



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

Facultad de Educación

El proceso de *Modelación Matemática* mediado por los videojuegos

**Investigación para optar al título de Magister en educación en la línea de
Educación Matemática**

DALADIER RANGEL IRIARTE

Asesores

Dra. PAULA ANDREA RENDÓN MESA

Dr. PEDRO VICENTE ESTEBAN DUARTE

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN AVANZADA
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
MEDELLÍN
2016**

El proceso de Modelación Matemática mediado por los videojuegos

DALADIER RANGEL IRIARTE

**Investigación para optar al título de Magister en educación en la línea de
Educación Matemática**

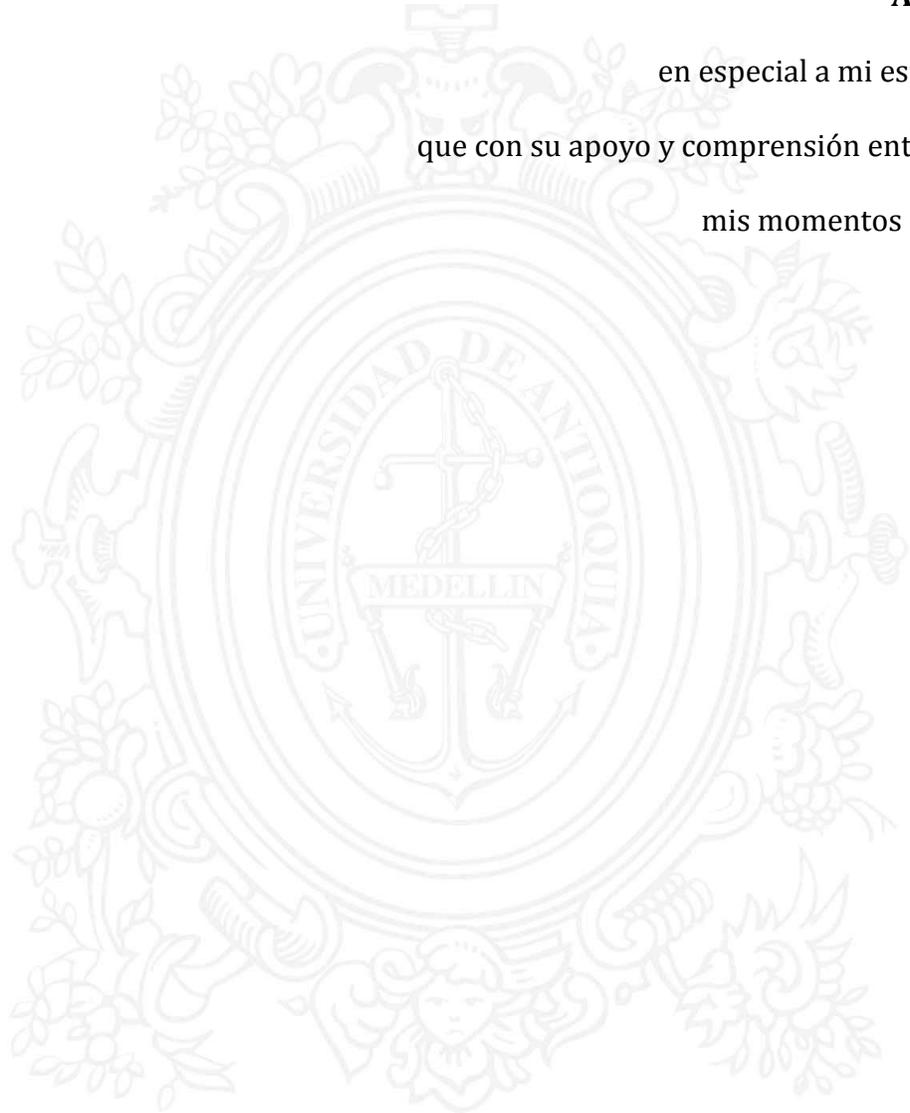
Asesores

**Dra. PAULA ANDREA RENDÓN MESA
Dr. PEDRO VICENTE ESTEBAN DUARTE**

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN AVANZADA
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN
MEDELLÍN
2016

1 8 0 3

A mi familia,
en especial a mi esposa e hijos,
que con su apoyo y comprensión entendieron
mis momentos de ausencia.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

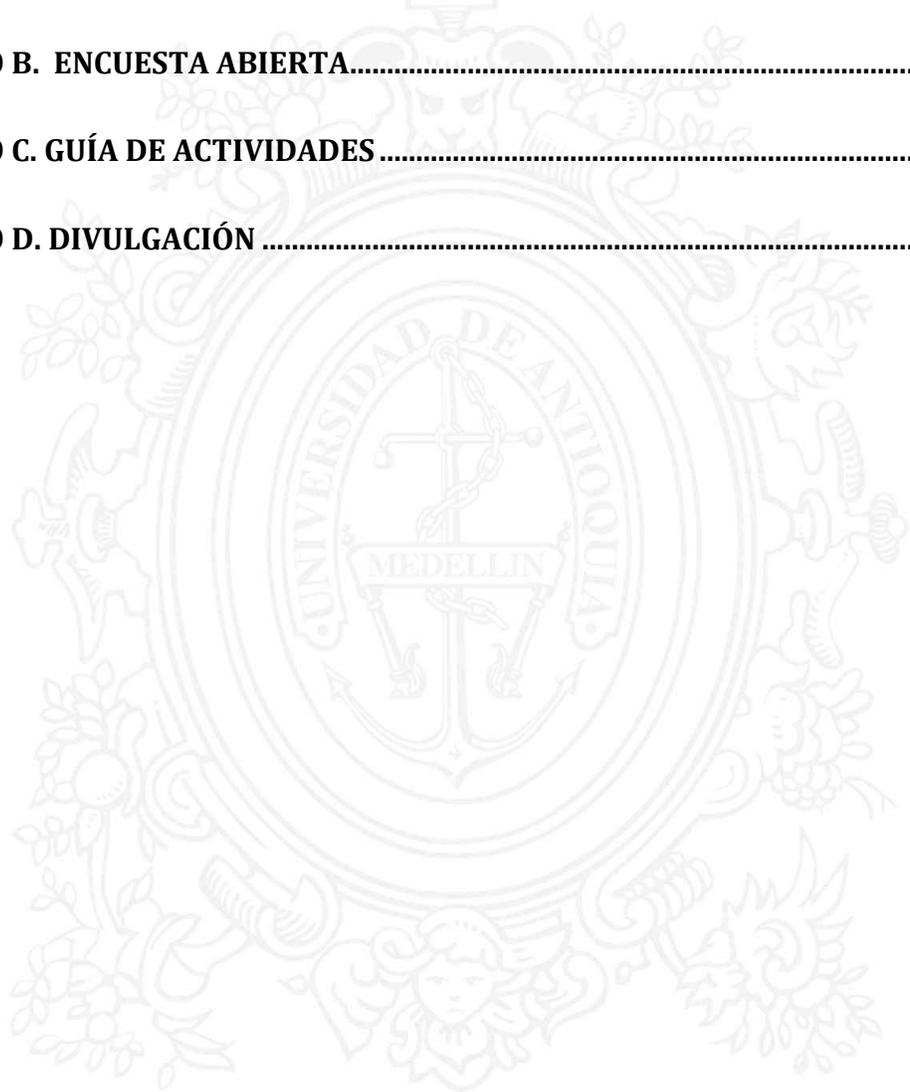
Contenido

LISTA DE TABLAS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
AGRADECIMIENTOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
VINCULAR LOS MEDIOS TECNOLÓGICOS AL AULA DE CLASE, UNA NECESIDAD EN EL CAMPO EDUCATIVO.....	21
UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA EN RELACIÓN CON LOS MEDIOS TECNOLÓGICOS EN EL AULA DE MATEMÁTICAS.....	25
LOS VIDEOJUEGOS COMO MEDIO TECNOLÓGICO EN EL AULA DE CLASE DE MATEMÁTICAS.....	28
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	38
<i>Objetivos.....</i>	<i>39</i>
REFERENTES TEÓRICOS.....	41
CONCEPCIONES ACERCA DE LA <i>MODELACIÓN MATEMÁTICA</i>	41
<i>Práctica científica.....</i>	<i>44</i>
<i>Estrategia para la enseñanza y el aprendizaje.....</i>	<i>45</i>

<i>Competencia</i>	46
<i>Ambiente de aprendizaje</i>	48
<i>Proceso</i>	49
LA <i>MODELACIÓN MATEMÁTICA</i> EN EL AULA DE CLASE	53
LA <i>MODELACIÓN MATEMÁTICA</i> CON MEDIOS TECNOLÓGICOS	56
EL <i>PROCESO DE MODELACIÓN MATEMÁTICA</i> CON LOS VIDEOJUEGOS COMO MEDIO TECNOLÓGICO.....	62
DISEÑO METODOLÓGICO	78
PARADIGMA	80
ESTUDIO DE CASOS	83
EL AULA DE CLASE COMO ESCENARIO Y LOS PARTICIPANTES	84
INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE LOS REGISTROS	86
<i>Encuesta</i>	86
<i>La guía de actividades</i>	89
<i>Grabaciones audiovisuales</i>	98
<i>La observación-participante</i>	99
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	100
LA VALIDACIÓN	101
EL DESARROLLO DE PROCESOS DE MODELACIÓN MEDIADOS POR EL VIDEOJUEGO <i>PLANTAS VS ZOMBIES</i>[®]	103

LA GUÍA DE ACTIVIDADES Y EL PROCESO DE <i>MODELACIÓN MATEMÁTICA</i>	104
ACTIVIDAD 1: ¡A CONTAR UNA HISTORIA!.....	104
ACTIVIDAD 2: ¡A JUGAR!.....	112
ACTIVIDAD 3: ¡MI PRIMERA ESTRATEGIA!	124
ACTIVIDAD 4: MI LIBRO HERBOLARIO Y DE ZOMBIES	138
ACTIVIDAD 5: TORNEO ESCOLAR DE PLANTAS VS ZOMBIES®	144
ACTIVIDAD 6: ¿CÓMO JUGAR MEJOR?.....	150
ACTIVIDAD 7 AHORA SI ¡A SUPERAR MI RECORD!.....	158
CONCLUSIONES.....	168
ETAPAS DEL PROCESO DE <i>MODELACIÓN MATEMÁTICA</i> MEDIADO POR EL VIDEOJUEGO	169
<i>Etapa de exploración</i>	169
<i>Etapa de Abstracción</i>	171
<i>Etapa de Sistematización</i>	172
<i>Etapa de Matematización</i>	174
<i>Etapa de interpretación</i>	176
<i>Etapa de Validación</i>	177
CONSIDERACIONES FINALES.....	179
PARA FUTURAS INVESTIGACIONES.....	180
REFERENCIAS.....	182

ANEXO A. CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	193
ANEXO B. ENCUESTA ABIERTA.....	194
ANEXO C. GUÍA DE ACTIVIDADES.....	195
ANEXO D. DIVULGACIÓN.....	217



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Lista de Tablas

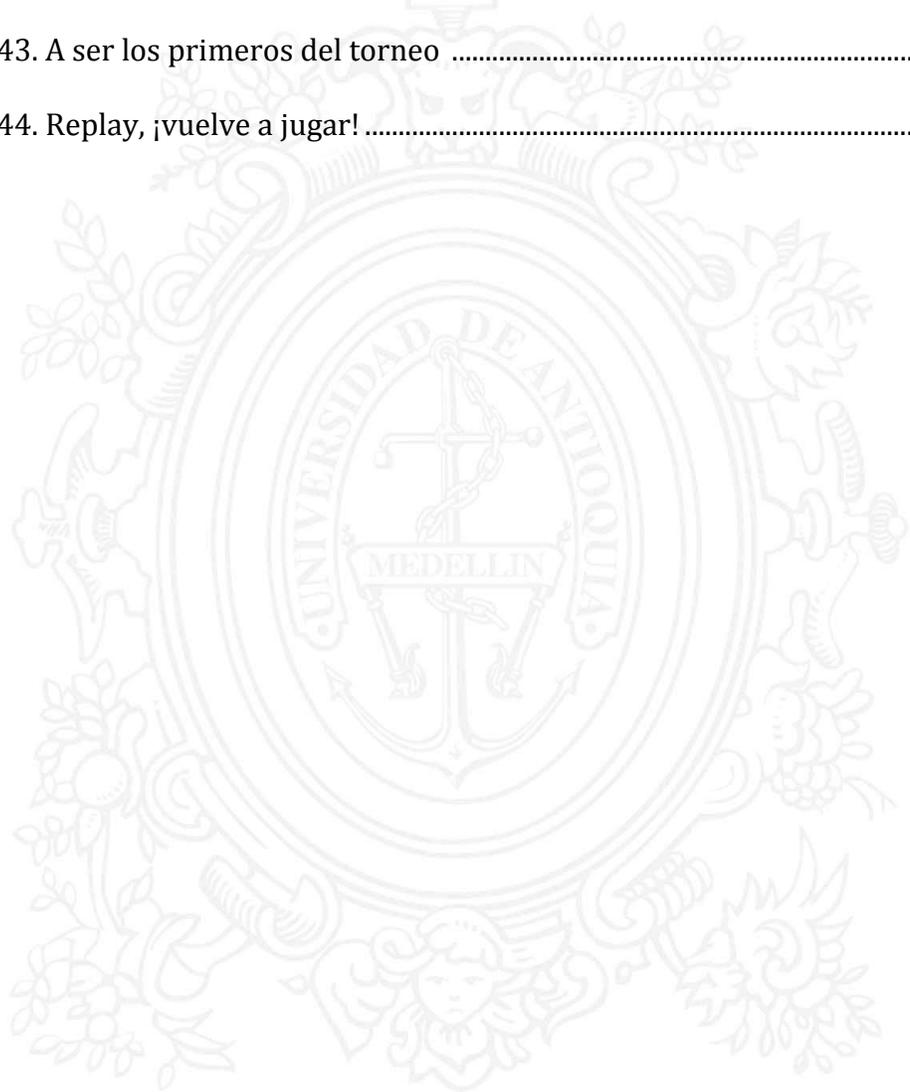
Tabla 1. Clasificación y beneficios pedagógicos de los videojuegos	29
Tabla 2. Resumen de investigaciones que relacionan videojuegos.....	36
Tabla 3. Videojuegos de interés para los estudiantes.....	88
Tabla 4. Actividad-proceso-descripción de la guía de actividades.....	93
Tabla 5. Etapas y actividades del proceso de Modelación Matemática	103
Tabla 6. Descripción de las plantas.....	107
Tabla 7. Producción de Soles.....	127
Tabla 8. Puntuación torneo escolar Plantas vs Zombies®.....	145
Tabla 9. Sugerencias de los estudiantes para jugar Planta Vs Zombies®.....	156
Tabla 10. Estrategia general para jugar Planta Vs Zombies®	159
Tabla 11. Producción de soles.....	198
Tabla 12. Registro de la cantidad de golpes para derribar los Zombies.....	198
Tabla 13. Datos para determinar la velocidad a la que se desplazan los Zombies.....	199
Tabla 14. Relación plantas, costo y tiempo de reutilización	201
Tabla 15. Producción de girasoles.....	202
Tabla 16. Características de la plantas	203
Tabla 17. Características de los Zombies y otros elementos	205
Tabla 18. Criterios para la puntuación del torneo.	209
Tabla 19. Tabla de valoración para la puntuación de los equipos del torneo.....	210
Tabla 20. Pasó a paso de la sesión de juego, análisis del video.....	212

Lista de Figuras

Figura 1. Ciclo de modelación propuesto por Blum y Leibs (2005).....	51
Figura 2. El proceso de Modelación Matemática con mediación tecnológica	68
Figura 3. Proceso de modelación mediada por el videojuego	75
Figura 4. Cartelera de los elementos del entorno del videojuego.....	105
Figura 5. Cartelera elementos del entorno del videojuego.....	106
Figura 6. Cartelera personajes del juego Plantas vs Zombies®	106
Figura 7. Características de los Zombies	109
Figura 8. Representación del escenario de juego	110
Figura 9. Maqueta escena del video juego.....	110
Figura 10. Elementos del entorno del videojuego.....	111
Figura 11. Producción de soles en escenario nocturno	126
Figura 12. Regularidad de ataque de la planta Lanzaguisantes.....	129
Figura 13. Representación de los golpes de cada guisante.....	129
Figura 14. Lanzamiento de guisantes en un minuto	130
Figura 15. Cálculo de guisantes por minuto	131
Figura 16. Gráfico que muestra la producción de soles de Camila y Richell.....	132
Figura 17. ¿Qué tan veloz es el desplazamiento de los Zombies?	134
Figura 18. Interpretación velocidad a la que se desplaza un Zombie	136
Figura 19. Representación gráfica velocidad de los Zombies.....	137
Figura 20. Sistematización de las plantas del videojuego	139

Figura 21. Costo al sembrar Patatapum en todo el terreno	140
Figura 22. Costo de la estrategia de juego con 4500 soles.....	142
Figura 23. Ubicación en el terreno de juego.....	143
Figura 24. Matemización estrategia de juego	146
Figura 25. Matemización en detalle de la estrategia de juego.....	148
Figura 26. Porcentaje de ocupación del jardín.....	149
Figura 27. Estrategia de Juego	151
Figura 28. Elección de plantas para la sesión de juego	153
Figura 29. Ideas generales para jugar Planta Vs Zombies®.....	157
Figura 30. Estrategia, doble línea de Girasoles	160
Figura 31. Matemización de la estrategia de juego.....	161
Figura 32. Sistematización ubicación de las plantas.....	162
Figura 33. Estrategia de juego modificada.....	163
Figura 34. Ubicación de plantas en el plano cartesiano.....	164
Figura 35. Estrategia de juego, tres Girasoles.....	165
Figura 36. ¿Cómo interpretan los estudiantes el entorno del videojuego?.....	195
Figura 37. ¿Cómo es jugar a Plantas vs Zombies®?.....	196
Figura 38. Juega con atención a los detalles.....	198
Figura 39. Plano para graficar datos Tabla 14.....	201
Figura 40. Plano para graficar los Girasoles vs los soles	202
Figura 41. Cualidades y características las plantas y los Zombies.....	203

Figura 42. ¿En qué lugar siembro las plantas?	207
Figura 43. A ser los primeros del torneo	209
Figura 44. Replay, ¡vuelve a jugar!	212



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Resumen

La investigación se realiza en la Institución Educativa Antonio Roldán Betancur (Tarazá) y parte del interés que tienen los jóvenes por interactuar con dispositivos y medios tecnológicos, en particular con los videojuegos. Enmarcada en el paradigma cualitativo, se pretende describir la manera en que los videojuegos median al proceso de *Modelación Matemática* en el aula de clase. En este sentido, la literatura reporta la *Modelación Matemática* con tecnología como una forma de potenciar los procesos de pensamiento que se relacionan con el razonamiento, la inferencia, la detección de patrones, las regularidades, entre otros. Para tal fin, se propone un ciclo de *Modelación Matemática* mediado por el entorno del video juego que da cuenta de los procesos de exploración, abstracción, sistematización, matematización, interpretación y validación, a partir de una guía de actividades.

Palabras clave: Modelación Matemática, Videojuegos, Procesos, Matemáticas

Abstract

The research is developed at the Educational Institution Antonio Roldán Betancur (Tarazá) and it arises from the interest of the young people for interacting with devices and technological means, including video games. From a qualitative paradigm, the project describe show the video games allow the *Mathematical Modelling* process in the classroom. In this sense, literature reports *Mathematical Modelling* with technology as a way to strengthen thinking processes related to reasoning, inference, detecting patterns, regularities, among others. For this reason, a cycle of *Mathematical Modelling* mediated by the virtual environment of a video game is proposed in order to observe processes of exploration, abstraction, systematization, mathematizing, interpretation and validation, through an activity guide.

Keywords: Mathematical Modelling, Video Game, Processes, mathematical

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Agradecimientos

De la manera más sincera, cariñosa y sencilla quiero agradecer a aquellas personas que de alguna manera me aportaron en este proceso de formación.

A Dios por la fortaleza en momentos de desesperación y dolor.

A mi familia por su comprensión en los largos momentos de ausencia.

A mi asesora **Paula Andrea Rendón Mesa** quien que por su sabiduría, experiencia, paciencia y palabras de aliento aportó en mi proceso formativo académico y personal y me enseñó a no desfallecer en momentos difíciles. A mi asesor **Pedro Vicente Esteban Duarte** por sus orientaciones y aportes en momentos cruciales de la investigación.

A los profesores de los **grupos de investigación EDUMATH, MATHEMA-FIES y MES**, que de una u otra manera aportaron con sus conocimientos y experiencia.

A la **Institución Educativa Antonio Roldán Betancur**, en especial, a los **estudiantes de grado sexto** que participaron en este estudio.

A todos, mis más sinceros agradecimientos.

Introducción

Una necesidad en el campo educativo está relacionada con la vinculación de la tecnología en el proceso de enseñanza y de aprendizaje de las matemáticas, puesto que ella posibilita transformaciones y nuevas experiencias. En la literatura se encuentran referencias de cómo la incorporación de la tecnología en el aula de clase ofrece un nuevo entorno para aprender y permite el aprendizaje transversal y la sistematización en forma dinámica (Castiblanco, 1999). Autores como Jaramillo y Castellón (2012), Ferreiro (2006), Rosa y Lerman (2011), De Guzmán (1993) entre otros, concuerdan en decir que la vinculación de la tecnología en la escuela abre un mundo de posibilidades, ya que despierta en los estudiantes la capacidad creativa, la experimentación y los motiva, de manera tal, que les permite acercarse al conocimiento de nuevas maneras.

El interés de los estudiantes por el uso de la tecnología se relaciona con la información, la comunicación y la diversión (Ferreiro, 2006). De manera particular, los videojuegos son un medio tecnológico que permite a los estudiantes divertirse, despertar su curiosidad y estimular la imaginación (Gros, 2004). A partir de las historias y relatos que ofrece el entorno virtual del videojuego, el cual está cargado de sentido para los niños y jóvenes, se resuelven tareas que de otro modo serían irrealizables (Maggio, 2012). Dichas tareas se relacionan con la resolución de problemas, el diseño de estrategias, la concepción de planes de acción, la toma de

decisiones, la ejecución y posterior comprobación o evaluación. Además, diversas operaciones matemáticas se trabajan de forma integrada.

En este sentido, se plantea que el proceso de formación de los estudiantes debe vincular los medios tecnológicos de su interés, en nuestro caso el videojuego. Las razones por las que se considera dicho medio se enmarcan, más allá de la motivación, en la interacción e inmersión en diversas situaciones, la variedad de temas que pueden vincular, los planes de acción que se pueden diseñar, las regularidades que se descubren y las estrategias que se emplean en el entorno virtual.

Los argumentos expuestos convierten al videojuego en un medio con potencial para la formación de los estudiantes en las aulas (Ferreiro, 2006; Gros, 2004; Maggio, 2012; Pindado, 2005). Por tanto, se pretende incorporar al proceso de enseñanza y de aprendizaje de las matemáticas los videojuegos de uso común, para que los estudiantes reconozcan nuevas oportunidades de interacción y experimentación y adquieran y desarrollen habilidades cognitivas, como la concentración, el razonamiento, la motricidad entre otras (Maggio, 2012). Además, los mismos autores plantean que a los videojuegos se vinculan hechos, principios de relación causa-efecto y se representan situaciones que en la vida real son difíciles de imaginar. Por lo tanto, los videojuegos asumen características particulares para fortalecer el aprendizaje, en particular de las matemáticas.

Una forma de relacionar los medios tecnológicos, en particular el videojuego, con las matemáticas escolares es a través de la *Modelación Matemática*. Biembengut y Hein

(2004), Trigueros (2009), Villa-Ochoa(2007) y Bassanezi (1994) indican que la *Modelación Matemática* aporta al desarrollo de procesos formativos, al razonamiento y propicia la capacidad para solucionar problemas en contexto.

Los mismos investigadores afirman que la *Modelación Matemática* establece relaciones entre las matemáticas y las experiencias, y en dicho sentido, no se limita a la enseñanza y al aprendizaje de las matemáticas sino que desarrolla en el estudiante una manera particular de proceder ante sus vivencias.

En correspondencia con los planteamientos expuestos por tales investigadores, Borba y Villarreal (2005) indican que la vinculación de la tecnología, en las prácticas escolares de enseñanza y de aprendizaje, suponen una forma de reorganizar el pensamiento, en términos de la relación que el sujeto sostiene con los nuevos medios tecnológicos (p. 71).

Considerar la organización del pensamiento en correspondencia con la *Modelación Matemática* presupone asumirla como proceso (Bassanezi, 1994; Blomhøj, 2004); Blum, 2002; Geiger, 2011 y Villa-Ochoa, 2007). En este sentido, se reconoce como los estudiantes, con el videojuego como medio tecnológico, pueden sistematizar, abstraer, matematizar, predecir con base en el análisis de datos, conjeturar, tomar decisiones y validar ideas.

De acuerdo a lo anterior, con la presente investigación, se busca describir la manera en que los estudiantes desarrollan procesos de *Modelación Matemática* mediados por los videojuegos en el aula de clase. Para tal fin, se desarrollan cinco

capítulos que dan cuenta de las consideraciones teóricas y metodológicas que se atendieron en el proceso investigativo.

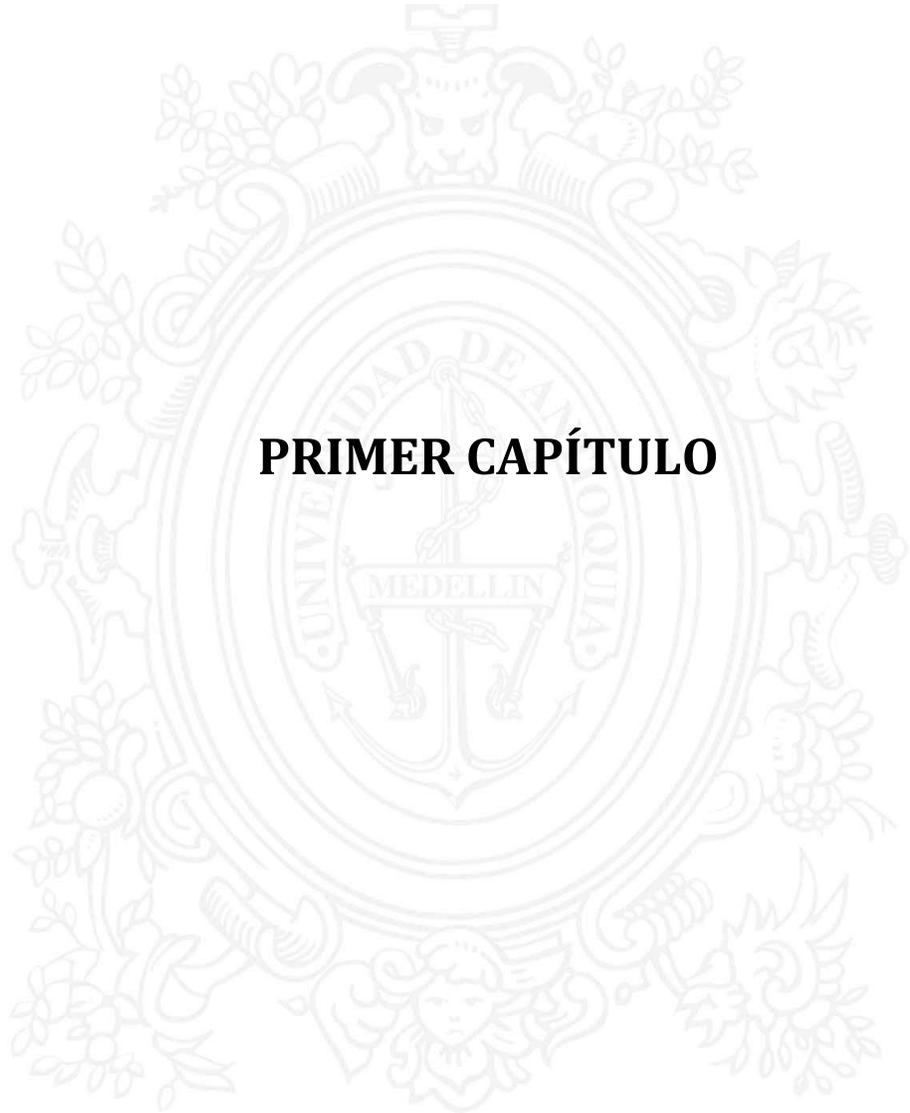
En el Primer Capítulo se describe cómo la vinculación de los medios tecnológicos en el aula de clase favorece los procesos de enseñanza y aprendizaje. Se describen las bondades y cualidades que tiene su uso en contextos educativos. Se reseñan algunas investigaciones que dan cuenta de la forma como se vinculan al aula de matemática los videojuegos como medio tecnológico, en correspondencia con el trabajo de investigación y con la intención de explorar la forma como los estudiantes resuelven los problemas planteados en el videojuego, mediada por el marco de la *Modelación Matemática*. Para finalizar se describe el problema de investigación, los objetivos y la pregunta que guía esta investigación.

En el Segundo Capítulo se detallan aspectos del referente teórico. Es decir, se presentan algunas de las acepciones y percepciones que se reconocen en la literatura acerca de la *Modelación Matemática*, cómo se desarrolla en el aula de clase y se describe la manera en que se vincula con medios tecnológicos, en el que se asume el videojuego como tal. Se propone una visión de la *Modelación Matemática* vista como proceso mediado por el videojuego.

En el Tercer Capítulo se expone el diseño metodológico del proceso investigativo. Dicho diseño describe el paradigma de investigación, el tipo de estudio, el escenario de investigación, los participantes, los instrumentos para la producción de datos como lo son la guía de actividades, las grabaciones, las producciones escritas

y verbales y las encuestas. En la guía se diseñan actividades que indagan por los procesos que se relacionan con la *Modelación Matemática* como son la exploración, la abstracción, la sistematización, la matematización y la validación a partir de la interacción del estudiante en el entorno del videojuego.

En el Cuarto y Quinto Capítulo, se describen los resultados y conclusiones del trabajo de investigación. Los análisis se realizan a partir de las producciones escritas y verbales que exponen los estudiantes por medio de la guía de actividades. A partir de la triangulación de los datos con los referentes teóricos se pretende reconocer la manera como los estudiantes realizan procesos mediados por el videojuego en el aula de clase, en este sentido se espera que como conclusiones queden abiertas posibles líneas de investigación futuras.



PRIMER CAPÍTULO

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Vincular los medios tecnológicos al aula de clase, una necesidad en el campo educativo

La matemática es relevante en el proceso de formación escolar, pues a partir de ella se analizan, comprenden y explican situaciones de la cotidianidad. En este sentido asume importancia el acompañamiento de proceso formativo de planteamientos, estrategias y recursos que apoyen la apropiación de ideas y conceptos propios de la matemática escolar. De Guzmán (1993) afirma que la manera como se abordan los conceptos y la predisposición de los estudiantes frente a las matemáticas ocasiona fracasos académicos, los cuales causan desmotivación y limitan el desarrollo de habilidades básicas.

Frente a los anteriores argumentos, es necesario considerar los medios tecnológicos para acercar a los estudiantes al aprendizaje de las matemáticas, como es el caso de los videojuegos. Si bien, los avances tecnológicos se involucran en muchos aspectos de la vida, también permearon el campo educativo.

Investigadores como Jaramillo y Castellón (2012), Ferreiro (2006), Rosa y Lerman (2011), De Guzmán (1993), entre otros, indican que la vinculación de los medios tecnológicos en la escuela motiva a los estudiantes, despierta en ellos su capacidad creativa, la curiosidad y la experimentación. Dichas actitudes conllevan a pensar que la vinculación de dichos medios tecnológicos en el aula de clase ofrece un entorno dinámico y a la vez lúdico que apoya el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Según el MEN (2008) *“la tecnología, como actividad humana, busca resolver problemas y satisfacer necesidades individuales y sociales, transformar el entorno y la naturaleza mediante la utilización racional, crítica y creativa de los recursos”* (p. 5). Es así que la articulación de los medios tecnológicos con las dinámicas escolares ofrece a los estudiantes la oportunidad de explorar, visualizar, representar, sistematizar, confrontar y refutar ideas de manera rápida e interactiva. Estas oportunidades les brindan espacios de reflexión para razonar, analizar, validar, inferir, cuestionar y comprobar conceptos e ideas que se estudian en el aula de clase.

En este sentido el profesor de matemáticas, en particular, debe propender porque sus prácticas pedagógicas incluyan nuevos medios tecnológicos que permitan generar dinamismo e interactividad. Es decir, vincular los medios tecnológicos al aula de clase da la oportunidad al estudiante para experimentar, simular, manipular la información, modificar variables y así motivar su capacidad de aprendizaje con procesos de formación de mayor significado.

La significación se percibe mediante esquemas y representaciones, sistematización de información, abstracciones, matematizaciones y el establecimiento de patrones, conceptos e ideas que el estudiante emplea al realizar tanto sus actividades diarias como académicas.

De acuerdo a lo anterior, es importante para la educación matemática vincular los medios tecnológicos que usan los estudiantes en el aula de clase, de manera que apoyen el desarrollo de conceptos e ideas. En este sentido, el proceso de enseñanza y

de aprendizaje de las matemáticas tendrá una relación más cercana a las necesidades, intereses y medios con que cuenta el estudiante, lo que le posibilitará reconocerse como un actor fundamental de su actividad formativa.

Como profesor de matemáticas de la Institución Educativa Antonio Roldán Betancur, percibo cómo los estudiantes se relacionan con los medios tecnológicos, de manera particular con el uso de videojuegos. De esta manera, reconozco una potencialidad en los videojuegos porque *“pueden convertirse en un puente para la buena enseñanza”* Maggio (2012). Con los que además, se propician diversas dinámicas para la enseñanza de las matemáticas. Autores como Felicia (2009), Maggio (2012), Pindado (2005) señalan que los videojuegos ofrecen un mundo de fantasía, promueven la imaginación, la creatividad.

Pindado (2005) y Felicia (2009), en correspondencia con las potencialidades que identifican de los videojuegos, afirman que dichos medios tecnológicos incluyen diversos beneficios educativos. En correspondencia con tales planteamientos, es posible afirmar que los videojuegos pueden vincular hechos, conocimientos, algoritmos, principios de relación causa-efecto, argumentaciones o refutaciones frente a una circunstancia o contexto particular. Al mismo tiempo, justificar leyes o principios para la resolución de problemas, aumentar la creatividad y aportar ejemplos prácticos referentes a un concepto o reglas, cualidades del videojuego que permiten su vinculación en el aula de matemática.

Una manera de vincular los videojuegos con las matemáticas en el aula de clase es a partir de la *Modelación Matemática*. Es decir, al enfrentar las circunstancias que propone el videojuego se logran establecer relaciones explicables por medio de razonamientos matemáticos y que pueden ser descritos en relación con el proceso de *Modelación Matemática*

La *Modelación Matemática* es un proceso de la actividad matemática que se reconoce en los Lineamientos Curriculares de Matemática (1998), como “*una actividad estructurante y organizadora, mediante la cual el conocimiento y las habilidades adquiridas se utilizan para descubrir regularidades, relaciones y estructuras desconocidas*” (MEN 1998, p. 77). Dicho planteamiento da cuenta de los propósitos de esta investigación, el cual se traduce en reconocer cómo los estudiantes puedan realizar procesos de *Modelación Matemática* a partir de las situaciones que expone el entorno virtual del videojuego y generar un vínculo entre dicho medio tecnológico y las matemáticas.

Al ser un proceso general en la actividad matemática MEN (2006), la modelación le permite al estudiante desarrollar habilidades cognitivas para entender relaciones y patrones, de tal manera que puedan interpretar, evaluar, representar, expresar ideas y comunicarlas matemáticamente mediante un lenguaje claro y entendible (Villa-Ochoa, 2007). En este sentido, la implementación de videojuegos en el aula de clase permite realizar procesos de *Modelación Matemática* de manera interactiva, participativa, visual, práctica y motivante, pues, las habilidades que se necesitan para jugar

videojuegos son similares a las que se requieren para el trabajo en matemáticas. Por tanto estudiar la *Modelación Matemática* mediante las potencialidades que ofrece el videojuego, permite que a partir de las interpretaciones, inferencias y estrategias de juego que realizan los estudiantes, se identifiquen conceptos e ideas matemáticas.

Una revisión de la literatura en relación con los medios tecnológicos en el aula de matemáticas

En la década de los 90's, el Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN) empezó a divulgar y promocionar los Lineamientos Curriculares de Matemática. Luego, en el año 2006 publica los Estándares Básicos de Competencias Matemáticas, cuya intención es orientar la Educación Matemática en Colombia. Estos documentos rectores sustentan la propuesta de formar un ciudadano competente, capaz de desempeñarse en el contexto en que se encuentran inmersos. Es así, que con la inminente incursión de los avances tecnológicos se abren nuevos espacios de interacción para los estudiantes, en el que se pueden desarrollar procesos de aprendizaje.

En la actualidad, se observa cómo diferentes programas de gobierno dotan las Instituciones Educativas de dispositivos tecnológicos y acceso a la red de internet. Tales acciones gubernamentales tienen la intención de fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, se puede plantear la pregunta ¿Qué beneficios

tiene la implementación de la tecnología en el aula de clase, en particular de matemática?

En este sentido, Castiblanco (1999) con el Ministerio de Educación promociona *Nuevas Tecnologías y Currículo de Matemáticas* como apoyo a los Lineamientos Curriculares. En dicho documento se plantean argumentos por los cuales el uso de medios tecnológicos en particular, la calculadora y el computador favorecen el quehacer docente y fortalece los procesos de enseñanza y de aprendizaje. En el documento se consignan ideas como:

- El uso de aparatos, dispositivos y recursos tecnológicos representan un nuevo entorno para aprender matemáticas (Castiblanco, 1999, p. 36).
- El uso de recursos tecnológicos y una adecuada orientación permiten que el sujeto desarrolle su pensamiento en diferentes sistemas de representación (Castiblanco, 1999, p. 100).
- Los medios tecnológicos promueven la actividad científica, ya que por medio de la experimentación se convierten en una oportunidad de observar, analizar, conjeturar, razonar, reflexionar, considerar las habilidades de orden superior, elevando el nivel intelectual del sujeto (Castiblanco, 1999, p. 39).
- Los medios tecnológicos permiten la sistematización y representación de datos en forma dinámica (Castiblanco, 1999, p. 56).

- Reorienta el currículo apoyado en recursos tecnológicos para explorar otras formas de representación del conocimiento matemático, lo cual favorece el proceso de enseñanza y aprendizaje (Castiblanco, 1999, p. 91).

En este sentido, Ferreiro (2006), Castellanos (2011), Felicia (2009) entre otros, afirman que el proceso educativo se debe apoyar con nuevos medios tecnológicos que enriquezcan los procesos que se dan en el aula de clase. Ferreiro (2006) afirma que los jóvenes en la actualidad son, sin duda, una generación de *tecnófilos* ya que sienten atracción por interactuar con las nuevas tecnologías, conocerlas, emplearlas o poseerlas. Tal situación posiciona los medios tecnológicos como una fuente para la satisfacción de sus necesidades de explorar, conocer, comunicarse y formarse, de tal manera que los estudiantes se muestran abiertos al cambio y reconocen las transformaciones sociales a partir de diversas miradas frente a este tipo de medios. De este modo, los medios tecnológicos deben convertirse en una forma de enriquecer el proceso de enseñanza y aprendizaje en la escuela que, a su vez, permita el fortalecimiento de procesos que se relacionan con las matemáticas, que para esta investigación vincula la *Modelación Matemática*.

Ferreiro (2006) afirma que los estudiantes sienten poca atracción por una educación con prácticas tradicionales, ya que les genera poco interés. Además, señala que “*es imposible mantenerlos atentos en un salón de clase tradicional ya que para ellos la forma de adquirir el conocimiento es completamente distinta*” (p. 78). Por tanto es importante para la Educación Matemática aprovechar el potencial que tienen los

medios tecnológicos para diseñar diferentes estrategias pedagógicas en el que se vinculen las matemáticas escolares con las situaciones de interés para los estudiantes.

La incursión de la tecnología en la escuela trae consigo herramientas de apoyo a la labor docente, en la que se vinculan *software* y aplicaciones de interés para el estudiante. Es así, que en el siguiente apartado se describen los aportes que propician los videojuegos como medio tecnológicos en la formación matemática escolar.

Los videojuegos como medio tecnológico en el aula de clase de matemáticas

En esta sección se describen algunas investigaciones que dan cuenta del uso de videojuegos en el aula de clase, las habilidades que permite desarrollar y la forma en que algunos investigadores vinculan el videojuego con el desarrollo de conceptos e ideas matemáticas.

Una investigación en la que se hace uso del videojuego como medio tecnológico es la que realizó Felicia (2009), en la cual expone una amplia gama de videojuegos y los relaciona con una serie de habilidades específicas que puede potenciar en el jugador. La investigadora realiza una clasificación por el tipo de juego y habilidad que permite desarrollar. Por ejemplo, juegos *shooter* (*juegos de disparos*) fortalecen las habilidades de coordinación y desarrollo motriz. Los juegos de plataforma desarrollan habilidades de ubicación y orientación espacial. Y los de rompecabezas desarrollan habilidades de razonamiento y análisis. En la investigación la autora plantea una serie de recomendaciones para tener en cuenta en el momento de organizar una sesión de

videojuego en el aula de clase. En dichas recomendaciones, entre otras, se indica que: se deben tener claros los objetivos formativos, de manera regular los estudiantes deben hacer descansos, aprovechar las cualidades multimedia del videojuego, identificar las partes o niveles del videojuego que permiten respaldar los objetivos formativos y que la iluminación del aula sea adecuada. A continuación se realiza una síntesis de la clasificación que realiza Felicia (2009) con respecto al tipo de videojuego y los beneficios pedagógicos que ofrecen.

Tabla 1. Clasificación y beneficios pedagógicos de los videojuegos¹

Clasificación	Beneficios pedagógicos
Juegos de disparos (Shooter)	Desarrollo de reflejos y coordinación
Juegos de plataformas Rompecabezas	Coordinación ojo-mano Desarrollo de estrategias
Laberintos	Estrategia, planificación prospectiva, reflejos
Juegos de rol (RPG)	Trabajo en equipo, estrategia
Juegos de estrategia	Toma de decisiones rápidas, estrategia
Deportes	Coordinación y estrategia

Fuente: Adaptación de Videojuegos en el aula de clase, un manual para el docente (Felicia, 2009)

De manera similar a Felicia (2009), Ferreiro (2006) afirma que el videojuego debe ser un medio que apoye el proceso de enseñanza y aprendizaje, ya que con ellos, los alumnos pueden implicarse y motivarse de manera considerable, hasta el punto de entender conceptos difíciles de comprender.

¹ Adaptación y síntesis de la clasificación de los videojuegos y sus beneficios

Al enfrentarse a los retos que plantean los entornos virtuales del videojuego e intentar superar los niveles para poder avanzar, los estudiantes exploran estrategias, realizan consultas en la red, participan en foros e intentan una y otra vez por distintos medios superar la situación expuesta en el videojuego. En este sentido, autores como Jaramillo y Castellón (2012) insisten en que la motivación que lleva a los estudiantes a realizar todos los esfuerzos necesarios para superar una etapa del videojuego consiste en un sistema de estímulos que tiene por nombre *recompensa* y que la mayoría de los videojuegos poseen dicho sistema. Es decir, sentir el placer de ganar, de sentirse dueño del conocimiento adquirido, de enseñar y explicar cómo se superan las etapas hace que el estudiante sea productivo. De esta manera, se reconocen en el videojuego bondades que se relacionan con la motivación, la diversión, el estímulo a la imaginación, el desarrollo de habilidades, el reconocimiento de patrones, el razonamiento y la toma de decisiones entre otros.

En la literatura es posible encontrar investigaciones que dan cuenta de procesos descriptivos de situaciones y objetos. Es así que Sedeño (2010), Macías y Quintero (2011) proporcionan ejemplos de cómo los videojuegos desarrollan habilidades y destrezas que se relacionan con la dinámica del espacio, en el que los estudiantes describen su ubicación geométrica espacial acorde con lugares de referencia en el entorno virtual.

García y Hernández (2010) realizan una investigación cuantitativa que indaga por el desarrollo de competencias matemáticas para trabajar con las tablas alfanuméricas

y gráficos de barras. Los investigadores validan el uso de los videojuegos como recurso didáctico en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas escolares en estudiantes de 4° de primaria. En el desarrollo de la investigación se realizó una prueba piloto que dio cuenta del estado de los estudiantes antes de aplicar la estrategia. Se diseñó el instrumento para la recolección de datos que abarcó 20 objetivos y 41 ítems de selección múltiple con única respuesta; con un grupo de control de 145 estudiantes y un grupo experimental de 131 estudiantes. En el desarrollo de la investigación se realizaron 10 sesiones con el videojuego *Pokémon diamante*® para la consola de juego *Nintendo Ds*®. Tanto con los grupos de control (sin videojuego) como los experimentales (con videojuegos) se desarrollaron sesiones que vinculaban aspectos matemáticos como: relaciones numéricas, de intervalo, comparación, cálculo mental y cálculo por aproximación. Al finalizar, a los dos tipos de grupos se les aplicó el instrumento que se diseñó. Como resultado, se obtuvo un aumento en los porcentajes de acierto a los cuestionamientos del instrumento en el grupo que fue sometido a las sesiones de Videojuego.

Por otro lado, implementar videojuegos en el aula de clase abre la posibilidad de estudiar una variedad de temas, en especial cuando los videojuegos los diseña el docente para llevarlos al aula de clase. Dicha acción se percibe en la investigación de Monteverdi y Testa (2013), con su propuesta "*Jugando con las TIC en clase de matemática*" en la que los estudiantes se involucran con el videojuego "*Quién quiere ser irracional*" el cual permitió desarrollar habilidades y competencias del

pensamiento numérico. Otro videojuego que se involucró fue *¡A la caza de los poliedros regulares!* por medio del cual se desarrollaron habilidades en el pensamiento geométrico espacial. Esta investigación da cuenta de la forma en que se vinculan los videojuegos como medio tecnológico en el aula de clase para orientar conceptos o ideas matemáticas que se relacionan con los números irracionales y la geometría.

Acevedo y Camargo (2011a, 2011b, 2011c, 2012) usan el videojuego Tetris®, como mediador visual para acercar intuitivamente a estudiantes con dificultades de aprendizaje o emocionales al aprendizaje de los conceptos de rotación y traslación. Se abordan un conjunto de procesos que se relacionan con la visualización como es representar, transformar, generalizar, comunicar y reflexionar. En dicho sentido, las investigadoras reconocen que una característica que poseen los videojuegos es el uso de imágenes para establecer interacción con el jugador. A partir de imágenes es posible transmitir significado y sentido a las situaciones que ocurren en el entorno del videojuego. Es así que la visualización cobra un papel preponderante al interactuar con el videojuego.

Las autoras consideran un acercamiento a las ideas de rotación y traslación por parte de los estudiantes, por medio de tres aspectos: la aproximación visual, el acercamiento invariante y el uso de vocabulario informal. El primer aspecto permite a los estudiantes determinar la posición de las figuras del Tetris® cuando giran o se desplazan. Con el segundo aspecto, el acercamiento invariante, los estudiantes reconocen el sentido de los giros, la dirección de los desplazamientos y variación en el

tamaño o forma de las figuras. Y con el tercer aspecto, el uso de vocabulario informal, los estudiantes asocian la palabra girar con rotación y la palabra mover con traslación. Como resultado, las investigadoras indican que los participantes del estudio muestran un desempeño exitoso al desarrollar las actividades propuestas. Además, las autoras indican que los videojuegos deben ir acompañados de diseños pedagógicos apropiados. Es decir, actividades en que los estudiantes puedan reflexionar, deducir y resolver problemas (Acevedo y Camargo, 2012).

Dalla Vecchia (2012) discutió con los estudiantes acerca de las consideraciones teóricas de la realidad en el entorno virtual. La investigación consistió en el diseño y creación de un videojuego al usar el *software* Scratch^{®2} desarrollado por el MIT (Massachusetts Institute of Technology). El *software* se apoyó en otras herramientas informáticas como Google[®], Excel[®] y Studio3Dmax[®]. El objetivo de esta investigación fue diseñar un videojuego en el que el escenario simulara un mundo virtual que diera cuenta de elementos del razonamiento matemático. Al final, el videojuego que se diseñó a partir de las discusiones teóricas pudo considerarse como una extensión del mundo real y al mismo tiempo como un modelo que recreó algunas consideraciones del juego.

En correspondencia con las investigaciones anteriores y con la intención de usar el videojuego para simular situaciones del mundo real, Sánchez, Espinoza,

² Scratch es un lenguaje de programación en el que se puede diseñar y crear animaciones y videojuegos. <https://scratch.mit.edu/>

Carrasco y Garrido (2012) exponen su trabajo de investigación, en el que mediante el diseño de un videojuego proponen mejorar las habilidades matemáticas en geometría, en jóvenes con discapacidad visual. Los autores argumentan que “*en la mayoría de los casos, el aprendizaje de la Geometría en el aula, se apoya en gráficos, diagramas, dibujos y fotografías*” (Sánchez et al., 2012, p. 3). Aunque dichos recursos apoyan la comunicación visual suponen una enorme dificultad para estudiantes con dificultades visuales. Los autores proponen un modelo de videojuego que integre los sentidos del tacto y la audición, en el que el estudiante pueda establecer mapas mentales que relacionen las figuras, cuerpos geométricos y sonidos específicos del videojuego.

En esta misma línea de trabajo, diseño y construcción de videojuegos se reconoce la investigación de Pretelín y Sacristán (2013) quienes implementan la tecnología como medio para aprender conceptos de *Modelación Matemática* por medio del diseño y programación de videojuegos serios³.

Para el diseño y producción del videojuego, teóricamente se define un micro mundo de aprendizaje que relaciona 4 componentes a saber: el técnico, el estudiante, el contexto y lo pedagógico. El componente técnico hace referencia al *software* o programas por medio del cual se desarrollan las ideas; es decir, el software de programación Game Maker Studio^{®4}, en el caso de la investigación. El estudiante se asume como el componente que engloba aspectos cognitivos y afectivos, incluye

³ Entiéndase por videojuegos serios, aquellos que se diseñan con un propósito específico distinto al de la diversión, en este caso para introducir conceptos de las matemáticas.

⁴ Game Maker Studio es una herramienta para el desarrollo de videojuegos, de forma rápida y para diferentes plataformas.

conocimientos previos e historia del participante; aspectos relevantes porque influyen de manera directa en las ideas que percibe y desarrolla en el proceso de juego. El componente contextual referencia los aspectos sociales y culturales en los que se desarrolla la actividad del estudiante. Y por último, un componente pedagógico que se encarga de explorar y estructurar los conceptos e ideas que se incorporan en el componente técnico. El autor indica que sin importar el nivel educativo, las ideas matemáticas que se desarrollan en Game Maker® Studio parten de los conocimientos básicos y previos con los que cuenta el estudiante.

Con respecto a la modelación en el entorno del videojuego se encuentran investigaciones en las que se usan los videojuegos comerciales⁵ de manera intencional, es decir, como medio para visualizar situaciones de la cotidianidad. Una investigación que responde a dicha intención fue la que desarrolló Ruiz y Oktaç (2014). Estos autores usan el videojuego *Angry Birds*® para modelar las ecuaciones de tiro parabólico. Dicha investigación se desarrolló como propuesta didáctica en la cual se plantearon 4 momentos respecto a la *Modelación Matemática*, a saber: exploración, discusión, interpretación y aplicación.

Además del videojuego, en la investigación se implementaron otras herramientas tecnológicas que los investigadores diseñaron, como fue el uso de plantillas de GeoGebra®. A partir de la exploración del videojuego, los estudiantes

⁵ Los videojuegos comerciales, son aquellos cuyo fin es divertir. Para esta investigación esta categoría de videojuegos disponibles en la mayoría de dispositivos son los de mayor interés para nuestros estudiantes.

podieron experimentar con el entorno virtual. Es decir, pudieron modificar el ángulo de lanzamiento, lanzar diferentes *Angry Birds*®, estirar o encoger la resorte; y en consecuencia, pudieron realizar análisis y discusiones frente a cada uno de los lanzamientos. Estas acciones y el uso de plantillas de GeoGebra® apoyaron los análisis que realizaron los estudiantes, lo que permitió modelar las ecuaciones de movimiento para el tiro parabólico.

A continuación se muestra una tabla que resume las investigaciones que aquí se reportan, reconociendo los diferentes conceptos que los investigadores emplearon al vincular videojuegos al aula de clase.

Tabla 2. Resumen de investigaciones que relacionan videojuegos

Investigación	Cómo se vincula al aula
Video juegos en el Aula, Manual para docentes (Felicja, 2009)	Realiza una clasificación de videojuegos y habilidades que se fortalecen, entre las que se encuentran la coordinación, la orientación espacial, el razonamiento y el análisis
Educación y videojuegos (Jaramillo y Castellón, 2012)	Se reconoce la recompensa como estímulo, que más allá de la motivación, posibilita la imaginación, al reconocimiento de patrones, al razonamiento y la toma de decisiones.
Los videojuegos como una alternativa para el estudio y desarrollo de la orientación espacial (Macías y Quintero, 2011) y Videojuegos como dispositivos culturales: las competencias espaciales en educación (Sedeño, 2010)	Fortalece procesos comunicativos por medio de la descripción geométrica espacial de acuerdo con diferentes puntos de referencia en el entorno virtual
El uso de videojuegos en el aula de matemáticas en 4º Curso de Educación Primaria (García y Hernández, 2010)	Propicia el desarrollo de competencias para leer e interpretar tablas alfanuméricas y gráficos

Investigación	Cómo se vincula al aula
Jugando con las TIC's en la clase de matemática (Monteverdi y Testa, 2013)	Desarrollo de habilidades y competencias con respecto al pensamiento numérico y geométrico
El Tetris como mediador visual para el reconocimiento de movimientos rígidos en el plano (Acevedo y Camargo, 2012)	Se estudian los conceptos de rotación y traslación a partir de la visualización
A modelagem matemática ea realidade do mundo cibernético (Dalla Vecchia, 2012)	Diseño y creación de un videojuego por medio de consideraciones teóricas de <i>Modelación Matemática</i>
Modelo de videojuegos para mejorar habilidades matemático-geométricas en aprendices ciegos (Sánchez et al., 2012)	Desarrollo de habilidades matemáticas geométricas en estudiantes con dificultades visuales
Aprendiendo <i>Modelación Matemática</i> de sistemas físicos a través del diseño y programación de videojuegos serios (Pretelín y Sacristán, 2013)	Implementan la tecnología como medio para abordar conceptos de <i>Modelación Matemática</i> por medio del diseño y programación de videojuegos serios.
De un videojuego a las ecuaciones del tiro parabólico: una propuesta didáctica (Ruiz y Oktaç, 2014)	A través del videojuego Angry Birds® y plantillas de GeoGebra® se modelan las ecuaciones de tiro parabólico.

Fuente: Diseño de los autores de esta investigación

A partir de la revisión de la literatura se da cuenta de la manera en que algunos investigadores implementan los videojuegos, como medio tecnológico, en el aula de clase. Algunos hicieron uso del videojuego para desarrollar habilidades específicas como la ubicación espacial, el cálculo por aproximación, el gráfico de barras, el conocimiento en geometría y la producción textual. En algunas de estas investigaciones se articulan los videojuegos con otros recursos y aplicaciones como GeoGebra®, Excel® y *software* de diseño para apoyar el aprendizaje de las matemáticas a partir de la geometría y la física. Se observa también que en algunas investigaciones se diseñan y desarrollan los videojuegos para abordar ideas acerca de

Modelación Matemática. Las investigaciones dan cuenta del diseño de videojuegos a partir del análisis teórico, los estudiantes crean el videojuego como modelo producto de las discusiones teóricas de la *Modelación Matemática*.

El problema de investigación

Lo anterior permite reconocer cómo proceden algunos investigadores en cuanto al uso de los videojuegos y *Modelación Matemática* en el aula de clase. A su vez, permitió establecer una línea de trabajo para la investigación. Cabe resaltar que en las investigaciones enunciadas, aunque se aborda la *Modelación Matemática*, no se concibe el proceso de modelación como objeto de estudio. En este sentido, el principal interés de este trabajo de investigación se enfoca en la forma como los estudiantes realizan procesos de *Modelación Matemática* cuando se media con videojuegos. Es así que la *Modelación Matemática* vista como proceso permite que los jóvenes, a partir de la exploración del entorno del videojuego, puedan abstraer, sistematizar datos e información, tomar decisiones, realizar estrategias y planes de acción y encontrar, describir y comunicar relaciones y regularidades matemáticas.

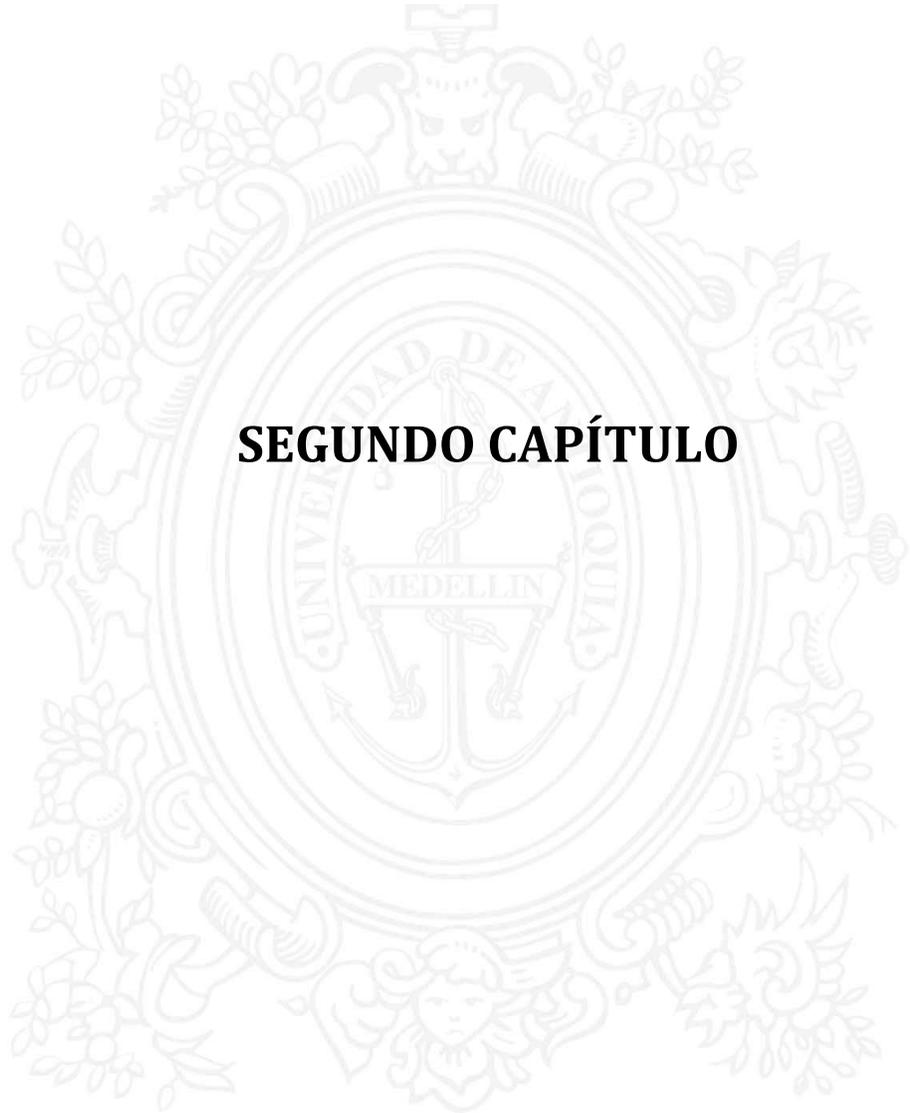
De esta manera, las pretensiones de esta investigación se centran en reconocer los videojuegos de uso común para los estudiantes como un medio que permite observar las formas de concebir las ideas y conceptos matemáticos inmersos en el entorno del videojuego a partir de la *Modelación Matemática*.

Por lo tanto, la pregunta de investigación que se propone es ***¿Cómo los estudiantes de grado sexto de la institución educativa Antonio Roldán Betancur realizan procesos de Modelación Matemática mediados por videojuegos?*** Se plantea entonces los objetivos de la investigación.

Objetivos

Analizar cómo los estudiantes de grado sexto de la Institución Educativa Antonio Roldán Betancur realizan procesos de *Modelación Matemática* mediados por videojuegos.

Diseñar una guía de actividades que posibilite el proceso de *Modelación Matemática* en el entorno del videojuego.



SEGUNDO CAPÍTULO

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Referentes teóricos

En los referentes teóricos encontrados en la literatura se muestra el rol que asume la *Modelación Matemática* en relación con las diferentes acepciones que puede tener, y el uso de la tecnología para explorar la forma como los alumnos la aplican en su quehacer, las maneras en las que se puede llevar a cabo en un ambiente de aprendizaje, el papel que asume en el proceso de enseñanza y de aprendizaje y los elementos básicos que hacen parte del *proceso de Modelación Matemática*.

De manera particular, se referencian algunos aspectos fundamentales según diversas investigaciones en relación con la *Modelación Matemática* cuando se vinculan medios tecnológicos. En este sentido, se describe la manera en que se entiende un proceso de *Modelación Matemática* cuando se media con tecnología, que en esta investigación hace alusión a los videojuegos. Se espera que al mediar el proceso de *Modelación Matemática* con videojuegos los estudiantes exploren, reconozcan patrones, realicen inferencias, conjeturas y planeen estrategias en su interacción con el entorno del videojuego; además, justifiquen sus procedimientos con el saber matemático. En el siguiente apartado se describen las consideraciones teóricas que sustentan la investigación.

Concepciones acerca de la *Modelación Matemática*

En las últimas décadas diversos investigadores se han interesado por el estudio de la *Modelación* en el campo de la Educación Matemática. La *Modelación Matemática*

presenta diversas concepciones que obedecen a objetivos, intenciones y puntos de vista del investigador. De manera puntual, Kaiser y Sriraman (2006) indican que no existe una comprensión homogénea sobre lo que significa *Modelación Matemática*. Investigadores como (Bassanezi y Biembengut, 1997; Biembengut y Hein, 2004; Blomhøj, 2004; Trigueros, 2009; Villa-Ochoa, Bustamante, Berrio, Osorio, y Ocampo, 2009), conciben la *Modelación Matemática* como una actividad que trasciende una mirada en la que predomina la solución de ejercicios y problemas de aplicación como una manera de practicar con el saber matemático. Es decir, tales autores, entre otros, apuestan porque la *Modelación Matemática* supere la reiteración de enunciados verbales o problemas de palabras que prueban la capacidad de los estudiantes para recordar y reproducir una regla, procedimiento o algoritmo.

Según Burkhardt (2006) la solución de enunciados verbales o problemas de palabras puede entenderse como aprendizaje por imitación y se concibe como una manera de modelar matemáticamente en la escuela. Sin embargo, se debe procurar porque los estudiantes, además de desarrollar habilidades para calcular, puedan usar las matemáticas para enfrentarse a la solución de diversas situaciones en la sociedad. En dicho sentido, la matemática escolar debe propender porque los estudiantes apliquen sus conocimientos matemáticos a problemas no rutinarios de la vida real (Chapman, 2007).

En relación con las ideas expuestas, Biembengut y Hein (2004) y Blomhøj (2004) indican que la *Modelación Matemática* debe partir de reconocer el ambiente en el que

se desenvuelve el estudiante y, por lo tanto, vincular las matemáticas con sus actividades. En este sentido, se propicia que el aula se convierta en un espacio donde el estudiante produzca sus propias ideas y concepciones matemáticas a partir de la exploración, sistematización, abstracción, matematización, justificación y comunicación de sus vivencias.

Frente a dicha intención en la formación matemática escolar, se reconocen diferentes concepciones acerca de la *Modelación Matemática*. Dichas concepciones hacen referencia a su reconocimiento como práctica científica, en la que es posible construir nuevos saberes (Mesa, 2013); como estrategia de enseñanza y aprendizaje, con el ánimo de fortalecer los procesos de formación al interior del aula de clase (Biembengut y Hein, 2004; Villa-Ochoa, 2007); como competencia, para representar situaciones reales que posibilitan la manera de enseñar conceptos matemáticos, procedimientos o justificaciones (Bossio Vélez, 2014; Maab, 2006; MEN, 2006). En algunos casos, se concibe como ambiente de aprendizaje que posibilita una mayor comprensión de las matemáticas (Blomhøj, 2004). O como nuevas maneras de explorar, enfrentar, comprender, representar las relaciones que surgen de las situaciones y manipular ideas e hipótesis canalizables hacia lo que se quiere lograr, lo que hace alusión a un proceso (Lehrer y Schauble, 2000).

Frente a estas concepciones que asumen los investigadores, en relación con la *Modelación Matemática*, se reconoce, en primer lugar, la relevancia que se debe dar al contexto, cultura o situaciones que puedan concebirse como *reales*. En segundo lugar,

se reconocen los beneficios pedagógicos puesto que *la Modelación Matemática* permite al estudiante no solo aprender, sino también despertar su sentido creativo y su capacidad de razonamiento (Biembengut y Hein, 2004). Además, compromete al estudiante y, por tanto, lo motiva en relación con el aprendizaje y facilita la conceptualización de algunos conceptos básicos de la matemática (Blomhøj, 2004; De Almeida y Dos Santos Brito, 2005).

En los siguientes apartados se presenta, de manera más amplia, algunas de las concepciones acerca de la *Modelación Matemática*.

Práctica científica

A lo largo de la historia el hombre elabora maneras de comprender el mundo. De acuerdo con Burkhardt (2006), los sujetos en términos informales se relacionan a diario con el modelado matemático en cuanto planifican sus finanzas, organizan el hogar, cuentan y comprueban el dinero, entre otras acciones rutinarias. En etapas muy tempranas, dichas acciones hacen referencia al conteo de la cantidad de dulces o marcas de crecimiento y comparan su evolución con relación a otros niños.

Muchas de estas maneras de modelar matemáticamente para comprender el mundo, se relacionan con el abordaje y solución de un problema, el cual surge de una necesidad sentida. Para llegar a su desarrollo el hombre requiere de procesos de sistematización, análisis, comprobación, elaboración de modelos, enunciados, teorías entre otras acciones que lo llevan a la consecución de nuevos hallazgos y respuestas.

La *Modelación Matemática* como práctica científica se preocupa por la producción de nuevos saberes (R. Bassanezi y Biembengut, 1997; Villa-Ochoa, 2007). Procede de las prácticas científicas que se desarrollan en diversas ciencias como la Física, la Química, la Ingeniería entre otras, en las cuales se intenta resolver problemas de la realidad. Al respecto Mesa (2013) indica que como actividad científica, la *Modelación Matemática* produce nuevos saberes donde quien modela pone en juego sus saberes y habilidades para describir, formular, aplicar, establecer y representar relaciones. En este sentido, quien realiza el acto de modelar matemáticamente establece y descubre nuevos saberes que permiten dar cuenta de la situación que estudia.

Estrategia para la enseñanza y el aprendizaje

La *Modelación Matemática* se puede percibir como una estrategia para la enseñanza y aprendizaje a partir de la cual es posible establecer conexiones entre las ideas matemáticas que se quieren desarrollar y las estrategias que se vinculan con dichos saberes. En este sentido, la *Modelación Matemática* se concibe como una herramienta que posibilita mejorar los procesos de formación al interior del aula de clase (Villa-Ochoa et al., 2009) y que como lo enuncia Mesa (2013) genera:

[...] conexiones de las matemáticas con la realidad por medio de una estrategia, proceso, recurso o competencia de modelación que permite una respuesta en el contexto escolar al sentido que otorgan los

estudiantes a las matemáticas y está relacionada con la forma en que los sujetos se apropian de algunos saberes para “aplicarlos” al entorno (p. 35).

Frente a los argumentos expuestos, al vincular la *Modelación Matemática* como estrategia de enseñanza y de aprendizaje es posible explorar otros procesos en la actividad matemática que se relacionan con la manera de plantear situaciones a estudiar, de proceder, de desarrollar e involucrar habilidades y herramientas que facilitan el aprendizaje de los estudiantes (Villa-Ochoa, 2007; Mesa, 2013).

Una manera particular de vincular la *Modelación Matemática* como estrategia de enseñanza y aprendizaje consiste en proponer situaciones de interés para los estudiantes en las cuales se encuentren inmersas las ideas matemáticas que se quieren desarrollar. Una vez que los estudiantes realizan exploraciones e indagaciones reconocen necesidades de vincular al estudio ideas y conceptos de las matemáticas que aportan a la solución de la situación que se estudia. Frente a las acciones que implementa el estudiante, el profesor se ve en la necesidad de incorporar nuevas ideas en el aula para que de manera conjunta se pueda aportar al motivo del estudio.

Competencia

La *Modelación Matemática* puede asumirse como una actividad que motiva al trabajo autónomo e involucra diversos procesos de pensamiento y, al mismo tiempo,

da la libertad a quien realiza la modelación de explorar, formular, resolver y exponer sus ideas y concepciones referentes a una situación (Bossio-Vélez, 2014). En este sentido la *Modelación Matemática* puede asumirse como competencia en la que se ubica al estudiante como un ser capaz de desempeñarse matemáticamente en un contexto.

Una idea acerca de competencia es descrita por el MEN (2006), la cual se asocia con un “conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, comprensiones y disposiciones cognitivas, socio-afectivas y psicomotoras apropiadamente relacionadas entre sí para facilitar el desempeño flexible, eficaz y con sentido de una actividad en contextos relativamente nuevos y retadores” (p. 49). Dicha idea conlleva a que en la formación escolar se conciba cómo el estudiante puede ser *matemáticamente competente*, que es lo que pretende el MEN (2006) al incluir la *Modelación Matemática* como una estrategia de enseñanza y de aprendizaje dentro del currículo escolar. Dicha apuesta pretende centrar el desarrollo de competencias de tal manera que el estudiante de cuenta de lo que sabe hacer con las matemáticas en diferentes situaciones o contextos.

Biembengut y Hein (2004) reconocen que en la *Modelación Matemática* surgen acciones que mejoran la capacidad para leer, formular y resolver situaciones del contexto. A su vez, Mesa (2013) y Maab (2006) indica que el desarrollo de la *Modelación Matemática* como competencia se enfoca en las maneras que tienen los estudiantes de entender, juzgar, hacer y utilizar las matemáticas en contextos sociales

y académicos. Blomhøj y Jensen (2003) se refieren a ella como la capacidad de llevar a cabo en forma autónoma y consciente aspectos de un proceso de modelación en un contexto dado.

Los autores afirman que en el proceso de modelación hay subprocesos que dejan en evidencia la competencia en *Modelación Matemática* como es por ejemplo el hecho de entender el problema, obtener modelos de representación, plantear y resolver la situación matemáticamente, interpretar y validar los resultados.

Según lo anterior, es posible reconocer que la *Modelación Matemática* como competencia debe ser más que un listado de acciones del estudiante. En este sentido, la preocupación debe radicar en el análisis y evaluación de los logros que alcanzan los estudiantes en relación con la situación que se estudia.

Ambiente de aprendizaje

Según el Ministerio de Educación Nacional (MEN) se entiende por ambiente de aprendizaje “aquel espacio en el que los estudiantes interactúan bajo condiciones y circunstancias físicas, humanas, sociales y culturales propicias; para generar experiencias de aprendizaje con sentido. Dichas experiencias son resultado de actividades y dinámicas propuestas, acompañadas y orientadas por profesores” (MEN, 2011).

Ahora bien, según Blomhøj (2004) la *Modelación Matemática* se convierte en un ambiente de aprendizaje donde el profesor debe proponer a los estudiantes el estudio

de un fenómeno o situación de la vida diaria que les sea conocido o familiar, de tal manera que puedan poner en juego sus saberes matemáticos. Lo anterior, conlleva a que existan intenciones para que los estudiantes comprendan situaciones de su interés a partir de indagaciones, búsquedas, diálogos, inferencias y conclusiones.

En dicho sentido, el profesor asume un papel importante más no protagónico, puesto que él dirige la actividad de *Modelación Matemática* pero lleva al estudiante a darle significado a la situación objeto de estudio al involucrar acciones como consultar, indagar, sistematizar, cuestionar, matematizar, entre otras.

Cuando la *Modelación Matemática* se asume como ambiente de aprendizaje debe procurar por potenciar la motivación del estudiante frente a la situación que explora y dar sentido, de esta manera, a la actividad académica con el ánimo de indagar y orientar las cuestiones que se involucran en el proceso formativo.

Proceso

La *Modelación Matemática* cuando se asume como proceso, involucra acciones que responden a una serie de fases, etapas o ciclos que conllevan a la producción de modelos. Dichas acciones obedecen a las intenciones propias de la actividad de modelación y que según Blomhøj (2004) y Villa-Ochoa, Bustamante y Berrio (2010) no son lineales, definidas o de la misma estructura.

Cuando se habla de *Modelación Matemática* como proceso, Biembengut y Hein (2004) describen la sucesión de las acciones en tres etapas, a saber: interacción con el

asunto, construcción matemática y modelo matemático. La primera etapa incluye el reconocimiento de la situación problema y la familiarización con lo que se desea investigar. La segunda etapa concibe la formulación del problema, hipótesis y propuesta del primer modelo. Y la tercera etapa, se relaciona con el modelo matemático, y al mismo tiempo, con la interpretación, solución y validación del modelo referente a la situación.

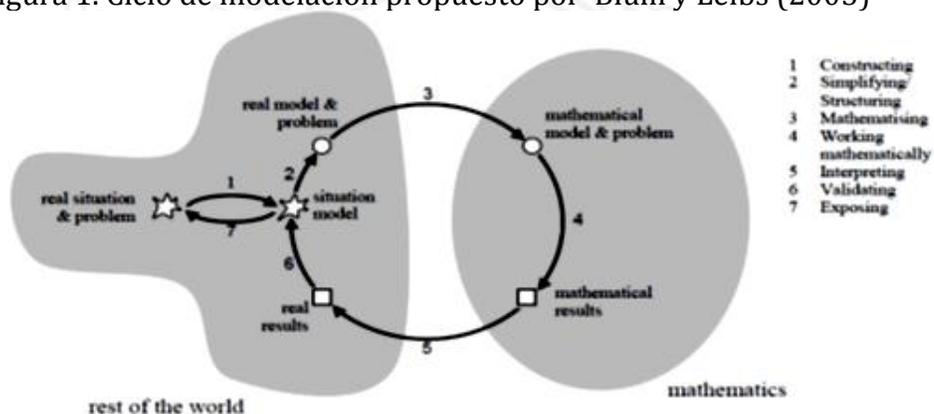
Según Blomhøj (2004) y De Almeida y Dos Santos Brito (2005), al estudiar una situación de interés para los estudiantes, se debe experimentar o explorar la situación, definir o seleccionar variables, formular hipótesis, tomar datos, simplificar y sistematizar, crear un modelo inicial o mental, solucionar problemas y finalmente validar una hipótesis.

Frente a las acciones propuestas por los autores, se reconoce una aproximación a lo que se interpreta como *Ciclo de Modelación Matemática* que propicia la producción matemática de los estudiantes frente al análisis y comprensión de una situación de interés. Sin embargo, dicho proceso no debe concebirse como un proceso lineal ya que el estudiante debe reflexionar y analizar de manera permanente las condiciones de la situación que se estudia, con el ánimo de ajustar, depurar y enriquecer el saber matemático y el de otras áreas del conocimiento que se movilizan (Blomhøj, 2004; Borrromeo-Ferri, 2006; Villa-Ochoa, et al. 2010; Trigueros, 2009).

En la literatura referente a la *Modelación Matemática* se puede encontrar diversos *Ciclos de Modelación* (Perrenet y Zwaneveld, 2012). Blum y Leibs (2005)

presentan un ciclo (Véase Figura 1), en el que se comprende el proceso de *Modelación Matemática* como el diálogo entre dos contextos: uno extra-matemático con uno intra-matemático y en el que se presumen siete etapas.

Figura 1. Ciclo de modelación propuesto por Blum y Leibs (2005)



Fuente: Elaboración de Blum y Leibs (2005)

En dicho ciclo se inicia el proceso de modelación a partir de una situación de la realidad. Luego, se hace una simplificación que permite describir la situación que se desea estudiar. Es posible que se enuncie un primer modelo, que se entiende como la matematización, es decir, la traducción de las condiciones de la situación al lenguaje matemático. Un modelo matemático puede entenderse como una relación entre ciertos objetos matemáticos y sus conexiones con el entorno, situación o fenómeno de naturaleza no matemática (Blomhøj, 2004). Dichas conexiones se pueden describir mediante símbolos, enunciados, gráficos e imágenes. A partir de discusiones, diálogos e indagaciones se ajusta el modelo, puesto que en caso de que no satisfaga las condiciones de la situación a estudiar, se reinicia el ciclo. El hecho de reiniciar no perturba el proceso, al contrario, se puede entender como un enriquecimiento de

saberes. Para finalizar, el modelo se valida y se confronta con la situación que se estudia.

Como lo enuncian Perrenet y Zwaneveld (2012), las alternativas de representación del proceso de modelación dependen del énfasis y la perspectiva en la que se inscriba. En dicho sentido, se considera que el proceso de modelación depende de la manera como los estudiantes se vinculan con la situación o fenómeno a estudiar o de la forma como generan conexiones entre los elementos esenciales y las soluciones propuestas.

Respecto a las diferentes concepciones que se presentaron con antelación, es posible reconocer la diversidad en la que puede entenderse y vincularse la *Modelación Matemática* en la formación del saber matemático escolar. Tales concepciones responden a las necesidades e intenciones que el profesor o el investigador pretenden atender y que para esta investigación se presentaron en el primer Capítulo. El objetivo se centra en reconocer cómo los estudiantes realizan procesos de *Modelación Matemática* mediados por videojuegos. Es decir, la *Modelación Matemática* como proceso.

Ahora bien, el ambiente que ofrece el videojuego se considera como el elemento que genera motivación y a su vez media los elementos, las acciones y estrategias que se vinculan en el proceso de *Modelación Matemática*. Sin embargo, frente a las condiciones de la investigación, es necesario reconocer consideraciones teóricas de la *Modelación Matemática* como un proceso que se lleva a cabo en el aula de clase.

La Modelación Matemática en el aula de clase

Como se describió en los anteriores apartados, la concepción con la que se asume la *Modelación Matemática* en la escuela responde a las necesidades e intenciones del investigador. De manera particular, la *Modelación Matemática* se convierte en una estrategia que posibilita el entendimiento de ideas matemáticas inmerso en un contexto dotado de relaciones y significados (Villa-Ochoa et al., 2009, p. 3).

Al considerar la *Modelación Matemática* como un proceso que se puede desarrollar en la escuela, se convierte en un reto para el profesor. Biembengut y Hein (2004) indican que implica para él un cambio en la visión acerca de las matemáticas y en su práctica pedagógica. Dichas renovaciones se consideran beneficiosas para el proceso de enseñanza y de aprendizaje, puesto que se privilegian procesos de análisis, razonamiento, argumentación entre otros; y además, permite una planeación amplia en relación con los conceptos o saberes matemáticos propuestos en el currículo (Villa-Ochoa et al., 2009). Sin embargo, una manera de hacer *Modelación Matemática* en la escuela se asume como enunciados que son la descripción de situaciones que representan posibles contextos, los cuales, en algunos casos, son ajenos a la *realidad* del estudiante pero se presentan con relación a la temática vista en el aula.

Esta manera de hacer modelación se reconoce en la literatura como problemas de enunciados verbales o *Word problems* (Bahmaei, 2014). Sin embargo, como lo

plantea Villa-Ochoa (2015) tal tipo de enunciados en muchas ocasiones se reconocen como contexto separable a las necesidades del estudiante y de aplicación estándar en los que el enunciado suministra la mayor información y datos para resolver el problema. Tal manera de hacer *Modelación Matemática* deja por fuera la riqueza formativa que tiene la exploración, la indagación, el análisis, la sistematización de información y las discusiones que conllevan a la producción de saberes, y que para esta investigación se consideran elementos fundamentales.

Según De Almeida y Dos Santos Brito (2005), al desarrollar actividades que involucran la *Modelación Matemática*, los estudiantes sienten un compromiso personal, no sólo por realizar las actividades propuestas sino, más bien, por comprender esa situación que les interesa. Se busca que a partir de la *Modelación Matemática* los estudiantes se vuelvan activos en la producción de saberes y al mismo tiempo, la escuela propicie espacios de formación en los que el estudiante pueda construir herramientas y estrategias que le posibiliten solucionar las situaciones que vive diariamente (Biembengut y Hein, 2004).

En correspondencia con los planteamientos propuestos, la *Modelación Matemática* en el aula de clase va más allá de resolver problemas de aplicación como los que se establecen en los libros de texto. Debe favorecer las conceptualizaciones a partir de acciones como la exploración, abstracción, sistematización y matematización. entre otras, de tal manera que los estudiantes le den sentido a las matemáticas (Blomhøj, 2004).

Las acciones que se precisan pueden reconocerse como parte del *Proceso de Modelación Matemática* y llevar al aula de clase tales acciones garantiza construcción conceptual, vuelve partícipe y creador del saber matemático al estudiante, da claridad frente a ideas matemáticas y la visión de las matemáticas se vuelve natural. Frente a tales potencialidades que se reconocen en el *Proceso de Modelación Matemática* se pretende en la investigación no sólo definir, construir o elaborar un modelo, sino también explorar la potencialidad que tienen los videojuegos como factor de motivación en la construcción de conceptos matemáticos. Más allá de ello, se intenta generar razonamientos y reflexión para tratar de explicar y justificar las estrategias de juego, decisiones y acciones que realizan los estudiantes cuando intentan solucionar una situación particular.

Por otro lado, también es importante reconocer que la *Modelación Matemática* tiene algunas limitaciones. En la literatura se reconoce, por ejemplo, que factores como el diseño del currículo, los horarios de clase, el número de estudiantes por grupo y la disponibilidad de tiempo para el acompañamiento a los procesos, son asuntos que generan dificultad (Biembengut y Hein, 2004). Al mismo tiempo, existe el hecho de que la escuela no reconozca la importancia de vincular contextos cercanos al estudiante sino que por el contrario, sean actividades que se desarrollen con cierta rigidez, bajo normas y criterios. Esto conlleva a un currículo que reduce el saber a temáticas que dan la apariencia de estar separadas (Berrío y Villa-Ochoa, 2013; Masingila, Davidenko, y Prus-Wisniowska, 1996). Sin embargo, pese a tales

limitaciones para llevar a cabo la *Modelación Matemática* en el aula de clase, se continua con el esfuerzo investigativo para superarlas, se procura que la cultura sea aquello que permee la formación matemática escolar (Bossio Vélez, 2014; Londoño, Muñoz Mesa, Jaramillo, y Villa-Ochoa, 2011; Mesa, 2013; Villa-Ochoa et al., 2010, 2009), o que la tecnología se emplee como medio para recrear y representar fenómenos (Molina-Toro, 2013; Ruiz y Oktaç, 2014).

Cuando se vincula la tecnología para llevar a cabo la *Modelación Matemática* en el aula, se convierte en un apoyo que posibilita el análisis, las conclusiones, la representación y la reflexión en torno a la situación que se modela. Los medios tecnológicos permiten modificar variables y realizar conjeturas, realizar cálculos y representaciones para comprobar diversas hipótesis.

En este sentido, los medios tecnológicos, en particular los videojuegos, vinculan el proceso de *Modelación Matemática* con la matemática escolar (Borba y Villarreal, 2005), y se convierten en factor motivante en el que se articulan las acciones y estrategias que se implementan en el entorno del videojuego con el saber del estudiante. En el siguiente apartado se describen los aspectos que suscita la *Modelación Matemática* cuando se media con tecnología.

La *Modelación Matemática* con medios tecnológicos

La tecnología hace parte del desarrollo del hombre en su afán de satisfacer sus necesidades básicas (MEN, 2008). A lo largo de la historia, el hombre lee el mundo,

desarrolla ideas y maneras de proceder que le generan nuevos saberes, los que concretiza en objetos, herramientas o artefactos que se consideran avances tecnológicos. Dichos avances se involucran en todas las esferas de la sociedad en las que se incluye la escuela como espacio de formación de los individuos y cuya intención es dinamizar y mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Los avances tecnológicos llegan a la escuela y con ello se modifican las dinámicas al interior de la misma (Adell, 1997). La transformación que sufre la comunicación, la diversión, la información, entre otras, también se evidencia en el aula de clase. Se percibe como la escuela pone a disposición de los estudiantes y profesores dispositivos tecnológicos como computadoras, proyectores, tabletas, tableros inteligentes y conexión a la red de internet que transforma la práctica formativa.

Sin embargo, Prensky (2001) establece que la visión que tienen el profesor y el estudiante acerca del uso de la tecnología en el aula de clase es disyunta. Dicha idea es reforzada por Ferreiro (2006), quien afirma que los avances tecnológicos son asumidos por los profesores como herramientas que apoyan el proceso de enseñanza y de aprendizaje y por los estudiantes como herramienta para la comunicación y la diversión.

Con los avances tecnológicos que incursionan en la escuela, se pretende que la tecnología se vincule como un medio que permite establecer relación entre el conocimiento matemático y el estudiante (Borba y Villarreal, 2005; Williams y Goos, 2013). Las computadoras, tabletas y teléfonos inteligentes traen consigo *software* y

aplicaciones que permiten simular y experimentar en forma virtual. De alguna manera, permite una interacción con el usuario a través de la pantalla, donde es posible recrear y representar fenómenos naturales, visualizar, y representar conceptos de diferentes áreas del saber.

Con la visión de mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el aula de clase, se diseñan *software* para el uso específico al campo educativo en particular de las matemáticas. Gómez-Chacón (2011) y Prensky (2001) afirman que los medios tecnológicos que se orientan al saber matemático ofrecen cualidades que el lápiz y el papel no permiten.

Los medios tecnológicos ofrecen dinamismo e interactividad, características que dan la posibilidad al estudiante de manipular la *situación* en términos de dimensión, forma, dirección. También permite sistematizar y conlleva al análisis de la información de manera inmediata y con resultados eficaces. Por lo tanto, a través de la pantalla del ordenador u otro dispositivo se posibilita visualizar conceptos que requieren mayor abstracción e imaginación. Un ejemplo, son las gráficas de diferentes tipos de funciones, la representación de cuerpos geométricos o de diversos conceptos matemáticos.

En este sentido, los medios tecnológicos abren un mundo de posibilidades que permiten fortalecer los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el aula de clase. De esta manera, se encuentran investigaciones en las que emplean medios tecnológicos para orientar y apoyar la actividad escolar, las cuales se describen a continuación.

En la investigación realizada por Ruiz y Oktaç (2014) se vincula un videojuego que permite simular y experimentar el lanzamiento de un proyectil. Frente a dicha situación se analizan las acciones que realizan los estudiantes en el ambiente del videojuego por medio del *software* GeoGebra® para modelar matemáticamente las ecuaciones de tiro parabólico, haciendo reflexiones sobre aspectos que relacionan el ángulo de lanzamiento, el alcance, la máxima altura, la velocidad de lanzamiento, entre otros.

En dicha investigación se vinculan aspectos que se relacionan con la construcción de conceptos propios del Cálculo, la Geometría y la Física. En la misma línea investigativa, Molina-Toro (2013) simulan los movimientos de las manecillas de un reloj, el rebote de una pelota de tenis y el vaivén de un automóvil por medio del *software* Modellus® y diversos Applets. Se reconoce la intención de estudiar la función Seno mediante la *Modelación Matemática*, cabe destacar que el *software* permitió que el estudiante experimentara y manipulara variables (en forma virtual). A partir de dicha manipulación el estudiante exploró, sistematizó, infirió y comprobó sus argumentos frente a las variaciones que sufre la función trigonométrica Seno.

Apoyar la *Modelación Matemática* con medios tecnológicos en la escuela, abre nuevos caminos para desarrollar procesos en donde se integren los intereses de los estudiantes con herramientas que se vinculan con las matemáticas escolares. Borba y Villarreal (2005) describen de manera puntual unos referentes teóricos para implementar los medios tecnológicos en la escuela en relación con la *Modelación*

Matemática, planteando distintas miradas sobre el uso de los medios tecnológicos en el aula de matemáticas: como tutor, elemento de motivación, reorganización y ciudadanía que se vinculan con la *Modelación Matemática*, el currículo y el estudiante.

Asumir los medios tecnológicos como tutoriales implica reconocerlos como una guía paso a paso de las ideas matemáticas a desarrollar. En este sentido, actúan como maestros sustitutos y el papel del profesor es aclarar dudas (Borba y Villarreal, 2005). Según Diniz y Borba (2012) tal consideración implica ver el proceso de enseñanza y de aprendizaje como una versión computarizada de lo que se realiza en el aula de clase. Las acciones están previamente programadas ya que obedecen a un conjunto de instrucciones acordes con su programación. En este sentido el saber que se imparte corresponde a un conjunto de temas neutros en el que no se brindan espacios para para la discusión, reflexión y producción de saberes.

Si los medios tecnológicos se asumen como elemento de motivación es porque se reconoce en ellos la diversión que pueden ofrecer (Borba y Villarreal, 2005). Al respecto Diniz y Borba (2012) establecen que bajo el supuesto de la motivación, los profesores deben crear condiciones para construir determinados productos. La motivación se percibe en las emociones que despierta en los estudiantes al vincular el medio tecnológico y los conlleva a realizar diversas acciones.

En cuanto el medio tecnológico para la reorganización se asume que genera un cambio en la manera como se produce el saber. En este sentido, las tecnologías y los humanos son una unidad y, de alguna manera, la tecnología es una extensión del

humano. La reorganización del pensamiento se da en términos de la relación que los sujetos sostienen con los nuevos medios tecnológicos (Borba y Villarreal, 2005). Un ejemplo de la visión que plantea esta perspectiva es el trabajo que realizaron Ruiz y Oktaç (2014) en el que hacen uso del GeoGebra® y de un videojuego que recrea el lanzamiento de un proyectil, pues, al intentar modelar las ecuaciones de tiro parabólico, por medio del *software* GeoGebra® se modificaron variables (ángulo, velocidad de lanzamiento, entre otras) y permitió el diálogo, concretar ideas, hacer reformulaciones, comprobaciones, entre otros. Es decir, el medio tecnológico permitió acceder al saber matemático. Por lo tanto, la perspectiva de reorganización del pensamiento indica que es posible a partir del uso, experimentación, interacción y manipulación de los medios tecnológicos que el humano pueda desarrollar y producir saberes.

Asumir la ciudadanía como una perspectiva de los medios tecnológicos implica reconocer su masificación, asunto que se relaciona con el derecho de todo ciudadano de acceso a la información. El fin de esta perspectiva se fundamenta en la promoción de la idea de democracia.

En estas perspectivas se reconoce la *interactividad* y el *dinamismo* como características ofrecidas por los medios tecnológicos en la enseñanza de las matemáticas, las cuales conllevan a la visualización de ideas y conceptos matemáticos, manipulación de variables, generación de inferencias e hipótesis, definición de conjeturas y, por tanto, su comprobación. Las anteriores acciones permiten formular

otros puntos de vista, concebir nuevas ideas e interrelacionarlas con otras concepciones, validar conceptos previos, comprobar los resultados de manera rápida y directa. Es decir, los medios tecnológicos se presentan como una forma de experimentar, de tal manera que le permite al estudiante producir las matemáticas a partir de su interacción con dichos medios.

Por tal razón, esta investigación propone el uso de los videojuegos como medio tecnológico en el aula de clase para realizar un proceso de *Modelación Matemática*. Frente a tal apuesta se pretende analizar cómo modelan los estudiantes cuando se enfrentan a situaciones que expone el entorno del videojuego en términos de las decisiones que toman y las estrategias que elaboran. El interés investigativo se centra en las justificaciones de las acciones que realizan los estudiantes al interactuar con el entorno del videojuego, acciones que se relacionan con la exploración, sistematización, abstracción, matematización propias del *Proceso de Modelación Matemática*.

El Proceso de Modelación Matemática con los videojuegos como medio tecnológico

Con los avances en tecnología y su inminente incursión en el campo educativo, crece un interés por investigar cómo se vinculan los medios tecnológicos en las aulas escolares, máxime cuando están inmersas en la cotidianidad de nuestra sociedad.

Podemos considerar que los avances tecnológicos ofrecen un sin número de

aplicaciones que se pueden implementar en el aula de clase: *software*, páginas *web*, *blogs*, redes sociales, entre otros.

En las últimas décadas, uno de los medios tecnológicos que mayores avances reporta son los videojuegos, muchos de ellos con gran aceptación por parte de nuestros estudiantes (Gros, 2004). Según Gigante (2009) y Gómez, Contreras-Espinosa y Solano-Albajes (2012) algunos de los avances más significativos de los videojuegos se asocian con sus características técnicas ricas en contenido de audio y video, así como la multiplicidad de temas que tratan. Tales características los hacen atractivos para la enseñanza y aprendizaje de muchos temas, en especial conceptos e ideas matemáticas.

A partir de las investigaciones que reportan Frasca (2001), Zyda (2005), Felicia (2009), Gigante (2009), Gómez et al. (2012), entre otros, es posible realizar una aproximación a la concepción de videojuego.

En esta investigación el videojuego se entenderá como un *software* que usa imagen para representar escenarios, cuya intención es entretener, divertir y retar por medio de sus objetivos a quien lo practica.

En dicho *software* se involucra la pantalla como visor de video y los controles de mando proporcionan interacción entre usuario y el ambiente virtual que representa.

Tales características conllevan a que los jugadores establezcan diálogo entre sus maneras de explorar, analizar, proceder y resolver situaciones y el entorno que ofrece el videojuego. En palabras de Gee (2010) tales acciones se reflejan en el hecho de que

“no pasa nada hasta que el jugador actúa y toma decisiones, entonces es cuando el videojuego reacciona dando al jugador retroalimentación a sus decisiones y plantea nuevas situaciones” (p. 5).

Garrido Miranda (2013), Maggio (2012) y Prensky (2001), argumentan que por medio de los videojuegos se estimulan habilidades físicas y mentales que conllevan al mejoramiento del entendimiento y procesamiento de situaciones complejas. Por su parte, Gros (2004), Ramos (2012) y Jaramillo y Castellón (2012) dan cuenta de la importancia que tienen los videojuegos en la sociedad y el rol que desarrollan en la adquisición de habilidades básicas y específicas. Según Gee (2010), en la interacción con el entorno del videojuego se lee e interpreta el entorno, se toman decisiones, se ejecutan acciones, se superan objetivos y se resuelven retos, lo cual indica que se convierten en productores de saber.

Gee (2010) y Gros (2004) advierten del potencial en los videojuegos para la motivación de aprendizajes en tanto que desarrollan la capacidad de adaptación, inmersión, interacción con reglas, retroalimentación y reflexión. Tales características del videojuego involucran y envuelven al jugador en la situación propuesta y, por lo tanto, debe hacer uso de la exploración, la planeación de estrategias y el ensayo-error. Garrido Miranda (2013), asume el fracaso como una estrategia para encontrar reglas y patrones a la vez que, de manera rápida y casi que inmediata se convierte en una alternativa de comprobación y validación.

En este sentido, el videojuego ofrece características particulares para los procesos de enseñanza y aprendizaje, puesto que los eventos que desencadena el videojuego obedecen a las decisiones que toman los jugadores. Al mismo tiempo, tales acciones responden a objetivos específicos que plantea el videojuego. Podría indicarse que aumentar de nivel, obtener el mejor puntaje, sobrevivir, obtener el mayor número de monedas, entre otras, son acciones que conllevan al jugador a comparar, analizar, razonar, tomar decisiones, abstraer y justificar relaciones entre los elementos con que interactúa en el videojuego.

De alguna manera, las ideas matemáticas que ofrece el entorno del videojuego son más asequibles para los estudiantes, debido a los registros visuales, las acciones y las dinámicas que asocian con las diferentes representaciones, relaciones y regularidades. Las anteriores descripciones del videojuego se perciben en términos del cambio de puntaje por monedas, golpes o logros, entre otros.

Cuando juega con los videojuegos, el estudiante tiene la intención de divertirse, a la vez que se intenta ser el mejor, superar su nivel y avanzar. Simultáneamente, de manera implícita, monitorea de manera constante su progreso y detecta regularidades para refinar sus decisiones. En general, el puntaje y las maneras de proceder responden a ideas matemáticas que se razonan de manera rápida. En este sentido, el videojuego media las acciones que realizan los estudiantes con las relaciones matemáticas que logran establecer cuando juegan.

Cuando la *Modelación Matemática* se media con el videojuego, la idea de contexto no se asocia a hechos o situaciones de la realidad de los estudiantes, con la cotidianidad o con aspectos asociados a sus vivencias o situaciones en las cuales el estudiante tiene alguna relación o cercanía. El contexto en el videojuego se relaciona con el entorno virtual, el escenario virtual, el entorno recreado, el mundo virtual, entre otros. Tales escenarios se asumen como representaciones no reales en los cuales los estudiantes interactúan, analizan, razonan, toman decisiones, realizan diferentes acciones (Felicía, 2009; Garrido Miranda, 2013).

En este sentido, el entorno virtual permite al estudiante crear sus propias interpretaciones a partir de su relación con el entorno, de tal manera que le encuentra sentido a la actividad que realiza, y en consecuencia, las relaciones que emergen del videojuego no están alejadas de la *Modelación Matemática*. Por tal razón, el entorno virtual o *contexto* se indaga a partir de los procesos de *Modelación Matemática* y se ofrece como una ayuda para relacionar las matemáticas tradicionales con las formales.

Al considerar los argumentos expuestos, reconocer entornos virtuales en la escuela se considera una oportunidad para que los estudiantes exploren, experimenten de forma virtual, simulen, interactúen, resuelvan situaciones y conjeturen de tal manera que sean partícipes en la producción de saber matemático escolar.

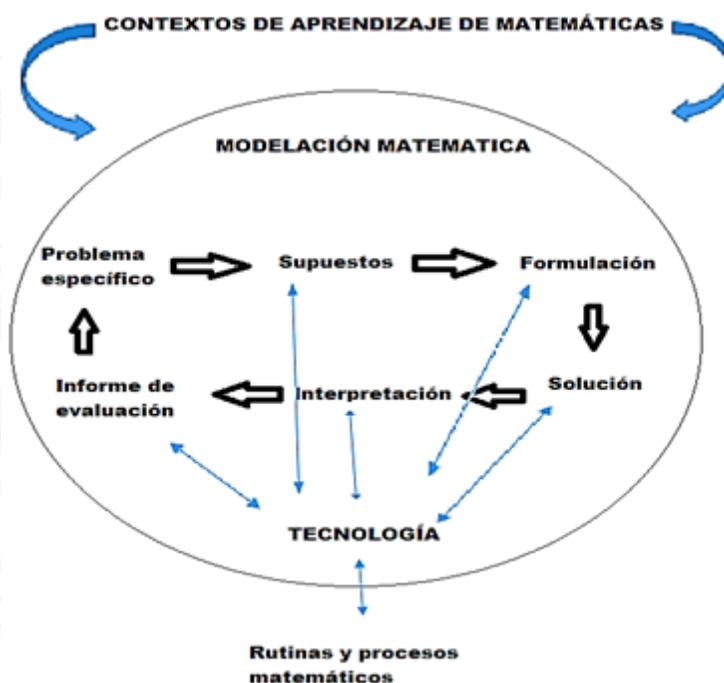
Frente a tal intención, los videojuegos ofrecen variedad de géneros entre los cuales se caracterizan los de aventuras, estrategia, deportes, acción, simulación y de

rol (Felicja, 2009). En sus diferentes géneros, ofrecen relatos, cuentan historias, recrean situaciones de la realidad y plantean situaciones problema que el estudiante comprende de manera rápida y fácil (Gee, 2010; Gros, 2004). Por medio de los personajes con los que interactúa, el estudiante se identifica y asume un compromiso con el entorno virtual que le genera una nueva identidad (Gee, 2010). Frente a tal característica del videojuego, es posible indicar que las situaciones que recrea el entorno del videojuego, al ser fantasiosas, lo hacen único (Maggio, 2012).

Los videojuegos representan situaciones que no se describen de manera directa, por el contrario, los estudiantes leen el entorno e interpretan con sus propias ideas las situaciones expuestas. Frente a tal condición, la *Modelación Matemática* privilegia la manera en que los estudiantes exploran, proceden, hacen planes de acción, generan estrategias y razonan. Tales acciones e ideas se encuentran en correspondencia con los planteamientos de Geiger (2011) quien concibe un *Proceso de Modelación Matemática* mediado con tecnología. En este proceso, el ciclo de modelación inicia con la consecución de una situación específica, luego se emplean medios tecnológicos para desarrollar y producir ideas matemáticas en relación a dicha situación. A partir de la vinculación de los medios tecnológicos al proceso de modelación, los estudiantes pueden plantear supuestos o suposiciones. Es decir, se empiezan a hacer evidentes las primeras ideas que se relacionan con la situación de estudio. Luego se plantean las primeras formulaciones, que corresponden a las ideas matemáticas que se construyen por medio de la interacción con los medios tecnológicos. De manera tal que se

vislumbran las primeras soluciones a la situación propuesta, sujetas a interpretaciones que ayudan a refinar las ideas matemáticas y planteamientos que finalmente se comprueban o validan con la situación objeto de estudio. En la Figura 2 se representa a continuación el ciclo de *Modelación Matemática* propuesto por Geiger (2011).

Figura 2. El proceso de Modelación Matemática con mediación tecnológica



Fuente: Adaptación de los autores de la investigación del Ciclo de Modelación propuesto por Geiger (2011)

Teniendo en cuenta lo anterior, para este trabajo de investigación el proceso de *Modelación Matemática* mediado con tecnología propone un ciclo que establece seis etapas: exploración del entorno del video juego, abstracción en el entorno del

videojuego, sistematización de los elementos del entorno virtual, matematización por medio del entorno del videojuego, interpretación de las estrategias y decisiones en el entorno del videojuego y validación.

El videojuego que se implementa es *Plantas vs Zombie*[®], un videojuego de estrategia en el que para poder avanzar en los distintos niveles, los estudiantes deben tomar decisiones de manera razonada acorde a las características de los elementos del videojuego: las plantas tienen un costo, cumplen funciones, tienen facultades o habilidades únicas, tienen tiempo de reutilización y se perciben patrones y regularidades explicables a partir de las matemáticas. Lo anterior permite que el estudiante tenga que realizar algunos procesos de pensamiento, como el análisis, el razonamiento, la inferencia, la comparación, la sistematización, la identificación, la organización, la generalización, entre otros. En este sentido el videojuego *Plantas vs Zombies*[®] posee características que permiten mediar el proceso de *Modelación Matemática* en el aula de clase.

A continuación se presenta una ampliación de cada etapa del proceso de *Modelación Matemática* propuesto para el trabajo de investigación.

- ***Exploración del entorno del videojuego.*** La etapa de exploración se relaciona con la forma en que los estudiantes interactúan y dan cuenta del entorno virtual. Por medio de la interacción con el entorno del videojuego, los estudiantes conciben e identifican principios, reglas, objetivos, ideas básicas de juego y

planean estrategias de juego que se pueden relacionar con el saber matemático. A partir de inferencias, verbalizaciones y escritos, los estudiantes hacen evidentes aspectos que se relacionan con las reglas de juego, las características de las plantas y los Zombies, la producción de soles, el costo de las plantas, el tamaño del jardín, la ubicación de las plantas en el terreno de juego y las estrategias. Los anteriores elementos permiten que el estudiante tome decisiones de manera que pueda avanzar en los distintos niveles del videojuego. Con la intención de darle un sustento matemático a tales decisiones de juego, se denominarán *situaciones específicas* en términos de Geiger (2011), que en este caso, emergen del entorno virtual y se estudian a partir del proceso de abstracción, lo que de alguna manera posibilita modificar las dinámicas de juego según las estrategias que plantean los estudiantes.

La etapa de exploración no se agota en un primer momento del trabajo de campo, pues, de manera constante el estudiante explora el entorno del videojuego a medida que avanza. De esta manera, el videojuego plantea nuevas situaciones, reconoce nuevas reglas, relaciones matemáticas, patrones, características de nuevas plantas y Zombies entre otros, que el estudiante reconoce y asume. Esto le permite relacionarse de manera dinámica con las diferentes etapas del proceso de *Modelación Matemática*, modificando las dinámicas de juego.

- **Abstracción en el entorno del videojuego.** La etapa de abstracción se relaciona con la forma en que los estudiantes identifican, verbalizan, describen, representan y dan cuenta de las regularidades, patrones y relaciones matemáticas, que se perciben en el videojuego. Ellos emplean estrategias para contar, medir y calcular, establecer el costo de una o varias plantas, establecer relación entre las plantas, la producción de soles según la cantidad de girasoles sembrados, el número de golpes con que se derriba un Zombie, el tiempo de reutilización de las plantas, el tiempo para producir soles y la velocidad con que se desplazan los Zombies, entre otros. La etapa de abstracción se entiende como un momento en que el estudiante reconoce, a partir de las matemáticas, regularidades, relaciones de equivalencia, igualdad, proporción y orden, las cuales están implícitas o explícitas cuando juegan. Lo anterior da cuenta de la forma en que los estudiantes perciben, interpretan, enuncian, planean y proceden en el videojuego. De manera intuitiva, realizan razonamientos de manera rápida, toman decisiones para elegir las plantas, las ubican de manera estratégica según su función, reconocen su regularidad de ataque y asumen la noción de distancia, entre otros. Lo anterior permite reconocer las matemáticas que el estudiante vincula en las decisiones que toma, de tal manera que le posibilita proponer estrategias para avanzar en el videojuego.

- ***Sistematización en el entorno virtual.*** En esta etapa, los estudiantes sistematizan la información que perciben en el videojuego en términos de las características de las plantas y los Zombies. Dicha sistematización se realiza por medio de una tabla de datos en la que se indaga por la función que cumplen las plantas, su costo al sembrarlas, el tiempo que tardan los girasoles en producir soles, el tiempo que tarda en reactivarse las planta, qué tan veloz se desplazan los Zombies y que tanto resisten los Zombies a los ataques de las plantas. La información que se consigna en la tabla de datos sirve como insumo en la toma de decisiones y en la planeación de estrategias. Cuando se planea la estrategia de juego se reconocen plantas de ataque, defensa y control, lo anterior permite determinar la forma general en que se emplean las plantas en el terreno de juego. La sistematización permite optimizar la forma de jugar ya que los estudiantes reconocen las diferentes cualidades que poseen las plantas en cuanto a su función, costo y ubicación en el terreno de juego, pues, las acciones que posibilita el videojuego se ven mediadas por el reconocimiento que los estudiantes realizan del entorno del videojuego.

- ***Matematización por medio del entorno del videojuego.*** Para el trabajo de investigación se propone una etapa de matematización, que se fundamenta a partir de la experiencia de juego. En dicha experiencia, los estudiantes observan, infieren, discuten, razonan, toman decisiones y planean estrategias que, de

acuerdo con las características de las plantas, les permiten avanzar en los diferentes niveles del videojuego.

El proceso de matematización inicia con la sistematización de la sesión de juego, para ello se propone que por medio de una tabla de datos, los estudiantes den cuenta de las plantas que emplean, el número de Zombies que derriban, la ocupación del jardín y los soles que se acumulan. Durante la matematización, dan cuenta del puntaje obtenido en la sesión de juego, y a partir de las matemáticas, deben realizar representaciones gráficas, pictogramas, algoritmos, procedimientos y cálculos que permitan determinar el puntaje que se obtiene. Estas acciones permiten mostrar la forma en que se trasladan las acciones y decisiones que se desarrollan en la sesión de juego a un lenguaje matemático. De esta manera los estudiantes crean un vínculo entre las matemáticas y las acciones que realizan en el escenario virtual, lo que permite dar cuenta de la estrategia de juego.

- ***Interpretación de las estrategias y decisiones en el entorno del videojuego:***

La etapa de interpretación se entiende como un proceso en el que los estudiantes confrontan y evalúan sus ideas y percepciones frente a las decisiones que se toman en el entorno virtual. Lo que incide en una concepción diferente de las estrategias de juego.

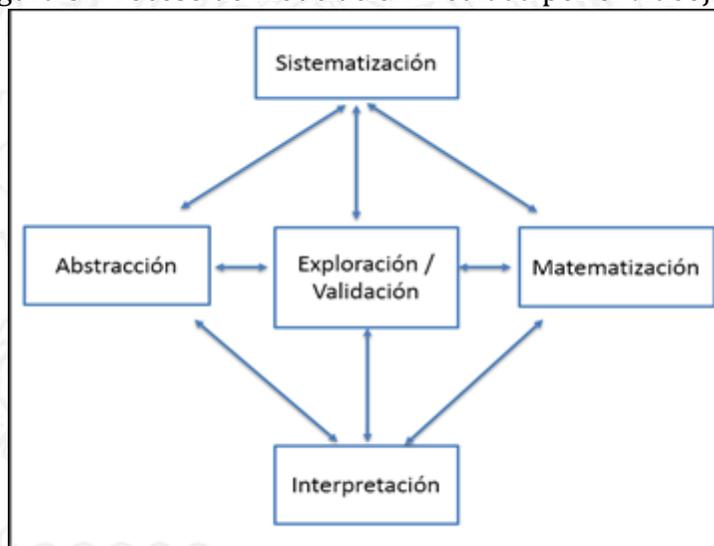
En la etapa de interpretación, se analizan y evalúan aspectos que se relacionan con la elección de plantas, la posición y ubicación de las plantas en el terreno de juego, la cantidad de plantas que se necesitan para obtener recursos (monedas) o derribar Zombies y la planeación de estrategias. De esta manera, los estudiantes modifican su percepción del entorno virtual, se apropian de nuevas ideas que apoyan la planeación de estrategias con sustento en las matemáticas y a su vez permite modificar las dinámicas de juego, de manera particular en la planeación de estrategias.

Las ideas expuestas por los estudiantes se enriquecen por la experiencia de juego, esta a su vez le permite a los estudiantes relacionarse con el videojuego de una manera más objetiva y esto se logra cuando se proponen nuevas reglas o ideas básicas de juego que permiten definir nuevas formas de afrontar los niveles del videojuego.

- **Validación.** Esta etapa se relaciona con la comprobación y evaluación de las nuevas estrategias construidas por los estudiantes a partir de las ideas generales de juego elaboradas en la etapa anterior. Analizan y evalúan las decisiones que toman, verifican y comprueban sus decisiones, establecen nuevas reglas y procedimientos, evidencian la forma secuencial de proceder, determinan prioridades en sus decisiones y modifican las estrategias de juego. La validación se realiza por la misma acción de juego, por la retroalimentación inmediata que

permite la interacción con el videojuego, lo que conlleva a la evaluación continua de las estrategias. Lo anterior permite afirmar, modificar y plantear diferentes alternativas para superar los niveles del videojuego, en términos generales, se modifican las dinámicas de juego

Figura 3. Proceso de modelación mediada por el videojuego



Fuente: Adaptación de los autores de esta investigación

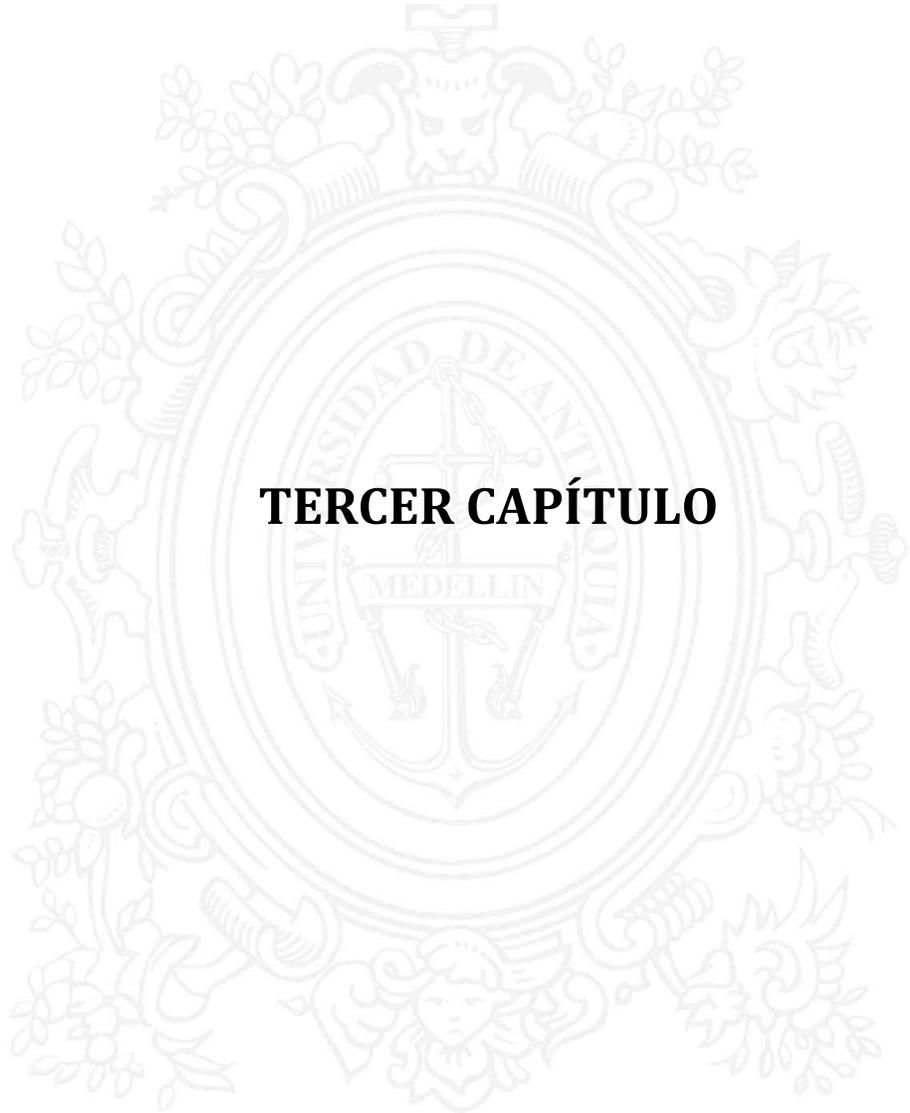
Las anteriores etapas que definen el proceso de *Modelación Matemática* para el trabajo de investigación no se desarrollan de manera lineal, se conciben como proceso dinámico en que la constante relación con el videojuego entrelaza cada uno de los procesos. Es decir, el estudiante juega, concibe ideas matemáticas, sistematiza en términos de las elecciones y características de las plantas y justifica, comprueba y modifica las estrategias de juego de manera constante. Este proceso permite modificar

las dinámicas de juego cuyo sustento se fundamenta en relaciones e ideas matemáticas



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



TERCER CAPÍTULO

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Diseño metodológico

En este Capítulo se presenta el diseño metodológico que fundamentó la investigación. Se describen aspectos que se relacionan con la manera en que se desarrolla el trabajo de campo. La investigación centró su interés en describir los procesos que realizaron los estudiantes a la luz de la modelación matemática cuando se relacionaron con medios tecnológicos, que para la investigación, tuvo que ver con el videojuego.

Para el desarrollo del trabajo de campo se diseñó una guía de actividades que, como herramienta metodológica, tuvo como propósito evidenciar los procesos de *Modelación Matemática* cuando los estudiantes se enfrentaron al entorno del videojuego, tal como se describe en el Capítulo 2 (pág. 69). La guía de actividades contó con 6 etapas que se relacionaron con las etapas del ciclo de *Modelación Matemática* con medios tecnológicos propuesto por Geiger (2011).

En consecuencia, la primera etapa proporcionó a los estudiantes actividades donde *exploraron* el entorno del videojuego. La segunda etapa estuvo en correspondencia con el proceso *abstracción* y centró las acciones de los estudiantes en que reconocieran relaciones y regularidades matemáticas que los llevaron a jugar de diferente manera. La tercera etapa, se refirió al proceso de *sistematización* de la información de las características de las plantas y los Zombies. La *matematización* como proceso se planteó en las actividades de la cuarta etapa, donde se procuró por que los estudiantes plantearan relaciones matemáticas para argumentar sus

decisiones en el juego. La quinta y sexta etapa de la guía se relacionaron con la interpretación y validación, respectivamente. En estas dos etapas de la guía de actividades se procuró que los estudiantes reconocieran y justificaran sus acciones y las mejoraran para lograr que en el momento de validación se corroborara la mejora o no de la manera de jugar y de hacer relaciones matemáticas a partir de las diversas situaciones planteadas en el videojuego.

En cada una de las etapas de la guía de actividades se cuestionó la manera en que los estudiantes leyeron, interpretaron, razonaron, tomaron decisiones, infirieron, justificaron su proceder referente a las situaciones que plantea el videojuego con ideas que pueden ser interpretadas matemáticamente. A partir de la interacción con el entorno del videojuego los estudiantes razonaron, analizaron, predijeron, realizaron cálculos aproximados y comparativos, percibieron regularidades y comunicaron sus hallazgos.

Tales acciones posibilitaron enmarcar la investigación en un enfoque descriptivo, ya que por medio de las producciones de los estudiantes se *analizó la manera en que los estudiantes de grado sexto de la Institución Educativa Antonio Roldán Betancur realizaron procesos de Modelación Matemática mediados por los videojuegos.*

A continuación se presentan los elementos que hicieron parte del diseño metodológico. En primer lugar, se presenta el paradigma investigativo y el enfoque que enmarcaron las acciones del investigador. En segundo lugar, se realiza una descripción del escenario de investigación y los participantes del estudio. En tercer

lugar, se presentan los instrumentos para la producción de los datos y por último se describe el plan de análisis que permitió reportar los resultados y cómo se propició la validación del proceso investigativo.

Paradigma

Un aspecto que toma fuerza alrededor de las investigaciones que realizan los grupos de investigación EDUMATH, MATHEMA-FIEM de la Universidad de Antioquia, entre otros, tiene que ver con la manera en que los estudiantes se relacionan con el medio en que se desenvuelven. Casos particulares son las investigaciones de Bossio-Vélez (2014) quien indagó por la modelación en una situación que se relacionó con el cultivo de plátano. Otra investigación en la misma lógica fue la de Rivera-Quiroz (2014) quien propició el estudio de la magnitud, área y volumen en un contexto auténtico a través de la *Modelación Matemática*, como son las inundaciones que tienen lugar anualmente en el Municipio de Cauca (Antioquia-Colombia) debido al paso del río Cauca.

Indagar por las percepciones, maneras de concebir e interpretar el entorno y cómo las matemáticas posibilitan otras comprensiones y explicaciones en relación con las prácticas cotidianas de los estudiantes es un aspecto relevante en las investigaciones, propiamente en el campo de la Educación Matemática. Esta indagación indica la preocupación por que el saber matemático reconozca la relación del estudiante con el entorno en el que se desenvuelve. En correspondencia con esta línea investigativa, las

intenciones de esta investigación se centraron en dar importancia a los procesos de *Modelación Matemática* que realizaron los estudiantes en un contexto tecnológico. Para la investigación, las dinámicas se concentraron alrededor del entorno virtual que propició el videojuego *Plantas vs Zombies*®. Dicho entorno se reconoció como un espacio dotado de sentido para los estudiantes puesto que se enfrentaron experiencias, resolvieron problemas, retos y planearon estrategias, entre otras acciones (Maggio, 2012).

El describir la manera en que los estudiantes se relacionan con las matemáticas en un entorno virtual como el del videojuego, ubica la investigación en un paradigma cualitativo puesto que según Lecanda y Garrido (2002), el investigador ofrece datos descriptivos que se relacionan con aspectos verbales, escritos y actitudinales.

En correspondencia con tales planteamientos Hernández Sampieri, Fernández Collado, y Baptista (2008) indican que “la investigación cualitativa ofrece mayor profundidad a los datos, riqueza interpretativa, contextualización del ambiente o entorno, detalles y experiencias únicas” (p. 17). En este sentido, dicho paradigma permitió al investigador describir relaciones y patrones, analizar y describir las cualidades, características, inferencias, deducciones, razonamientos, formas de pensar, justificaciones y argumentos que emplea el estudiante cuando se enfrenta a las situaciones que plantea el entorno virtual del videojuego.

Bogdan y Biklen (2007), por su parte, afirman que la investigación cualitativa tiene características particulares que se relacionan con el ambiente investigativo, las

actividades que en él se desarrollan y los procesos que llevan a cabo los investigadores. Para esta investigación se considera, en correspondencia con los autores, la importancia de:

- Que la fuente directa de datos esté en un ambiente natural. Por tal razón, la investigación se desarrolla en el aula de clase que es el lugar donde convergen las experiencias entre los profesores, los estudiantes y las matemáticas escolares mediadas por la tecnología.
- Que las actividades propuestas se apoyaran en el desarrollo de las actividades académicas.
- Además, que el investigador se preocupara más por los procesos que por los resultados. En este sentido, la mirada se posicionó sobre el cómo proceden los estudiantes cuando se enfrentan a una situación del videojuego, es decir, dar cuenta de cómo exploran, analizan, toman decisiones, argumentan, explican y proponen estrategias para avanzar en el videojuego, en relación con el proceso de *Modelación Matemática*.

Para lograrlo, en la investigación se pretende mediar las maneras de pensar y proceder de los estudiantes con los videojuegos y evidenciar sus acciones en correspondencia con el proceso de *Modelación Matemática*. Si bien el trabajo de campo se desarrolló en al aula de clase es pertinente realizar, para efectos de esta investigación, un estudio de caso como se detalla a continuación

Estudio de casos

En correspondencia con los supuestos metodológicos del paradigma cualitativo, la investigación tuvo como escenario el aula de clase para dar respuesta a la pregunta de investigación ***¿Cómo los estudiantes de sexto de la Institución Educativa Antonio Roldán Betancur, realizan procesos de modelación matemática mediado por videojuegos?*** En este sentido, al intentar responder al *cómo* es importante la producción que realizan los estudiantes en términos de la descripción de situaciones, los argumentos verbales y escritos, las relaciones que puedan establecer entre los distintos elementos que intervienen en el videojuego, el razonamiento con relación a jugadas, decisiones y acciones que realizan en el entorno del videojuego.

Por lo tanto, la investigación hace referencia a *casos* o producciones particulares que realizan los estudiantes en relación con las acciones que median el videojuego. Las maneras de proceder no son homogéneas pero en general obedecen a sus percepciones, análisis, comprensiones y razonamientos en el entorno de dicho videojuego.

Los *casos* como lo indica Rodríguez (2011) no persiguen una generalización, sino que documentan la experiencia o eventos para entender un fenómeno y para esta investigación hace alusión al cómo los estudiantes realizan un proceso de *Modelación Matemática* al mediarse por videojuegos.

El estudio de caso tiene un fuerte componente descriptivo que permite establecer bajo argumentos, relaciones entre teoría y práctica. Se valora la manera en que los

estudiantes comprenden la situación del entorno del videojuego, cómo interactúan con sus compañeros de equipo y toman decisiones en diferentes situaciones propias del escenario investigativo que se relaciona con el ambiente del aula de clase y se describe en el siguiente apartado.

El aula de clase como escenario y los participantes

La investigación se desarrolló en la Institución Educativa Antonio Roldán Betancur del municipio de Tarazá (Antioquia-Colombia). Se ubica en el sector urbano y ofrece formación en los niveles de Básica Primaria, Básica Secundaria y Media Académica.

El trabajo de investigación se realizó en dos grupos de grado sexto, cada uno de ellos con 45 estudiantes, quienes tenían edades entre los 10 y 12 años y presentaron interés por los medios tecnológicos en particular por los videojuegos. En términos de Ferreiro (2006), los estudiantes a estas edades son jóvenes tecnófilos que tienen un gusto particular por interactuar con la tecnología. Tal idea radica en el hecho de que los diferentes medios tecnológicos les ofrecen nuevas alternativas para acceder a la información, comunicación y formación, situación que no es ajena a dichos estudiantes, ya que poseen dispositivos y medios tecnológicos.

Antes de implementar la investigación, se informó a los padres de familia acerca del trabajo que se pretendía realizar con los estudiantes de grado sexto. Se explicaron las condiciones y por qué las actividades académicas estarían mediadas

por un videojuego. Para garantizar el proceder ético de la investigación, se sugirió a los padres diligenciar de manera voluntaria el consentimiento informado que se presenta en el (Anexo A, p. 193).

El escenario para el desarrollo de la investigación fue el aula de clase, cuyos horarios concordaron con los de la asignatura de Matemática y tuvo una dedicación de cinco (5) horas de clase para desarrollar cada una de las actividades propuestas en el marco de la investigación que involucró el trabajo específico y la discusión en relación con la producción de los estudiantes.

Las actividades propuestas se desarrollaron en equipos de trabajo conformados por 3 integrantes. A cada equipo de trabajo se le asignó una computadora de la institución y sus teléfonos o tabletas para garantizar la manipulación del medio tecnológico, es decir del videojuego *Plantas vs Zombies*®. Cabe resaltar que a cada equipo de trabajo se le asignó siempre el mismo dispositivo con la intención de no perder los avances y garantizar continuidad en el avance del videojuego. Durante el desarrollo del trabajo cada estudiante del equipo de trabajo tuvo la oportunidad de interactuar con el videojuego y, a partir de las percepciones, proponer soluciones a la actividad que se planteó.

En los momentos de discusión de cada actividad, se tuvo en cuenta la experiencia de juego, las respuestas que concertaron los equipos y los diálogos entre compañeros y profesor-investigador que dieron cuenta del proceso de *Modelación Matemática*, puesto que todas las acciones develaron estrategias y acciones para

reconocer relaciones, regularidades, razonar, tomar decisiones y alcanzar los objetivos propuestos en el video juego. En el siguiente apartado se presentan los instrumentos metodológicos que movilizaron las acciones de los participante y ayudaron a dar respuesta a la pregunta que orientó el proceso investigativo.

Instrumentos metodológicos para la producción de los registros

En este apartado se pretende describir los distintos instrumentos metodológicos que se utilizaron en el trabajo de campo, entre los cuales se referencia: la encuesta abierta para reconocer características de los videojuegos con los cuales tenían cercanía los estudiantes y definir posteriormente el videojuego *Plantas vs Zombies*® para realizar la intervención de aula; la guía de actividades como documento donde los estudiantes realizaron los registros y reflexiones ante la puesta de la investigación; la observación participante como recurso metodológico del profesor-investigador, las grabaciones audiovisuales para respetar la fidelidad de las acciones y argumentos de los participantes. A continuación se presentan cada uno de los instrumentos metodológicos.

Encuesta

Como se indicó en Capítulos anteriores, en los estudiantes existe un interés particular por el uso de los videojuegos. Se reconoce como una razón para tal interés que en sus teléfonos, tabletas o computadoras tuvieron facilidad para acceder a algún

videojuego y fuera usual que los estudiantes entablaran conversaciones frente a lo que sucedió en una de sus aventuras virtuales y discutieran alrededor de la planificación de una estrategia de ataque, describieran cualidades y características y plantearan acciones referentes a cómo superar un reto.

Con el ánimo de reconocer los intereses de los estudiantes en los videojuegos, se diseñó una encuesta abierta cuya intención fue, que de manera escrita, dieran cuenta de aquellos videojuegos que preferían, además de conocer los factores por los cuales les gustaba jugar, precisar los retos que planteaban algunos de los videojuegos, reconocer las acciones al jugar con el videojuego, entre otros factores. Al respecto, Hernández Sampieri et al. (2008) afirma que las encuestas con preguntas abiertas proporcionan mayor información del fenómeno a estudiar. La encuesta (Anexo B p.194) se constituyó con las siguientes preguntas:

- ¿Qué videojuego juegas?
- ¿Qué te gusta de los videojuegos que juegas?
- ¿Qué retos te plantea el videojuego?
- ¿Cuáles son las acciones que se deben llevar a cabo mientras juegas el videojuego?
- ¿Qué estrategias empleas para alcanzar el objetivo?

La encuesta se aplicó a los dos grados sextos y al tabularla se reconoció que los videojuegos de mayor interés para los estudiantes eran *Mario Bross*®, *Mi Tom*® o *Mi Angela*®, *Call of Duty*®, *Plantas vs Zombies*®, *Pes2015 (Futbol)*®, *Subway surf*® o *Temple Run*®. En la Tabla 3 se presentan los resultados de la sistematización con

relación a las respuestas de los estudiantes por la preferencia de videojuego. Aunque la elección de los estudiantes constituye una lista de más de 30 videojuegos, para efectos de la investigación se tuvieron en cuenta los de mayor incidencia. Además, se agruparon acorde al tipo de videojuego o características comunes.

Tabla 3. Videojuegos de interés para los estudiantes

Videojuego	Número de Estudiantes	Característica común
Mario Bross®	12	
Mi Tom® / Angela®	13	Cuidado de mascota
Call of Duty®	14	
Plantas vs Zombies® / Zombies®	19	Estrategia
Pes2015®	15	
Subway Surf® / Temple Run®	21	Carreras

Fuente: Diseño de los autores de esta investigación

Una vez se conocieron los videojuegos de interés para los estudiantes, se reconoció el objetivo de cada videojuego para tomar una decisión frente a cuál orientaría la investigación, por ejemplo: *Mario Bross®*, *Subway Surf®* y *Temple Run®* tiene por objetivo atravesar una serie de obstáculos a la vez que se recogen monedas, hongos, estrellas, entre otros. Dichos videojuegos propicia el desarrollo de habilidades de coordinación.

Mi Tom® o *Mi Ángela®*, son videojuegos para dispositivos Android en el que se debe cuidar una mascota virtual: darle de comer, vestir y acariciar la mascota. *Call of Duty®* es un videojuego en primera persona en el que se personifica un soldado o mercenario que debe sobrevivir y eliminar a los oponentes; dicho videojuego

promueve el trabajo en equipo y la rapidez de reacción. *Pes2015*[®], es un videojuego deportivo que desarrolla la coordinación y los reflejos.

Plantas vs Zombies[®], es un videojuego de estrategia en el que se deben combatir una horda de Zombies que intentan invadir una casa.

La aceptación que tienen los estudiantes por este juego y el hecho de que permitía reflexionar acerca de las estrategias, el proceder, la toma de decisiones, las justificaciones, las relaciones, los patrones, las regularidades entre otros elementos, fueron los motivos para determinar que la puesta investigativa se realizaría con dicho videojuego y se analizarían las acciones en términos de la *Modelación Matemática*.

Los anteriores aspectos dieron pautas para consolidar la guía de actividades, la cual orientó a los estudiantes con referencia a qué tener en cuenta cuando juegan, en relación con el proceso de *Modelación Matemática* y así dar respuesta a la pregunta de investigación. A continuación se presenta la guía de actividades que se diseñó e implementó en el proceso investigativo.

La guía de actividades

La guía de actividades se define como una herramienta metodológica que permite recopilar, sistematizar y evidenciar, a partir del lenguaje de las matemáticas, las ideas expuestas por los estudiantes al enfrentarse al videojuego. En correspondencia con Rendón-Mesa (2009), la guía de actividades responde a las diferentes acciones que deben realizar los estudiantes en la implementación de la

investigación. La estructura de la guía de actividades plantea varios momentos que, en el caso de la investigación que se reporta, estuvieron en correspondencia con el proceso de *Modelación Matemática*. Es decir, se diseñaron actividades para la guía que dieron cuenta de la exploración, abstracción, sistematización, matematización, interpretación y validación; acciones que se relacionan con el proceso de modelación con tecnología propuesto por Geiger (2011), como se indicó en el Capítulo anterior.

La guía de actividades dio cuenta de los distintos momentos que experimenta el estudiante al resolver las situaciones expuestas en el videojuego en términos del proceso de *Modelación Matemática*, reconociendo así las acciones y estrategias que emplearon vinculando aprendizajes de las matemáticas.

La guía de actividades se constituyó por 7 actividades que concibieron una secuencialidad de las acciones del estudiante cuando jugó con el videojuego, ayudaron con la compilación de la experiencia y demostró que al jugar con videojuegos asumía una interrelación con los procesos de *Modelación Matemática*.

Primera y segunda actividad: se denominaron ¡A contar una historia! y ¡A jugar! las cuales se relacionan con el proceso de *exploración* que, según Rendón-Mesa (2009), permitió indagar por los saberes de los estudiantes en un tema específico. En esta investigación la actividad exploratoria dio cuenta de la interpretación que los estudiantes tenían del videojuego *Plantas vs Zombies*⁶, la identificación de

⁶ Es un juego de estrategia al estilo (tower defese) defender el castillo, desarrollado por PopCap Games.

características de los elementos del videojuego, la producción de soles⁷ como recurso que permitía comprar plantas para defensa o ataque, el costo de las plantas y otras regularidades que percibieron los estudiantes al jugar. La guía ayudó para que los estudiantes verbalizaran su interpretación de los objetivos, reglas, movimientos básicos y el área de juego como factores que permitieron avanzar en el videojuego.

Tercera actividad: Se denominó ¡Mi primera estrategia! y se relaciona con el proceso de *abstracción*. Dicha actividad correspondió a la identificación de regularidades en el entorno del videojuego, las cuales se evidenciaron con los registros escritos que elaboraron los estudiantes y las acciones que se relacionaron con el saber matemático escolar. También se evidenciaron las relaciones que establecieron los estudiantes entre las plantas y su costo, entre los girasoles y la producción de soles, entre la cantidad de soles y las plantas que se podían sembrar, entre el tiempo de producción de soles y la cantidad de soles que se producían por minuto. Es decir, características propias de los elementos que intervenían en el videojuego, con las que los estudiantes interactuaron y ejecutaron acciones, como se describe en el cuarto Capítulo.

Cuarta actividad: Se denominó Mi libro herbolario y de Zombies, se relaciona con el proceso de *sistematización*. Dicha actividad permitió que los estudiantes sistematizaran, en registros tabulares y gráficos, la información que ofrecía el entorno del videojuego con relación al costo de las plantas y sus características. Además, el

⁷ Los soles es una de las monedas de cambio en el videojuego, se usa para sembrar plantas

tiempo de reutilización de las plantas y la regularidad con que realizaban sus acciones en términos de disparos, explosiones o defensas, la velocidad de desplazamiento de los *Zombies*, la cantidad de soles que se necesitaban para llenar el jardín de plantas, las representaciones gráficas y dibujos que dieron cuenta de la ubicación de las planta y la producción de soles en el tiempo, entre otros elementos.

Quinta actividad: Se denominó Torneo escolar de *Plantas vs Zombies*[®]. Dicha actividad se relaciona con el proceso de *matematización* de las relaciones que percibieron en la actividad tres. Para lograr tal propósito, los participantes jugaron un nivel específico del videojuego. Se esperó que al final de la partida, los puntajes dieran cuenta de las decisiones que tomaron al enfrentarse al entorno del videojuego. Bajo la premisa de obtener el mejor puntaje, eligieron las mejores plantas para defensa y ataque. El puntaje que obtuvieron obedeció a la relación que establecieron entre las plantas que utilizaron, las que devoraron los *Zombies*, la cantidad de corta césped que no utilizaron y soles que se acumularon. Se esperó que el puntaje indicara cómo los modelos que elaboraron los estudiantes respondieron a su estrategia de juego y se materializaran en la puntuación que obtuvieron.

Sexta actividad: la actividad se denominó ¿Cómo jugar mejor?, la cual se relaciona con el proceso de *interpretación* y pretendió que los estudiantes, a partir del *torneo escolar Plantas vs Zombies*[®] de la quinta actividad, analizaran las partidas que se grabaron en el torneo escolar y propusieran argumentos en torno a las acciones por las cuales se mejoró la puntuación de una sesión de juego.

Séptima actividad: Se denominó Ahora si ¡A superar mi record!, dicha actividad se relaciona con el proceso de *validación* en el que los estudiantes comprueban las ideas expuestas en la actividad anterior y que por medio de la acción de juego permitió que propusieran otras estrategias para enfrentarse a las situaciones, que a su vez razonaran y justificaran las decisiones con relaciones y modelos matemáticos. Es decir, la actividad pretendió que los estudiantes explicaran el por qué utilizaron una planta en particular y que plantearon en relación con su costo, características y función dentro del videojuego y, como ello les ayudó a mejorar la puntuación en la sesión de juego

Con la guía de actividades y los supuestos teóricos de la *Modelación Matemática* se esperó que las elaboraciones de los estudiantes como esquemas gráficos, tablas, algoritmos, procedimientos y argumentos verbales o escritos, aportaran a la descripción del proceso de modelación y así, atender a las maneras cómo los estudiantes modelan al enfrentarse al videojuego y reconocer si las acciones evolucionaron al enfrentarse a nuevos desafíos.

En la *Tabla 4*, se presenta las actividades que constituyeron la guía y la correspondencia con el proceso de modelación matemática que se media con tecnología, en este caso con el videojuego.

Tabla 4. Actividad-proceso-descripción de la guía de actividades

Actividades	Proceso de modelación	Descripción de la actividad
¡A contar una historia!	Exploración	¿Cómo los estudiantes dan cuenta del entorno del videojuego?

Actividades	Proceso de modelación	Descripción de la actividad
A jugar		<p>En la etapa exploratoria se espera descubrir cómo los estudiantes perciben, comprenden e interpretan el entorno del videojuego <i>Plantas vs Zombies</i>®. Se valorarán las descripciones verbales o escritas en las que evidencien los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Describen propiedades, características, relaciones que perciben en el videojuego. - Establecen diferencias y semejanzas entre los elementos con los que se interactúa en el videojuego - Describen las características esenciales de algunos de los elementos del videojuego. - Identifican características esenciales inherentes a cada elemento del videojuego - Clasifican de manera jerárquica las plantas según su costo e importancia - Enuncian ideas clave que evidencian los objetivos plantea el videojuego. - Explican las reglas de juego, las acciones que deben realizar. - Justifican sus decisiones y enuncian las características de los elementos con los que se interactúa en el videojuego <i>Plantas vs Zombies</i>®. - Manifiestan su interpretación del entorno del videojuego en el cual intentan dar cuenta de cómo juegan. - Enuncian las características de algunas plantas, su costo y el rol que cumplen en el videojuego.
¡Mi primera estrategia!	Abstracción	<p>¿Qué relaciones matemáticas y regularidades perciben los estudiantes en el entorno del videojuego?</p> <p>Se espera que con la actividad propuesta para esta parte del ciclo los estudiantes puedan dar cuenta de las relaciones y regularidades de carácter matemático que pueden percibir cuando se enfrentan al entorno del videojuego. Se espera que los estudiantes den cuenta de la forma en que se relacionan o toman decisiones acordes a lo que perciben, describan o enuncien variables</p>

Actividades	Proceso de modelación	Descripción de la actividad
		<p>susceptibles de ser estudiadas, los posibles resultados que se obtienen de la manipulación de objetos del juego, expresiones verbales o escritas en las que los estudiantes expresen regularidades, relaciones de equivalencia, igualdad, proporción y orden, implícitas o explícitas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Costo de una o varias plantas. - Tiempo de producción de las plantas y la regularidad con que lo hacen. - Cantidad de golpes necesarios para derribar los diferentes Zombies. - Regularidad con que las plantas de ataque disparan. - Tiempo en que se puede reutilizar cada planta. - Relación entre la distancia que avanzan los Zombies y los golpes que recibe antes de derribarse. - Establecer relaciones entre costo y tiempo de recarga. - Relación de proporción entre las diferentes plantas. - Relación de proporción con respecto al tiempo. - Relación de proporción con respecto a la cantidad de girasoles sembrados vs los soles producidos. - Estrategias para la solución de problemas.
<p>Mi libro herbolario y de Zombies</p>	<p>Sistematización</p>	<p>¿Cuáles son las principales características, aspectos y funciones que poseen el entorno del videojuego?</p> <p>Se propone que los estudiantes puedan sistematizar la información que perciben del videojuego, para esto se diseña una tabla en la que pueden clasificar y describir cada uno de las propiedades de las Plantas y los Zombies. Con lo anterior se espera que los estudiantes puedan determinar algunas situaciones susceptibles de ser estudiadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar relaciones que existen entre diferentes tipos de plantas y cómo afectan las decisiones que toman.

Actividades	Proceso de modelación	Descripción de la actividad
		<ul style="list-style-type: none"> - Sintetizar información y datos en términos de tiempo, costo, posición. - Enunciar la forma en que resuelven las situaciones expuestas. - Describir la forma en que resuelven situaciones que se pueden presentar en el entorno del videojuego, como una forma de acotar las diferentes regularidades y relaciones que se presentan en el videojuego. - Determinar la forma general de usar las plantas y sus roles como una forma de mejorar la estrategia de juego. - Verificar que indiquen cuáles son las mejores decisiones para avanzar en el videojuego. - Establecer criterios para determinar la puntuación.
<p>Torneo escolar de <i>Plantas Vs Zombie</i>[®]</p>	<p>Matematización</p>	<p>¿Cómo justifico las decisiones que tomo en el videojuego a partir de las matemáticas?</p> <p>Una forma de justificar las decisiones que toman los estudiantes cuando se enfrentan al videojuego es por medio de las matemáticas. Cada una de estas decisiones se asocia a su estrategia de juego, que de alguna manera muestra qué tan bien juega. Esto ofrece la oportunidad para que el estudiante pueda saber bajo algunos criterios cuál es su puntaje. En estos términos, se da cuenta de la forma en que se matematizan las decisiones que realizan los estudiantes cuando juegan para lo cual, deben calcular los puntajes obtenidos al finalizar una partida. Por tanto, los estudiantes deberán</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reconocer el valor de cada una de las plantas - Realizar cálculos matemáticas en los que se involucra los algoritmos de las operaciones básicas. - Contar la cantidad de soles acumulados acordes al número de soles sembrados - Representar cantidades y cálculos de forma icónica y gráfica. - Calcular el puntaje de la sesión de juego.
	<p>Interpretación</p>	<p>¿Cómo mejorar mi estrategia de juego?</p>

Actividades	Proceso de modelación	Descripción de la actividad
¿Cómo jugar mejor?		<p>Por medio del análisis de la grabación en video de una sesión de juego, se busca que los estudiantes reconozcan y analicen las decisiones y estrategias que posibilitan avanzar en los niveles del videojuego. De tal manera que puedan decidir cuáles de las acciones son correctas o no, acorde con su percepción de juego. En dicha actividad los estudiantes deben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar inferencias que dan cuenta de las acciones que realizan. - Justificarlas plantas que adquieren y la posición en la que se deben ubicar - Confrontar opiniones y proponer posibles estrategias que permitan mejorar la forma de jugar - Justificar a partir de la matemática las acciones y decisiones que propone.
Ahora sí ¡a superar mi record!	Validación	<p>¿Cómo jugar de manera consciente?</p> <p>Luego de realizar la revisión de los videos, proponer ideas y estrategias que permiten mejorar la forma de juego, se espera que se comprueben en la práctica, es decir, en una sesión de juego. Por tanto se espera que los estudiantes puedan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analizar y evaluar las decisiones que toman en el videojuego - Verificar y comprobar el acierto o desacierto de las decisiones que toman los compañeros - Relatar y describir la sesión de videojuego - Comprobar y corroborar las decisiones que proponen. - Establecer nuevas reglas, procedimientos o decisiones que se deben tomar en el videojuego que favorezcan jugar mejor. - Evidenciar jerarquías en las decisiones que toman (qué planta siembro primero), qué hago primero - Evidenciarla forma secuencial de proceder.

Actividades	Proceso de modelación	Descripción de la actividad
		- Evaluar si las decisiones que se han tomado son acertadas y permiten mejorar el puntaje de juego o jugar mejor.

Fuente: Diseño de los autores de esta investigación

Los registros escritos que realizan los estudiantes en la guía, al dar respuesta a cada actividad propuesta, se consideraron recursos relevantes para el proceso investigativo puesto que fueron los insumos para el proceso de análisis, discusión y conclusiones de la investigación como se presenta en los posteriores Capítulos. Sin embargo, las discusiones que se propiciaron a la luz de las actividades propuestas en la guía se registraron en grabaciones audiovisuales y se asumen como un instrumento metodológico que se presenta a continuación.

Grabaciones audiovisuales

Las grabaciones audiovisuales según Hernández Sampieri et al. (2008) consisten en imágenes, fotografías, dibujos, videos, audios que soportan las vivencias de la investigación. Las grabaciones audiovisuales evidencian, de manera verbal, las ideas y construcciones que los estudiantes estructuraron en el proceso investigativo. Además, las grabaciones audiovisuales evidencian aspectos que se relacionaron tanto con aspectos auditivos como gestuales, como una manera de representar las ideas ya que, en ocasiones, los registros verbales no fluyen en el estudiante y dificultan la enunciación.

Las grabaciones audiovisuales fueron un instrumento que compiló las sesiones de clase a lo largo de la implementación metodológica. En ellas se reconoció de manera puntual, las maneras como los estudiantes jugaron con los videojuegos y las relaciones que se establecen con el proceso de *Modelación Matemática*. Dicho recurso metodológico fue transcrito respetando el principio de confidencialidad, con el ánimo de legitimar la información que de ellos se obtuvo. Además, se realizó un análisis de las acciones de los estudiantes y se contrastaron con las posturas y planteamientos del profesor-investigador a la luz de la observación participante, instrumento metodológico que se presenta en el siguiente apartado.

La observación-participante

En la implementación que propuso la investigación, la observación-participante como estrategia para producir la información fue relevante, ya que en correspondencia con Monje (2011) es una instancia fundamental del trabajo metodológico. El autor indica que a partir de la observación-participante se intenta comprender las acciones que llevan a cabo los participantes y determina unos lineamientos generales sobre los cuales focalizar el análisis en relación con el horizonte investigativo.

Hernández Sampieri et al. (2008) indica que la observación-participante no es sólo la acción de ver, implica el uso de todos los sentidos. Por medio de la observación se identifican las características y elementos del fenómeno de estudio, se debe tener

en cuenta que en la observación se realizan anotaciones literales luego, bajo la percepción del observador y la teoría que se aborda, se interpreta y se le da sentido a lo que observa y se registra como resultado de la investigación.

En correspondencia con los argumentos expuestos, la observación-participante permitió reconocer, en el escenario investigativo, como los estudiantes realizaban procesos de modelación al jugar con el videojuego *Plantas vs. Zombies*. Aunque se comprendió que la observación-participante puede generar sesgos en la sistematización durante la implementación metodológica o el análisis, puesto que el profesor-investigador puede involucrar creencias, opiniones o prejuicios, se procuró aminorarlos con un diálogo permanente entre las observaciones y el marco teórico y con discusiones académicas con investigadores del grupo de investigación EDUMATH, quienes aportaron elementos para ampliar las miradas acerca del fenómeno objeto de estudio.

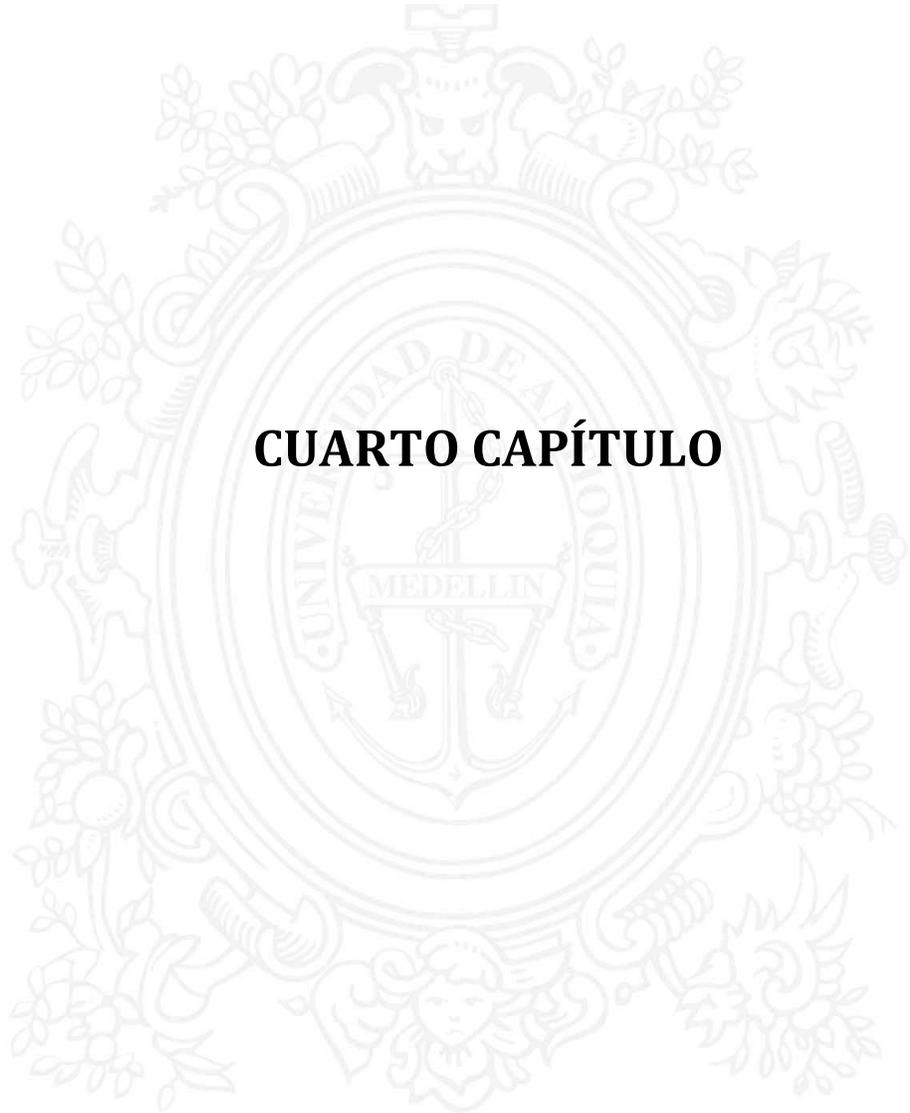
Análisis de la información

Para esta investigación, la unidad de análisis se asumió como aquellos fragmentos tanto de las grabaciones audiovisuales como de la guía de actividades donde se percibieron acciones que respondieron al cómo modelan matemáticamente los estudiantes al enfrentarse al reto del videojuego y se sustentan en el cuarto Capítulo que reporta la investigación.

Con el ánimo de reconocer sistemáticamente tales unidades de análisis, se digitalizaron los registros de los estudiantes y se relacionaron con la guía de actividades. En este sentido, se nombraron los registros en correspondencia con la actividad de la guía a la que hizo alusión y en ellos se reconocieron las ideas, concepciones, cálculos, gráficos y otras maneras de representar la información de las cuales los estudiantes se valieron. El reconocimiento de dichas acciones permitió hallazgos en relación con el *cómo modelaron matemáticamente los estudiantes*, asunto que se reporta en el quinto Capítulo de este reporte de investigación.

La validación

Con el ánimo de procurar que la investigación superará las visiones personales, se participó de discusiones en eventos académicos y con investigadores interesados por el objeto de estudio. Dichas acciones permitieron que los resultados ofrecieran respuesta al cómo se modela matemáticamente al mediarse el proceso con un videojuego, sin pretender generalizar más allá de los alcances de la investigación



CUARTO CAPÍTULO

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

El desarrollo de procesos de Modelación mediados por el videojuego *Plantas vs Zombies*[®]

En este Capítulo se presentan los resultados de la implementación de la guía de actividades. La guía, como herramienta metodológica, apoyó las acciones que realizaron los estudiantes y las maneras en que procedieron a partir de las matemáticas. Dicho análisis develó la manera como realizaron procesos de *Modelación Matemática* en el aula de clase con influencia de un entorno virtual como el que ofrece el videojuego *Plantas vs Zombies*[®].

El diseño metodológico contempló el desarrollo de una guía compuesta por 7 actividades que se relacionan con cada etapa del proceso de modelación propuesto para este trabajo y que se describió en el tercer Capítulo (pág. 89).

A continuación, se presenta en la Tabla 5, cada una de las actividades que se relacionan con las etapas del proceso de *Modelación Matemática*. Y para efectos de análisis se describen las acciones específicas que realizaron los estudiantes en cada una de las etapas.

Tabla 5. Etapas y actividades del proceso de *Modelación Matemática*

Número de actividad	Actividad	Etapas del proceso de <i>Modelación Matemática</i>
1	¡A contar una historia!	Exploración.
2	¡A jugar!	Exploración
3	¡Mi primera estrategia!	Abstracción
4	Mi libro herbolario y de <i>Zombies</i>	Sistematización
5	Torneo escolar de <i>Plantas vs Zombies</i> [®]	Matematización
6	¿Cómo jugar mejor?	Interpretación
7	Ahora si ¡a superar mi record!	Finalización (Validación)

Fuente: Diseño de los autores de esta investigación

En el siguiente apartado se describe el desarrollo de la guía de actividades en cada una de las etapas que se propone para la investigación.

La guía de actividades y el proceso de *Modelación Matemática*

Para realizar la descripción de cada una de las etapas del proceso de *Modelación Matemática*, se seleccionaron los trabajos que llevaron a cabo los equipos de estudiantes de grado sexto, encabezados por sus líderes los cuales llamaremos Camila, Víctor, Sebastián, Luis, Juan, Karin, Karla, Richell, Angélica, Cristian y Mateo. El profesor-investigador reconoció su relación con el medio tecnológico, su trabajo en equipo, sus justificaciones y aportes verbales y escritos en cada una de las intervenciones en el aula de clase y su interés por el desarrollo de la guía de actividades. Cada uno de los equipos de trabajo realizó sus aportes acorde a lo que percibieron en relación con el videojuego, maneras de concebir e interpretar el entorno del videojuego y la manera en que las matemáticas posibilitan otras comprensiones del entorno virtual. A continuación se presentan las actividades y su relación con el proceso de *modelación matemática* tal como se describe en el Capítulo 3 (p. 89).

Actividad 1: ¡A contar una historia!

En esta primera actividad se pidió a los estudiantes que, sin interactuar con el videojuego, realizaran una historieta en la que contaran a sus compañeros su percepción general de éste. Así, se logró que aquellos que no conocían el videojuego se

enteraran de las particularidades del entorno virtual. Emplearon distintas herramientas de trabajo por medio de las cuales expresaron sus ideas respecto a los elementos que conforman el entorno del videojuego: celulares, tabletas y computadoras con acceso a la red como herramienta para consultar y encontrar información referente. Además, éstas fueron estrategias de apoyo para presentar y compartir los resultados de la actividad 1. Los estudiantes realizaron historietas en la que emplearon como personajes principales plantas o Zombies que se encuentran en el entorno del videojuego. También realizaron carteleras, diapositivas y maquetas en las que se representaron por medio de dibujos algunas de las plantas, a la vez que describieron sus características en términos de costo y función.

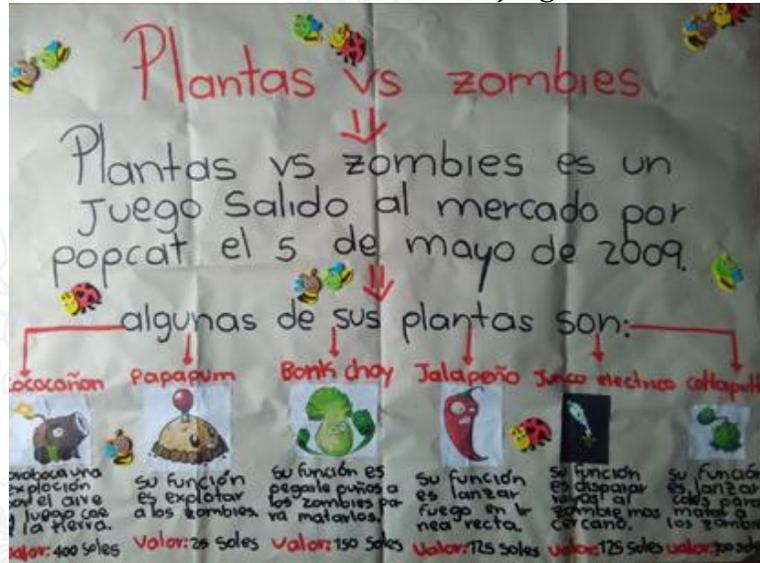
Las Figura 4, Figura 5 y Figura 6 corresponden a algunas de las carteleras que realizaron los estudiantes en relación el videojuego.

Figura 4. Cartelera de los elementos del entorno del videojuego



Fuente: Cartelera elaborada por el equipo de Luis

Figura 5. Cartelera elementos del entorno del videojuego



Fuente: Cartelera elaborada por el equipo de Camila

Figura 6. Cartelera personajes del juego *Plantas vs Zombies*®



Fuente: Cartelera elaborada por el equipo de Juan

En cada una de las carteleras, los equipos de trabajo liderados por Luis, Camila y Juan, reconocieron algunas de las plantas del entorno del videojuego: su forma o imagen que las representa; su nombre, entre los que enunciaron la Nuez, el

Lanzaguisantes, el Girasol, el Hielaguisantes, el Bonk Choy, el Ají, entre otros; describieron también la función o habilidad que poseen las plantas, como lanzar semillas o fuego para derribar, explotar, congelar o golpear los Zombies, protegerse y producir soles. Reconocieron en sus representaciones el costo de cada una de las plantas, que oscila entre 50 y 400 soles. Lo anterior permitió que los estudiantes establecieran relaciones entre las plantas, sus habilidades y su costo, para elegir algunas de ellas y enfrentar a los Zombies, según la evolución de la sesión de juego.

En la Tabla 6 los estudiantes sistematizaron las interpretaciones que realizaron respecto a las plantas que intervienen en el entorno del videojuego.

Tabla 6. Descripción de las plantas

Planta	Descripción de los estudiantes
 <p data-bbox="329 1335 342 1352">i</p>	<p data-bbox="516 1215 1320 1325"><i>Hola, soy Lanzaguisantes y cuesto 100 soles, puedo lanzar un guisante a la vez, para matar un Zombie normal le tiro diez guisantes.</i></p>
 <p data-bbox="329 1570 342 1587">ii</p>	<p data-bbox="459 1457 1377 1528"><i>Soy Hielaguisante y cuesto 175 soles, lanzo dos guisantes helados a la vez, con esto daño y freno a los Zombies.</i></p>
 <p data-bbox="329 1787 342 1803">iii</p>	<p data-bbox="500 1663 1336 1772"><i>¡Oh cuidado, podemos explotar! No te acerques demasiado. Nos llamamos Petacereza y costamos 400 soles, explotamos con los Zombies en un área mediana.</i></p>

Planta	Descripción de los estudiantes
 iv	<i>Soy Patatapum y mi función es explotar los Zombies, cuesta 25 soles.</i>
 v	<i>Me llamo nuez y cuesta 50 soles, bloqueo a los Zombies y protejo las plantas</i>

Fuente: Tomado de carteleras elaboradas por Luis, Camila y Richell

En la Tabla 6 se muestran las descripciones que realizaron Luis, Camila y Richell. Con respecto a las plantas Lanzaguisantes, Hielaguisantes, especificaron la función que tiene cada uno de estos personajes en el videojuego y su respectivo costo, por medio de enunciados escritos. Lo anterior mostró que los estudiantes reconocieron que dichas plantas ejecutaban lanzamientos de manera regular, relacionaron la cantidad de lanzamientos en determinado tiempo, con el fin de derribar los Zombies.

Por otro lado, el equipo que lidera Karín elaboró una cartelera en la que se hace alusión a los Zombies que intervienen en el videojuego. En ella se describieron las características que poseen algunos Zombies en cuanto a sus habilidades y la forma en que se desplazan por el escenario de juego.

Figura 7. Características de los Zombies

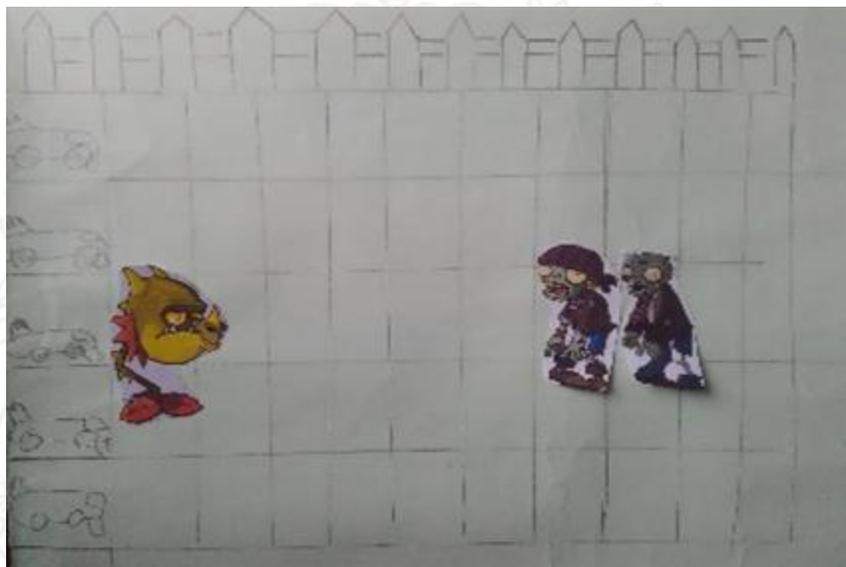


Fuente: Cartelera elaborada por el equipo de Karín

En la Figura 7, los estudiantes describieron la habilidad que poseen algunos Zombies en cuanto a su resistencia a golpes, que puede ser normal, media o alta, aspecto que depende de los elementos que poseen para su protección (valdes, puertas, cascos y otros). Con respecto a su desplazamiento, algunos emplean globos para desplazarse por encima de las plantas o emplean vestimenta de deportistas para moverse con mayor velocidad respecto a los demás. Lo anterior permitió que los estudiantes relacionaran las habilidades que poseen las plantas con las habilidades que poseen los Zombies, lo que les permitió en posteriores sesiones de juego elegir las mejores plantas para combatir a los Zombies.

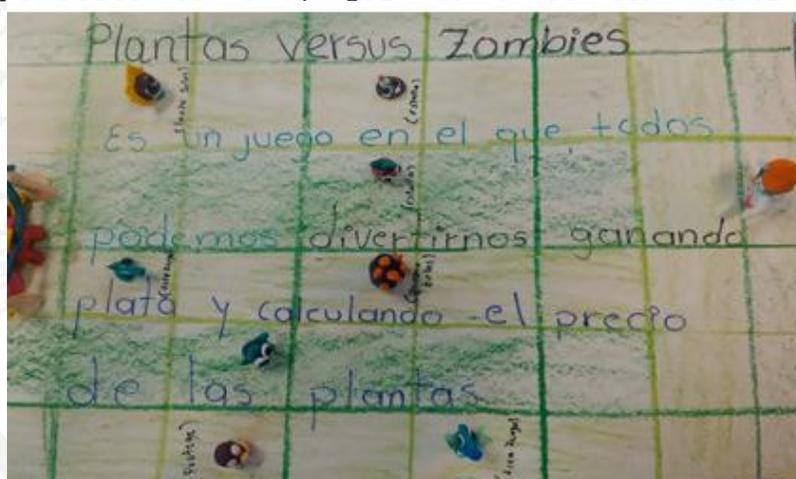
Otra de las carteleras que describió elementos importantes para una futura sesión de videojuego, fue la que relacionó el escenario de juego. A continuación se muestran algunas representaciones que realizaron los estudiantes.

Figura 8. Representación del escenario de juego



Fuente: Cartelera elaborada por un grupo de estudiantes

Figura 9. Maqueta escena del video juego



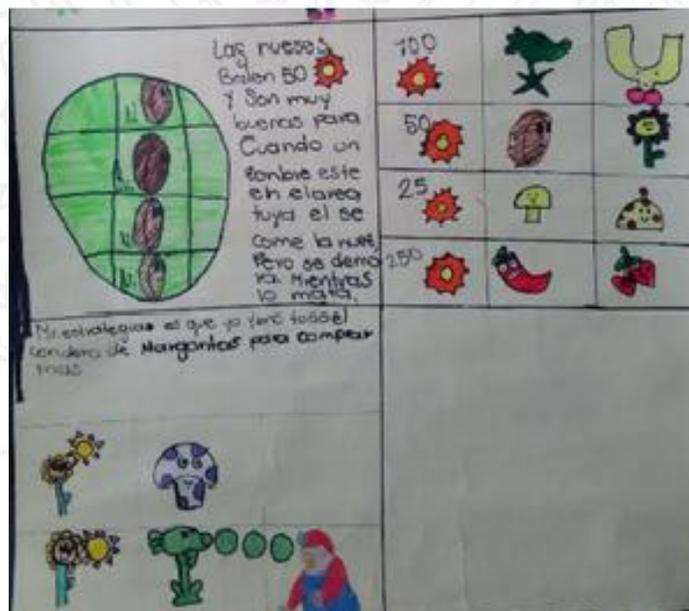
Fuente: Elaboración de la maqueta del equipo de Juan

En las Figura 8 y Figura 9, dos equipos de trabajo realizaron sus representaciones acerca del escenario de juego. Los estudiantes reconocieron y asociaron el terreno de juego a su forma rectangular, compuesta por pequeños

rectángulos en los que se puede sembrar sólo una planta. En sus representaciones describieron de manera específica el tamaño del jardín en términos de la cantidad de filas y columnas o cantidad de rectángulos que posee el terreno de juego. Que los estudiantes reconocieran tales condiciones, permitió que en futuras sesiones de juego indicaran de manera específica los lugares en que se puede plantar, qué tan ocupado se encuentra el jardín o una estrategia de juego, es decir qué plantas plantar y en qué lugares.

El equipo de Karla realizó una cartelera en el que se integraron aspectos que relacionan costo, función de las plantas y estrategia de juego.

Figura 10. Elementos del entorno del videojuego



Fuente: Elaboración cartelera equipo de Karla

En la representación de la Figura 10 el equipo de Karla sistematizó algunas de las plantas empleando la imagen de la planta como una forma de reconocer de manera

precisa su costo. Por otro lado, realizó una descripción de la planta Nuez, en la que indica la forma en que la usa en el terreno de juego. Reconocer la función que realiza cada planta permitió que el equipo estableciera estrategias de juego como lo plantea dicha representación. Al respecto el equipo indicó que: *Las Nueces son buenas cuando un Zombie está en el área, el Zombie se demora en comerla, mientras lo mata, o, mi estrategia es que coloco todo el sendero de margaritas para comprar más.* De los enunciados que realizó el equipo de Karla con respecto a la manera en que emplea la planta Nuez en el videojuego, se reconocen aspectos que se relacionan con el tiempo y producción de soles en cuanto a la cantidad de *margaritas* que emplea para comprar otras plantas. Situación que más adelante se tendrá en cuenta para describir a partir de las matemáticas.

La actividad 1, ¡A contar una historia! propuesta en la Tabla 5, finalizó con la socialización de cada una de las carteleras que realizaron los diferentes grupos de trabajo las cuales presentaron ideas iniciales en torno al videojuego.

Actividad 2: ¡A jugar!

Tal como se muestra en la Capítulo 3 (p. 89) Tabla 5, la actividad 2, ¡A jugar! Abordó el proceso de exploración. En esta actividad los estudiantes jugaron con el fin de relacionar las ideas iniciales con la experiencia del videojuego. En dicha actividad se cuestionó por la manera de avanzar, la funcionalidad de algunas plantas, el tamaño del jardín, entre otros.

En dicha actividad se indicó a los estudiantes que iniciaran el videojuego y jugaran durante 20 minutos. En este tiempo ellos comprobaron las ideas que se desarrollaron en la actividad 1, además identificaron otros aspectos como son las reglas de juego, las acciones que deben realizar para superar los niveles, las características, habilidades y costo de las plantas, la ubicación de las plantas en el terreno de juego y las estrategias de juego.

Para el desarrollo de la actividad 2 ¡A jugar!, se involucraron todos los estudiantes, se socializó cada una de las preguntas que indagan por la experiencia de juego y se realizaron videograbaciones. De dichos recursos metodológicos se extrajeron algunas de las conversaciones donde dieron respuesta a los cuestionamientos, a su vez se apoyaron con los aportes construidos en la actividad 1.

A continuación se describen las respuestas a cada una de las preguntas.

¿Cómo puedo pasar de nivel en el videojuego Plantas vs Zombies®?, ¿Qué plantas debo sembrar?

Las respuestas que se obtuvieron se orientan en dos sentidos. El primero corresponde a las dinámicas propias del videojuego y el segundo se relaciona con la estrategia de juego en cuanto a la elección de plantas.

Con respecto a la dinámica propia del videojuego, es decir, a la manera de jugar y avanzar en los niveles del videojuego, se afirma lo siguiente:

Estudiantes: Para pasar de nivel hay que esperar 10 días [días del entorno del videojuego], eso es todo maluco para pasar.

Profesor: ¿Cómo así que todo maluco para pasar?

Estudiantes: *Si, a usted le toca jugar por ejemplo de noche 10 veces y pasa de nivel y así.*

Profesor: o sea juego 10 niveles...

Estudiantes: *No, en el nivel 1 le toca jugar 10 veces para poder pasar a nivel 2 pero de noche, después va al patio trasero y es de día y después de noche.*

Para los estudiantes que se reportan en el diálogo, cada nivel del videojuego tiene 10 subniveles, es decir, para avanzar en los niveles del videojuego debe jugar 10 veces, en el que a su vez se cambia de escenario de juego. Primero se juega 10 veces de día, luego 10 veces de noche, luego de día en patio trasero, entre otros. En dicha interpretación el estudiante explicó las veces que debe jugar para pasar de nivel y esto dio evidencia su comprensión de las dinámicas del videojuego. De esta manera, el reconoció el nivel en que se encuentra acorde al escenario de juego. Lo que le ayudó a identificar las plantas que podía emplear en cada sesión de juego, que de alguna manera, se relaciona con la elección de plantas necesaria para superar un nivel de juego, como se mostrará en próximas etapas del proceso de modelación.

Con respecto a la estrategia de juego en cuanto a la elección de las plantas y al responder las preguntas *¿Cómo puedo pasar de nivel en el videojuego Plantas vs*

Zombie®?, *¿Qué plantas debo sembrar?* Tres estudiantes indicaron que:

Hurtado: *hacerse una estrategia*

Cerezo: *Para pasar de nivel hay que escoger unas buenas plantas.*

Profesor: ¿Cómo sabemos que son buenas plantas?

Pareja: *Lanzaguisantes x1, x2, x4, x6. Lanza seis guisantes a la vez,*

Lanzaguisantes de 3 cabezas, que lanza en diferentes lados (direcciones).

De esta manera, el videojuego les permitió a los estudiantes visualizar la habilidad de la planta, reconocer la cantidad de lanzamientos que puede hacer y a su vez, determinar qué tan resistentes son los Zombies y la rapidez con que son derribados. Lo anterior, permitió establecer relaciones entre el tiempo de lanzamiento o ejecución de las habilidades de plantas, la cantidad de disparos que realiza la planta Lanzaguisantes y qué tan veloz se desplaza el Zombie. Dichos aspectos se describirán en las etapas posteriores que dan cuenta del proceso de *Modelación Matemática*.

En las diferentes sesiones de juego, la elección de las plantas se realizó bajo el criterio de la habilidad, lo que de alguna manera conllevó a cuestionar a los estudiantes por el costo de cada una de ellas. En este caso se genera un diálogo con estudiantes tal como sigue:

Profesor: ¿Todas tienen el mismo valor?

Estudiantes: *No*

Profesor: Por ejemplo, ustedes se han puesto a pensar si es mejor comprar un Lanzaguisantes que vale 100 o uno que vale 200.

Estudiantes: *La de 200*[Lanzaguisantes]

Cerezo: *Primero se compran los solecitos [Girasoles] y después la de 100.*

Karen: primero se compran soles [Girasoles], luego Lanzaguisantes y después la Lanzaguisantes x2.

Un aspecto importante para avanzar en el videojuego es el costo que poseen las plantas. Al respecto, se cuestionó por el costo de los Lanzaguisantes, los estudiantes indicaron que es mejor comprar uno que vale 200 soles. A su vez reconocieron que para poder adquirirlo hay que plantar primero otras plantas como el Girasol que permite adquirir los recursos necesarios, esto se considera una estrategia de juego. De la anterior conversación se percibió que los estudiantes prefieren adquirir el Lanzaguisantes que vale 200 soles ya que dicha planta posee mejor habilidad. Por otro lado Cerezo y Karen advirtieron que para adquirir dicha planta, en primer lugar, se deben plantar Girasoles, luego Lanzaguisantes x1 y luego Lanzaguisantes x2. Es decir, por medio del videojuego, se reconocieron procedimientos necesarios para adquirir dicha planta, lo que de alguna manera permitió estructurar en el estudiante maneras de proceder y resolver situaciones secuencial y estructuradamente.

Es así como los estudiantes tomaron decisiones frente a la necesidad de plantar Girasoles como planta productora de soles y así obtener los soles necesarios para adquirir otras plantas. En este sentido los estudiantes indicaron que:

Cerezo: En la noche se usan hongos en vez de girasoles

Profesor: Como ya saben el girasol da 25 soles y el honguito da 15 soles y luego cuando el hongo crece da 25 soles entonces, ¿Es mejor comprar girasoles o el hongo?

Alumnos: *El honguito* [Responden al unísono]

Estudiantes: *En el día es mejor sembrar girasoles, pero de noche honguito.*

Profesor: Osea que en la noche el girasol da más poquito. Más poquito es que se demora más o... ¿Cómo saben que se demora más?

Gabriel: *Porque tiene sueño*, el estudiante realiza gestos acerca de cómo hace la planta girasoles cuando tiene sueño. *Los girasoles cuando se siembran de noche producen pocos soles, se vuelven más lenta y se duermen.*

Dicho planteamiento de Gabriel indicó que, a partir de la interacción con el entorno percibieron, de manera visual, regularidades en la producción de soles, las mismas que expresan a partir de gestos y verbalizaciones como una manera de describir situaciones que son difíciles de explicar y que asocian con *poca producción o que se vuelven más lenta*. A partir de las matemáticas, *volverse más lenta o dormirse* se asocia con la producción de soles, es decir, en términos de mayor o menor cantidad de soles que producen las plantas.

Es así como los estudiantes reconocieron las plantas que producen soles como el Girasol y el hongo (Seta solar) y adquirieron otras plantas. En este caso, los estudiantes reconocieron la necesidad de emplear las plantas productoras de soles en los escenarios adecuados, Girasoles en escenarios de día y hongos en escenarios nocturnos. Lo que en futuras sesiones de juego les permitió elegir las plantas adecuadas acorde al nivel que enfrentaron.

Respecto a la producción de soles los estudiantes enunciaron que en niveles más avanzados se obtiene otra planta que se llama Birasol.

Pareja: *Profe se puede comprar un girasol que da de a dos soles, ese se llama Birasol.* [Cabe destacar que en el videojuego se observan que las plantas producen sólo 2 soles y que al recogerlos equivalen a 50 soles, en ocasiones asumidos por los estudiantes como puntos de sol]

Profesor: Si compran un solo Girasol vale 50 soles y da un (1) sol de 25 soles [puntos], pero si compran un Birasol vale 125 soles y da 2 soles.

Juan: *Serían 50 puntos [50 soles].*

Profesor: Si señor 50 soles. Entonces ¿Será mejor gastarse 50 soles para que me de 25 soles o gastarse 125 soles para que me de 50 soles?

Estudiantes: *Es mejor gastarse 125 soles [comprar el Birasol]*

Hurtado: *Profe, primero pongo una hilera del de 50 [Girasoles], voy recogiendo y cuando tenga los solecitos para comprar, las cambio y pongo el Birasol.*

Estudiantes: *No, las mejoro, para tener Birasol hay que tener primero Girasol.*

Los estudiantes reconocieron otra de las plantas que produce soles, ésta se llama Birasol. Al tener que elegir entre Girasol y Birasol, los estudiantes escogieron el segundo porque asumieron que produce más soles [2 soles de 25 puntos en vez de 1 de 25 puntos] que el girasol, pero no hicieron explícitas las razones que conllevan a tal elección. De alguna manera, esto planteó la necesidad de explicar a partir de las matemáticas algunas de las elecciones que toman los estudiantes cuando juegan, las

mismas que les permite avanzar en el videojuego. Y que a su vez al igual que Cerezo y Karla, Hurtado y otros estudiantes también reconocieron una forma secuencial de proceder para obtener dicha planta. En este caso, indicó cuantas plantas Girasoles debe sembrar [una hilera], lo que para ellos se asoció con la cantidad de Girasoles necesarios para tener buena producción y adquirir las plantas que se necesitan.

Otra de las preguntas que se realizó en la actividad 2, se relacionó con la funcionalidad de las plantas.

Profesor: *¿Todas las plantas sirven para derribar los Zombies?*

Estudiantes: *No...al unísono*

Pareja: *La pera [Apisonaflor],*

Profesor: *¿Y la pera cuánto vale?*

Pareja: *Vale 50, ella lo estripa.*

Wendy: *El cactus, ataca a los Zombies que vienen en globitos*

Los estudiantes reconocieron que no todas las plantas sirven para derribar los Zombies, en el caso particular de Wendy, los estudiantes hicieron referencia a la Pera y al cactus, de las que enunciaron su habilidad. Por otro lado, en la Figura 4 y Tabla 6, reconocieron la Nuez, como una planta que no ataca, el equipo de Luis afirmó que es una planta que protege, bloquea, engaña, distrae, sirve como muro, entre otros.

Acorde a los planteamientos de Pindado (2005), el entorno que ofrece el videojuego le permite al estudiante razonar, analizar, realizar inferencias, planear y tomar decisiones. De esta manera, reconocer la habilidad especial de cada una de las

plantas conlleva a que el estudiante establezca relaciones de tal manera que puede realizar acciones que le permitieron avanzar en los niveles del videojuego.

La elección de algunas de las plantas obedeció a las condiciones de juego, y estas se relacionaron con la cantidad de Zombies que se aproximaron y la cantidad de soles que se acumularon. En este sentido, es importante establecer relación entre la funcionalidad de las plantas y su costo con el fin de realizar la elección de plantas con mayores criterios en futuras sesiones de juego.

Con el fin de establecer relaciones matemáticas, se cuestionó por las razones que llevaron a los estudiantes a plantar Girasoles. Se preguntó a los estudiantes: ¿Por qué debo sembrar Girasoles?, a esta pregunta, los estudiantes respondieron:

Profesor: he escuchado a muchos diciendo que primero se siembran girasoles, pero nadie ha dicho por qué, es decir, ¿Será que si siembro un girasol, me alcanza para comprar las demás plantas? ¿Cuánto producen los Girasoles que siembran?

Pareja: *por ahí unos...5 ó 10*

Profesor: Ojo, no es por ahí unos, te explico, si siembro un solo Girasol me va a dar 25 soles no 10 soles.

Pareja: *No, yo estoy diciendo así, 10 de 25 soles.*

Profesor: Ok, cuando ustedes dicen que siembran una hilera de 5 Girasoles, ¿Cuántos soles me da?

Nelson: *250, cada uno da de 25 [respondiendo a lo que plantea otro estudiante]*

Los estudiantes empezaron a dar cuenta de relaciones matemáticas que emergen en el entorno del videojuego, en términos de la cantidad de soles que producen los Girasoles plantados, con el fin de adquirir los recursos necesarios para adquirir otras plantas, lo que a partir de las matemáticas se explica en las siguientes etapas del proceso de modelación.

Luego se cuestionó a los estudiantes acerca de *¿Cuántas plantas debo plantar?* Con el fin de mostrar la necesidad de adquirir las plantas acorde a lo que plantea el videojuego.

Profesor: Lo importante es saber cuándo plantas siembro.

Cerezo: *¿Cuándo vienen Zombies?*

Juan: *¿Cuándo hay soles?*

Profesor: Por ejemplo, si vienen muchos Zombies y tienes mil soles, entonces *¿Siembras Girasoles?*

Estudiantes: No, *[al unísono]*.

Profesor: Entonces, es importante saber para qué sirve cada planta y cuándo sembrarla. Puedes tener todos los soles que quieras, pero si no sabes qué hacer o qué plantas sembrar, no puedes avanzar en el videojuego. Entonces, *¿Cuándo siembro la Patatapum y cuándo siembro la Petacereza?*

Muchos estudiantes levantaron la voz y pidieron la palabra para dar sus aportes. La Petacereza y la Patatapum realizan las mismas funciones, es decir, tienen la misma habilidad de explotar. De esta manera, lo que las hace diferentes es su costo

y la regularidad de ataque. Con respecto a la Petacereza, los estudiantes realizan afirmaciones como las siguientes “*cuando hay una estampida de Zombies se puede poner una y explotar todos*”, “*se colocan cuando viene una manada de Zombies*” y con respecto a la Patatapum “*cuando viene un Zombie se explota*”. De esta manera, los estudiantes emplearon la percepción, la memoria, el razonamiento y reconocimiento de habilidades y costo. Tales acciones les permitió entender relaciones y regularidades de tal manera que pudieron interpretar, evaluar, representar, expresar ideas y comunicarlas matemáticamente mediante un lenguaje claro y entendible (Villa-Ochoa, 2007).

Si bien, dichas expresiones tienen un fuerte componente descriptivo, las relaciones matemáticas partieron de la interacción y percepción del entorno del videojuego. Al establecer relaciones entre la habilidad de las plantas, el costo y la regularidad de ataque, el estudiante indica de qué manera o en qué momentos se debe emplear dicha planta.

Luego el profesor apoyó las ideas que describieron los estudiantes con otras preguntas referentes al tema en cuestión, como fueron:

Profesor: Si vienen varios Zombies a la vez, ¿Puedo sembrar una planta carnívora?

Estudiantes: *No, ella se demora mucho comiendo. Y mientras, los otros Zombies se la comen.*

Profesor: Si vienen muchos Zombies, ¿Es más *beneficioso* sembrar una Pera [Apisonaflor] o una Petacereza?

Estudiantes: *Petacereza, porque cuando llegan muchos Zombies, la colocas en la mitad y los explota a todos.*

Si bien las respuestas que dieron los estudiantes tuvieron su fundamento a partir de lo que percibieron en el videojuego, la intención de los cuestionamientos se fundamentó en reconocer las funciones de las plantas y el costo. Las razones de los jóvenes no fueron sólo sembrar, sus razones mostraron más que sólo las habilidades de la planta que le permite vencer a los Zombies de diferentes maneras. Es así que se reconoció también el lugar en que se deben ubicar las plantas en el terreno de juego, y para esto se cuestionó por el tamaño del escenario de juego o jardín. ¿De qué tamaño es el jardín?

Nelson: Escrito en el tablero, *5 abajo y 9 de largo.*

Payares: *En el patio trasero hay 6 abajo y 9 de largo, en el espacio del medio hay una piscina que tiene dos espacios.*

Profesor: ustedes dicen 5 por 9, ¿5 por 9 qué?

Karen: *Cuadritos.*

Sierra: *5 de ancho, por 9 de largo*

Juan: *Osea 45 cuadritos*

Los estudiantes parecen estar de acuerdo en la forma en que se describe el terreno de juego, enunciándolo como ancho y largo o abajo y largo, haciendo

referencia a horizontal y vertical. Al respecto, Borba y Villarreal (2005) afirman que dichos ambientes pueden considerarse como escenarios en los que el estudiante genera conjeturas a partir de la experiencia que logran con la interacción del medio. En este caso se describe un escenario con al menos 45 *cuadritos* o espacios disponibles para la siembra es decir 5 filas por 9 columnas que da como resultado un área de juego cuadrículada, en cada cuadrícula se puede plantar solo una planta.

Actividad 3: ¡Mi primera estrategia!

Dicha actividad se relaciona con el proceso de abstracción tal como se describió en el Capítulo 3 (p. 91). Como se mencionó en la etapa anterior, después de conocer la manera en que los estudiantes exploraron el entorno del videojuego, se propuso una actividad en la que hicieron evidentes las regularidades matemáticas con las que interactúan los estudiantes cuando jugaron. Lo hicieron con representaciones tales como dibujos, gráficos, tablas, algoritmos y justificaciones escritas o verbales. En este sentido, la actividad 3 planteó interrogantes en los que reflexionaron acerca de la producción de soles, el tiempo de recarga y reutilización de las plantas, número de golpes con que se derriba un Zombie, la rapidez con que se desplazan los Zombies, entre otros.

Para el desarrollo de la actividad 3 de abstracción, los estudiantes debieron remitirse al videojuego para tomar datos e información, comprobar y validar las ideas expuestas.

En la etapa de exploración, actividades 1 y 2, algunos estudiantes hicieron referencia a la producción de soles como elemento importante para el normal desarrollo de una sesión de juego, pero no a la regularidad con que las plantas producen soles. En este sentido, la primera pregunta que se propuso en dicha actividad fue *¿Cuánto tiempo tardan los girasoles y los hongos en producir los soles?* La misma que emergió al reconocer la producción de soles como elemento importante para la adquisición de nuevas plantas.

Los estudiantes iniciaron el videojuego y en primera instancia plantaron un Girasol, luego emplearon dos estrategias para dar cuenta de la situación que se les plantea. Una de las estrategias se relacionó con el cálculo por aproximación o conteo mental del tiempo que tarda un Girasol en producir los soles, contando lapsos cortos de tiempo entre cada sol que produce el Girasol. La segunda estrategia se relacionó con el uso de herramientas externas, en este caso, el equipo de Cristian empleó el cronómetro como herramienta de apoyo para medir el tiempo que tarda un Girasol en producir soles.

Figura 11. Producción de soles en escenario nocturno

Escenario de Noche	
Med 1	25.90
Med 2	27.29
Med 3	24.96
R:	26.05
$25.90 + 27.29 + 24.96 = 26.05$	
3	

Fuente: Tomado de la guía equipo de Cristian

La Figura 11 muestra la elaboración que realizó el equipo de Cristian y corresponde a la producción de soles de un Girasol en un escenario nocturno. Si bien, los estudiantes usaron herramientas alternas para obtener información como el cronómetro, la manera en que realizaron los procedimientos mostró razonamientos experimentales porque realizaron diferentes mediciones hasta encontrar una medida que representa el tiempo que tarda el Girasol en producir soles.

El equipo de Cristian tomó tres medidas, las sistematizó en una tabla de datos y obtuvo un *promedio* como se evidencia en la Figura 11. De esta manera, realizaron actividades propias de la *Modelación Matemática*, exploraron y experimentaron, tomaron datos y medidas, sistematizaron y organizaron la información y finalmente,

emplearon procedimientos matemáticos para calcular una medida promedio que representa la producción de soles de un Girasol. Con lo anterior, el equipo de Cristian tuvo como referencia una manera de proceder en el escenario de juego, lo que permitió describir otras situaciones del entorno virtual con procedimientos similares apoyados en razonamientos y procedimientos matemáticos, lo que permitió describir y comunicar de manera precisa características y regularidades matemáticas que emergieron en los elementos del videojuego.

En dichos procedimientos, se usó el *promedio* como una manera de traducir al lenguaje matemático la situación que perciben del videojuego. A partir de la interacción con el entorno del videojuego, el reconocimiento de las habilidades de las plantas, en particular del Girasol, y del cronómetro como herramienta de medición, los estudiantes determinaron la regularidad en la producción de soles de un Girasol.

Con la intención de dar respuesta a la pregunta inicial de la actividad 3, que hizo referencia al tiempo que tardan los Girasoles y los Hongos en producir soles, se presenta a continuación la Tabla 7, elaborada por el equipo de Angélica empleando, al igual que Cristian, el cronómetro como herramienta para medir el tiempo en producir soles.

Tabla 7. Producción de Soles

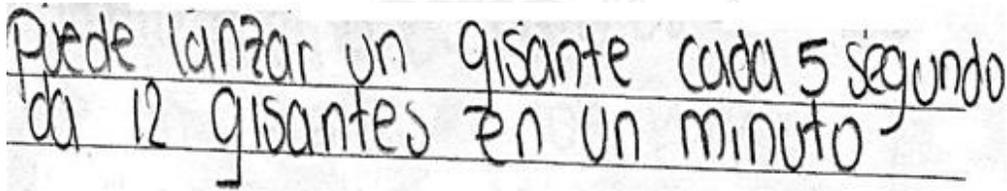
Plantas	Tiempo en dar un sol	Producción por soles
Girasol	24 segundos	25
Hongo	24 segundos	15
Hongo grande	25 segundos	25

Fuente: Tomado de la elaboración de la guía de Angélica

Como establece Williams y Goos (2013) a partir del medio tecnológico, el estudiante establece relación entre las experiencias (en nuestro caso virtual) y el saber matemático. En este sentido, la elaboración que realizó el equipo de Angélica, permitió que los estudiantes reconocieran variables que se relacionan con el tiempo y la producción de soles. En la Tabla 7, se obtiene información que se relaciona con el tiempo que tarda un Girasol y un Hongo en producir soles y también conocer los soles que produce cada planta. Los estudiantes conocieron que el tiempo que tardan las plantas en producir soles no tiene diferencia significativa entre sí, aunque en los puntos por cada sol que produce cada planta hay una diferencia de 10 puntos entre el hongo y el hongo grande o el girasol. El Girasol produce 25 soles cada 24 segundos y el hongo produce 15 soles cada 24 segundos. De esta manera, los estudiantes reconocieron variables que se relacionaron con el tiempo y la producción de soles, a partir de razonamientos y relaciones entre costo y habilidad de las plantas.

En el desarrollo de la actividad 3 ¡Mi primera estrategia! se cuestionó a los estudiantes por otro aspecto que resultó de la etapa de exploración, y que tiene que ver con la regularidad de ataque de la planta Lanzaguisantes. De manera específica se preguntó por la planta Lanzaguisantes *¿Cuántos guisantes puede lanzar en 1 minuto?* Al respecto en la Figura 12, el equipo de Victor afirmó lo siguiente:

Figura 12. Regularidad de ataque de la planta Lanzaguisantes

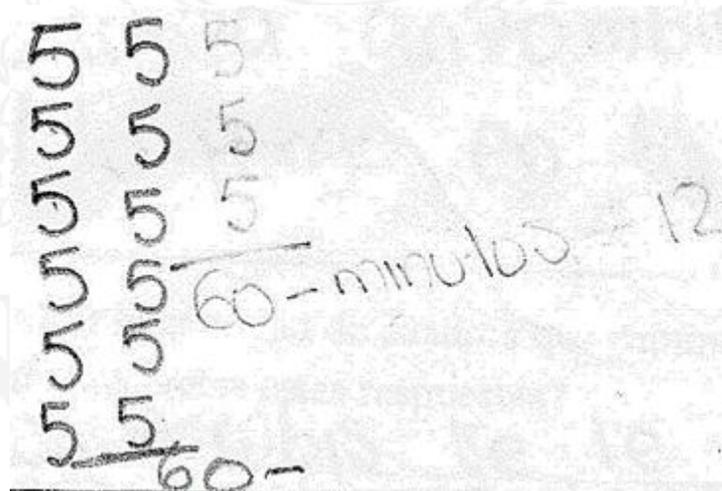


Puede lanzar un gisante cada 5 segundos
da 12 gisantes en un minuto

Fuente: Fragmento tomado de la guía de Víctor

La justificación escrita que realizó el equipo de Víctor dio cuenta de la interpretación que hacen del videojuego, describieron la regularidad de ataque de la planta Lanzaguisantes. Luego, a partir de las matemáticas, realizaron la representación de dicho enunciado, es decir matematizaron la regularidad de lanzamiento de la planta Lanzaguisantes. En la Figura 13 se muestra la representación matemática de la expresión que definieron los estudiantes para justificar su respuesta.

Figura 13. Representación de los golpes de cada guisante



5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5
5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5
60 - minutos = 12

Fuente: Tomado de la guía de Víctor

En esta interpretación matemática, el equipo de Víctor escribió de manera vertical dos filas de números cinco, donde cada uno correspondió a un lanzamiento

de la planta Lanzaguisantes. Es decir, un golpe por cada cinco segundos. Adicionaron, de manera sucesiva, números cinco hasta llegar a 60 segundos que conforman un minuto, es decir 12 cincos. Luego, indicaron que la planta lanza 12 guisantes en 1 minuto. De esta manera, a partir del videojuego y con la intención de describir a partir de las matemáticas, la regularidad de ataque de la planta Lanzaguisantes, los estudiantes buscan nuevas maneras de explorar, enfrentar, comprender y representar las relaciones que surgen de las situaciones tal y como indican Lehrer y Schauble (2000).

El equipo de Richell planteó una forma diferente para indicar la cantidad de guisantes que puede lanzar el lanzaguisantes en un minuto. Realizaron dos mediciones, colocó una planta e indicaron que durante 37 segundos realizó 25 lanzamientos y luego colocaron otra planta para contar los lanzamientos que realizó la planta durante los 23 segundos que faltan. De esta manera, se elabora la representación de la Figura 14.

Figura 14. Lanzamiento de guisantes en un minuto

Handwritten calculation showing the total number of strikes in a minute:

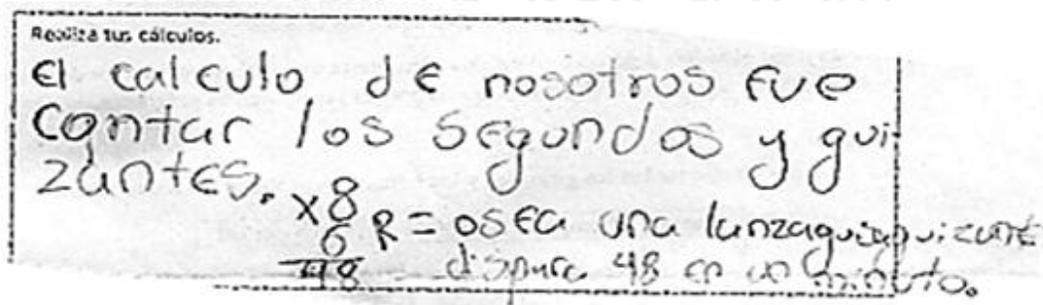
25	- Golpes -	37	segundos
20	- Golpes -	23	segundos
45	- Golpes -	7	minuto

Fuente: Tomada de la guía de Richell

En esta interpretación, la estudiante reconoció que la planta Lanzaguisantes realiza lanzamientos constantes, es decir, posee una regularidad. Lo anterior permitió realizar mediciones con el mismo tipo de plantas, en diferentes momentos y de manera discontinua. De esta manera, los estudiantes involucraron estrategias y herramientas que les permitió planear las situaciones y realizar procedimientos para responder a la situación (Mesa, 2013).

A continuación se describe la interpretación que realizó el equipo de Mateo frente al mismo cuestionamiento. Dicho equipo contó los golpes y el tiempo que tardó un Lanzaguisantes en derribar un zombie. Luego, afirmaron que *Los lanzaguisantes da 8 por 10, osea 8 guisantes por cada 10 segundos. En un minuto da 48*. Concluyeron que en 10 segundos da 8 golpes, por tanto, realizan un procedimiento matemático como lo indica la Figura 15.

Figura 15. Cálculo de guisantes por minuto



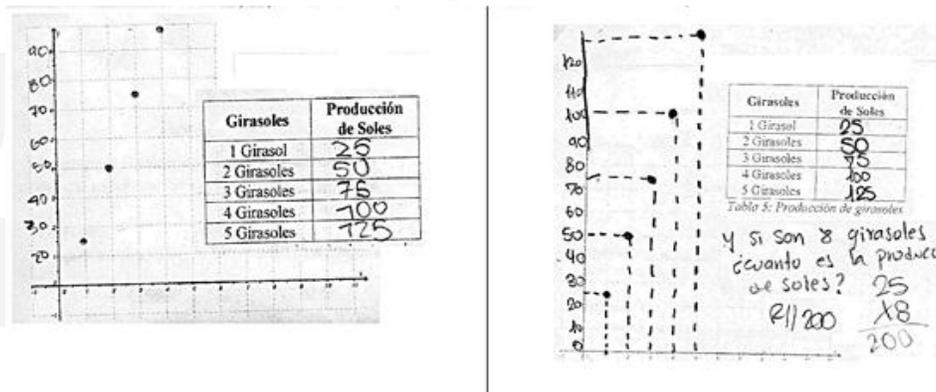
Fuente: Tomado de la guía de Mateo.

En el argumento que expuso el equipo de Mateo, se observó que realizaron el producto entre 8 y 6, cuyo resultado es 48 guisantes que lanza en un minuto la planta

Lanzaguisantes. Para este caso, 8 representa la cantidad de golpes que recibe un Zombie y 6 representa las decenas que tiene un minuto. La estrategia que empleó el equipo para resolver la situación tiene implícitos patrones y regularidades en términos de tiempo y lanzamiento. Como afirman Acevedo y Camargo (2011b), el videojuego acerca de manera intuitiva a las ideas y conceptos, en este caso, a la noción de proporción directa. De esta manera, la actividad de abstracción que se relaciona con el proceso de *Modelación Matemática* dinamizó la apropiación del saber matemático, en tanto que permitió que los estudiantes alcanzaran nuevas conceptualizaciones.

A medida que se desarrolló la sesión de juego, los estudiantes plantaron los Girasoles y percibieron que la producción de soles aumenta. De esta manera, se propuso a los estudiantes que realizaran una representación gráfica para relacionar la producción de soles según la cantidad de Girasoles que se plantaron. El equipo de Camila y Richell realizaron representaciones como lo muestra la Figura 16.

Figura 16. Gráfico que muestra la producción de soles de Camila y Richell.



Fuente: Tomado de la guía de actividades de Camila y Richell

En esta representación de la Figura 16, se observa que a partir de la orientación que ofreció la actividad de abstracción, los estudiantes completaron la tabla de datos donde relacionaron la cantidad de Girasoles y la producción de soles. Luego, en el eje vertical del plano cartesiano ordenaron los datos numéricos que fueron de 10 en 10 y en el eje horizontal ubicaron los datos que correspondieron a la cantidad de Girasoles. De esta manera, como se percibe en la representación de la Figura 16, los estudiantes ubicaron los datos mediante un punto del plano. Es decir, el número de girasoles vs la producción de soles.

El equipo de Camila y Richell ubicaron cada punto por separado sin establecer una relación entre cada uno de los puntos ubicados en el plano cartesiano. Respecto a esto, Beswick (2011) indica que el contexto se visualiza como una ayuda que permite relacionar las matemáticas tradicionales que emplea el estudiante con las matemáticas formales. Es así que para el caso de esta investigación los estudiantes reconocieron relaciones matemáticas en el entorno del videojuego y proceden frente a ellas según sus saberes. Esto se hizo evidente al cuestionar por la producción de 8 girasoles, pues sus procedimientos se fundamentaron en realizar un producto entre 8 y 25, en el que a partir de etapas anteriores el 25 representa los soles que produce el Girasol manera constante. Además, se percibió que los estudiantes desconocieron las relaciones de proporcionalidad directa que relacionan los datos que conllevan a la realización de gráficas para realizar predicciones y lecturas.

La actividad de abstracción planteó cuestionamientos en los que el estudiante relacionó elementos propios del entorno del videojuego, de manera particular se pidió relacionar los golpes que recibe un Zombie y la distancia que se desplaza. Para dicha actividad, la guía de trabajo planteó una tabla de datos [Ver Anexo C, guía de actividades] que los estudiantes completaron, a partir de la experiencia de juego: contaron los golpes que recibió un Zombie hasta que se derribó, la distancia que se desplaza el Zombie en términos de cuadros del jardín y realizaron cálculos e interpretaciones para dar cuenta de la situación que se expone. La pregunta que guía la actividad es *¿Qué tan veloz es el desplazamiento de los Zombies?*

A continuación en la Figura 17, se muestra las interpretaciones que realizaron el equipo de Mateo y Víctor.

Figura 17. ¿Qué tan veloz es el desplazamiento de los Zombies?

Zombie	Golpes con Lanzaguisantes	Cuadros que camina	Cuadros Golpes
Zombie	10 golpes	2	0,2
Zombie bandera	11 golpes	4 cuadros	0,3
Zombie Caracazo	20 golpes	9	0,45
Zombie Saltador	22 golpes	8	0,4
Zombie Cubiletero	30 golpes	5	0,36
Zombie Lector	20 golpes	6	0,3
Zombie portero	40 golpes	8	0,2
Zombie Bailón	30 golpes	20	0,6
Zombie Extra	5	3	0,2
Zombie Piayero	4	3	0,75
Zombie Puzo	10	5	0,5

Zombie	Golpes con Lanzaguisantes	Cuadros que camina	Cuadros Golpes
Zombie	10	5	0,5
Zombie bandera	8	4	0,5
Zombie Caracazo	26	5	0,79
Zombie Saltador	20	7	0,30
Zombie Cubiletero	30	8	0,26
Zombie Lector	20	8	0,4
Zombie portero	40	6	0,75
Zombie Bailón	30	5	0,25
Zombie Extra			
Zombie Piayero			
Zombie Puzo	5	8	1,6

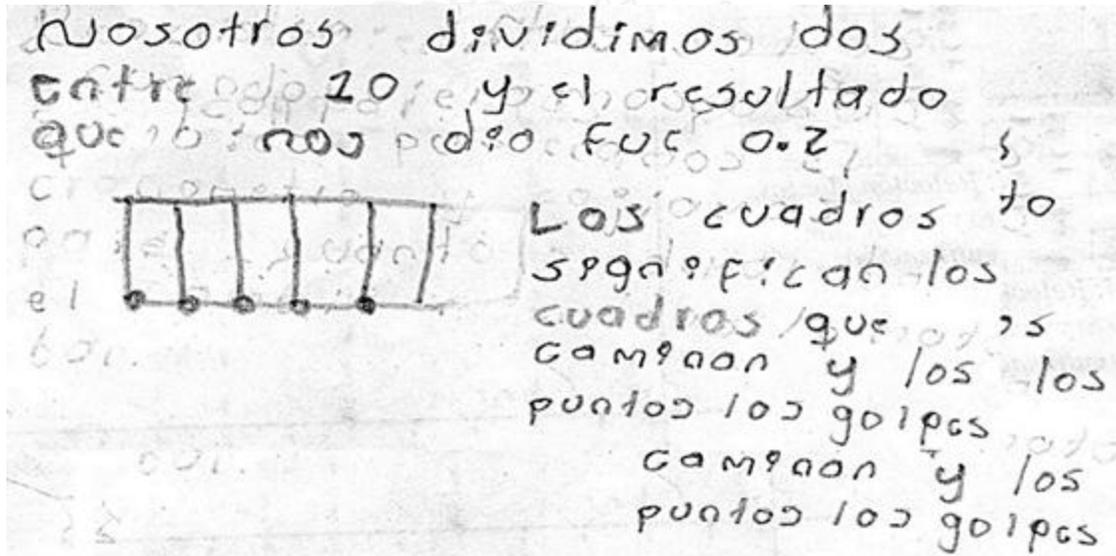
Fuente: Tomado de la guía de Mateo y Víctor.

Como lo muestra la Figura 17, Mateo y Víctor completaron la tabla con datos que resultaron de la experiencia de juego, en este caso emplearon la planta Lanzaguisantes para indicar los golpes que recibió cada Zombie a medida que avanza por el jardín y a su vez se contaron los cuadros que camina cada uno de ellos hasta que es derribado. Luego de tener los datos para cada uno de los Zombies, cada equipo de trabajo usó la calculadora para obtener el cociente, y se completa la tabla como lo muestra la Figura 17.

Luego de realizar dichos cálculos, se pidió a los estudiantes que realizaran una interpretación de los resultados con el fin de conocer cuál era el Zombie más veloz. Cabe resaltar que dicha información les permitió conocer la resistencia de los Zombies [cuál resiste más golpes], la cantidad de espacios que avanza y así tomaron decisiones en términos de las plantas que debían elegir o qué combinación entre plantas debían realizar. Dichos aspectos posibilitaron, para futuras sesiones de juego, relacionar los golpes que poseían, el costo de las plantas y cuáles necesitaban, y la estrategia con el fin de avanzar en el videojuego.

A continuación, en las Figura 18 y Figura 19 se describen dos interpretaciones que realizaron los estudiantes frente a los resultados que se obtuvieron al calcular el cociente, que corresponden a datos numéricos decimales y se relacionó con la idea de velocidad de desplazamiento de un zombie.

Figura 18. Interpretación velocidad a la que se desplaza un Zombie

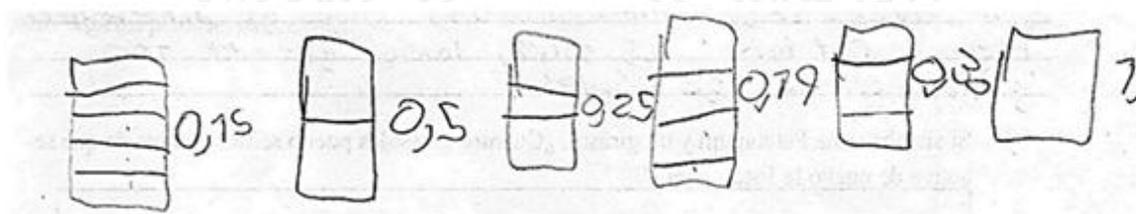


Fuente: Tomado de la elaboración de Mateo.

En la Figura 18, Mateo empleó un argumento escrito y un dibujo para mostrar su interpretación del significado de 0.2 cuadros por golpe. Para realizar dicha interpretación, Mateo observó que cada golpe que recibió el zombie lo hizo dentro de un mismo cuadro. De esta manera, el dibujo representó el cuadro que camina el zombie y los puntos en la parte baja representan los golpes que recibe. Acorde con lo que plantean autores como Acevedo y Camargo (2011b), la situación que expone el videojuego actúa como mediador visual, en este caso de la interpretación numérica de la noción de velocidad de los Zombies.

En concordancia con la interpretación de Mateo en la *Figura 18*, el equipo de Víctor en la *Figura 19* usó razonamientos similares para describir qué tan veloz se desplazaban los Zombies.

Figura 19. Representación gráfica velocidad de los Zombies.



Fuente: Tomado de la guía elaborada por el equipo de Víctor.

En la representación que realiza Víctor *Figura 19*, interpretó que cada línea que atraviesa los cuadriláteros son los golpes que recibe el Zombie, entonces concluyó que entre más golpes recibió por cuadro, más lento se desplazó el zombie. El apoyo visual que ofrece el videojuego permitió mediar la interpretación matemática que los estudiantes realizaron del videojuego, en este caso particular, qué tan veloz se desplazan los Zombies.

En términos de Borba y Villarreal (2005) esta es la reorganización del pensamiento, pues la interfaz gráfica y sus representaciones posibilitaron dinamizar la forma de explorar e interpretar el entorno en términos de los significados que se le dieron a las interpretaciones matemáticas. De esta manera, como plantea Biembengut y Hein (2004) y Blomhøj (2004) a partir de la *Modelación Matemática*, en nuestro caso, a partir de los procesos de exploración y abstracción, los estudiantes mejoraron la

capacidad para leer, interpretar y resolver situaciones, que en este caso son recreadas por el entorno virtual, en el que se establecieron raíces sólidas para la conceptualización. Lo anterior, se logra con la intención de describir a partir de las matemáticas las situaciones que emergen del entorno virtual y que a su vez le ayudaron a los estudiantes a tomar decisiones en su interacción con el videojuego.

Actividad 4: Mi libro herbolario y de Zombies

Como parte del proceso de *Modelación Matemática* que se propone para el desarrollo de la investigación, se planeó la actividad 4, Mi libro herbolario y de Zombies que se relacionó con la etapa de sistematización. En esta etapa se describió la forma en que los estudiantes percibieron y organizaron información con respecto al uso de las plantas según su costo y función, planearon estrategias de juego de acuerdo con sus características y las posicionaron en el terreno de juego.

En la actividad de sistematización se propuso que los estudiantes, por medio del cuadro informativo, describieran algunas características de las plantas. Para este caso se presentó la imagen de las plantas y los estudiantes completaron la información con el nombre, la función, el costo, el tiempo de reutilización y la regularidad de ataque, como lo muestra la Figura 20 que elabora Camila.

Figura 20. Sistematización de las plantas del videojuego

Imagen	Nombre	Característica	Costo	Tiempo de reutilización	Regularidad del ataque	Otro
	Girasol	produce soles	50	7.53"	no ataca	hay que plantar muchas
	lanza guzantes	hita guzantes	100	8.50"	Cada seg. hita guzantes	siempre ataca no se cansa
	sol	si no para compra plantas	25	9.50"	no ataca	si no tienes soles no puedes comprar plant
	Patata-cereza	esplota	150	50.01"	explota a los zombies que estan cerca	explota rapidamente
	Planta carnívora	come a los zombies	150	8.45"	se demora un tiempo	demora en hacer
	nuez	distrae a los zombies	50	31.90"	no ataca	tiene la casaca dura
	hita guzantes congelados	hita guzantes congelados	175	7.92"	Cada seg. hita guzantes congelados	retardiza los zombies

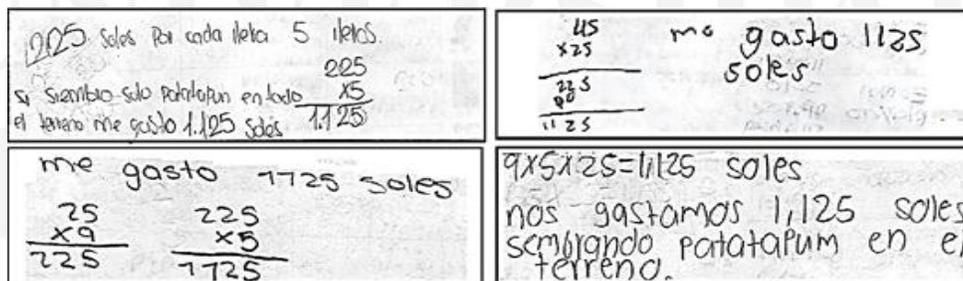
Fuente: tomado de la guía de actividades de Camila.

En la Figura 20, Camila sistematizó por medio de dicho cuadro algunas de las características de las plantas. Es decir, los estudiantes reconocieron que existían plantas que no atacaban o hacían daño y cuya función era servir de soporte o apoyo. En el caso de la planta Girasol, los estudiantes indicaron que se debían plantar muchas, argumento que tiene su significado estratégico con explicaciones a partir de las matemáticas. Pues, como se enunció en la etapa de exploración y abstracción el Girasol cuesta 50 soles y produce 25 soles cada 25 segundos, por tanto al plantar muchas de este tipo se obtiene los suficientes recursos [soles] para adquirir otras nuevas plantas.

La elaboración que realizó Camila en la Figura 20 permitió reconocer otras cualidades que poseen las plantas del entorno virtual, es así que también hace referencia a plantas como el Lanzaguisantes “*cada segundo tiran guisantes*”, Hielaguisantes “*que ralentiza los Zombies*”, Petacereza que “*Explota los Zombies que estan cerca*”, Planta carnívora que “*cuesta 150 soles y demora en tragar*” y la Nuez “*tiene una cáscara muy dura*”; reconocer dichas cualidades en las plantas permitió que los estudiantes agruparan plantas acorde a su característica en una sesión de juego. Esto se considera una manera de sistematización en el entorno del videojuego y se visualiza en la estrategia de juego tal como se muestra en la etapa de interpretación.

Luego de reconocer algunas características de las plantas en cuanto a su costo, la actividad de sistematización planteó situaciones que los estudiantes resolvieron a partir de razonamientos matemáticos. Se propuso la siguiente situación, si siembro Patatapum en todo el terreno de juego ¿Cuántos soles me gasto?, con respecto al cuestionamiento en la Figura 21 se presenta la elaboración que realizó Camila, Lorena, Fiorela y Leonardo.

Figura 21. Costo al sembrar Patatapum en todo el terreno



Fuente: Elaboración de las guías de Camila, Lorena, Fiorela y Leonardo.

La Figura 21 representa algunos procedimientos matemáticos que dieron cuenta de la cantidad de soles que se necesitan para cubrir todo el terreno de juego con la planta Patatapum. En dicha actividad Camila, Lorena, Fiorela y Leonardo, entre otros emplearon las características de los elementos del entorno del videojuego reconocido en la actividad de sistematización, para resolver la situación que se plantea. Se observó que los estudiantes realizaron la operación $9 \times 5 \times 25 = 1125$ y también $45 \times 25 = 1125$ o $225 \times 5 = 1125$, en la que se relacionaron de maneras diferentes los espacios que posee el jardín [9×5 ó 45 que son las columnas por las filas ó el total de espacios] y lo multiplicaron por el valor de la planta Patatapum 25 soles, datos que se obtuvieron al sistematizar las plantas en la Figura 20. Lo anterior muestra cuando los estudiantes se enfrentaron a situaciones que se relacionaron con el videojuego, las resolvieron a partir de los datos que percibieron en la experiencia de juego, que a su vez sistematizaron y tomaron como insumo para realizar sus interpretaciones y matemáticas en términos de los procedimientos y cálculos.

En la Actividad 4 se propuso a los estudiantes una situación en la que tenían 4500 soles y se les cuestionaba por la cantidad de plantas que debían comprar para defender el jardín, de tal manera que les sobraran 200 soles. Camila propuso la situación que se presenta en la Figura 22, en el que de forma estratégica eligió plantas de ataque a distancia como los Lanzaguisantes, de protección como la Nuez y el Apisonaflor y explosivas como el jalapeño y la Patatapum.

Figura 22. Costo de la estrategia de juego con 4500 soles

3.

Nombre	Precio	Cantidad	Operación	Resultado
lanzaguisantes Por 1	100 clo	10	$100 \times 10 = 1.000$	\$ 4.500 -
lanzaguisantes Por 2	200 clo	5	$200 \times 5 = 1.000$	
apisonaflor	50 clo	6	$50 \times 6 = 300$	Costo 4.300
noe2	50 clo	5	$50 \times 5 = 250$	
Jalapeño	125 clo	10	$125 \times 10 = 1.250$	Quedo \$ 200 =
Patata Pum	25 clo	20	$25 \times 20 = 500$	
			Costo \$ 4.300	

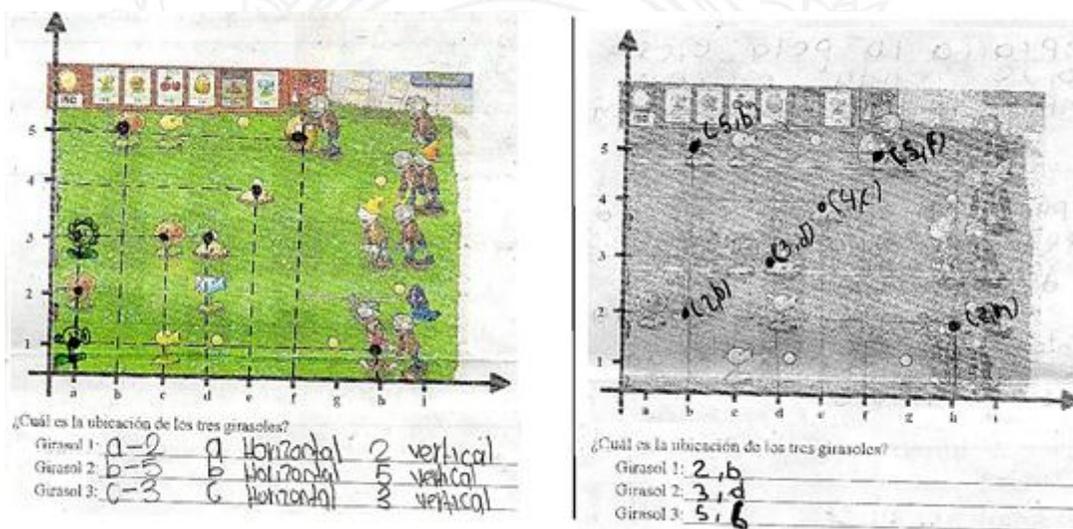
Fuente: Elaboración tomada de la guía de Camila.

En la elaboración que realizó Camila se puede observar como a partir del reconocimiento del costo de algunas plantas, realizó procesos de abstracción y sistematización. La estudiante organizó los datos en una tabla, donde relacionó el nombre, el costo, la cantidad de plantas que adquirió y el costo total. Es decir, Camila realizó procesos de *Modelación Matemática* que se relacionaron con la abstracción, sistematización y matematización, en los que según Mesa (2013), el estudiante pone en juego sus conocimientos y habilidades para describir, formular, aplicar y representar relaciones.

La actividad de sistematización planteó una situación en la que se solicitó a los estudiantes plantear una estrategia que le permitiera a su equipo y a los demás compañeros del grupo conocer la posición de cada una de las plantas y la ubicación de los Zombies en el terreno de juego. En este sentido, el equipo de Lorena y Camila

empleó la idea del plano cartesiano para identificar los lugares del terreno de juego, tal como muestra la Figura 23.

Figura 23. Ubicación en el terreno de juego



Fuente: Tomado de la guía de Lorena y Camila

Las estudiantes Lorena y Camila indicaron las posiciones que ocupan las plantas o los zombies en el terreno de juego mediante coordenadas de orientación. Cabe indicar que aunque no se empleó la notación formal de las matemáticas para indicar una pareja ordenada (x, y) , los estudiantes emplearon una notación clara y entendible para sus compañeros en el que cada espacio del terreno de juego tiene un par que lo identificó y constó de un número y una letra. Es así, que se pueden apreciar interpretaciones como *a horizontal y 2 vertical* o *2, b*. De esta manera, se indicó la ubicación exacta del lugar en que se encontraban las plantas o se desplazaban los Zombies. Por lo tanto, la estrategia que plantearon Lorena y Camila permitió, a partir

de representaciones matemáticas por un par ordenado de manera análoga a como se representa en el plano cartesiano, sistematizar los lugares del terreno de juego, de tal manera que en futuras sesiones de juego permitirá describir de manera precisa el lugar del jardín por el que se aproximan los zombies, se debe plantar las planta, y describir la ubicación de las plantas en una estrategia de juego.

Actividad 5: Torneo escolar de Plantas vs Zombies®

La actividad 5 se relacionó con la etapa de matematización tal como se describe en el Capítulo 3 (p. 92). En ella se propuso que los estudiantes sistematizaran y calcularan para estimar la puntuación de una partida de juego. La actividad planteó que los estudiantes completaran una rúbrica con datos que se tomaron al finalizar la sesión de juego, la cual se relacionó con las plantas que emplearon los estudiantes, los puntos de sol que acumularon, las plantas que devoraron los Zombies, los Zombies que se combatieron, los cortacésped sin usar y la ocupación del jardín.

La actividad de matematización lleva por nombre Torneo escolar de Plantas vs Zombies®, en el que en consenso con los estudiantes se propusieron algunas reglas o criterios para el desarrollo de la actividad. Acorde con lo anterior, para obtener el puntaje total sistematizaron la sesión de juego en la Tabla 8 y calcularon los puntos por cada planta al final de la partida. El valor de cada planta correspondió a su costo en soles, cuya información se obtuvo en la etapa de sistematización como muestra la Figura 20. Se propuso un puntaje por cada cortacésped activo (50 soles cada uno),

cantidad de Zombies derrotados y ocupación del terreno de juego. Cada equipo jugó una partida del videojuego, en el que a su vez se grabaron algunas sesiones de juego para posteriores análisis en la etapa de interpretación. Como insumo para análisis en la etapa de matematización se consideraron las elaboraciones que relacionaran cálculos, procedimientos, algoritmos y razonamientos, representaciones icónicas y gráficas que expresen relaciones matemáticas.

Luego de participar en el torneo escolar de Plantas Vs Zombies®, el equipo de Camila realizó la sistematización de la sesión de juego tal como lo muestra la Tabla 8.

Tabla 8. Puntuación torneo escolar *Plantas vs Zombies*®

Nivel		Torneo escolar Planta vs Zombies®								Puntuación
Plantas que se usaron	1-4	Girasol		Lanzaguisantes		Petacereza		Nuez		1500
	n°	5	n°	9	n°	2	n°	1	n°	
Plantas que devoraron los Zombies		Petacereza		Nuez						800
	n°	2	n°	1	n°		n°		n°	
Corta césped en reserva		5		No se gastaron los corta césped						250
Zombies que se combaten		Zombie normal		Caracono		abanderado				
	n°	16	n°	6	n°	1	n°		n°	
% Ocupación del jardín (finalizar)		14 / 45		$(14 / 45) \times 100 = 31.1\%$						
Soles que se acumularon		500								500
Otros				Puntuación total:						3050

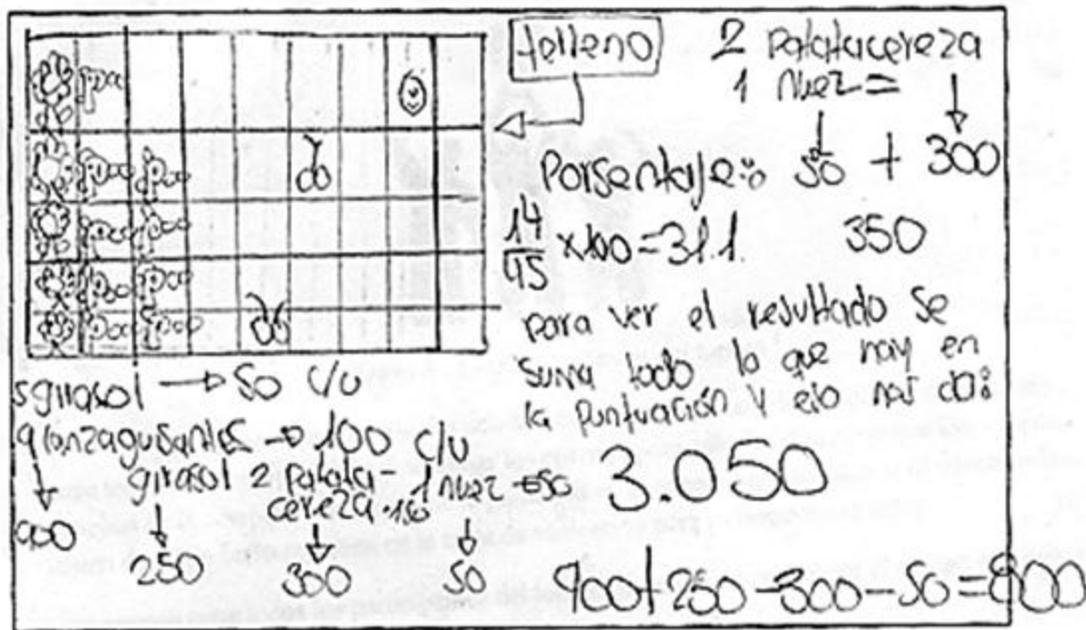
Fuente: Tomado de la guía equipo Camila.

En la Tabla 8, Camila describió que al finalizar la sesión de juego había plantado 5 Girasoles, 9 Lanzaguisantes, 2 Petacerezas y 1 Nuez, a su vez los Zombies devoraron 2 Petacerezas y 1 Nuez, había 5 cortacésped en reserva, se combatieron 16 Zombies

normales, 6 Caraconos y un Zombie abanderado. Además, la ocupación del jardín es de 14/45 y se acumularon 500 soles.

Para realizar la puntuación que correspondió a dicha sistematización de la sesión de juego, Camila realizó planteamientos como los que se ilustran en la Figura 24, en el que dibuja el escenario de juego con las plantas que sembró y describió los cálculos asociados a la estrategia de juego.

Figura 24. Matematización estrategia de juego



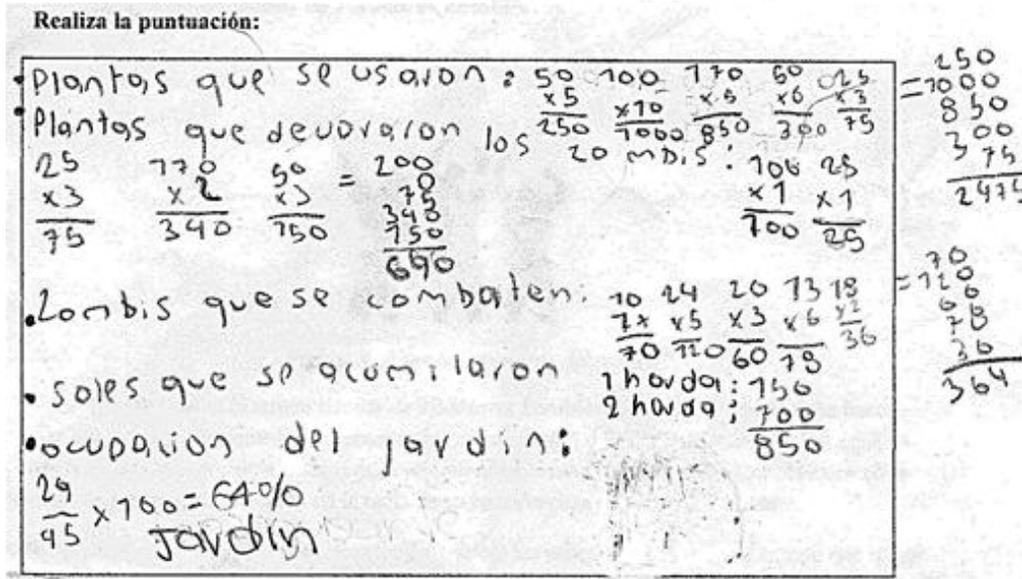
Fuente: Tomado de la guía equipo de Camila.

Luego de sistematizar la estrategia de juego, Camila realizó los cálculos respecto a la puntuación de la sesión de juego, donde percibe las relaciones matemáticas entre las plantas que empleó, el costo de cada una de ellas y la ocupación del jardín. De esta manera, el equipo de Camila, en la Figura 24, realizó

procedimientos para calcular el puntaje total de juego: 2 Petacerezas, 300 soles; 1 nuez, 50 soles; 5 Girasoles, 250 soles; 9 Lanzaguisantes, 900 soles y el porcentaje de ocupación del jardín 31.1%. Dicha manera de representar el puntaje de las sesión de juego se relacionó con el pensamiento integrado que plantea Blum y Borromeo-Ferri (2009). A partir de las etapas del proceso de modelación, los estudiantes produjeron representaciones icónicas, argumentos verbales y escritos en los que se relacionaron costos y habilidades de las plantas con las matemáticas que percibieron del entorno virtual.

El equipo de Lorena empleó procedimientos y algoritmos que relacionaron la adición y el producto para realizar el cálculo de la puntuación de juego. Si bien dichos procedimientos no corresponden a la sistematización, lo que se quiere mostrar es la matematización que lograron al detallar cada uno de los algoritmos para cada operación matemática como se presenta en la Figura 25.

Figura 25. Matematización en detalle de la estrategia de juego

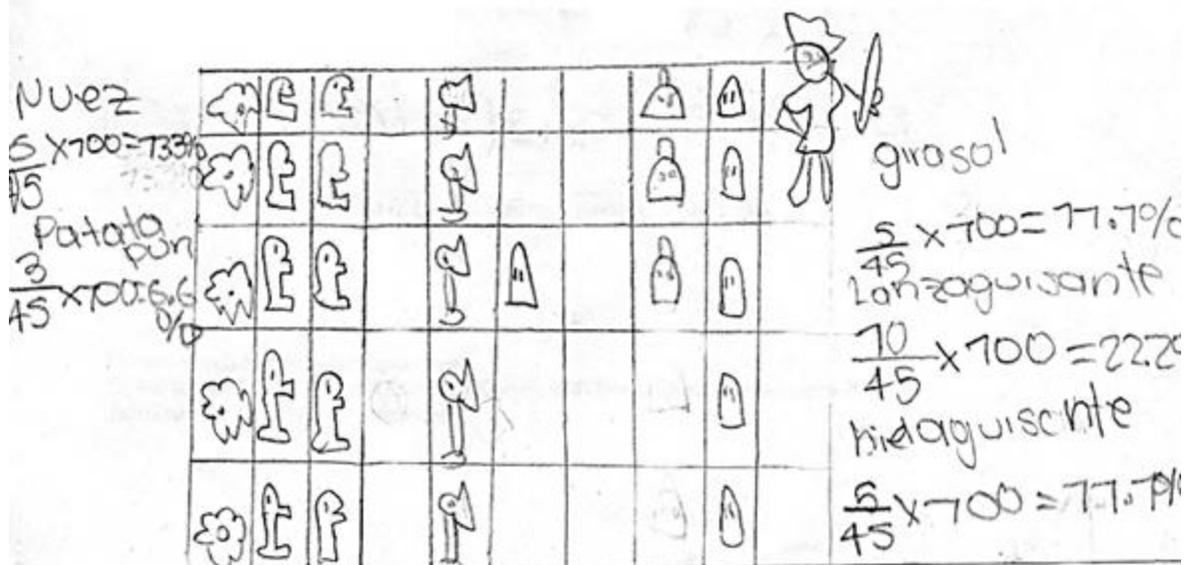


Fuente: Elaboración tomada de la guía equipo de Lorena

Los anteriores procedimientos correspondieron al costo en soles de cada una de las plantas. En este caso, en la elaboración no se enunció la planta que sembraron pero de ella se reconoce su valor, es decir plantas que cuestan 50 soles, 100 soles, 170 soles y 25 soles. También se reconocieron los Zombies que se combatieron, los soles que se acumularon y la ocupación del jardín. De esta manera, el estudiante realizó cálculos de cada uno de los aspectos que intervinieron para definir la puntuación de la sesión de juego a partir del costo de cada una de las plantas que emplearon.

A partir de dichas matematizaciones se observó cómo los estudiantes realizaron procedimientos y algoritmos matemáticos para explicar el porcentaje de ocupación del jardín. A continuación, se presenta en la Figura 26 las acciones que el equipo de Lorena llevó a cabo.

Figura 26. Porcentaje de ocupación del jardín



Fuente: Tomado de la guía de Lorena.

La anterior figura muestra la ocupación del jardín donde el equipo de estudiantes detalló el porcentaje que ocupa cada planta que se siembra. La sesión de juego de Lorena finaliza con 5 Girasoles, 10 Lanzaguisantes, 5 Hielaguisantes, 5 Nueces y 3 Patatapum. En dicha representación se observó el algoritmo que empleó Lorena para calcular dichos porcentajes, en este caso cada planta ocupó un lugar del terreno de juego en el que los girasoles ocuparon 5 lugares de 45 posibles, el Lanzaguisantes 10 de 45, Hielaguisantes 5 de 45, la Nuez 5 de 45 y la Patatapum 3 de 45. Con lo anterior se obtuvo una fracción que representa una parte del total del terreno de juego, en este caso la que ocupa cada planta.

Los estudiantes emplearon la calculadora para obtener el cociente entre los lugares que ocupan las plantas y el total de lugares del terreno y luego multiplicaron por 100 para obtener una relación porcentual que representa cada fracción, es decir,

el porcentaje de ocupación de cada una de las plantas que empleó en la sesión de juego. De esta manera, el Girasol ocupa un 11%, Lanzaguisantes 22%, Hielaguisantes 5%, Nuez 11% y Patatapum 6%, cada uno de estos porcentajes correspondió a espacios que ocupó la planta en la sesión de juego.

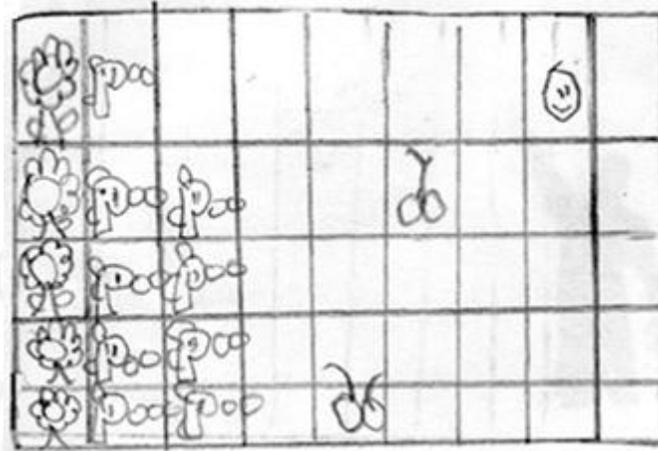
Actividad 6: ¿Cómo jugar mejor?

Para la etapa de interpretación se diseñó la actividad 6 que se denominó ¿Cómo jugar mejor? Dicha actividad dio cuenta de las acciones que realizaron los estudiantes cuando jugaron el videojuego *Plantas vs Zombies*®. La experiencia adquirida les permitió razonar y tomar decisiones frente a la elección de las plantas y el lugar del terreno de juego en que se deben ubicar para combatir a los Zombies. Lo anterior, se asumió en la investigación como estrategia de juego.

Las etapas del proceso de *Modelación Matemática* que se han descrito hasta el momento (exploración, abstracción, sistematización y matematización) permitieron identificar algunas de las estrategias que los estudiantes usaron al jugar.

A continuación la Figura 27, representa lo que fue una estrategia de juego para Camila.

Figura 27. Estrategia de Juego



Fuente: Tomado de la guía de actividades Matemización de Camila

En esta estrategia de juego, Camila dibujó 4 tipos de plantas, Girasoles, Lanzaguisantes, Petacereza y Nueces. La cantidad de plantas y su ubicación obedeció a una estrategia de juego que se modificó acorde a los niveles y eventualidades del videojuego. Para el caso del Girasol, se plantaron 5 en la primera hilera, en primer lugar porque cada 25 segundos producen 250 soles, suficientes para adquirir otras plantas y en segundo lugar, porque dicha ubicación quedó detrás de plantas que la pueden proteger. Los estudiantes plantaron 2 hileras de Lanzaguisantes delante de los Girasoles con el fin de generar el doble de disparos, una Nuez para retener los Zombies y, en caso de que se aproximaran muchos Zombies a la vez, dos Petacereza. Cabe destacar que en la etapa de sistematización y matematización el costo y ubicación de las plantas así como la ocupación del jardín se describió a partir de las matemáticas, de esta manera se matematizaron estrategias de juego.

Se reconocieron estrategias y maneras en que matematizaron la sesión de juego, se propuso que por medio de la etapa de interpretación, los estudiantes describieran ideas básicas para jugar mejor *Plantas vs Zombies*®. Para ello, se propuso el análisis de una videograbación del videojuego en el que analizaron y sistematizaron dicha sesión de juego.

Como resultado del análisis y con la intención de mejorar la estrategia de juego, emergieron aspectos que se relacionaron con la siembra innecesaria, la elección de plantas para jugar y el lugar en que siembran. Por medio de una tabla que elaboraron los estudiantes, sistematizaron la sesión de juego y describieron de manera secuencial las acciones que realizaron. Es decir, la planta que sembraron, el lugar en que se sembraron según coordenadas de ubicación, el tipo de Zombie que atacó, el lugar en el que atacó, los soles que se acumularon y si se derribó o no.

La sesión se desarrolló en el nivel 3-6, al inicio de ésta, los estudiantes eligieron qué plantas usar en la estrategia de juego. Esta elección se realizó acorde al nivel que enfrentaron y las funciones que realizaron las plantas. En este sentido, la elección que se realizó en la grabación correspondió a la que se presentó en la Figura 28.

La Figura 28 corresponde a la elección de plantas en el nivel 3-6, la sesión de juego se desarrolló en el jardín trasero con dos carriles acuáticos en medio y el tamaño de jardín fue de 9 columnas x 6 filas. En dicha grabación el jugador eligió plantas como el Girasol, Lanzaguisante x1, Lanzaguisante x2, Nuez, Nénúfar (planta acuática), Zampalga (acuática) y la Apisonaflor.

Figura 28. Elección de plantas para la sesión de juego



Fuente: Tomado de sesión de videojuego *Plantas vs Zombies*® Nivel 3-6^{vi}

Con respecto a la elección de las plantas, los estudiantes optaron por realizar algunos cambios. Isabel indicó que en la elección hubiese cambiado la planta Apisonaflor por la Petacereza, partiendo del reconocimiento de las habilidades en relación al costo. En este caso, la Apisonaflor cuesta 50 soles, aplasta el Zombie que se acerca y luego desaparece; la Petacereza es más costosa, 150 soles, es de acción rápida que explota los Zombies que están a su alrededor. Isabel eligió la Petacereza ya que al realizar daño en área puede derribar muchos Zombies a la vez, mientras que el Apisonaflor sólo puede derribar el Zombie que se aproxima (1 ó 2). De esta manera, la estudiante eligió una planta costosa y mucho daño que una económica y poco daño.

El equipo de Karla indicó que en la elección de plantas, en vez de usar *la Nuez* hubiese escogido el *Jalapeño* y en vez de *Lanzaguisantes x2* escogería el *Hielaguisante*. Karla e Isabel reconocieron la necesidad de escoger plantas de daño en área como el

jalapeño (ají), aunque con respecto a la Nuez así fuese más costosa, su habilidad le permitiría derribar los Zombies cuando *enviara fuego en línea recta hacia adelante*, es decir, matar muchos Zombies a la vez. La elección de Hielaguisante (175 soles) en vez de un Lanzaguisantes x2 (200 soles) obedeció en primer lugar a que ésta última realizó la misma función que Lanzaguisantes x1 (100 soles), y en segundo lugar al usar el Hielaguisante, además de hacer daño a los Zombies, disminuyó su velocidad de movimiento. El Zombie no se desplazó tan veloz, lo que dio la posibilidad de recibir el mismo daño en menos espacio recorrido y a su vez se economizaron 25 soles.

Al analizar la videograbación, el equipo de Luisa indicó la necesidad de sembrar las plantas en lugares correctos y evitar la siembra innecesaria de plantas ya que de esta manera *se ahorrarán los soles para después comprar otras plantas*. De manera que se aprovechara la funcionalidad de las plantas y evitara que se gasten los soles de manera innecesaria.

A continuación se describió el evento que sucedió mientras se analizó el video: sólo se contó con 100 soles y en el segundo carril se aproximó un Zombie, el jugador con el fin de protegerse sembró un Lanzaguisantes y de inmediato el Zombie fue derribado sin que la planta lanzara un guisante. Frente a este hecho, Luisa afirmó *no es necesario plantarlo [el Lanzaguisantes] porque el rastrillo mata el Zombie*. Lo anterior, como plantea Blum y Borromeo-Ferri (2009) se entendió como el trabajo matemático a partir del pensamiento visual, pues, al percibir la situación que plantea el videojuego y tener sólo 100 soles, conllevó a la necesidad de usarlos de manera adecuada. Es

decir, comprar un Lanzaguisantes de 100 soles dejó sin recursos al estudiante para conseguir otras plantas máxime cuando la planta que se sembró no cumplió ninguna utilidad, lo que conllevó de alguna manera a quedar indefenso hasta que los girasoles produjeran soles y adquirir otras plantas para defender el jardín. Por lo tanto, reconocer la necesidad de sembrar las plantas necesarias en lugares adecuados se convirtió en una prioridad a la hora de planear una estrategia de juego. A su vez, optimizar los soles dio cuenta de la forma en que razonaron a partir de las matemáticas.

Con respecto a la grabación, después de realizar la actividad de análisis, los estudiantes dieron a conocer algunas sugerencias básicas para jugar el juego. En ellas se consignaron las ideas para obtener mayor producción de soles, la forma en que se deben ubicar las plantas en el terreno de juego y la formación que deben tener las plantas en el jardín.

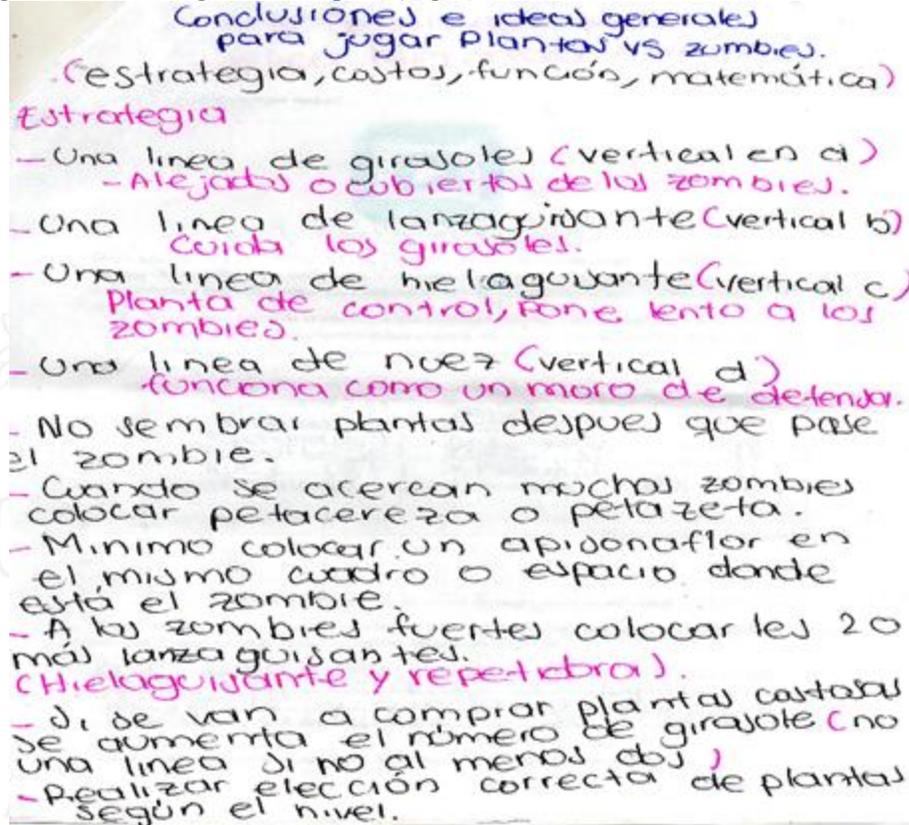
Tabla 9. Sugerencias de los estudiantes para jugar Planta Vs Zombies®

Sugerencias	Explicación
Se debe tener cuidado donde sembrar las plantas	Sembrar las plantas para que cumplan un objetivo, en lugares adecuados conlleva a optimizar los soles. Es decir, se gastan los recursos de manera estratégica.
Plantas Girasoles extra	A mayor cantidad de Girasoles habrá más producción de soles para poder comprar otras plantas más costosas.
Girasoles sembrarlos en la primera hilera	Estarán protegidos por plantas que se siembran delante, se garantiza la producción de soles.
Los soles se deben recoger	Los soles que producen los Girasoles y los que caen al azar se deben recoger para acumular puntos por soles y obtener otras plantas.
No sembrar las plantas después que pase el Zombie	Las plantas defienden el jardín de los Zombies que se acercan, si se siembra después que pase el Zombie se pierden los soles que se gasten en la compra de la planta.
Uso de Petacereza	Cuando se acercan muchos Zombies colocar la Petacereza para derribar muchos Zombies, así ahorras en la compra de otras plantas.

Fuente: Tomado de elaboraciones de los estudiantes.

Las anteriores sugerencias básicas de juego conllevaron a que los estudiantes hablaran de estrategias de juego, en este sentido realizaron interpretaciones como muestra la Figura 29

Figura 29. Ideas generales para jugar Planta Vs Zombies®



Fuente: Tomado de guía de Angélica

En la representación de la Figura 29, Angélica describió su interpretación de la estrategia de juego, en ella se observó que se debe plantar una línea de girasoles cuya ubicación es *vertical en a*. La referencia para esta ubicación se describe en la etapa de sistematización. Luego, una línea de Lanzaguisantes *vertical en b*, una línea de Hielaguisantes *vertical en c* y finalmente una línea de Nuez *vertical en d*. Luego realiza una serie de sugerencias para jugar, lo anterior mostró un ejemplo de estrategia de juego. Cabe resaltar que dichas decisiones se modificaron a medida que avanzó en el videojuego y, a su vez, la forma de interpretar a partir de las matemáticas. Es decir,

acorde al tipo de planta, costo y cantidad el estudiante decidió qué número de Girasoles serían suficientes para reunir los soles necesarios para comprar las plantas.

De esta manera se corroboraron algunas de las ideas que asumieron los estudiantes frente a cómo han jugado y cómo jugar mejor. Es decir, sembrar una línea de girasoles para que la producción de soles fuese suficiente para obtener otras plantas, ubicar de manera estratégica las plantas en el terreno de juego y optimizar los soles, aprovechar las habilidades de las plantas para considerar variables como el tiempo, producción de soles y ahorro de soles, entre otros.

Actividad 7 Ahora si ¡A superar mi record!

A lo largo de las 6 actividades, los estudiantes de grado sexto dieron cuenta de aspectos que se relacionaron con el videojuego *Plantas vs Zombies*®, tuvieron la oportunidad de explorar, tomar datos e información, sistematizar, analizar, inferir, medir, contar y comunicar ideas matemáticas que se relacionan con las habilidades y cualidades presentes en los elementos que hacen parte del entorno del videojuego. Por medio de verbalizaciones, escritos y gráficos los estudiantes se evidenciaron ideas y nociones matemáticas, por ejemplo proporcionalidad, relaciones porcentuales, coordenadas cartesianas y relaciones aditivas y multiplicativas. Algunas se relacionaron con la regularidad de ataque de algunas plantas, la producción de soles y el terreno de juego, que permitieron por medio de razonamientos planear, diseñar y ejecutar estrategias que emplearon en el videojuego. Lo anterior permitió que el

estudiante, de manera interactiva, vinculara los procesos de *Modelación Matemática* con las situaciones que suceden en el entorno virtual.

En la etapa de interpretación, los estudiantes en compañía del docente-investigador construyeron reglas generales que le permitieron jugar mejor el videojuego *Plantas vs Zombies*®; mejorar su puntuación y superar los niveles del videojuego.

En la Tabla 10 se describen las ideas generales para jugar *Plantas vs Zombies*®.

Tabla 10. Estrategia general para jugar *Planta Vs Zombies*®

Estrategia	Razonamiento
Girasoles en la primera columna	El Girasol cuesta 50 soles y produce 25 soles cada 25 segundos, en la primera columna se pueden plantar 5, es decir que cada 25 segundos hay una producción de 125 soles.
Lanzaguisantes en la segunda columna	El Lanzaguisantes cuesta 100 soles y de manera regular realiza 8 lanzamientos en 10 segundos, se pueden plantar 5 en la segunda columna, de esta manera el costo total de los Lanzaguisantes son 500 soles
Hielaguisantes en la tercera columna	El Hielaguisante cuesta 175 soles, tiene la misma regularidad de ataque que el Lanzaguisantes, su función es hacer daño y ralentizar el movimiento de los Zombies, el costo
Nuez en la cuarta columna	La Nuez cuesta 50 soles, su dureza hace que se pueda emplear como un muro de defensa, se pueden plantar 5 para cubrir todos los lugares por donde se acercan los Zombies.

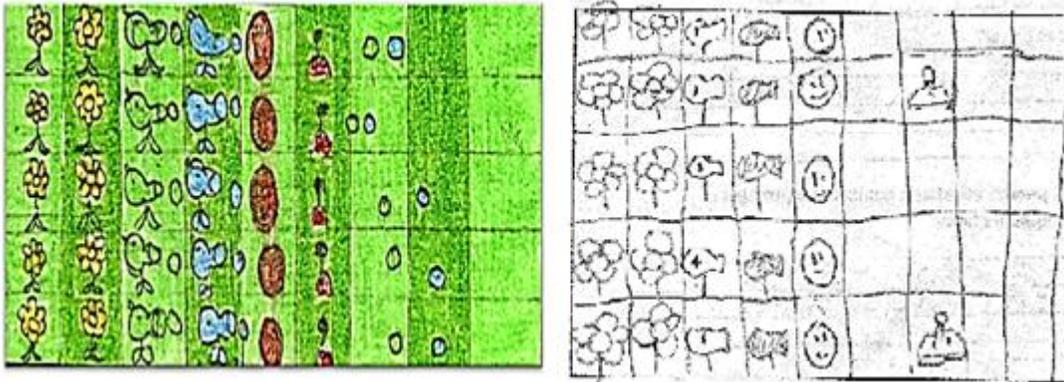
Fuente: Tomado actividades de interpretación de los estudiantes

Para la actividad de validación se propuso a los estudiantes que retomaran las ideas generales que se construyeron en la etapa de interpretación y que se describen en la Tabla 10. Se pidió que con las indicaciones que se construyeron entre todos, se

jugara una sesión del videojuego en la que se pusiera a prueba la estrategia que se diseñó. Los estudiantes jugaron en diferentes niveles y escenarios, se les pidió que informaran de qué manera la estrategia les permitió jugar mejor y, en caso contrario, indicaran las modificaciones que realizaron.

En la Figura 30 se presentan modificaciones a la estrategia que se propone en la Tabla 10 y Figura 29, en dicha representación Jairo y Alejandra emplearon dos líneas de Girasoles, una de Lanzaguisantes, una de Hielaguisantes, una de Nueces y una de Patatapum.

Figura 30. Estrategia, doble línea de Girasoles

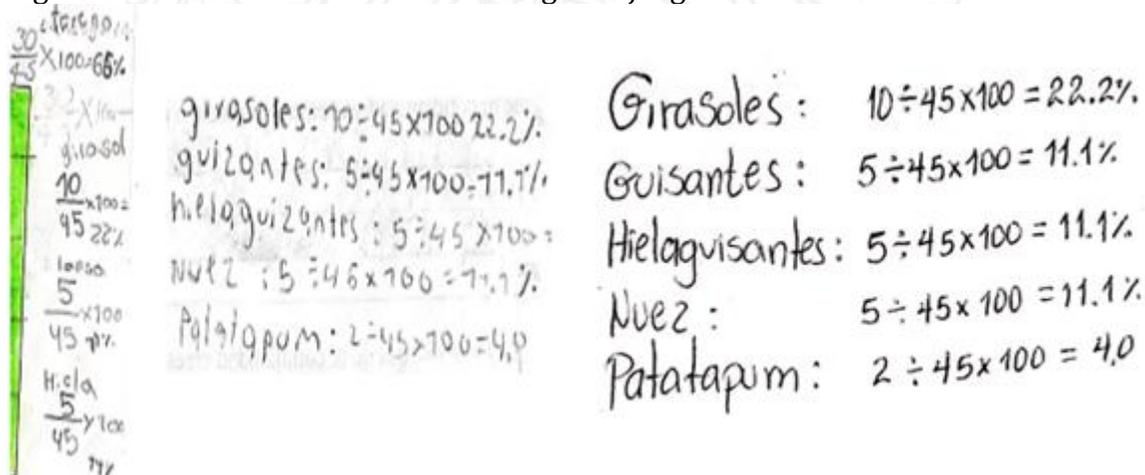


Fuente: Tomado de la guía validación de Jairo y Alejandra

Luego de jugar una sesión del videojuego, Jairo y Alejandra modificaron su estrategia de juego, pues percibieron que en el nivel 2-2 es mayor el número de Zombies que atacan, lo que conllevó a mejorar su estrategia de defensa. Por lo tanto, modificaron la estrategia de juego que propusieron en la etapa de interpretación. En la estrategia de Jairo y Alejandra en la Figura 30, plantaron dos líneas de Girasoles, una línea de Lanzaguisantes, una línea de Hielaguisantes, una de Nueces y una de

Patatapum. De esta manera modificaron la estrategia y aumentaron de una a dos líneas de Girasoles, lo que aumentó su producción de 25 a 250 soles cada 25 segundos. Con respecto a la ocupación del jardín, Jairo y Alejandra también realizaron una interpretación matemática de la estrategia de juego.

Figura 31. Matematización de la estrategia de juego



Fuente: Tomado de la guía de actividades Jairo y Alejandra

En la Figura 31 se observa que Jairo y Alejandra realizaron procedimientos matemáticos para describir la ocupación del jardín a partir de relaciones porcentuales. Es así que el Girasol ocupa el 22.2% del jardín, para los estudiantes esto representa 10 lugares; Guisantes, Hielaguisantes y Nueces ocupan cada una un 11.1%, es decir, 5 espacios del terreno de juego cada una; y Patatapum un 4%, es decir, 2 espacios. La anterior es la estrategia que emplearon para superar el nivel 2-2 de juego, ocupando un 66% del terreno de juego, es decir 30 lugares.

A partir de los procesos de *Modelación Matemática* se observó que los estudiantes lograron describir de manera coherente justificaciones que dieron cuenta del papel que cumplen las matemáticas en la acción de juego, pues por medio de sus enunciados escritos y verbales se denotó la manera en que razonan, al afirmar que: *he puesto más girasoles que las demás plantas y eso mejora mi puntuación* o *hay que escoger plantas baratas y eficientes*. En dichos enunciados se reconoció que para mejorar la puntuación hay que aumentar la producción de soles. La idea de eficiencia se relacionó con la habilidad de la planta en cuanto a su costo, ya que se deben combatir los Zombies gastando la menor cantidad de soles.

Un aspecto que se debe considerar en correspondencia con lo que se establece en la Tabla 9 se relaciona con la ubicación de las plantas. En este sentido, Camila empleó coordenadas de ubicación para indicar en qué lugares sembró las plantas tal como muestra la Figura 32.

Figura 32. Sistematización ubicación de las plantas

Carasoles: 1,a - 2,a - 3,a - 4,a - 5,a - 4,b - 2,b
3,b - 4,b - 5,b
Lanzaguisantes: 1,c - 2,c - 3,c - 4,c - 5,c
4,d - 2,d - 3,d - 4,d - 5,d
Nuez: 1,e - 2,e - 3,e - 4,e - 5,e

La ubicación de las plantas en el terreno de juego, por parte de Camila, se relacionó con la ubicación de parejas ordenadas en el plano cartesiano. En dicha representación se indicó que las letras se ubican en el eje x y los números se ubican en el eje y. De esta manera, por medio de la sistematización de las posiciones en que se ubica cada una de las plantas se recreó la formación de las plantas. Es decir, Girasoles en las dos primeras columnas a y b, Luego en la columna c y d plantar Lanzaguisantes y una línea de Nueces en e, tal como lo muestra la Figura 34.

Las descripciones que realizó Camila en forma de coordenadas de ubicación las puede traducir de manera escrita y pictórica como se muestra en las Figura 33 y Figura 34.

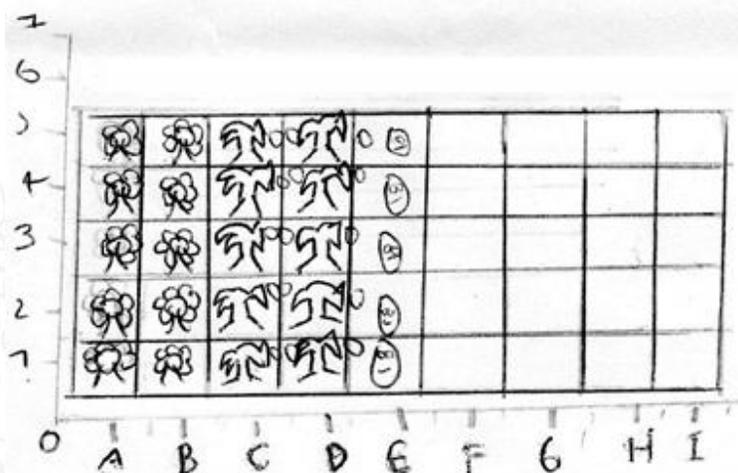
Figura 33. Estrategia de juego modificada

1. En la primera y segunda fila poner girasoles.
2. En la tercera fila poner lanzaguisantes.
3. poner la nuez en la cuarta fila.
4. Escoger alguna planta q derribe varios zombies al mismo tiempo.
5. Plantas más de 5 girasoles para poder comprar más lapido.
6. Escoger el personaje para cuando venga uno poderoso, lo mate.
7. Escoger la seta desesperada por q sale batalla y tenemos defensa.

Fuente: Tomado de guía de actividades de Camila

Dichas ideas las apoyaron a partir de representaciones en el plano cartesiano

Figura 34. Ubicación de plantas en el plano cartesiano

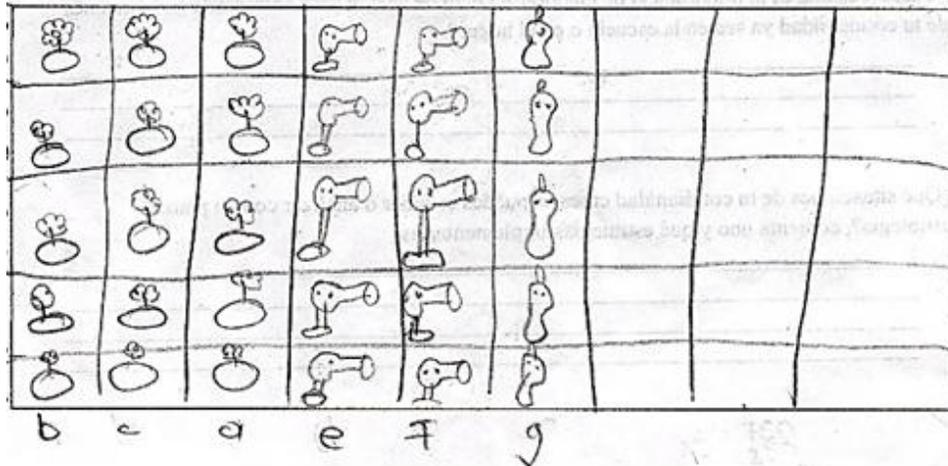


Fuente: Tomado de la guía de actividades de Yeismer

La estrategia que empleó Camila en la Figura 32 y Figura 33, la representó Yeismer en la Figura 34, en este caso inició con un dibujo del escenario de juego con las plantas que empleó en la estrategia, y un plano cartesiano que le permitió describir la ubicación de las plantas.

En la Figura 35, el equipo de Juan empleó una estrategia en la que se privilegia el uso de girasoles en tres columnas, lo que aumenta de manera significativa la producción de soles y la obtención de plantas más costosas, es decir, la producción de soles aumentó 25 por cada Girasol plantado.

Figura 35. Estrategia de juego, tres Girasoles



Fuente: Elaboración tomada de la guía de Juan.

En dicha estrategia de juego, el equipo de Juan mostró prioridad en la siembra de Girasoles, *colocamos tres filas de Girasoles porque dan más soles y colocamos dos filas de repetidora [Lanzaguisantesx2] para que maten más rápido*. En este enunciado se reconocieron aspectos propios de las plantas como son la producción de soles y la regularidad de disparo de la repetidora (Lanzaguisantes x2), propiedades analizadas en etapas anteriores del proceso de *Modelación Matemática* y que, a su vez, le permitieron planear estrategias para mejorar su puntuación, ya que plantar tres líneas de girasol permite obtener 375 soles cada 25 segundos, lo que es suficiente para plantar las *repetidoras* (Lanzaguisantes x2) que cuestan 200 soles cada una (una de las más costosas).

El entorno virtual vinculó, a partir de la experiencia de juego, las habilidades, regularidades y características de los elementos del entorno del videojuego con las etapas del proceso de *Modelación Matemática*, de manera particular cuando

exploraron, percibieron, interpretaron, abstraieron, realizaron generalizaciones y comprobaron la estrategia con la mediación del videojuego. De esta manera, el videojuego abrió la oportunidad de estudiar situaciones que partieron de la experiencia de juego a partir de los procesos de las matemáticas. En dicho proceso se buscó que el estudiante representara situaciones de diferentes maneras, comprendiera relaciones y significados, visualizara ideas y conceptos, tomara decisiones, las confrontara, refutara y validara. Esto modificó las dinámicas o estrategias de juego y mejorar la producción y optimización de recursos.

ⁱDibujo tomada y adaptada de cartelera que realiza equipo Richell

ⁱⁱDibujo tomada y adaptada de cartelera que realiza equipo Richell

ⁱⁱⁱDibujo tomada y adaptada de cartelera que realiza equipo Richell

^{iv}Imagen tomada y adaptada de cartelera que realiza equipo Luis

^vImagen tomada y adaptada de cartelera que realiza equipo Richell

^{vi}Screenshot, Imagen tomada del videojuego en el nivel 3-6.



QUINTO CAPÍTULO

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Conclusiones

En el presente Capítulo se describen las principales conclusiones que emergieron a partir de los análisis del trabajo de investigación, cuyo propósito es dar respuesta a la pregunta *¿Cómo los estudiantes de grado sexto de la Institución Educativa Antonio Roldán Betancur realizan procesos de modelación matemática mediados por videojuegos?*

Para responder a esta pregunta se diseñó una guía de actividades que se relaciona con el proceso de *Modelación Matemática* definida en 6 etapas a saber: de exploración, abstracción, sistematización, matematización, interpretación y validación. Dicha guía se desarrolló en el aula de clase en un periodo de 8 semanas con estudiantes de grado sexto.

El reporte de esta investigación consta de cinco (5) Capítulos en los que se describen el problema de investigación, los fundamentos teóricos y metodológicos, el análisis de resultados y las conclusiones.

En el primer Capítulo se presenta el problema de investigación, el cual parte de reconocer en los medios tecnológicos aquellos que son de interés para los estudiantes como son los videojuegos y vincularlos al aula de clase para desarrollar procesos *Modelación Matemática*. De manera particular, la investigación vinculó el videojuego *Plantas vs Zombies®*.

En el segundo Capítulo se relatan los aspectos teóricos en relación a la *Modelación Matemática*. Se da cuenta de las concepciones acerca de la *Modelación*

Matemática y según los planteamientos de Geiger (2011) y Borba y Villarreal (2005) se describe la *Modelación Matemática* con tecnología. También se describe lo que para esta investigación fue el proceso de *Modelación Matemática* mediado por los videojuegos como medio tecnológico.

En el tercer Capítulo se describen las consideraciones metodológicas del trabajo de investigación. Es decir, el paradigma, el tipo de estudio y los instrumentos metodológicos para la producción de registros como la encuesta, la guía de actividades, las grabaciones y la observación participante.

En el cuarto Capítulo se describen los hallazgos en relación con el proceso de *Modelación Matemática*. Se presenta la manera en que los estudiantes desarrollaron cada una de las actividades de la guía (Anexo C, p. 196), también se muestra como atendieron a las etapas del proceso de modelación y las representaciones que realizaron dichos estudiantes a partir de las matemáticas para justifica sus decisiones, acciones y estrategias en el entorno virtual del videojuego *Plantas vs Zombies*®.

A continuación se describe lo que se encontró en cada una de las etapas del proceso de *Modelación Matemática* mediado por el videojuego *Plantas vs Zombies*®.

Etapas del proceso de *Modelación Matemática* mediado por el videojuego

Etapas de exploración

La etapa de exploración corresponde a las actividades 1 y 2 que se describen los hallazgos en el Capítulo 4, (p.104). En esta etapa del proceso de *Modelación*

Matemática se describió la manera en que los estudiantes leyeron, comprendieron y comunicaron su percepción del entorno del virtual del videojuego. Es así, que en sus elaboraciones realizaron dibujos, carteleras, historietas y maquetas en las que se describió el escenario de juego, las características y cualidades de las plantas, los Zombies y las reglas básicas de juego a partir de ideas propias.

La etapa de exploración permitió que los estudiantes visualizaran e hicieran referencia a partir de las matemáticas, de manera verbal, escrita o por medio de dibujos, a las habilidades, costo y regularidad de ataque de algunas de las plantas, tal como se muestra en la Tabla 6, (p. 107). En dicha tabla se evidencian expresiones como: *Hola, soy Lanzaguisantes y cuesta 100 soles, puedo lanzar un guisante a la vez, para matar un Zombie normal le tiro diez guisantes, o soy Hielaguisante y cuesta 175 soles, lanzo dos guisantes helados a la vez, con esto daño y freno a los Zombies*. En los enunciados se visualizan variables como el costo de las plantas, la regularidad de ataque de las plantas y la resistencia de los Zombies, a su vez, a partir de las conversaciones que se sostienen con los estudiantes se reconoce la manera secuencial de proceder para adquirir las plantas, lo que se relaciona con la producción de soles de la planta Girasol. Lo anterior permitió que a partir de la etapa de exploración se visualizaran relaciones matemáticas que emergieron del entorno virtual y que a su vez los estudiantes los relacionaron de manera directa con procesos matemáticos, como adiciones, sustracciones, multiplicaciones y representaciones gráficas tal como se describen en las siguientes etapas del proceso de *Modelación Matemática*.

Etapa de Abstracción

La etapa de abstracción responde la actividad 3 de la guía de actividades y se describen los hallazgos en el Capítulo 4, (p.124). En la etapa de abstracción los estudiantes hicieron evidente aquellas regularidades matemáticas que emergieron del entorno virtual, algunas se relacionaron con la producción de soles, la regularidad de ataque de las plantas y la velocidad a la que se desplazan los Zombies. De manera particular, se preguntó a los estudiantes *¿Cuánto tiempo tardan los girasoles y los hongos en producir los soles?*, la planta Lanzaguisantes *¿Cuántos guisantes puede lanzar en 1 minuto?* Y *¿Qué tan veloz es el desplazamiento de los Zombies?* Con el fin de responder los cuestionamientos, los estudiantes apoyaron sus razonamientos a partir de la experiencia de juego. De esta manera, emplearon el conteo mental para medir lapsos de tiempo, golpes que realiza la planta Lanzaguisantes, golpes que resiste el *Zombie*, cuadros que avanza el *Zombie* mientras es golpeado y además, también emplearon herramientas como el cronómetro para medir el tiempo de manera precisa.

Con lo anterior, y a partir de las matemáticas los estudiantes emplearon tablas de datos para tabular información que emergió del entorno virtual, realizaron cálculos matemáticos para determinar el promedio en la producción de soles como lo muestra la Figura 11, emplearon tablas de datos para establecer relación entre el tiempo que tarda el Girasol y el Hongo en producir soles y la cantidad de soles que producen,

describieron enunciados en los que se establece relación entre el lanzamiento que realiza la planta Lanzaguisantes y el tiempo que tarda en dichos lanzamientos (Figura 12), traduce al lenguaje matemático los enunciados verbales y escritos que logra construir (Figura 13), establece relación de proporción entre el tiempo y los lanzamientos que realiza la planta Lanzaguisantes por medio de algoritmos matemáticos que vinculan la multiplicación (Figura 15), realiza tablas de datos y representaciones gráficas que relacionan la producción de soles en relación a la cantidad de Girasoles plantados (Figura 16) realiza interpretaciones pictóricas en el que se emplean figuras geométricas como el rectángulo, líneas y puntos para describir que tan veloz se desplazan los Zombies en el que pudo determinar a partir de las mismas que Zombie es más veloz.

Etapa de Sistematización

La actividad 4 responde a la etapa de sistematización y se da cuenta de ello en el capítulo 4, (p. 138). En dicha etapa los estudiantes realizaron registros tabulares en los que se referenciaron las características de las plantas. Se enunciaron plantas como el Girasol, el Lanzaguisantes, La Petacereza, La planta Carnívora, el Hielaguisante entre otros, tal como lo muestra la Figura 20. En dicha representación se enuncia el costo de cada una de las plantas que oscila entre 25 soles y 175 soles, se describió de manera puntual la habilidad que realiza cada planta. Es decir, produce soles, tira guisantes, explota, come Zombies, distrae, congela; así como también, se indicó el

tiempo de reutilización que tiene cada planta. Cada una de las anteriores características se fundamentó a partir de la visualización, experimentación y la toma de datos que realizaron los estudiantes en la misma acción de juego. Lo que conllevó a que indicaran acciones que complementan su interpretación del videojuego; situaciones como del Girasol hay que plantar muchos, si no tienes soles no puedes comprar otras plantas, la Petacereza explota rápido, la planta carnívora demora en tragar, entre otros, tal como muestra la figura 20. A partir del reconocimiento de las características y habilidades de las plantas, los estudiantes pudieron sistematizarlas y elaborar planes de acción para el juego. De esta manera reconocieron plantas de ataque, de defensa, las que producen soles, las que controlan y las que hacen daño en área.

A partir de la información que se obtiene al sistematizar los elementos del entorno del videojuego, se proponen situaciones en las que el estudiante debe emplear las matemáticas para resolverlas. Es así, que se cuestiona por la cantidad de soles que se necesitan para llenar el jardín al sembrar sólo Patatapum. Para dar cuenta de la situación, los estudiantes emplearon algoritmos multiplicativos acompañados de argumentos escritos en los que se involucró el costo de la planta y la cantidad de espacios disponibles para la siembra. De esta manera la visualización que posibilita el videojuego le permitió al estudiante involucra variables inmersas en el entorno virtual como son al tamaño del jardín en términos de filas y columnas y el costo de la planta Patatapum.

Por otro lado, los argumentos expuestos muestran la manera en que los estudiantes planearon una estrategia de juego. A partir de una tabla de datos se indica la planta que emplea, el costo de cada una de ellas, la cantidad que adquiere y los procedimientos matemáticos multiplicativos y aditivos para indicar el costo de dicha estrategia. De esta manera, se involucraron procesos de sistematización, abstracción y matematización tal como se describe en la Figura 22. A su vez, con la intención de comunicar a sus compañeros las posiciones estratégicas de las plantas que se emplean en la acción de juego, se describió cada lugar del jardín a partir de coordenadas de ubicación, asignando al eje horizontal y vertical letras y números respectivamente. Lo que de manera análoga se puede comparar a las parejas ordenadas del plano cartesiano. De esta manera, los estudiantes sistematizan las plantas según sus características, las posiciones en el terreno de juego y la estrategia de juego.

Etapa de Matematización

En la etapa de matematización (actividad 5, p.144), los estudiantes llevaron al lenguaje matemático las percepciones que construyeron del entorno virtual del videojuego. De esta manera reconocieron el costo y habilidad de las plantas para jugar una sesión de juego, lo que permitió calcular el puntaje obtenido al final de una partida. Dicho puntaje obedece a la producción de soles, la cantidad de plantas sembradas, las plantas devoradas por los Zombies, los soles acumulados y la ocupación del jardín. De esta forma, se integraron diferentes conceptos matemáticos

en la solución de un problema particular, generado a partir de la experiencia de jugar individualmente o con sus compañeros.

Los estudiantes emplearon procedimientos que vinculan dibujos y algoritmos matemáticos que le permitieron puntuar su partida tal como muestra la Figura 24. En dichos procedimientos se reflejó la manera en que el estudiante jugó, en el que a partir de los cálculos se reflejó la cantidad de cada una de las plantas que emplearon en cada sesión de juego. Es así, que para el cálculo de la puntuación de juego el estudiante tomó el costo y la cantidad de cada una de las plantas para conocer el gasto en soles de la estrategia de juego adicionó la cantidad de soles que se acumulan y calcularon el costo de cada cortacésped no usado. Luego con lo anterior los estudiantes indicaron el puntaje final de cada partida.

En dichos cálculos y procedimientos los estudiantes describieron una manera para indicar la ocupación del jardín, en la que emplearon las relaciones porcentuales con las que se indicó la cantidad de cada una de las plantas que se usaron en la estrategia de juego, apoyados por representaciones pictóricas tal como lo muestra la Figura 26. Esto permitió modificar la manera de comunicarse entre los integrantes de la investigación. Es decir, se generó un lenguaje matemático para referirse al entorno del videojuego, en el que se vincula el costo de las plantas, la ubicación por medio de coordenadas y el porcentaje de ocupación de cada tipo de planta. De esta manera los estudiantes establecieron relación entre las acciones que realiza mientras juegan y las matemáticas que lograron construir a partir de la matematización del entorno virtual.

Etapa de interpretación

La actividad 6 (p.150) orienta el proceso de interpretación. En esta etapa del proceso de *Modelación Matemática*, los estudiantes definieron reglas, pautas, estrategias para jugar *Plantas vs Zombies*®. Lo anterior emergió como producto de los procesos de exploración, sistematización, abstracción y matematización que realizó cada uno de los estudiantes participantes en forma individual o colectiva en los equipos conformados cuando se enfrentaron al entorno virtual del videojuego. Es decir, a partir del reconocimiento del costo de las plantas, la regularidad de ataque, producción de soles, ubicación de las plantas y su habilidad particular, los estudiantes plantearon una estrategia de juego en la que indicaron el tipo de planta que emplearon, la ubicación en la que se debe sembrar y la cantidad que se debe plantar de cada una. En dicha estrategia se contempló plantar una línea de Girasoles (*vertical en A*), esta primera acción de juego se apoya en las matemáticas, cuando los estudiantes reconocieron en etapas anteriores la tasa de producción de cada uno de los Girasoles (25 soles cada 25 segundos) y al sembrar una línea (*vertical en A*) se asume que al menos se plantan 5 Girasoles con una producción total de 250 soles. Luego, se planta una línea de Lanzaguisantes (*vertical en B*), de igual manera de dicha planta se reconoce la razón a la que lanza los guisantes y el costo de cada una de ellas y que a su vez defenderán la primera línea de Girasoles. La tercera y cuarta acción de juego se relaciona con sembrar una línea de Hielaguisantes (*vertical en C*) y una línea

de Nueces (*vertical en D*). De ellas se reconoce su habilidad para hacer daño y controlar los Zombies que se aproximan.

Describir y planear dicha estrategia de juego fue posible gracias a que los estudiantes reconocieron en las anteriores etapas del proceso de *Modelación Matemática* las habilidades y características particulares de cada planta. Lo que conllevó a emplear plantas productoras de soles, plantas de ataque y control y plantas que sirven como muro. Cada una de las acciones que describieron los estudiantes deja en evidencia la manera secuencial de proceder, es decir, primero hay que sembrar Girasoles y sembrar un número adecuado de ellas. Lo que conlleva a tener los suficientes recursos para adquirir las demás plantas y poder realizar la estrategia de juego. De esta manera, a partir del dialogo continuo se generó un consenso en el que los participantes de la investigación dieron indicaciones que se deben tener en cuenta para mejorar el puntaje en términos de optimizar los soles y mejorar la puntuación del juego, en el que se establecieron relación entre las habilidades de las plantas y su costo, la ubicación de las plantas en el área de juego, el porcentaje de ocupación del jardín, la producción de soles y la forma secuencial de proceder.

Etapa de Validación

El estudiante comprobó las ideas expuestas en la estrategia de juego que se diseñó en la etapa de interpretación. En el desarrollo de la actividad 7 (p.158) se describe lo que los estudiantes realizaron. Los estudiantes enfrentaron al videojuego

con las pautas específicas, tal como se indicó la etapa de interpretación. Al avanzar en los diferentes niveles del videojuego los estudiantes sintieron la necesidad de modificar dicha estrategia, debido a que no adquieren mejor puntuación y tampoco logran avanzar en los diferentes niveles del videojuego. En este sentido, los estudiantes determinaron mejorar la producción de soles de tal manera que les permitiera adquirir mejores plantas para combatir los Zombies. Como ejemplo de modificación de la estrategia de juego se propuso adicionar una línea más de Girasoles al inicio y una línea de Patatapum al final. Lo anterior permitió adquirir un mayor puntaje en términos de la cantidad de soles que produce una línea adicional de Girasoles, y a su vez empleó una planta de bajo costo para combatir a los Zombies.

A partir de las matemáticas que vinculó el estudiante en el proceso de abstracción y matematización. Se reconoció que una línea más de Girasoles producirá mayor cantidad de soles que serán necesarios para adquirir las plantas que se proponen. La adición de dos nuevas líneas de plantas aumenta la ocupación del jardín y el lugar en que se ubican las nuevas plantas se debe a que los estudiantes reconocen su habilidad ya sea de producción o ataque.

Por otro lado, aumentar dos líneas en la estrategia de juego como lo indica el párrafo anterior, conlleva a modificar la matematización que realizan los estudiantes de dicha estrategia. En este sentido, la producción de soles aumenta de 125 soles a 250 soles cada 25 segundos, el costo de la estrategia también, ya que aumenta el número de plantas a sembrar 50 soles por cada Girasol adicional y 25 soles más por

cada Patatapum adicional. Se modifica la ocupación del jardín en términos porcentuales tal como indica la *Figura 35*, pues se aumenta de tener 11% a un 22% de Girasoles.

Las matematizaciones que realizan los estudiantes obedecen a las decisiones que toman cuando juegan y con la intención de mejorar la puntuación realizan razonamientos matemáticos apoyados en las matemáticas. De esta manera, se emplearon enunciados verbales como, *he puesto más girasoles que las demás plantas y eso mejora mi puntuación* o *“hay que escoger plantas baratas y eficientes”*. Se logra que los estudiantes modifiquen las dinámicas de juego en términos de las decisiones que toman frente a costo y habilidad para indicar una idea de economía en el que para aumentar la puntuación no deban gastar soles en plantas costosas.

A partir de las matemáticas los estudiantes realizaron nuevos planteamientos en relación a la manera en que se jugó. Es decir, el estudiante reconoce que de manera consciente debe elegir plantas que le permiten mejorar el puntaje obtenido en cada sesión de juego y a la vez superar los niveles del videojuego.

Consideraciones finales

En los aportes teóricos realizados por Borba y Villarreal (2005) se concibe el término Humanos-Con-Medios (Humans-With-Media) como una unidad en la que el medio tecnológico permiten vincular las experiencias con el saber matemático. En este sentido, a partir de la experimentación y la visualización que permite el

videojuego, los estudiantes pueden formular, comprobar, validar las ideas y regularidades matemáticas que perciben en el entorno. Con la intención de realizar descripciones a partir de las matemáticas, se considera el videojuego como medio tecnológico, como un elemento dinamizador del proceso de *Modelación Matemática* que permite acercar a los estudiante al saber matemático. En el caso del videojuego *Planta vs Zombies*® los estudiantes apreciaron las percepciones del entorno del videojuego, encentraron regularidades matemáticas, establecieron relaciones entre los elementos, decidieron o definieron el tipo de plantas a emplear en una sesión de juego, comunicaron ideas empleando un lenguaje matemático, tomaron de datos y reconocieron propiedades de las plantas, sistematizaron y matematizaron estrategias de juego en términos de puntaje y posicionamiento de las plantas.

Para futuras investigaciones

A partir de la experiencia del trabajo de campo, en la investigación se reconocieron posibles recomendaciones o acción para realizar futuros trabajos que vinculen procesos de *Modelación Matemática*, mediados con videojuego o medios similares como *software* matemático.

- Explorar diferentes videojuegos que posean las mismas características y planear actividades de modelación matemática en diferentes tipos de videojuegos.

- En el caso de que se use un solo videojuego se deben planear pocas actividades que vinculen el objeto de estudio, ya que los estudiantes pierden motivación por el uso continuo del mismo videojuego.

A partir de la investigación se resaltan aspectos que emergen del proceso de *Modelación Matemática* otros temas que se configuran como situaciones para posibles investigaciones:

- ¿Cómo vincular los procesos de *Modelación Matemática* mediado por el videojuego a situaciones de la vida real?
- ¿Cómo vincular a partir de la *Modelación Matemática* el estudio de conceptos matemáticos, con situaciones que emergen del videojuego como entorno virtual?

Referencias

- Acevedo, J., & Camargo, L. (2011a). El tetris como mediador visual para el reconocimiento de movimientos rígidos en el plano (rotación y traslación). En P. Perry (Ed.), *En Perry, Patricia (Ed.), Memorias 20° Encuentro de Geometría y sus Aplicaciones* (pp. 333-344). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional. Recuperado a partir de <http://funes.uniandes.edu.co/3859/>
- Acevedo, J., & Camargo, L. (2011b). La visualización en el plano del videojuego: un estudio de caso. En García, Gloria (Ed.), *Memorias del 12° Encuentro Colombiano de Matemática Educativa* (pp. 418-427). Armenia, Colombia. Recuperado a partir de <http://funes.uniandes.edu.co/4934/>
- Acevedo, J., & Camargo, L. (2011c). Reporte de investigación de maestría «Modificabilidad estructural cognitiva vs visualización: un ejercicio de análisis del uso del tetris en tareas de rotación y traslación». En García, Gloria (Ed.), *Memorias del 12° Encuentro Colombiano de Matemática Educativa* (pp. 769-775). Quindío (Colombia). Recuperado a partir de <http://asocolme.org/>
- Acevedo, J., & Camargo, L. (2012). El Tetris como mediador visual para el reconocimiento de movimientos rígidos en el plano. *Tecné, Epistemé y Didaxis- TED, Segundo Semestre 2012*(32), 23-36.
- Adell, J. (1997). Tendencias en educación en la sociedad de las tecnologías de la información. *EDUTEC, Revista electrónica de tecnología educativa*, 7(1), 1-19.
- Bahmaei, F. (2014). Mathematical modelling in primary school, advantages and challenges. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(9), 3-13.

- Bassanezi, R., & Biembengut, M. (1997). Modelación matemática: Una antigua forma de investigación un nuevo método de enseñanza. *Números. Revista de didáctica de las matemáticas*, 32, 13–25.
- Bassanezi, R. C. (1994). Modelling as a teaching-learning strategy. *For the learning of mathematics*, 14(2), 31–35.
- Berrio, M., & Villa-Ochoa, J. (2013). Mathematical modeling as a culture dynamizing. En *ICTMA 16*. Blumenau. Recuperado a partir de <http://proxy.furb.br/soac/index.php/ictma16/ictma16/paper/viewFile/123/142>
- Beswick, K. (2011). Putting context in context: an examination of the evidence for the benefits of 'contextualised' tasks. *International journal of science and mathematics education*, 9(2), 367–390.
- Biembengut, M. S., & Hein, N. (2004). Modelación matemática y los desafíos para enseñar matemática. *Educación matemática*, 16(2), 105–125.
- Blomhøj, M. (2004). Modelización Matemática-Una teoría para la práctica. *FAMAF*, 23(2), 20–35.
- Blomhøj, M., & Jensen, T. H. (2003). Developing mathematical modelling competence: Conceptual clarification and educational planning. *Teaching mathematics and its applications*, 22(3), 123–139.
- Blum, W. (2002). ICMI Study 14: Applications and modelling in mathematics education– Discussion document. *Educational studies in mathematics*, 51(1-2), 149–171.
- Blum, W., & Borromeo-Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of mathematical modelling and application*, 1(1), 45–58.

- Blum, W., & Leibs, D. (2005). How do students and teachers deal with modelling problems? The example «Filling up.» *Mathematical Modelling (ICTMA 12): Education, Engineering and Economics*. Chichester: Horwood Publishing Limited.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (2007). Research for education: An introduction to theories and methods. *New York: Pearson*.
- Borba, M. C., & Villarreal, M. V. (2005). *Humans-With-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization*. New York: Springer.
- Borromeo-Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. *ZDM*, 38(2), 86–95. <https://doi.org/10.1007/BF02655883>
- Bossio Vélez, J. L. (2014). *Un proceso de modelación matemática desde una situación en el contexto del cultivo de plátano con estudiantes de grado décimo al generar modelos lineales* (Tesis de Maestría, no publicada). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Recuperado a partir de <http://200.24.17.68:8080/jspui/handle/123456789/126>
- Burkhardt, H. (2006). Modelling in Mathematics Classrooms: reflections on past developments and the future. *ZDM*, 38(2), 178–195.
- Castellanos, R. M. G. (2011). Reseña de: La era digital. Cómo la generación net está transformando al mundo" de Don Tapscott. *Culturales*, VII(13), 177-183.
- Castiblanco, A. C. (1999). *Nuevas tecnologías y currículo de matemáticas: apoyo a los lineamientos curriculares*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- Chapman, O. (2007). Mathematical modelling in high school mathematics: teachers' thinking and practice. En *Modelling and applications in mathematics education* (pp. 325-332).

- Springer. Recuperado a partir de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-29822-1_34
- Dalla Vecchia, R. (2012). *A modelagem matemática ea realidade do mundo cibernético* (Tesis doctoral). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro - SP, Brasil. Recuperado a partir de http://www.rc.unesp.br/gpimem/downloads/teses/dalla_vecchia_r_dr_rcla.pdf
- De Almeida, L. M. W., & Dos Santos Brito, D. (2005). Atividades de modelagem matemática: que sentido os alunos podem lhe atribuir? Modelling Mathematics activities: what sense do students attribute to them? *Ciência & Educação*, 11(3), 483–498.
- De Guzmán, M. (1993). Tendencias innovadoras en educación matemática. *Boletín sociedad portuguesa de matemática*, 1993(25), 11-36.
- Diniz, L. do N., & Borba, M. de C. (2012). Leitura e Interpretação de Dados Prontos em um Ambiente de Modelagem e Tecnologias Digitais: o mosaico em movimento. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 26(43), 935–962.
- Felicia, P. (2009). *Video juegos en el Aula, Manual para docentes*. Bélgica: Bruselas.
- Ferreiro, R. (2006). El reto de la educación del siglo XXI: la generación N. *Apertura impresa*, 6(5), 72-85.
- Frasca, G. (2001). *Videogames of the oppressed: Videogames as a means for critical thinking and debate* (Tesis de Doctorado no publicada). Georgia Institute of Technology.
Recuperado a partir de <http://ludology.org/articles/thesis/FrascaThesisVideogames.pdf>
- García, B., & Hernández, R. (2010). El uso de videojuegos en el aula de matemáticas en 4º Curso de Educación Primaria. *Séptimo Simposium Iberoamericano en Educación*,

- Cibernética e Informática (SIECI-2010)*. Recuperado a partir de http://www.iiis.org/CDs2010/CD2010CSC/SIECI_2010/PapersPdf/XA022XV.pdf
- Garrido Miranda, J. M. (2013). Videojuegos de estrategia: algunos principios para la enseñanza. (Spanish). *Strategy Video Games: Some Principles for Teaching. (English)*, 15(1), 62-74.
- Gee, J. P. (2010). Learning by design: Games as learning machines. *Interactive Educational Multimedia*, (8), 15-23.
- Geiger, V. (2011). Factors affecting teachers' adoption of innovative practices with technology and mathematical modelling. En *Trends in teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 305-314). Springer. Recuperado a partir de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-0910-2_31
- Gigante, B. G. (2009). *Videojuegos: medio de ocio, cultura popular y recurso didáctico para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas escolares* (Tesis de Doctorado no publicada). Universidad Autónoma de Madrid. Recuperado a partir de https://repositorio.uam.es/xmlui/bitstream/handle/10486/3722/25737_garcia_gigante_benjamin.pdf?sequence=1
- Gómez, J. L. E., Contreras-Espinosa, R. S., & Solano-Albajes, L. (2012). Videojuegos: Conceptos, historia y su potencial como herramientas para la educación. *3C TIC*, 1(2), 1-14.
- Gómez-Chacón, M. (2011). *Modelización matemática en contextos tecnológicos*. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado a partir de <http://www.mat.ucm.es/catedramdeguzman/modelizaciones/modelizacion-1.pdf>

- Gros, B. (2004). Pantallas, juegos y educación. En *La alfabetización digital en la escuela*. (pp. 15-25). Bilbao: Desclée De Brouwer. Recuperado a partir de http://www.edesclee.com/products.php/ISBN9788433019233/cPath,8_54/page,3
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, R., & Baptista, P. (2008). *Metodología de la Investigación*. (5ta ed.). México: McGraw-Hill.
- Jaramillo, O., & Castellón, L. (2012). Educación y videojuegos. *Chasqui-Revista Latinoamericana de Comunicación*, (117), 11-19.
- Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM*, 38(3), 302-310.
- Lecanda, R. Q., & Garrido, C. C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de psicodidáctica*, 14, 1-27.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2000). Developing Model-Based Reasoning in Mathematics and Science. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 39-48.
[https://doi.org/10.1016/S0193-3973\(99\)00049-0](https://doi.org/10.1016/S0193-3973(99)00049-0)
- Londoño, S. M., Muñoz Mesa, L., Jaramillo, C. M., & Villa-Ochoa, J. (2011). La modelación matemática: un proceso para la construcción de relaciones lineales entre dos variables. En *García, Gloria (Ed.), Memorias del 12º Encuentro Colombiano de Matemática Educativa*. Quindío, Colombia. Recuperado a partir de <http://asocolme.org/>
- Maab, K. (2006). What are modelling competencies? *ZDM*, 38(2), 113-142.
- Macías, G., & Quintero, R. (2011). Los videojuegos como una alternativa para el estudio y desarrollo de la orientación espacial. En *Marín, Margarita; Fernández, Gabriel; Blanco, Lorenzo J; Palarea, María, Mercedes (Eds), Investigación en Educación Matemática XV*

- (pp. 405-416). Ciudad Real: Sociedad Española de investigación en Educación Matemática, SEIEM. Recuperado a partir de <http://funes.uniandes.edu.co/1825/>
- Maggio, M. (2012). Tecnología educativa con sentido didáctico. En *Enriquecer la Enseñanza. Los ambientes con alta disposición tecnológica como oportunidad*. (pp. 64-111). Argentina: Paidós. Recuperado a partir de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/25552>
- Masingila, J. O., Davidenko, S., & Prus-Wisniowska, E. (1996). Mathematics learning and practice in and out of school: A framework for connecting these experiences. *Educational Studies in Mathematics*, 31(1-2), 175-200. <https://doi.org/10.1007/BF00143931>
- MEN. (1998). *Matemáticas lineamientos curriculares*. Cooperativa Editorial Magisterio. Ministerio de Educación Nacional, Santa Fe de Bogotá.
- MEN. (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer con lo que aprenden*. Ministerio de Educación Nacional Bogotá.
- MEN. (2008). *Orientaciones generales para la educación en tecnología*. Recuperado a partir de http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-160915_archivo_pdf.pdf
- MEN. (2011). Colombia aprende: Ambientes de aprendizaje. Desarrollo de competencias matemáticas. Colombia. Recuperado 26 de abril de 2016, a partir de <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/productos/1685/w3-article-288989.html>
- Mesa, Y. M. (2013). *El modelo matemático como noción, concepto y categoría: reflexión desde la filosofía al campo de la modelación en educación matemática* (Tesis de Maestría, no

- publicada). Universidad de Antioquia, Medellín. Colombia. Recuperado a partir de <http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/handle/123456789/238>
- Molina Toro, J. F. (2013). *La modelación con tecnología en el estudio de la función seno* (Tesis de maestría, no publicada). Universidad de Medellín, Medellín, Colombia. Recuperado a partir de <http://repository.udem.edu.co/handle/11407/69>
- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica*. Neiva, Colombia.
- Monteverdi, M. B.-R. C., & Testa, Y. M.-Y. (2013). Jugando con las TIC's en la clase de matemática. En E, Rodríguez; G, Bermudez; A, Buquet; S, Peralta; A, Tosetti; F, Vitabar. VII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática. Uruguay. Recuperado a partir de <http://www.cibem.org/7/actas/paginas/fm.html>
- Perrenet, J., & Zwaneveld, B. (2012). The many faces of the mathematical modeling cycle. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(6), 3-21.
- Pindado, J. (2005). Las posibilidades educativas de los videojuegos. Una revisión de los estudios más significativos. *Pixel-Bit: Revista de medios y educación*, (26), 55-67.
- Prensky, M. (2001). Nativos digitales, inmigrantes digitales. *On the horizon*, 9(6). Recuperado a partir de <http://files.educunab.webnode.cl/200000062-5aba35bb22/Nativos-digitales-parte1.pdf>
- Pretelín, A., & Sacristán, A. I. (2013). Aprendiendo modelación matemática de sistemas físicos a través del diseño y programación de videojuegos serios. En Y. Morales & A. Ramirez (Eds.), *Memorias I CEMACYC* (pp. 1-8). Santo Domingo, República Dominicana: CEMACYC. Recuperado a partir de <http://funes.uniandes.edu.co/4296/>
- Ramos, J. A. V. (2012). Los videojuegos: conectar alumnos para aprender. *Sinéctica*, (39), 1-15.

- Rendón-Mesa, P. (2009). *Conceptualización de la Razón de Cambio en el marco de la Enseñanza para la Comprensión* (Tesis de Maestría no publicada). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Rivera Quiroz, S. M. (2014). *Medida de área y volumen en contextos auténticos: una alternativa de aprendizaje a través de la modelación matemática* (Tesis de Maestría no publicada). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Recuperado a partir de <http://200.24.17.68:8080/jspui/handle/123456789/177>
- Rodríguez, J. M. (2011). Métodos de investigación cualitativa. *Revista de Investigación Silogismo*, 1(8). Recuperado a partir de <http://www.cide.edu.co/ojs/index.php/silogismo/article/view/64>
- Rosa, M., & Lerman, S. (2011). Researching online mathematics education: Opening a space for virtual learner identities. *Educational Studies in Mathematics*, 78(1), 69–90.
- Ruiz, A., & Oktaç, A. (2014). De un videojuego a las ecuaciones del tiro parabólico: una propuesta didáctica. En P. Lestón (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (Vol. 27, pp. 871-878). México, DF: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa. Recuperado a partir de <http://funes.uniandes.edu.co/5643/>
- Sánchez, J., Espinoza, M., Carrasco, M., & Garrido, J. (2012). Modelo de videojuegos para mejorar habilidades matemático-geométricas en aprendices ciegos. En *Nuevas Ideas en Informática Educativa Memorias del XVII Congreso Internacional de Informática Educativa, TISE. J. Sánchez, Editor, Santiago, Chile* (pp. 97–104). Recuperado a partir de <http://www.tise.cl/volumen8/TISE2012/14.pdf>
- Sedeño, V. A. M. (2010). Videojuegos como dispositivos culturales: las competencias espaciales en educación. *Comunicar*, XVII(34), 183-189.

- Trigueros, M. G. (2009). El uso de la modelación en la enseñanza de las matemáticas. *Innovación Educativa*, 9(46), 75–87.
- Villa-Ochoa. (2007). La modelación como proceso en el aula de matemáticas. Un marco de referencia y un ejemplo. *Tecno Lógicas*, 19, 63–85.
- Villa-Ochoa, J. A. (2015). Modelación matemática a partir de problemas de enunciados verbales: un estudio de caso con profesores de matemáticas. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 8(16), 133.
<https://doi.org/10.11144/Javeriana.m8-16.mmpe>
- Villa-Ochoa, J. A., Bustamante, C., & Berrio, M. (2010). Sentido de realidad en la modelación matemática. En *En Leston, Patricia (Ed.), Acta Latinoamericana de Matemática Educativa ALME*, 23 (pp. 1087-1096). México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa - Colegio Mexicano de Matemática Educativa. Recuperado a partir de <http://funes.uniandes.edu.co/905/>
- Villa-Ochoa, J. A., Bustamante, C., Berrio, M., Osorio, A., & Ocampo, D. (2009). El proceso de modelación matemática. Una mirada a la práctica del docente. En *Leston, Patricia (Ed.), Acta Latinoamericana de Matemática Educativa ALME* (Vol. 22, pp. 1443-1451). México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa - Colegio Mexicano de Matemática Educativa. Recuperado a partir de <http://www.clame.org.mx/alme.htm>
- Williams, J., & Goos, M. (2013). Modelling with mathematics and technologies. En *Third International handbook of mathematics education* (pp. 549–569). Springer.
Recuperado a partir de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-4684-2_18
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25-32.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Anexo A. Consentimiento informado



Consentimiento informado de los Padres de Familia
Permiso de padres, madres o acudientes para la participación de
su hijo o hija en la Investigación de Maestría titulada "El proceso de modelación matemática
mediada por los videojuegos"



Por este medio deseamos solicitarles su permiso para que su hijo o hija haga parte de una investigación que se adelanta en la Institución Educativa Antonio Roldán Betancur del municipio de Tarazá (Antioquia), que es llevada a cabo por el profesor Daladier Rangel Iriarte quien se encuentra vinculado en la misma institución y es actual estudiante de maestría de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. La investigación lleva como título "*El proceso de modelación matemática mediada por los videojuegos*" y que pretende desarrollarse en jornada escolar en la asignación académica del área de Matemática.

Propósito de la investigación: La investigación se realiza en el marco del programa de Maestría en Educación de la Universidad de Antioquia cuyo objetivo es "*analizar como los estudiantes de grado sexto de la Institución Educativa Antonio Roldán Betancur realizan procesos de modelación matemática mediados por los videojuegos*", en este sentido se espera que a partir de la interacción que los estudiantes sostienen con los videojuegos se hagan evidentes procesos de pensamiento que se relacionan con el razonamiento, el análisis, la inferencia, la toma de decisiones, la abstracción, matematización entre otros, que puedan hacerse explícitas a partir de las matemáticas.

Riesgos asociados a la investigación: Los estudiantes que participan en este estudio no corren riesgos ya que las actividades que se proponen se realizan en jornada escolar y estarán en constante monitoreo por parte del docente a cargo. Durante la investigación se realizarán entrevistas, tomarán fotos, se realizarán grabaciones de audio y video, además las percepciones, ideas y aportes que realicen los estudiantes serán valoradas y respetadas por sus compañeros de tal manera que no sientan temor por "equivocarse" y puedan sentirse cómodos de participar en la investigación.

Confidencialidad: No se divulgará ninguna información sobre su hijo o hija a cualquier persona fuera del proceso de la investigación. Los nombres de los estudiantes serán reemplazados por seudónimos. El personal de investigación mantendrá la información de su hijo o hija confidencial y no se revelará su nombre en cualquier material o documento. Por ejemplo, cuando los resultados de la investigación se publiquen o se discutan en conferencias, no hay información incluida que puede revelar la identidad de su hijo o hija de cualquier manera. Cualquier transcripción de trabajos, audio o video serán tomados con absoluta confidencialidad.

Preguntas posteriores: Los investigadores responderán cualquier pregunta relacionada con esta investigación, ahora o en el transcurso del proyecto, a través de los correo electrónicos daladi123@gmail.com y rendonmesa@udea.edu.co

Consentimiento del padre de familia: Entiendo que al firmar esta autorización, como padre de familia o acudiente, estoy de acuerdo en que mi hijo o hija participe de la investigación en jornada escolar en el horario de la clase de matemática. Por lo tanto firmo y escribo en letra legible mi nombre en la línea proporcionada.

Firma padre o responsable del menor

Cc:

Cel:

1 8 0 3

Anexo B. Encuesta abierta

Camilo Rúa Jaramillo 6.1

1) ¿Que video juego o juegos?

R1: Yo juego play 2 que tiene $\Delta \square \circ \times$ L1 R2 R1R2 R3
→ todos esos son los botones de mi play 2 y juego Dragon Ballz, Fútbol, y geometría en tableta.

2) ¿Que le gusta de C/U de los video juegos?

R1: El juego Dragon Ballz se trata de salvar el planeta y mi muñeco preferido es Goku ellos tienen que pelear con bolas de energía y hay una transformación muy famosa llamada Super Saiyan y no pueden dejar que destruyan el universo.

3) ¿Que reto le plantea en el video?

R1: tienen que matar a los malos son Raditz, Broly, Majinbu, Baby vegeta, Janemba, Omega Sleron, Conky, Frizer, androide, y Cell. todos esos son los que se quieren adueñar de todo se creen la vida que mas cagan pero Goku, Gohan y Goten no pueden dejar que se adueñen de todo y tienen que pelear a muerte para salvar el mundo.

4) ¿Que es lo que hay que usar?

R1: bueno en mi video juego tiene que sentir su Ki. El Ki es la fuerza que tiene y ellos Goku, Gohan y Goten tienen una transformación se vuelven mas fuertes y pueden enfrentarlos.

5) ¿Que estrategia empleas para alcanzar el objetivo?

R1: mi estrategia se llama come come ha.

Anexo C. Guía de actividades

Actividad 1: ¡A contar una historia!



Figura 36. ¿Cómo interpretan los estudiantes el entorno del videojuego?^{vii}

Seguro conoces el videojuego donde las plantas combaten contra los Zombies que intentan invadir tu hogar. ¡Sí! es el videojuego Plantas vs Zombies® y así como el profe hay algunos compañeros y compañeras que no lo conocen. Cuéntanos sobre el videojuego mediante una historieta. Describe en la historieta las características de algunas plantas, las clases de Zombies, el costo de las plantas y otros detalles que consideres importantes. Si quieres crear una buena historieta busca en internet cómo crearla.

Cuadro 1: Historieta del videojuego Plantas vs Zombies®

La historieta puedes realizarla escrita, en la web o en PowerPoint con el fin de compartirla con tus compañeros y ¡preparate! porque te harán preguntas.

Actividad 2: ¡A jugar!



Figura 37. ¿Cómo es jugar a Plantas vs Zombies®?viii

Al principio el videojuego Plantas vs Zombies® te da las pautas de juego, te guía y explica lo que debes hacer y cómo hacerlo. Además, te muestra cómo avanzar en los niveles del videojuego. Luego puedes jugar como desees y utilizar tu propia estrategia para enfrentarte a la horda de Zombies.

Juega durante 20min y responde las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo puedo pasar de nivel en el videojuego Plants vs Zombie?, ¿Qué plantas debo sembrar? _____

2. ¿Todas las plantas sirven para derribar a los Zombies? Explica tu respuesta

3. ¿Por qué debo sembrar los girasoles?

4. ¿Cuándo debo sembrar una Patatapum o una Petacereza?

Patatapum: _____

Petacereza: _____

5. ¿En qué parte del jardín debo sembrar los Lanzaguisantes?

6. ¿Cuándo puedo comprar un Hielaguisante?

7. ¿Qué plantas tengo para combatir y vencer a los Zombies?

8. ¿Para qué sirve la Nuez?

9. ¿De qué tamaño es el jardín?

Ten en cuenta todas las ideas que implementaste para responder las anteriores preguntas, ya que con las respuestas realizaremos un mural de ideas. En dicho mural se tendrá en cuenta tus dibujos y escritos que explican lo que hiciste en la guía. Además, ¿Qué otras características encontraste en el juego?

Actividad 3: ¡Mi primera estrategia!



Figura 38. Juega con atención a los detalles^{ix}

Intenta jugar el videojuego pero en esta ocasión presta especial atención a los detalles, sobre todo por aquellos que te ayudarán a responder las siguientes preguntas.

1. ¿Cuánto tiempo tardan los girasoles y los hongos en producir los soles? Explica.

Planta	Tiempo en dar un sol	Puntos por sol

Tabla 11. Producción de soles

2. ¿Con cuántos golpes de **Lanzaguisantes** derribo un Zombies? Explica.

Zombies	Golpes

Tabla 12. Registro de la cantidad de golpes para derribar los Zombies

3. La planta Lanzaguisantes, ¿cuántos guisantes puede lanzar en un minuto? Explica.

Realiza tus cálculos.

4. ¿Qué tan veloz se mueven los Zombies?

Zombie	Golpes con Lanzaguisantes	Cuadros que camina	<u>Cuadros</u> <u>Golpes</u>
Zombie			
Zombie bandera			
Zombie Caracono			
Zombie Saltador			
Zombie Cubiletero			
Zombie Lector			
Zombie portero			
Zombie Bailón			
Zombie Extra			
Zombie Playero			
Zombie Buzo			

Tabla 13. Datos para determinar la velocidad a la que se desplazan los Zombies

- a. Completa la tabla, en la primera y segunda columna indica los golpes que se le dan a los Zombies e indica la cantidad de cuadros que avanza antes de caer.
- b. En la tercera columna consigna el cociente entre los cuadros que camina el Zombie y los golpes que recibe.

Escribe en el cuadro las ideas o procedimientos que realizaste para determinar qué tan veloz se mueven los Zombies.

- c. Al dividir la cantidad de cuadros que camina entre los golpes que reciben los Zombies, ¿cómo interpretas estas respuestas?

- d. De acuerdo a lo anterior, ordena los Zombies del más lento al más veloz, e indica qué tan veloz se desplazan.
5. ¿Cuánto tarda en recargar las plantas antes de volver a sembrarla? completa la tabla y representa la información por medio de una gráfica.

Planta	Costo	Tiempo

Tabla 14. Relación plantas, costo y tiempo de reutilización

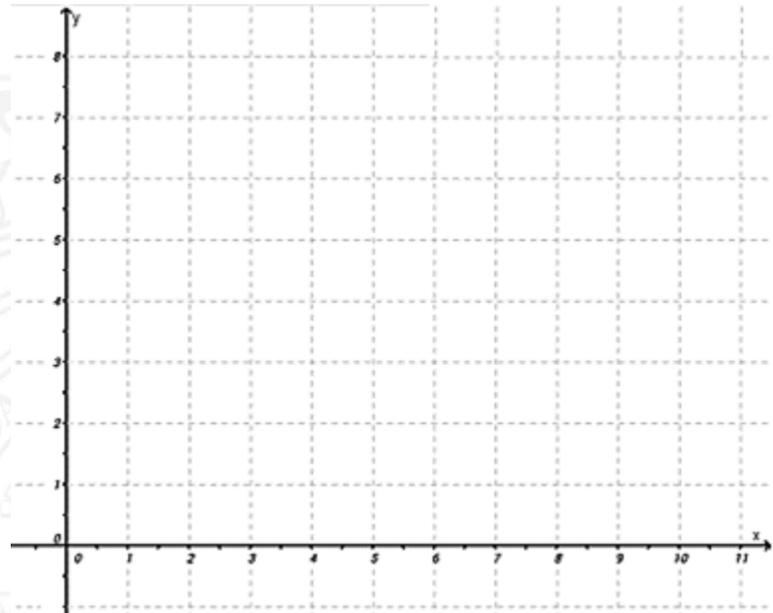


Figura 39. Plano para graficar datos Tabla 14

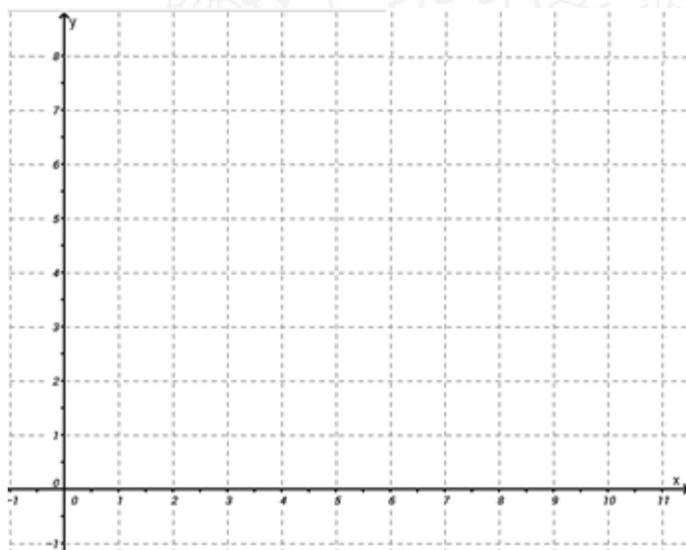
Responde las siguientes preguntas

a. Realiza una interpretación de la gráfica que realizaste

b. Si siembro una Patatapum y un girasol, ¿Cuántos girasoles puedo sembrar antes de que se active de nuevo la Patatapum?

c. ¿Cuántos girasoles puedo sembrar en dos minutos?

6. A medida que juegas tienes la necesidad de sembrar los girasoles para producir soles y poder sembrar otras plantas, completa la siguiente tabla en la que se relaciona los girasoles que se siembran y los soles que producen.



Girasoles	Producción de Soles
1 Girasol	
2 Girasoles	
3 Girasoles	
4 Girasoles	
5 Girasoles	

Tabla 15. Producción de girasoles

Figura 40. Plano para graficar los Girasoles vs los soles

Responde las siguientes preguntas

¿Cuántos girasoles debes sembrar para obtener una producción de 250 soles? ¿Y si fuesen hongos nocturnos?

Realiza aquí tus planteamientos.

Elabora una cartelera donde des cuenta de un de los cuestionamientos propuestos en la actividad, pregunta a tu profe cual tendrás que exponer. Piensa en lo siguiente ¿Qué otra información se puede obtener de los elementos que hacen parte del videojuego? Explica los argumentos.

Actividad 4: Mi libro herbolario y de Zombies

Juega durante 20 minutos y completa las tablas, debes aportar información en relación al nombre, la característica o función que cumple los Zombies, las plantas y el costo. En caso que no tenga un costo indica un valor que lo represente, además ¿Qué otras característica consideras importante?



Figura 41. Cualidades y características las plantas y los Zombies*

A medida que se avanza en el videojuego aumenta nuestro botín herbolario y también los Zombies perfeccionan su ataque, registra los nuevos hallazgos en el libro.

Las plantas

Tabla 16. Características de la plantas

Imagen	Nombre	Característica	Costo	Tiempo de reutilización	Regularidad del ataque	Otro
 xi						
 xii						
 xiii						
 xiv						



 xv						
 xvi						
 xvii						
 xviii						
 xix						
 xx						
 xxi						
 xxii						
 xxiii						
 xxiv						
 xxv						
 xxvi						
 xxvii						

 xxviii						
 xxix						

Los Zombies

Tabla 17. Características de los Zombies y otros elementos

Imagen	Nombre	Característica	Golpes que resisten	Otros
 xxx				
 xxxi				
 xxxii				
 xxxiii				
 xxxiv				
 xxxv				

 xxxvi				
 xxxvii				
 xxxviii				
 xxxix				
 xl				
 xli				
 xlii				

Ya que completaste gran parte del libro herbolario intenta dar respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Si siembro sólo Patatapum en todo el terreno de juego, cuántos soles me gasto?

- 2.

soles me gasto?

3. Si tengo 4500 soles, ¿qué plantas debo sembrar para que me sobren 200soles?

4. Cuando hablamos de terreno de juego nos referimos al jardín y en ocasiones debes ubicar en forma estratégica las plantas para derrotar a los Zombies. Observa la siguiente imagen y contesta las preguntas.



Figura 42. ¿En qué lugar siembro las plantas?^{xliii}

- 4.1 ¿Cuál es la ubicación de los tres girasoles?

Girasol 1: _____

Girasol 2: _____

Girasol 3: _____

4.2 ¿Cuál es la ubicación de las Patatapum?

Patatapum 1: _____

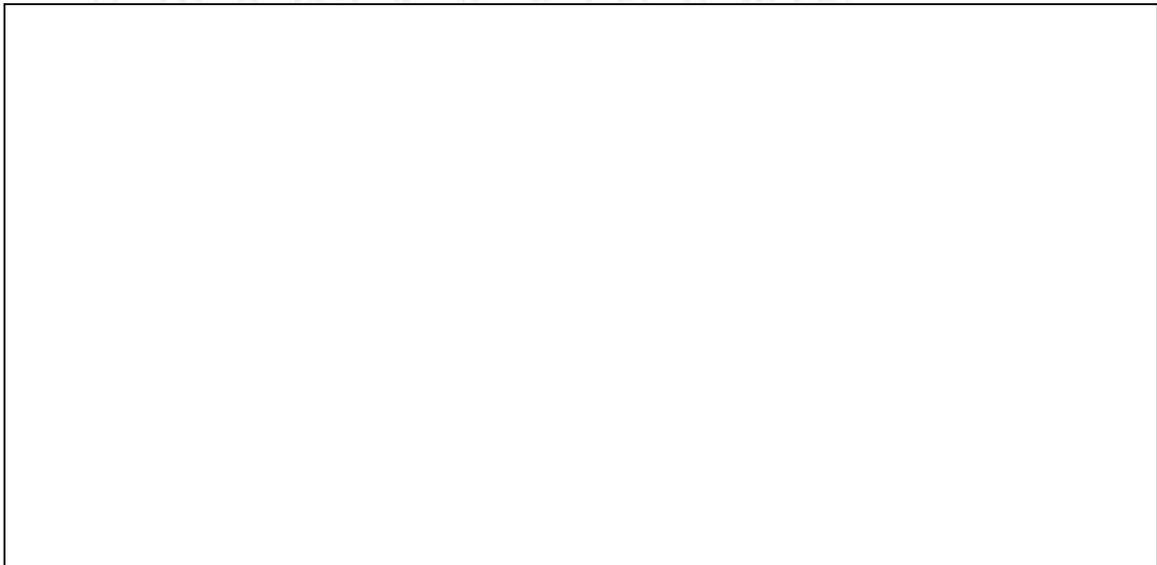
Patatapum 2: _____

4.3 ¿Cuál es la ubicación de la Nuez?

4.4 ¿Cuál es la ubicación del Zombie Saltador de Pérdiga?

5. Con la cantidad de soles que tienes ¿qué planta comprarías y en qué lugar la ubicarías para que derribe la mayor cantidad de Zombies?

6. Después de 1min, ¿cuántos soles producen los girasoles de la imagen?



Actividad 5: Torneo escolar de Plantas vs Zombies®



Figura 43. A ser los primeros del torneo ^{xliv}

Hoy se realiza el torneo escolar de Plantas vs Zombies®. Lo primero que se debe hacer entre todos los participantes es determinar los criterios para calcular el puntaje que los equipos obtienen en la competencia. Luego de la participar en el evento los datos que se obtienen en la sesión de juego serán registrados en la tabla de valoración para su respectivo puntaje. Elaboremos entre todos los participantes del torneo, los criterios para elegir el equipo que mejor juega Plantas vs Zombies®.

Criterios
<p style="text-align: center; font-size: 2em; opacity: 0.5;">UNIVERSIDAD</p>

Tabla 18. Criterios para la puntuación del torneo.

Notas de interés

- Entre todos se elegirá el nivel en que se competirá.
- El lugar de encuentro será en el aula digital donde en pantalla gigante presenciaremos las sesiones.

- Los registros para analizar entre todos y definir el equipo con mayor puntaje serán las grabaciones en video de la participación en el evento.

Los registros se depositarán en la siguiente tabla, y el puntaje estará de acuerdo a los criterios que establece los estudiantes.

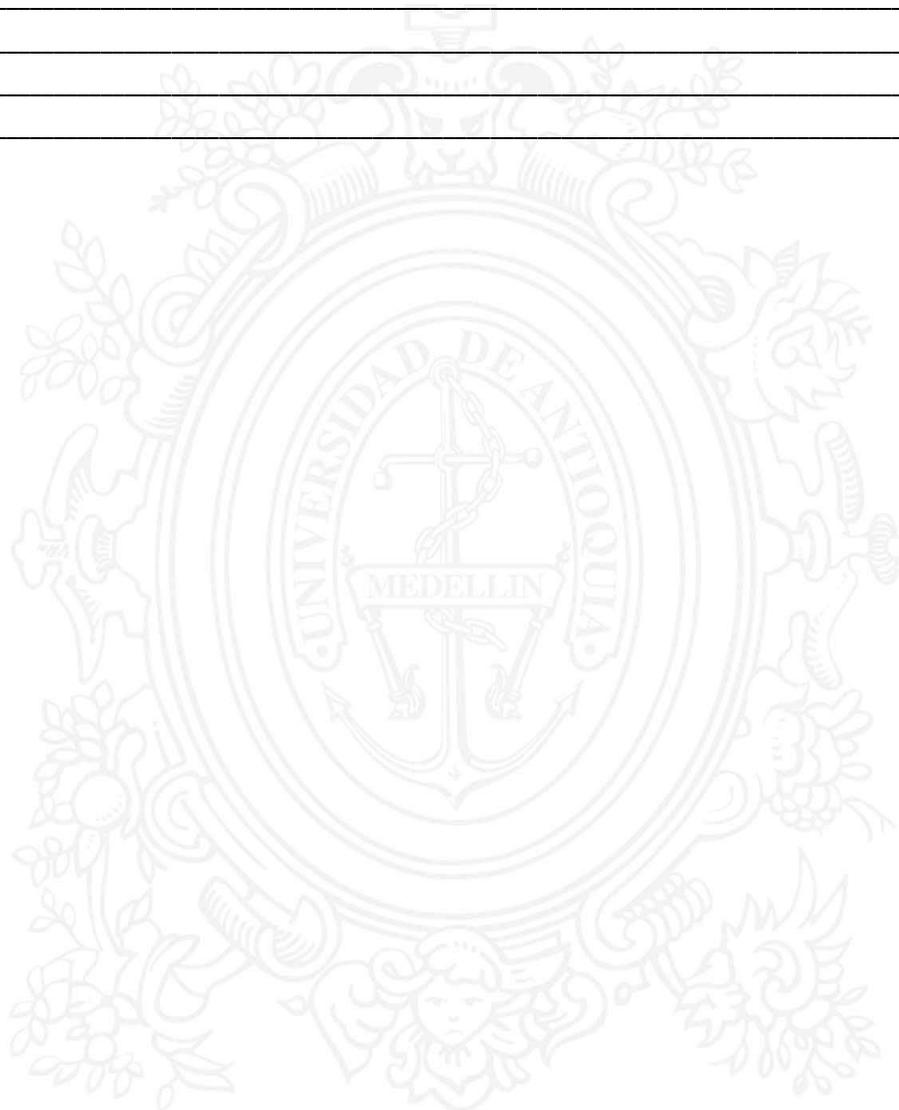
Valoración

Tabla 19. Tabla de valoración para la puntuación de los equipos del torneo.

		Torneo colegial Planta vs Zombies										Puntuación
Nivel												
Plantas que se usaron												
	n°		n°		n°		n°		n°		n°	
Plantas que devoraron los Zombies												
	n°		n°		n°		n°		n°		n°	
Corta césped en reserva												
Zombies que se combaten												
	n°		n°		n°		n°		n°		n°	
% Ocupación del jardín (finalizar)												
Soles que se acumularon												
Otros												
		Puntuación total:										

Realiza la puntuación:

Al finalizar, el equipo que obtuvo el mejor puntaje explicará cuáles fueron sus prioridades para cumplir con el objetivo y ganar el torneo escolar de Planta vs Zombies.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Actividad 6: ¿Cómo jugar mejor?



Figura 44. Replay, ¡vuelve a jugar!^{xlv}

De la actividad anterior quedaron las grabaciones de las sesiones de juego del evento *torneo de Plantas vs Zombies®*, ahora analizaremos algunos de los videos en busca de mejorar las estrategias que permitan establecer normas para mejorar el puntaje. Lo que debes hacer es lo siguiente.

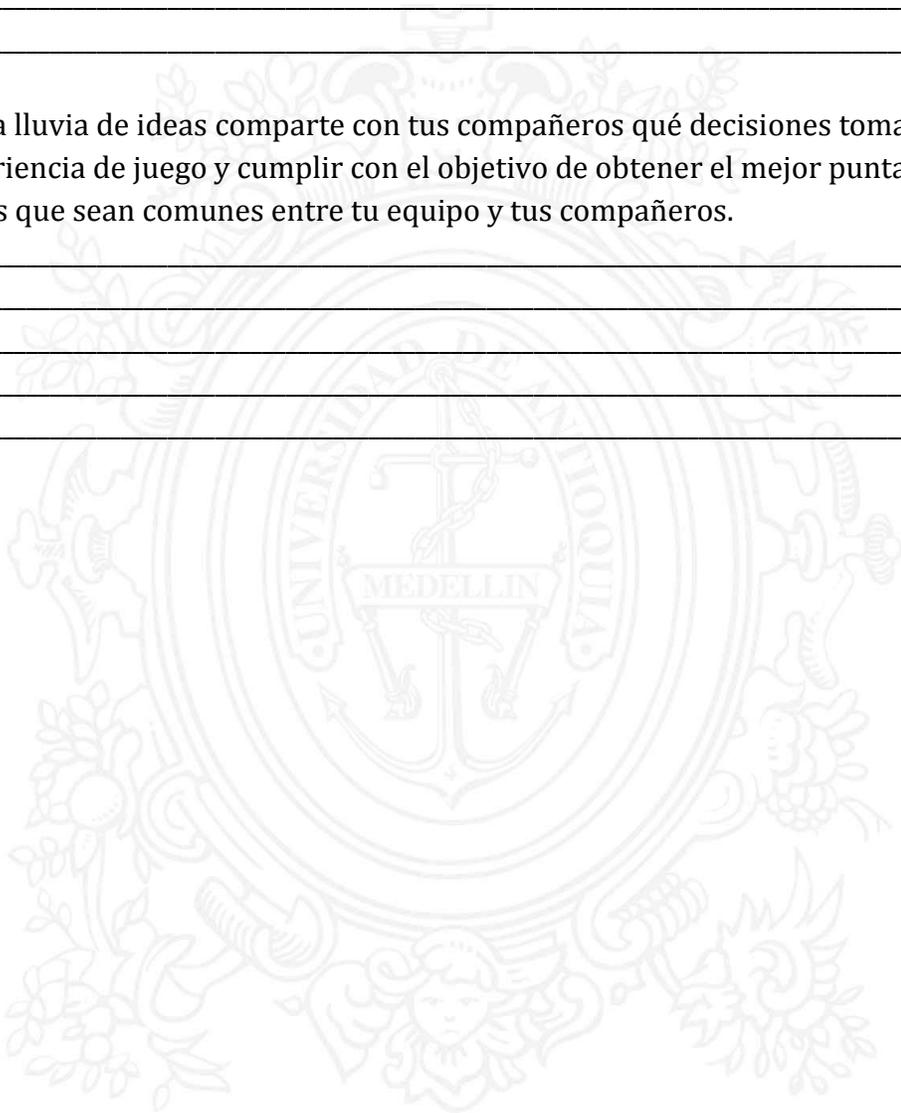
1. Realiza una guion de la estrategia que usaste en el video para enfrentarse a la horda de Zombies, en cuya descripción indica cuantos, en qué carril y que características tienen los Zombie que se acercan; Además, qué planta usó y en qué lugar las ubicó.

Línea	Planta	Ubicación	Zombie	¿Se derribó?		Soles disponibles
				SI	NO	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						

Tabla 20. Pasó a paso de la sesión de juego, análisis del video.

Con el video y el guion completo, ¿Cuáles decisiones consideras no son correctas?, indica que hubieras hecho para mejorar la puntuación. Justifica tu respuesta

Con una lluvia de ideas comparte con tus compañeros qué decisiones tomarías, para mejorar la experiencia de juego y cumplir con el objetivo de obtener el mejor puntaje. Haz una lista de ideas que sean comunes entre tu equipo y tus compañeros.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Validación

Actividad 7: Ahora si ¡A superar mi record!

En la interpretación y análisis de la actividad anterior, fueron evidentes acciones que posibilitan obtener la mayor puntuación en el videojuego, recordémoslas.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____

Ahora intenta jugar de nuevo el videojuego Plantas vs Zombies®, pero ten en cuenta las normas anteriores, e intenta responder las siguientes preguntas.

- a. ¿Consideras que la estrategia que se sugiere te posibilitó mejorar tu puntuación?

- b. ¿Qué puntaje obtuviste?

- c. ¿Cuál fue la ocupación de tu jardín? ¿Qué ocupación tuvo cada planta que usaste?

- d. ¿Qué tan cerca estuvo tu puntuación a la de otros compañeros?

e. ¿Cómo la estrategia te ayudó a mejorar tu puntaje?

f. ¿Cuál es la importancia de elaborar un plan o estrategia de juego para enfrentarte a las situaciones que se presentan en el videojuego?

Crea un podcast en el que intentes responder los siguientes cuestionamientos:

a. ¿Cómo fue tu experiencia de juego al tener un plan o estrategia de juego?

b. ¿Cómo elaborar un plan le permitió a tu equipo mejorar el puntaje?

c. ¿Cuál crees que es la importancia de elaborar un plan de acción para enfrentarte a situaciones de tu cotidianidad ya sea en la escuela o en el hogar?

d. ¿Qué situaciones de tu cotidianidad crees se puedes estudiar o analizar con un plan o estrategia?, comenta uno y qué estrategias implementarías.

- vii Imagen tomada y adaptada de <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/236x/a4/46/83/a4468373459c1bb6be5fc5f865f60935.jpg>
- viii [http://es.plantsvszombies.wikia.com/wiki/Plantas_contra_Zombis_\(saga\)](http://es.plantsvszombies.wikia.com/wiki/Plantas_contra_Zombis_(saga))
- ix <http://www.venon.com.ar/images/stories/procesossharepoint.png>
- x Imagen Tomada de: <http://www.juegosdb.com/wp-content/2012/05/Plants-Vs-Zombie-Free-Download-Full-Version.jpg>
- xi Imagen tomada y adaptada de: <http://cdn3.volusion.com/jants.petuy/v/vspfiles/photos/9153-2.jpg>
- xii Imagen tomada y adaptada de: <http://cdn3.volusion.com/jants.petuy/v/vspfiles/photos/9153-2.jpg>
- xiii Imagen tomada y adaptada de: http://multimedia.pol.dk/archive/00477/1_477387a.jpeg
- xiv Imagen tomada y adaptada de: <http://cdn3.volusion.com/jants.petuy/v/vspfiles/photos/9153-2.jpg>
- xv Imagen tomada y adaptada de: <http://cdn3.volusion.com/jants.petuy/v/vspfiles/photos/9153-2.jpg>
- xvi Imagen tomada y adaptada de: <http://cdn3.volusion.com/jants.petuy/v/vspfiles/photos/9153-2.jpg>
- xvii Imagen tomada y adaptada de: <http://cdn3.volusion.com/jants.petuy/v/vspfiles/photos/9153-2.jpg>
- xviii Imagen tomada y adaptada de: <http://cdn3.volusion.com/jants.petuy/v/vspfiles/photos/9153-2.jpg>
- xix Imagen tomada y adaptada de: <https://cdn.scratch.mit.edu/static/site/projects/thumbnails/174/1949.png>
- xx Imagen tomada y adaptada de: <https://cdn.scratch.mit.edu/static/site/projects/thumbnails/174/1949.png>
- xxi Imagen tomada y adaptada de: <https://cdn.scratch.mit.edu/static/site/projects/thumbnails/174/1949.png>
- xxii Imagen tomada y adaptada de: <https://cdn.scratch.mit.edu/static/site/projects/thumbnails/174/1949.png>
- xxiii Imagen tomada y adaptada de: <https://cdn.scratch.mit.edu/static/site/projects/thumbnails/174/1949.png>
- xxiv Imagen tomada y adaptada de: <https://cdn.scratch.mit.edu/static/site/projects/thumbnails/174/1949.png>
- xxv Imagen tomada y adaptada de: <https://cdn.scratch.mit.edu/static/site/projects/thumbnails/174/1949.png>
- xxvi Imagen tomada y adaptada de: <https://cdn.scratch.mit.edu/static/site/projects/thumbnails/174/1949.png>
- xxvii Imagen tomada y adaptada de: <https://cdn.scratch.mit.edu/static/site/projects/thumbnails/174/1949.png>
- xxviii Imagen tomada y adaptada de: <https://cdn.scratch.mit.edu/static/site/projects/thumbnails/174/1949.png>
- xxix Imagen tomada y adaptada de: <https://cdn.scratch.mit.edu/static/site/projects/thumbnails/174/1949.png>
- xxx Imagen tomada y adaptada de: <http://www.pic2up.net/viewing/XMXMMD5>
- xxxi Imagen tomada y adaptada de: http://www.meristation.com/files/imagenes/juegos/pc/strategy/real-time/plants_vs_zombies/popcapgame1_2009_05_11_20_18_39_98.jpg
- xxxii Imagen tomada y adaptada de: <http://www.pic2up.net/viewing/XMXMMD5>
- xxxiii Imagen tomada y adaptada de: http://www.meristation.com/files/imagenes/juegos/pc/strategy/real-time/plants_vs_zombies/popcapgame1_2009_05_11_20_18_39_98.jpg
- xxxiv Imagen tomada y adaptada de: <http://www.pic2up.net/viewing/XMXMMD5>
- xxxv Imagen tomada y adaptada de: <http://www.pic2up.net/viewing/XMXMMD5>
- xxxvi Imagen tomada y adaptada de: <http://www.pic2up.net/viewing/XMXMMD5>
- xxxvii http://www.meristation.com/files/imagenes/juegos/pc/strategy/real-time/plants_vs_zombies/popcapgame1_2009_05_11_20_18_39_98.jpg
- xxxviii Imagen tomada y adaptada de: <http://www.pic2up.net/viewing/XMXMMD5>
- xxxix Imagen tomada y adaptada de: <http://www.pic2up.net/viewing/XMXMMD5>
- xl Imagen tomada y adaptada de: <http://www.pic2up.net/viewing/XMXMMD5>
- xli Imagen tomada y adaptada de: <http://www.pic2up.net/viewing/XMXMMD5>
- xlii Imagen tomada y adaptada de: <http://www.pic2up.net/viewing/XMXMMD5>
- xliiii Imagen tomada y adaptada de: http://static-www.ecs.popcap.com/www.popcap.com/sites/pvz_franchise_2013/screenshots/pvz1/pvz1_ss1.jpg
- xliv <http://1.bp.blogspot.com/-53C4qCbdpks/UTzamNOEdVI/AAAAAAAAAGQw/yZjl7qMVB7w/s1600/Ganadores-Cuentas-Premium-Rapidshare-por-2%C2%B0-Aniversario.png>
- xlv https://www.qnap.com/i/_upload/family_apply_v2/images/Video20Station.png

Anexo D. Divulgación



UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN

**VII Congreso
Internacional
de Formación y Modelación
en Ciencias Básicas**

CERTIFICA QUE:

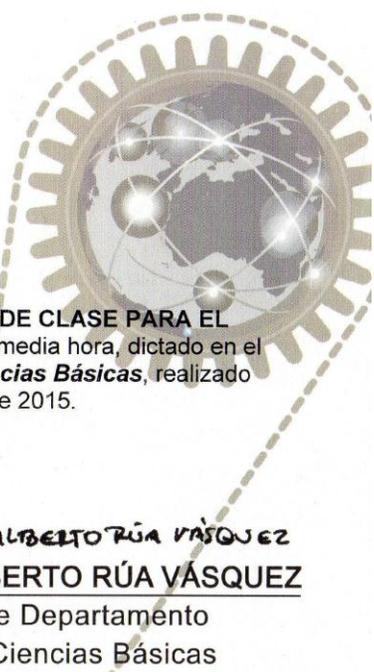
Daladier Rangel Iriarte

Asistió en calidad de
PONENTE

Con su presentación: "EL VIDEOJUEGO COMO RECURSO EN EL AULA DE CLASE PARA EL DESARROLLO DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA" con una intensidad de media hora, dictado en el marco del *VII Congreso Internacional de Formación y Modelación en Ciencias Básicas*, realizado en la *Universidad de Medellín* los días 28, 29 y 30 de abril de 2015.

LUZ DORIS BOLÍVAR YEPES
Vicerrectora Académica

JOSÉ ALBERTO RÚA VÁSQUEZ
JOSÉ ALBERTO RÚA VÁSQUEZ
Jefe Departamento
de Ciencias Básicas



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



Medellín, marzo de 2016.

Estimados ponentes

Daladier Rangel Iriarte y Paula Andrea Rendón Mesa

En el marco del **VIII CONGRESO INTERNACIONAL DE FORMACIÓN Y MODELACIÓN EN CIENCIAS BÁSICAS** - Segundas Jornadas de Cabri: Foro Educativo Internacional de Innovación en Matemáticas y Ciencias Educativas y The 2016 International Conference on Scientific Computing, University of Medellín, Colombia, a llevarse a cabo en la Ciudad de Medellín-Colombia, del 4 al 6 de Mayo del presente año, en las instalaciones de la Universidad de Medellín.

El comité organizador tiene el placer de comunicarle que su trabajo en la modalidad de (P) Ponencia, bajo la temática (EM) Educación Matemática

(PEM 043) EL PROCESO DE MODELACIÓN MATEMÁTICA MEDIADO POR UN VIDEOJUEGO DE ESTRATEGIA

Ha sido revisado y de acuerdo a los requisitos cumplidos, el veredicto su propuesta ha quedado en condición de:

ACEPTADA

Recordamos que dispone de 20 minutos para su exposición y 5 minutos para discusión e intercambio de ideas con los asistentes.

Su participación en el **VIII Congreso Internacional de Formación y Modelación en Ciencias Básicas** contribuirá al desarrollo de la Investigación en las Ciencias Básicas.

Atentamente



Comité Organizador

ACREDITACIÓN INSTITUCIONAL RESOLUCIÓN 5148 DE 2009



Certifica que:

Daladier Rangel Iriarte

Participó presentando su Experiencia Significativa

Dado en Tarazá Antioquia a las 21 días del mes de octubre de 2016

Liliana Tapias
Secretaria de Educación Municipal

Devis Camacho
Presidente Comité Organizador



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1803