordenación de piezas, aunque siguiendo el mismo patrón numérico. A continuación, se enuncian los procedimientos de construcción que siguieron los estudiantes en *Minecraft* para establecer las piezas de cada sucesión, estos procedimientos fueron etiquetados de forma libre atendiendo a las características de su forma.

Agregar capas, consiste en agregar nuevas capas de piezas a una base inicial que corresponde a la figura original de la sucesión. Ampliación horizontal, consiste en definir una figura inicial y agregar el número de piezas en una expansión horizontal a la derecha, en ambas está presente la conservación de una figura base. Acumulación de la base, se define una figura inicial y se agregan piezas a la base siguiendo una configuración lineal. Patrón simétrico, cada figura de la sucesión es simétrica consigo misma donde no necesariamente se conserva una figura inicial. Escalera ascendente, este modelo consiste en agregar piezas para formar una escalera ascendente; considerando que *Minecraft* permite colocar piezas ancladas en el aire, los últimos escalones pueden no tener un soporte en el piso. Árbol, siguiendo la idea de crecimiento de una planta, este modelo consiste en simular un árbol que crece en altura y follaje; aunque no es simétrico, sí mantiene equilibrio en su forma. Superficie, se colocan las piezas sobre un mismo plano y la superficie se amplía progresivamente. Ordenación lineal, se colocan las piezas con un patrón lineal,

ya sea vertical u horizontal, donde su crecimiento sigue ese mismo patrón. Figural, las piezas se ordenan tratando de mantener la forma de una figura, ya sea un triángulo, cuadrado o con forma de números. Narrativa de construcción, el estudiante plantea una historia dentro del contexto del videojuego en el que se justifica la construcción progresiva de figuras, de tipo arquitectónico o artístico. Irregular, no se sigue ningún patrón de ordenación, sólo se respeta el número de piezas en cada figura.

La tarea de construir las figuras de una sucesión atiende a dos objetivos específicos. Por una parte, reconocer la naturaleza variacional de la sucesión a través de los cambios que se identifican en cada nueva figura. Por otra, involucrar a los estudiantes en un proceso constructivo en el que se ponen en juego diversas ideas matemáticas tales como la simetría, la forma de las figuras, la perspectiva y la visualización. El primer hallazgo es que los estudiantes perciben y visualizan las variaciones de diferente forma, tal como se observa en la diversidad de procedimientos que siguieron. Durante el intercambio grupal, un estudiante señaló que se pueden tener diferentes formas en la sucesión de figuras, pero era importante mantener la sucesión numérica para “un crecimiento específico”, refiriéndose a la forma en que se representan las nuevas figuras de la sucesión. El ambiente del videojuego permite definir diversos modelos de figuras atendiendo a la forma en que se visualiza la variación, y en el caso del modelo “escalera ascendente”, el estudiante lo estableció a partir de las prestaciones del videojuego. Por otra parte, la posibilidad de construir figuras sin restricciones da a los estudiantes un margen amplio para elegir formas, definir patrones, y tomar decisiones sobre la construcción de la sucesión. La función de “eliminar los bloques” del videojuego ayudó a resolver problemas de diseño, ajustar

figuras y construir modelos con bloques flotantes, permitiendo una gran flexibilidad para imaginar y visualizar las sucesiones, así como enfocar la atención en la forma en que crece la sucesión y en lo constante de su crecimiento. En varios casos se observó que los estudiantes reconstruyeron totalmente sus diseños debido a una exigencia personal de “dar orden” o “seguir un mismo diseño”; cuando las figuras se volvían más complejas, el acomodo de piezas también se complicaba, entonces optaban por un nuevo diseño. Esta característica de construir y eliminar favoreció la exploración de diversos diseños creativos e incluso la representación de otras sucesiones numéricas.

La actividad didáctica no fue percibida por los estudiantes como una tarea de aprendizaje, sino como una actividad de esparcimiento. Los estudiantes asumieron la actividad como un desafío de construcción y diseño, esto propició la interacción, el diálogo, la comparación de diseños y la ayuda mutua. Además, no se planteó una premisa matemática como referente inicial, sino que se dio oportunidad a los estudiantes de dialogar sobre su experiencia con el videojuego. Fue visible el interés y motivación, un estado de ánimo efervescente que se reflejó en la rapidez con la que respondieron a la actividad y la intensa interacción que se suscitó, aun cuando las actividades se planearon de forma individual.

En la segunda categoría, denominada procesos de generalización, la construcción de las figuras ayudó a focalizar dos aspectos importantes de las sucesiones: el cambio o variación entre cada figura, y a establecer la relación lugar de la figura - número de piezas. En este primer escenario se observaron dos estrategias influenciadas por *Minecraft* para responder la pregunta de la primera actividad, relativa a determinar el número de piezas para la figura en el lugar 120 de la sucesión. La primera se denominó “sucesión alternativa

de pares”, los estudiantes construyeron cada figura asumiendo que se trataba de un número par anterior, y “agregando” una pieza más para llegar al número de la sucesión en cuestión. Así que para la figura 10, se tiene $10 \times 2 + 1$ piezas, y para la figura 120, se tienen $120 \times 2 + 1$, tal como se observa en la Figura 1.

La segunda estrategia identificada se denominó “excesos de piezas”, consisten en identificar el número de piezas “de

más” que tiene cada figura respecto de la primera, lo cual conduce a una nueva sucesión. En la Figura 2 se observa que la nueva sucesión (en bloques claros) es 0, 2, 4, 6 ya que la segunda tiene 2 piezas de más, la tercera 4, y esto se puede expresar como $2n-2$. Así, la figura en la posición 120 es $2(120) - 2 = 238$, sólo hace falta sumar las tres piezas que se mantienen constante en todas las figuras (en color oscuro), $238 + 3 = 241$. En ambos



Figura 1. Sucesión de figuras en dos niveles, $2n$ en la base, sumado 1 pieza clara.



Figura 2. Sucesión de figuras manteniendo una base y agregando figuras con forma $2n-2$.

casos, se observa que resulta más simple trabajar con una sucesión de pares.

En la segunda secuencia se observaron estrategias similares, aunque la mayor atención estuvo puesta a la diferencia de 3 entre cada término. Esto sirvió como referente para señalar que la sucesión crecía “de tres en tres” es decir, con un comportamiento $3n$, durante la sesión colectiva se analizó este argumento y se justificó la idea de “ajustar” la expresión, ya sea sumando o restando, para lograr establecer la regla (Figura 3). En el caso de la tercera sucesión, específicamente para el caso del modelo “figural”, permitió visualizar que la superficie que se mantenía en las figuras es cuadrangular, esto favoreció a reconocer que la sucesión era de la forma $n \times n$.

Conclusiones

El cuestionamiento inicial del actual artículo fue ¿qué oportunidades ofrecen los videojuegos para el aprendizaje de temas del currículo de matemática de la educación básica? Enseguida, se encontró que este cuestionamiento genera polémica ante el estereotipo de que los videojuegos son

nocivos y pueden generar comportamientos negativos entre los jóvenes. No obstante, diversos investigadores educativos en el área de videojuegos como Gee (2008), Anderson y Barnett (2011) argumentan que la experiencia que ofrecen estos ambientes impacta favorablemente en diversos dominios asociados con el aprendizaje como motivación, aprender haciendo, resolución de problemas, visualización, metareflexión sobre aciertos y errores, estrategias, entre otros.

Con este antecedente se planteó una actividad didáctica para analizar las oportunidades que ofrecen los videojuegos, en particular de *Minecraft*, para el estudio de la generalización de sucesiones. La relevancia del tema radica en su importancia para el pensamiento algebraico, particularmente en el desarrollo de las ideas de variable, variación y la generalización de una sucesión. Investigaciones como la de Radford (2012) señalan que es necesario tener diversas experiencias que den sentido a estos conceptos, y una forma es a través de la visualización, pues permite observar figuras, reconocer sus características, formas y relaciones matemáticas. Con estos referentes se planteó el

cuestionamiento ¿cuáles son las estrategias que emplea el estudiante para la construcción de la generalización de una sucesión mediante *Minecraft*?

En la experiencia didáctica se observó que las construcciones se basan principalmente en la organización estratégica de las piezas de la sucesión, lo cual permite una construcción intuitiva de una regla algebraica del comportamiento de la sucesión a partir de la visualización. En esta actividad se reconocieron rasgos sobresalientes de la sucesión como diferencia, relación figura-cantidad de piezas y término n -ésimo, este último se puede observar en la estrategia identificada como “excesos de piezas” donde el estudiante construye una sucesión alternativa de pares y disminuye en dos para hacer coincidir con el número de piezas en color claro. Se observó que los estudiantes cambian la sucesión por una de menor complejidad, por ejemplo de tipo par, y “agregan” los elementos o piezas faltantes, tal como se observa en las Figuras 1 y 2.

Se encontró una gran diversidad de formas de sucesión de figuras, la mayoría siguiendo patrones de crecimiento ordenado, que hereda las condiciones de la figura inicial, y que tiene la posibilidad de un crecimiento infinito, como se puede observar en la Figura 1, donde el estudiante establece una figura base y agrega +1 pieza en color claro. Otras con narrativas específicas sobre las figuras, atendiendo a formas geométricas, triangular, cuadrangular, a la simetría, a la naturaleza. Finalmente, algunos que no siguen un orden específico pero que se ajustan a la sucesión numérica.

A partir de este experimento de enseñanza, en donde se analiza el razonamiento sobre un tema matemático, se pudo constatar que *Minecraft* aporta un escenario significativo para trabajar temas del currículo de matemáticas en el nivel secundaria. La experiencia de construir y visualizar proporciona

un referente concreto a los objetos matemáticos donde es posible reconocer conceptos importantes como relación, variación y diferencia. Sin embargo, es fundamental un diseño que oriente el trabajo del estudiante, que establezca tareas específicas y que propicie la retroalimentación constante con el propósito de mantener su atención e interés en su aprendizaje matemático.

REFERENCIAS

- Anderson J, Barnett M (2011) Using Video Games to Support Pre-Service Elementary Teachers Learning of Basic Physics Principles. *Journal of Science Education and Technology* 20: 347–362.
- Annetta L (2008) Video Games in Education: Why They Should Be Used and How They Are Being Used. *Theory Into Practice* 47: 229–239.
- Arcavi A (2015) Revisiting Aspects of Visualization in Mathematics Education. *La Matematica nella Società e nella Cultura* 1: 143–160.
- Barab SA, Scott B, Siyahhan S, Goldstone R, Ingram-Goble A, Zuiker SJ, Warren S (2009) Transformational Play as a Curricular Scaffold: Using Videogames to Support Science Education. *Journal of Science Education and Technology* 18: 305.
- Barko T, Sadler TD (2012). Practicality in Virtuality: Finding Student Meaning in Video Game Education. *Journal of Science Education and Technology* 22: 124–132.
- Barbosa A, Vale I (2015). Visualization in Pattern Generalization: Potential and Challenges. *Journal of the European Teacher Education Network* 10: 57–70.
- Bernabeu M, Moreno M, Llinares S (2019) Experimento de enseñanza como una aproximación metodológica a la investigación en Educación Matemática. *Unipluriversidad* 19: 103–123.
- Duncan SC (2011) *Minecraft, Beyond Construction and Survival. Well Played, a journal on video games, value and meaning* 1: 1–22.
- Gee JP (2007) *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave. Londres, RU. 256 pp.



Figura 3. Sucesión de figuras con un crecimiento $3n$, sumado 1 pieza oscura.

- Gee JP (2008) Learning and Games. En K. Salen (Ed.), *The Ecology of Games: Connecting Youth, Games, and Learning*. pp. 21–40.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000) *Principles and Standards for School Mathematics*. NTCM. EE.UU. 402 pp.
- Moore K (2018) Minecraft Comes to Math Class. *Mathematics Teaching in the Middle School* 23: 334–341.
- Radford L (2012) On the Development of Early Algebraic Thinking. *PNA* 6: 117–133.
- Ramírez R, Ramírez I, Flores P, Castro E (2013) Análisis de las capacidades de visualización espacial e intelectual en los alumnos con talento matemático. *Revista Mexicana de Psicología* 30: 267–299.
- Remillard J, Kim K (2020) *Elementary Mathematics Curriculum Materials*. Springer. Alemania. 321 pp.
- Rivera F, Becker J (2007) Abduction-Induction (Generalization) Processes of Elementary Majors on Figural Patterns in Algebra. *The Journal of Mathematical Behavior* 26: 140–155.
- Smolčec M (2014) Using Minecraft for Learning English. *The electronic journal for english as a second language* 18: 1–15.
- Valenzuela-García J, Gutiérrez Marfileño VE (2018) Desarrollo del pensamiento algebraico en estudiantes de bachillerato a través de la generalización visual de sucesiones de figuras. *Educación Matemática* 30: 49–72.