

# Cachicamo: Un Videjuego de Plataformas para la Concienciación en la Preservación del Armadillo Gigante

Edgar Bernal<sup>1</sup>, Esmitt Ramírez<sup>2,3</sup>  
edgar.bernal@gmail.com, esmitt.ramirez@ciens.ucv.ve

<sup>1</sup> Departamento de Computación y Tecnología de la Información, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

<sup>2</sup> Escuela de Computación, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

<sup>3</sup> Centre de Visió per Computador, Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, España

---

**Resumen:** La conservación de animales en peligro de extinción es una problemática que afecta a muchas regiones alrededor del mundo. Un caso particular, es el armadillo gigante (*Priodontes maximus*) que es un animal que habita en América del Sur, ocupando una parte de la región de los llanos de Colombia y Venezuela. Como parte de los mecanismos de protección de este animal, existe un marco legal para la conservación de las especies amenazadas, sin embargo, esto no es suficiente para protegerlas, es necesario incrementar las estrategias de educación ambiental en la conservación de especies. Generalmente, se planifican espacios para discusiones y charlas, sin embargo, existen otras estrategias de igual impacto enfocadas en nuevas generaciones de jugadores. En este trabajo se plantea el desarrollo de un videojuego capaz de entretener y de concienciar al público simultáneamente, como un método alternativo de educación ambiental que pueda trascender y sensibilizar a las personas, haciendo uso de la tecnología. Cachicamo es un videojuego perteneciente al género de acción que utiliza plataformas con *puzzles* proyectado en 2.5D, para el fomento de la conservación del armadillo. El jugador es un armadillo que recorre un número finito de ambientes hasta llegar a una meta final, atravesando obstáculos y enemigos, mediante la resolución de diversos acertijos (*puzzles*) que van aumentando de dificultad a medida que avanza por los ambientes. El videojuego pretende concienciar a una parte de la población (infantil-juvenil), y por ello se construyeron métricas para medir su impacto, considerando la opinión de las personas de acuerdo con las encuestas realizadas. Así, nosotros consideramos que Cachicamo es un producto final de alta calidad gráfica y un pulido diseño de nivel, que ayuda a la concienciación en la conservación del armadillo.

**Palabras Clave:** Videjuego; Juego de Plataforma; Proyección 2.5D; Diseño de Niveles; Armadillo.

**Abstract:** The conservation of endangered animals is a problem that affects many regions around the world. A particular case represents a giant armadillo (*Priodontes maximus*) which is an animal that lives in South America, occupying a part of *Los Llanos* of Colombia and Venezuela. As part of the protection mechanisms of this animal, there are education and awareness initiatives. Moreover, a legal framework for the conservation of threatened species is not enough to protect them, and it is necessary to increase environmental education strategies in species conservation. Principally, spaces for discussions and talks are planned, however, there are other strategies of similar impact focused on new generations of players. This paper proposes the development of a videogame capable of both entertaining and raising public awareness, as an alternative method of environmental education that can transcend and sensitize people adopting the technology. Cachicamo is a videogame which belongs to the genre of action utilizing platforms with puzzles with 2.5D projection, in the promotion of the conservation of the armadillo. The player is an armadillo that travels a finite number of environments until achieving a final goal, crossing obstacles and enemies, by solving various riddles (puzzles) that increase in difficulty as player progresses through the environments. The videogame purposes to raise awareness of a part of the population (child-youth), and therefore metrics were built to measure their impact, considering the opinion of the people according to the surveys carried out. Thus, we consider Cachicamo is a product of high graphic quality that helps to raise awareness in the conservation of the armadillo.

**Keywords:** Videogame; Platform Game; 2.5D Projection; Level Design; Armadillo.

---

## I. INTRODUCCIÓN

La biodiversidad es un término que hace referencia a la cantidad y variedad de especies que habitan un área determinada, la cual se rige por dos procesos fundamentales: la extinción de las especies existentes y la aparición de nuevas especies [1], [2], [3]. La biodiversidad de cada región constituye un recurso valioso para la ecología, para la preservación del medio ambiente y para la conservación de la vida sobre la Tierra. La supervivencia del ser humano depende en gran parte de la conservación de la biodiversidad, en tanto que la explotación de los recursos naturales es la base de las actividades que dan sustento a la humanidad. Sin embargo, es el ser humano quien genera el mayor impacto en la alteración de los ecosistemas, amenazando la conservación de la biodiversidad [1], [4].

La sobreexplotación, el aprovechamiento irracional y la utilización descontrolada de los recursos naturales, mantiene amenazada a una proporción significativa de especies. Es responsabilidad de la humanidad evitar que el deterioro de la biodiversidad se haga más grave, por esta razón la conservación de las especies se ha vuelto un objetivo común de diferentes naciones y culturas del mundo a través de una gran cantidad de organismos e iniciativas.

En Venezuela existen varias especies amenazadas como el Armadillo Gigante (*Priodontes maximus*), una de las cuatro especies de cachicamos existentes en ese país. El armadillo es un animal nocturno e insectívoro, cuya característica principal es su llamativo caparazón dorsal de varias bandas. En el mundo existe una variedad de especies de armadillo [5], [6], muchas de ellas se encuentran distribuidas en diferentes regiones en toda América, y algunas se encuentran en peligro de extinción [7]. De por sí, el armadillo es un animal biológicamente débil dados sus hábitos alimenticios y reproductivos. Su principal depredador es el hombre, con su caza indiscriminada, para utilizar su coraza como adorno y su carne como alimento exótico, así como traficar especímenes vivos de forma ilegal.

El peligro de las especies no se reduce únicamente a la caza, también la contaminación de su hábitat es causal de su vulnerabilidad. Una población consciente de esta realidad puede contribuir de forma activa en la prevención de situaciones de peligro, a través de acciones concretas como la preservación del hábitat y el ambiente, evitando dar muerte a estas especies, alertando de situaciones de tráfico ilegal, etc. Sin embargo, el peligro de extinción del armadillo gigante (*Priodontes maximus*) y de otras especies, es una realidad poco conocida por la población.

En cuanto a su población no se conocen estudios de ningún fragmento de su distribución. En Venezuela su distribución geográfica es amplia pero se encuentra localmente restringida con densidades poblacionales muy bajas. Probablemente habitaba zonas de sabana donde en la actualidad ha sufrido extinciones locales debido a las altas tasas de explotación

y a la destrucción de hábitat. Al norte del río Orinoco las poblaciones están virtualmente extintas, particularmente en la cordillera de la Costa. A escala internacional la IUCN clasifica a la especie como Vulnerable. En Colombia se le reporta En Peligro, y en Perú y Ecuador como Vulnerable [15].

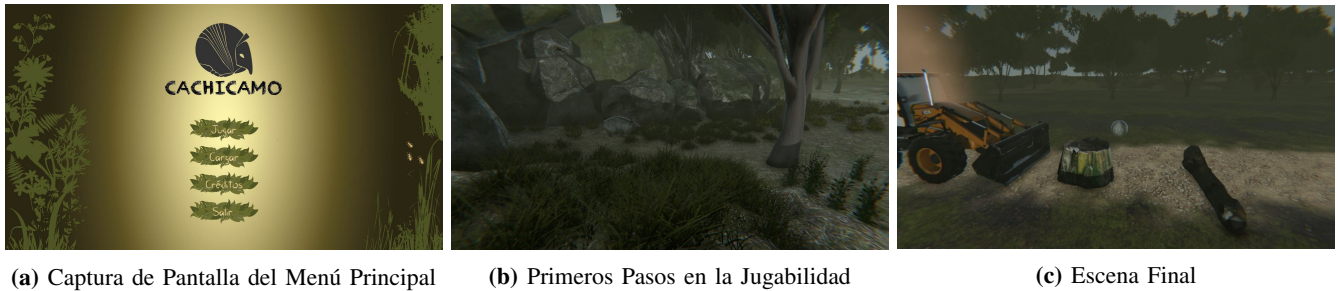
Según [15] el armadillo gigante (*Priodontes maximus*) que habita en Venezuela es un animal protegido desde los años 70, y desde entonces, se han llevado a cabo diferentes iniciativas de educación y concienciación. Existe un marco legal con respecto a la conservación de especies amenazadas y existen diferentes iniciativas, tanto gubernamentales como de organizaciones para la promoción de la conciencia social de esta problemática [7], [8], [9].

Para evitar la extinción de la especie del armadillo es necesario crear estrategias que no sólo permitan la divulgación del conocimiento, sino que sensibilicen y creen conciencia social entorno a esta problemática. Algunas de las estrategias pueden plasmarse a través de una herramienta innovadora, que pueda trascender a personas de todas las edades, haciendo uso de las nuevas tecnologías, de manera creativa y agradable. Un ejemplo destacable son los videojuegos, los cuales sirven como mecanismos de estrategia que pueden ayudar a la concienciación desde un punto de vista lúdico, en donde el jugador puede percibir un mensaje a través de una meta-narrativa mientras se divierte. En este sentido la ludificación es una buena alternativa para la educación ambiental en tanto que el contenido a transmitir no resulta evidente y el medio no será tedioso para quien interactúa con el videojuego [10], [11], [12].

En Venezuela, se han realizado investigaciones basadas en videojuegos empleando la ludificación. Un caso a destacar es el videojuego Einalu'u [13] que propone un videojuego de simulación de construcción y gestión de culturas indígenas prehispánicas. Particularmente, en el caso de la preservación de animales en peligros de extinción, Lima et al. [14] presentaron el videojuego Aventura Venezuela cuyo objetivo es concientizar sobre la preservación de la fauna silvestre venezolana: oso frontino, tuqueque de Monte Carlo, rocuál del norte, entre otros.

Ahora, los videojuegos se pueden clasificar a groso modo según su género tomando en cuenta su jugabilidad más que sus diferencias visuales o narrativas. A lo largo de la historia de los videojuegos han ido surgiendo nuevos géneros por la necesidad de clasificar juegos que no podían ser agrupados junto a otros existentes. La gran variedad de juegos en la actualidad y su complejidad ha difuminado los límites entre unos géneros y otros. Por ello actualmente es habitual que un juego se llegue a englobar en más de un género dependiendo en ocasiones del objetivo que tenga el jugador. Los géneros más representativos son: acción, aventura, rol, deportes, educativo, combate y simulación.

Los videojuegos de plataformas son del género de acción y



**Figura 1:** Capturas de Pantalla de la Ejecución de Cachicamo

sus mecánicas son ampliamente conocidas como un estándar dentro de los juegos de este tipo, que resultan altamente atractivos y permiten al jugador conectarse rápidamente con la dinámica del juego. La interacción esencial de este tipo de género se logra a través de plataformas que pueden estar a diferentes alturas. Las mecánicas más conocidas de los personajes dentro de este género son el desplazamiento y salto sobre una serie de plataformas u obstáculos.

En este artículo se propone un videojuego de plataformas para promover la conservación del cachicamo. El videojuego, llamado Cachicamo, es del género de acción y sus mecánicas son ampliamente conocidas como un estándar dentro de los juegos de este tipo, que resultan interesantes y permiten al jugador conectarse rápidamente con la dinámica del juego. Cachicamo emplea una proyección 2.5D, es decir sobre un plano definido, donde son aplicados efectos como sistemas de partículas, *shaders*, luz volumétrica y otros efectos que generan mayor realismo y acabado gráfico al juego. En la Figura 1 se muestran unas escenas del videojuego.

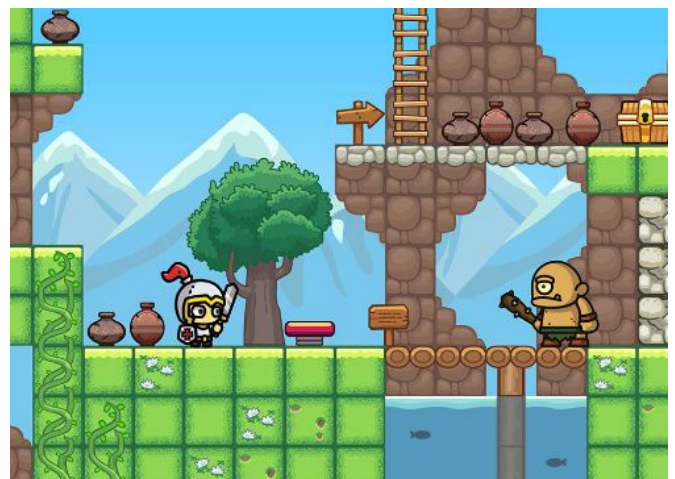
La organización de este artículo se presenta a continuación. En la Sección II se describen aspectos del diseño lúdico usados como la dinámica, mecánica del juego, así como las características de los niveles. La Sección III describe la propuesta planteada tomando en consideración áreas de conocimiento en el desarrollo del videojuego: la inteligencia artificial de los enemigos, simulaciones físicas y aspectos de arte son explicados en detalle en esta sección. La Sección IV contiene la experimentación realizada para demostrar nuestra propuesta. Finalmente, la Sección V, muestra las ideas finales de la investigación realizada, analizando el proceso de desarrollo.

## II. DISEÑO LÚDICO

La ejecución de una actividad de manera voluntaria donde se obtiene un resultado agradable genera una experiencia lúdica. Esta se logra basándose en la definición y aceptación de un conjunto de reglas, y la aceptación de un entorno paralelo en ejecución. La concepción de estos dos aspectos puede entenderse como el diseño lúdico. De acuerdo con la estética y las características de la forma del juego (i.e. jugabilidad) definido por un diseño lúdico, los videojuegos pueden agruparse en diversos géneros.

Los videojuegos del género de plataformas son un género cuya dinámica se centra en la interacción del personaje controlado por el jugador, siendo capaz de manejar ciertas habilidades de movimiento como caminar, correr, saltar o escalar sobre una serie de plataformas. En su entorno, se le presentan obstáculos y enemigos que el jugador debe evitar hasta llegar a la meta final. Este género se originó con Space Panic [16] y Donkey Kong [17] a inicios de los años 80 y tuvo su cenit con Super Mario Bros [18] en el año 1985. El uso de la gravedad y el empleo de escaleras o saltos para moverse a través de las plataformas que flotan a lo largo de la pantalla es la diferencia de estos juegos con respecto a otros juegos populares de su época.

Los primeros juegos de plataformas se caracterizaban por mostrar una jugabilidad donde el jugador se desplaza generalmente de izquierda a derecha hasta alcanzar un objetivo. En estos juegos la proyección suele ser ortogonal, con una cámara estática a una cierta distancia y ángulo fijo, que se mueve en una o dos direcciones para seguir al jugador y ampliar el campo (espacio) donde se desarrolla el juego. A este tipo de género se le conoce como desplazamiento lateral (i.e. *sidescrolling*) [19], en la Figura 2 se muestra un ejemplo que representa a un juego en esta categoría.



**Figura 2:** Desplazamiento Lateral en un Juego 2D

Según Hearn y Baker [20], existen tres tipos de dimensiones en la construcción de escenas previo al despliegue gráfico

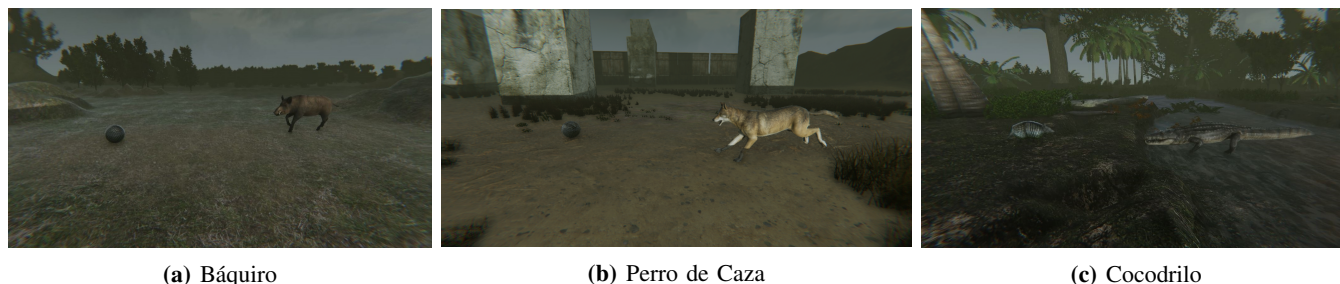


Figura 3: Tipos de Enemigos del Cachicamo

empleadas en los videojuegos de plataformas:

- **Bidimensionales (2D):** los objetos de una escena están compuestos de primitivas de dos dimensiones o sprites.
- **Tridimensionales (3D):** los objetos tienen movilidad libre sobre las escenas, y suelen representarse por mallas poligonales y mediante una proyección de transformación y efectos visuales, se da una sensación real de profundidad.
- **Dimensión 2.5D:** similar a los tridimensionales con la diferencia que los objetos se desplazan siempre sobre un plano definido (e.g. plano  $XY$ , horizontal y vertical) lo cual facilita el cómputo para el despliegue y operaciones de interacción entre objetos.

Cachicamo se puede clasificar dentro del género de juegos de plataformas de desplazamiento lateral con *puzzles* con dimensión 2.5D, donde la mecánica principal de desplazamiento del jugador es rodar como una esfera. El personaje principal es un cachicamo que intenta sobrevivir y escapar de las amenazas que se le presentan. La experiencia esencial se basa en sentir una constante ansiedad ante una amenaza latente permitiendo identificarse con el cachicamo como víctima, lo cual da énfasis a la intención de concientizar y sensibilizar a través del juego. Se desea que el juego constituya un aporte en la promoción de la conservación de esta especie vulnerable.

El desarrollo de videojuegos contempla al menos tres grandes áreas fundamentales, la programación, el arte y el diseño lúdico. Se consideraron como referencias artísticas y de diseño los videojuegos *Limbo* [21], *Never Alone* [22] y *Ori and the Blind Forest* [23]. Estos videojuegos utilizan las mecánicas estándar de los juegos de plataformas y una estrategia narrativa donde la historia se va contando a medida que el jugador interactúa con su entorno y va avanzando dentro del juego. En estos referentes los enemigos suelen abordar al jugador por sorpresa al protagonista, y esta técnica es la empleada en *Cachicamo* donde algunos enemigos presentan este tipo de comportamiento.

La dinámica del juego se caracteriza por la acción y movilidad que han de estar presentes en el jugador en todo momento. Constantemente el jugador es retado por las adversidades de su entorno, la presencia de enemigos y los acertijos que deberá superar para poder avanzar dentro de cada uno de los niveles. Todo ello, mientras enfrenta toda

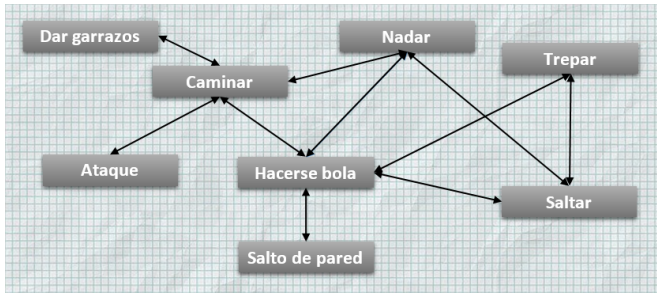
serie de obstáculos que ascienden en complejidad, haciendo que el jugador se introduzca en una meta-narrativa que plantea un mensaje de conservación del cachicamo como especie amenazada.

Aunque no haya una historia explícita, el cachicamo seguirá una especie de secuencia predefinida de ambientes, obstáculos y enemigos. El objetivo es recorrer los niveles en un orden que permita descubrir las habilidades y los retos que enfrenta el cachicamo para su sobrevivencia y la de los suyos, a medida que descubre el mapa de juego.

Para superar los obstáculos, el jugador va aprendiendo una serie de mecánicas a medida que avanza el juego. En la Figura 4 se muestra la máquina de estados del personaje principal acorde a las mecánicas, que se pueden resumir en:

- **Caminar:** el personaje podrá moverse con sus cuatro extremidades.
- **Hacerse bola:** para activar esta mecánica es necesario estar en la mecánica Caminar.
- **Saltar:** en tierra firme, sólo es permitido saltar cuando el personaje está en forma de bola. Al ser activado el personaje saltará a una distancia que puede variar de la intensidad del salto.
- **Salto de pared:** para llegar a lo más alto a veces es necesario saltar apoyándose de paredes u objetos afines.
- **Trepar:** se puede trepar y escalar sobre cuerdas, es posible balancearse de un lado a otro. Además, posee la habilidad de saltar.
- **Nadar:** al sumergirse en el agua, el personaje estará habilitado para nadar. Podrá permanecer dentro del agua por un tiempo definido (6 min de acuerdo con la capacidad real que tiene un cachicamo para contener la respiración).
- **Ataque:** existe la posibilidad de adormecer ciertos enemigos mediante esta mecánica cuando el jugador se encuentra en forma de bola. El jugador cae con fuerza sobre el enemigo al saltar para aturdirlos con su caparazón.
- **Dar garrazos:** utilizado para hacer daño a ciertos objetos, sólo se activa si el personaje no está en forma de bola.

Nótese que estas mecánicas son decisiones de diseño basados en el estudio de las características del comportamiento del cachicamo. Si bien es un juego donde las características de



**Figura 4:** Máquina de Estados de Personaje Principal

sus personajes y entorno pueden ser libres, en Cachicamo estamos empleando aspectos reales tal que su impacto sea a su vez educativo para lograr la concienciación requerida como objetivo primordial de nuestro enfoque. Para más información sobre el comportamiento, estilo de vida, hábitat, entre otros de los cachicamos se puede consultar los textos [5], [6], [7], [15].

#### A. Niveles

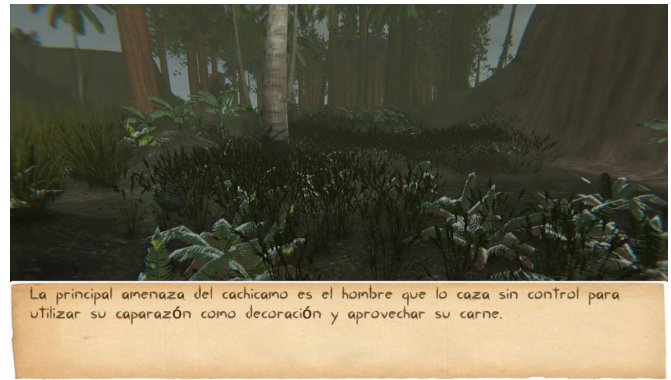
El juego presenta tres tipos de entornos distintos y estéticamente bien diferenciados, que se presentan al jugador como niveles progresivos que permiten introducir nuevas mecánicas, enemigos, obstáculos y *puzzles*, justificados por una meta-narrativa y una curva creciente de complejidad.

El cachicamo comenzará su recorrido en el nivel de los llanos, luego avanzará a un nivel rural, que lo hará continuar en otro nivel de los llanos, finalmente su aventura terminará en el nivel de la selva. Así, el cachicamo podrá saltar de plataforma en plataforma, nadar por regiones con agua, esconderse en madrigueras, rescatar a otros cachicamos cautivos, evitar amenazas de captura, sobrevivir a los depredadores y resolver acertijos para continuar su aventura. A medida que el jugador avanza por los niveles, se habilitarán nuevas habilidades y el nivel de dificultad se incrementará.

A modo de transición entre niveles, el juego muestra unos breves *Cut Scenes*, que se definen como segmentos informativos que interrumpen temporalmente la jugabilidad para comunicar un mensaje al jugador (ver Figura 5). La temática alrededor de la cual giran los *Cut Scenes*, serán aspectos referentes al cachicamo como especie. La intención es comunicar al jugador la importancia de la preservación de las especies amenazadas, promoviendo así la conservación a través de la sensibilización de los jugadores.

#### B. Enemigos

Los primeros enemigos son animales con los cuales el cachicamo comparte hábitat, no son depredadores naturales pero pueden disputarse el territorio, por esto su comportamiento es de patrullaje dentro de un área y sólo perseguirán al cachicamo si entra dentro de esa área, como se ilustra en la Figura 3.



**Figura 5:** Un Ejemplo de una Transición *Cut Scene*

Cuando el cachicamo entra en entornos rurales, se enfrenta a la amenaza de fragmentación del hábitat al tener que entrar a zonas de riesgo, y enfrentarse a otro tipo de enemigo que protege estos territorios con un comportamiento no sólo de patrullaje sino también de persecución. Los perros de caza y perros domésticos (ver Figura 3b) pertenecen a este grupo de enemigos, en tanto que ahuyentan a los cachicamos de las zonas rurales.

Finalmente, el cachicamo puede enfrentarse a depredadores naturales como enemigos, que manifiestan un comportamiento de ataques sorpresivos, persecución y emboscada. Los depredadores terrestres naturales del cachicamo son felinos, báquiros, zorros, coyotes, entre otros. Estos se encuentran al acecho, como el báquiro de la Figura 3a, que persiguen al cachicamo hasta que este logra escapar de su alcance o algún obstáculo le impide seguirlo. El cachicamo también encontrará enemigos en otros entornos, como el cocodrilo que se muestra en la Figura 3c el cual representa a un depredador no sólo en entornos terrestres sino también acuáticos. Particularmente, este enemigo se mantiene estático en un lugar y si el cachicamo se acerca a su territorio lo atacará.

Los cocodrilos pueden atacar en solitario o en manadas. En los entornos de agua, el jugador podrá encontrar también cardúmenes de pirañas, que tienen el mismo comportamiento de los cocodrilos con la diferencia que siempre atacan en manada y sólo se encuentran dentro del agua. En los entornos terrestres, el jugador podrá atacar a algunos enemigos saltándoles encima en forma de bola para noquearlos temporalmente con su duro caparazón.

### III. NUESTRA PROPUESTA

Como se mencionó anteriormente, Cachicamo es un videojuego que emplea plataformas con *puzzles* en una proyección 2.5D desarrollado en Unity para la plataforma *Windows*. Para ello, se empleó un proceso incremental de desarrollo siempre considerando el aspecto visual, la interacción del usuario, y el apego al ambiente real como principales objetivos de nuestra propuesta. En la Figura 6 se muestra un instante del proceso

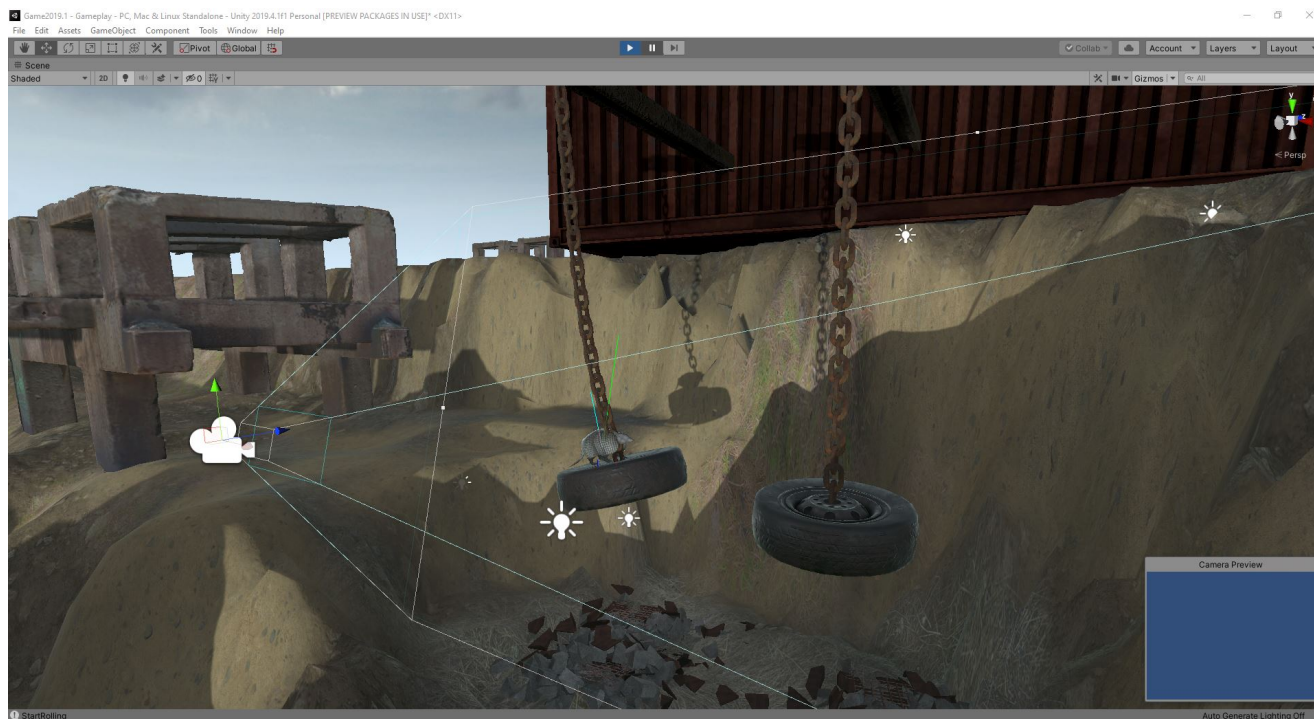


Figura 6: Proyección de la Escena durante el Proceso de Diseño de Cachicamo

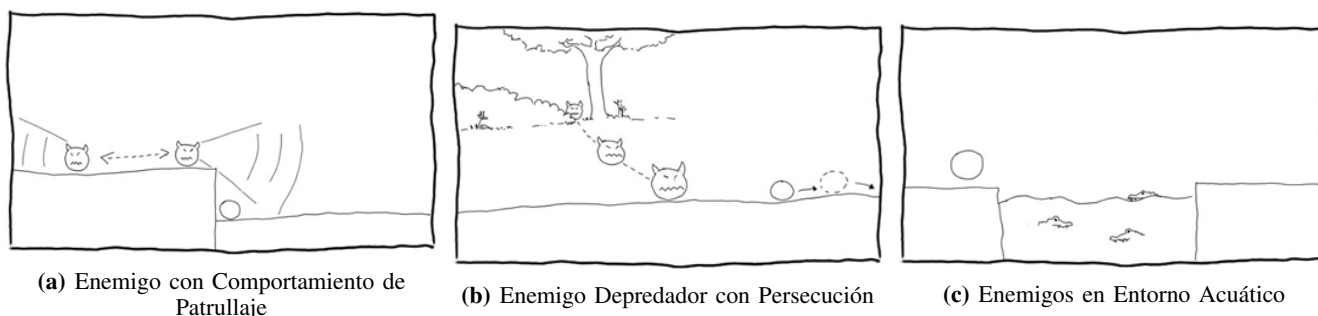


Figura 7: Bosquejo del Diseño de los Enemigos de Cachicamo

de desarrollo en Unity donde se pueden observar parte de los elementos visuales presentes para su creación.

La población de jugadores que va dirigido el videojuego es principalmente personas categorizadas como infantiles-juveniles en un rango de edades entre 8-30 años aproximadamente.

En la programación de Cachicamo intervienen diferentes áreas de conocimiento como la computación gráfica, el álgebra vectorial, el manejo de estructuras y algoritmos de despliegue, entre otros aspectos. Actualmente existen una gran variedad de motores para el desarrollo de videojuegos, que ofrecen todo un *framework* con estos componentes fundamentales para simplificar el proceso de desarrollo, para enfocarse en desarrollar la interactividad, las mecánicas y otros aspectos de la lógica de juego. En la actualidad, entre los más utilizados se encuentran Unity 3D [24], Unreal [25], CryEngine [26], entre otros. Para el desarrollo de Cachicamo,

se optó por Unity 3D.

En términos generales, además de estos componentes un videojuego puede requerir la implementación de algoritmos de Inteligencia Artificial, simulación de físicas, patrones de diseño, redes de computadoras, tanto para la conectividad en el caso de los juegos en línea o multijugador, así como para garantizar la seguridad en las plataformas de pago. A continuación, se presentará los enfoques empleados en nuestra propuesta.

#### A. Inteligencia Artificial

En los videojuegos, la Inteligencia Artificial (IA) se puede aplicar en la simulación de los comportamientos de los personajes que no son controlados por el jugador. Normalmente se conoce a estas entidades como PNJ (Personaje No-Jugador). Igualmente, la IA se emplea para crear recorridos o navegación de escenas, para la toma de decisiones en

juegos, para simular tácticas y estrategias militar, sistemas de aprendizaje, simulación del comportamiento inteligente de un rival en juegos de tablero, etc [27].

En los videojuegos de plataformas, la IA se puede aplicar para el control de los PNJ que puedan aparecer en la escena, pudiendo ser enemigos, aliados o personajes neutrales. Lo primero que se hace es definir los movimientos básicos para controlar el desplazamiento de las entidades PNJ dentro de una escena. Dependiendo del comportamiento a simular, el algoritmo puede requerir de uno o más parámetros para crear el movimiento del PNJ. Millington [27] define algunos de estos movimientos como:

- **Seek:** el PNJ persigue a un elemento objetivo que puede ser móvil o no.
- **Flee:** el PNJ se aleja de un elemento objetivo que puede ser móvil o no.
- **Arrive:** la velocidad de movimiento del PNJ disminuye conforme se acerca o se aleja de un elemento objetivo.
- **LookWhereYoureGoing:** orientar el movimiento a la dirección a donde está mirando el PNJ.
- **Wander:** el PNJ se desplaza en direcciones pseudo-aleatorias dentro de una escena.
- **Path Finding:** el PNJ se desplaza dentro de una escena siguiendo una ruta predefinida.

A partir de estos movimientos básicos, es posible combinarlos entre ellos (y añadiendo otros enfoques) para construir comportamientos más complejos:

- **Obstacle Avoidance:** el PNJ persigue un elemento objetivo evitando obstáculos. Este comportamiento utiliza un algoritmo seek más complejo donde el elemento objetivo cambia dinámicamente.
- **Patrullaje:** el PNJ hace un recorrido de manera cíclica dentro de un área limitada. Este algoritmo puede utilizar una búsqueda automática del camino que se reutiliza, haciendo el recorrido inverso al cambiar el elemento objetivo al punto de partida. En la Figura 7a se observa un bosquejo básico del comportamiento de patrullaje para Cachicamo.
- **Perseguir:** se agrega un componente de predicción al algoritmo seek de forma tal que el PNJ no persiga al elemento objetivo, sino a la dirección donde el elemento objetivo se está desplazando (ver Figura 7b).
- **Flock:** varios PNJ se desplazan como una bandada o un cardumen, de forma tal que todos parecen seguir a un elemento objetivo, manteniéndose equidistantes unos de otros mientras hacen el recorrido. La Figura 7c representa este comportamiento para enemigos en el agua.

Cachicamo implementa los comportamientos antes mencionados empleando IA en los enemigos. Estos pueden tener varios comportamientos de acuerdo con su interacción con el jugador. Por otro lado, se creó una máquina de estados para garantizar la completitud en las transiciones entre los

comportamientos.

### B. Simulación Física

En base a los componentes integrados en Unity para la simulación física, se desarrollaron nuevos sistemas compuestos para simular el funcionamiento de cuerdas y el agua.

La simulación de cuerdas se logra creando una cantidad de segmentos (*joints*) que son conectados en secuencia hasta formar una cadena. Cada segmento se define por un eje de rotación y una posición para su interconexión entre éstas. Esto proporciona a cada *joint* un grado de libertad en su movimiento.

En la Figura 8 se presenta una captura de pantalla en la edición del sistema de cuerdas desarrollado. Nótese que, en la vida salvaje los cachicamos no usan cuerdas, sin embargo, este comportamiento fue añadido en el diseño con una mayor interactividad al superar obstáculos.

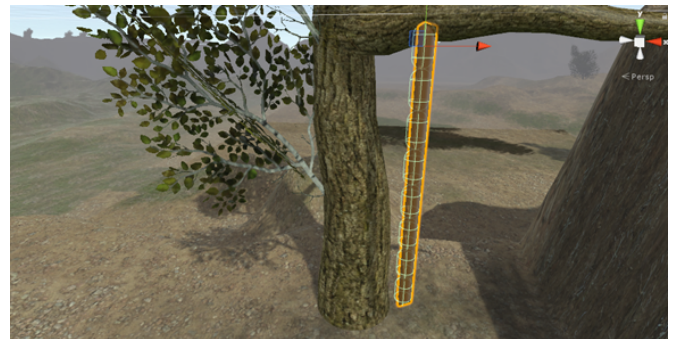


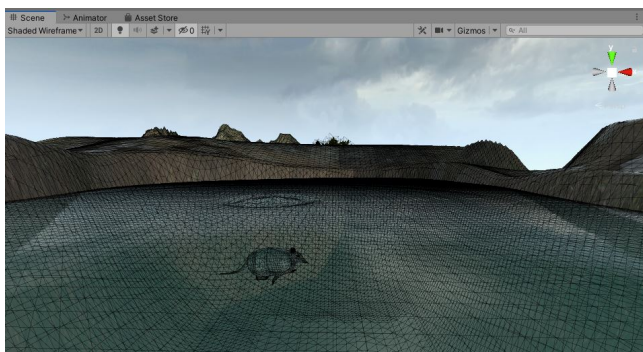
Figura 8: Captura de Pantalla de Edición de las Cuerdas

Por otro lado, se desarrolló un sistema de agua interactivo para simular aguas poco profundas, como piscinas, pequeñas cascadas, estanques, fuentes. El aspecto realista del agua se logra mediante la simulación de olas aplicadas a una malla poligonal de densidad configurable. También incluye un sistema de flotabilidad para objetos que pueden mantenerse sobre la superficie de agua, y para objetos hundidos parcial o totalmente. En la Figura 9a se muestra la representación de la superficie 9b.

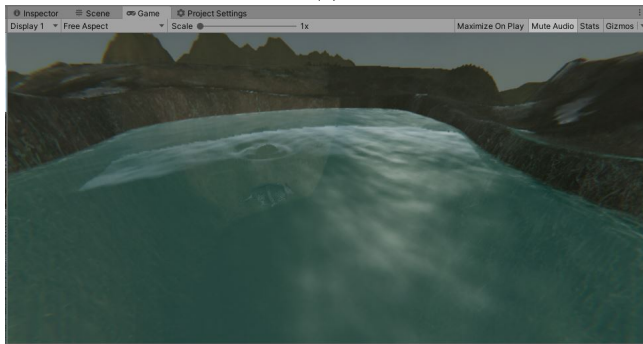
Otro aspecto que incluyen simulaciones físicas es la creación de un objeto sometido a los efectos de estar sumergido dentro de una corriente de agua. Para la simulación de este componente, se aplica una fuerza de desplazamiento de un volumen constante de agua considerando objetos rígidos en una dirección.

### C. Sistema de Cámara Dinámica

La cámara dentro del juego tiene como función perseguir y observar en todo momento la posición del jugador. Para este movimiento, se aplica un sistema mass-spring-damper para el suavizado de su trayectoria, la cual se encuentra



(a)



(b)

**Figura 9:** Superficie del Agua con (a) su Representación en Malla y (b) el *Render Final*

implementado en Unity. La trayectoria puede tener cambios bruscos de la interacción del cachicamo con la escena y la cámara, es por ello el uso del suavizado.

Para mejorar la visibilidad de objetos se mantiene una distancia entre el jugador y la cámara, así como una velocidad de desplazamiento. Debido a la gran diversidad de objetos dentro de la escena estos parámetros podían variar sus valores mejorando la jugabilidad al anticipar y reconocer la cercanía con los objetos.

#### D. Shaders

Los shaders son programas que son ejecutados directamente en la tarjeta gráfica. Así, es posible crear programas computacionales de cómputo excesivo para estructuras en 2D/3D dentro del ámbito de despliegue (i.e. *rendering*) de escenas. Es posible clasificar los shaders por su aplicación de acuerdo con espacio 3D, espacio imagen, híbrido, donde el primero se aplican a la geometría de la escena, y el segundo a la imagen a desplegar, y el último como una combinación de ambos.

En Cachicamo se emplean shaders a nivel de imagen, que se describen a continuación:

- **Screen Space Reflection:** una técnica para reutilizar los datos de espacio de pantalla para calcular reflexiones. Se

usa comúnmente para crear reflejos más sutiles, como en superficies de suelo mojado o en charcos.

- **Fog:** es el efecto de superponer un color en objetos que dependen de la distancia de la cámara. Se emplea para simular neblina en entornos al aire libre.
- **Ambient Occlusion:** es un método para aproximar la luz brillante de cualquier superficie en función de la luz y su entorno.
- **Bloom:** este efecto produce franjas de luz que se extienden desde los bordes de las áreas brillantes en una imagen contribuyendo a la ilusión de una luz extremadamente brillante que sobrepasa la cámara o el ojo que captura la escena.
- **Color grading:** es el proceso de alterar o corregir el color y la luminancia de la imagen final.

Un ejemplo de la aplicación de un efecto de shader se puede observar en la Figura 10. La Figura 10a muestra una captura de pantalla de un instante del juego sin aplicación del efecto neblina, y en la Figura 10b una vez aplicado. Nótese el efecto visual que genera en toda la escena, añadiendo un elemento de realismo ambientado acorde los objetivos del videojuego.



(a)



(b)

**Figura 10:** Ejemplo de la Aplicación del Efecto *Fog*: (a) sin su Aplicación y (b) una vez Aplicado

Del mismo modo, para dar un mejor acabado a la iluminación en cuanto a la neblina se implementó un sistema de iluminación volumétrico de código abierto llamado Aura<sup>1</sup>, la cual simula la dispersión de la luz en el medio ambiente y la iluminación de micro-partículas que están presentes en el entorno.

<sup>1</sup>Disponible en el Asset Store de Unity <https://assetstore.unity.com/packages/tools/particles-effects/aura-volumetric-lighting-111664>





**Tabla I:** Resumen de Resultados Obtenidos de las Jornadas de *Playtesting*

Resultados	Mejoras o modificaciones
Algunos obstáculos presentaban mucha complejidad	Modificaciones de diseño de nivel
La velocidad de desplazamiento del cachicamo en forma de bola se percibe lenta	Modificación de la física del cachicamo
Bugs con el sistema de agua y el salto	Correcciones en la detección de colisión con la superficie de agua
Algunos enemigos no representan una amenaza real	Ajustes de complejidad de enemigos (velocidad de persecución)
Algunos obstáculos presentaban mucha complejidad	Agregar checkpoints en ciertas zonas para disminuir la dificultad.
	Modificaciones de diseño de nivel
La caída libre del cachicamo luego de un salto se percibe lenta	Ajustes de gravedad
Bugs en el sistema de cuerdas	Mejora en el sistema de cuerdas
Desequilibrios en la curva de complejidad	Modificación de checkpoints
Bugs de enemigos	Corrección de errores de comportamiento y daño
Bugs de interacción con el entorno	Ajustes de posición de algunos objetos y complejidad
Errores en los mensajes de tutorial	Ajustes y correcciones en los eventos de mensajes
Complejidad de las torres de vigilancia	Ajustes en el cono de visión de la torre de vigilancia.
El campo de visión de juego es reducido	Modificaciones en la posición y distancia de la cámara de manera variable.
Ajuste de la gravedad luego del salto del cachicamo	Aplicación de fuerza externa

último, la cuarta jornada duró aproximadamente 1 hora logrando alcanzar al enemigo final.

En el primer prototipo se percibió la velocidad de movimiento lenta cuando se desplazaba en forma de bola; los jugadores manifestaron sentir aburrimiento en ciertas locaciones. Se realizaron ajustes en el código referente a la física en el controlador de jugador. Por otro lado, algunos objetos eran difíciles de evadir y los jugadores pasaban mucho tiempo tratando de avanzar a la siguiente fase. Se realizaron ajustes tanto al diseño de niveles como en la programación de movimiento del jugador.

En la segunda jornada se detectó que algunos enemigos eran muy fáciles de evadir, no representaban ningún reto y el jugador podía experimentar un poco de aburrimiento. Para corregir el flujo de juego, se ajustaron los parámetros de velocidad de persecución, la posición donde comienza la persecución colocándolo más cerca y el momento cuando se activaba la persecución. Además, la distribución de algunos puntos de salvado (i.e. *checkpoints*) no estaba balanceada de acuerdo con la dificultad de algunas áreas, el jugador podía perder de manera recurrente en zonas de alta complejidad, y siempre debía regresar a un punto anterior muy distante. Para corregir esto, se añadieron nuevos checkpoints.

En la tercera jornada se detectaron bugs de interacción con el entorno y con enemigos. Algunos objetos de tipo trampa de caza no se activaban de manera oportuna. Los algoritmos de los comportamientos fueron cambiados. El comportamiento de Patrullaje generaba un bug en ciertos momentos cuando había transición en su máquina de estados. El comportamiento de Persecución tuvo un ajuste en la detección de colisiones con el entorno evitando quedar en una posición fija sin moverse.

En la cuarta jornada se detectó un bug de interfaz de usuario que no permitía ocultar los mensajes de tutoriales una vez que el jugador avanzaba por los niveles. Se detectó que

el campo de visión de la torre de vigilancia era pequeño, permitiendo al jugador evadirla fácilmente. Igualmente, se agregó un sistema de cámara dinámica para que el jugador pudiera visualizar algunos objetos próximos a la cámara, con la finalidad de tener un tiempo de anticipación ante enemigos y obstáculos. La cámara inicialmente seguía al jugador ubicándolo en el centro de la pantalla. En cuanto al salto del cachicamo, se hizo nuevamente un ajuste en su caída libre luego del salto, esta vez se aplicó una fuerza externa con la misma dirección de la gravedad, pero con una magnitud superior. Este último cambio implicó realizar una prueba total de todos los niveles diseñados para ajustar los objetos y parámetros cuya interacción se viera afectada luego de estas modificaciones.

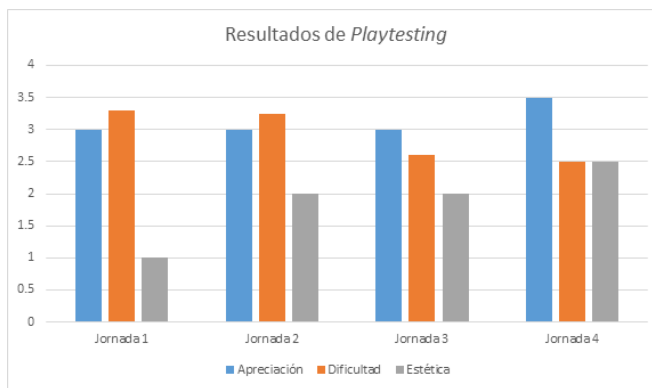
Durante las jornadas de *playtesting* se observaron las reacciones de los participantes al momento de probar los prototipos. Se definieron tres criterios con rangos diferentes de respuestas (ver Tabla II) con la finalidad de cuantificar la calidad del videojuego.

**Tabla II:** Definición de Criterios

Criterio	Rango de Respuestas
Apreciación	Nada (0), Poco (1), Indiferente (2), Le agrada (3), Encantado (4)
Dificultad	Muy fácil (0), Fácil (1), Equilibrado (2), Difícil (3), Muy Difícil (4)
Estética	Desagrado (0), Indiferente (1), Conformar (2), Le agrada (3), Encantado (4)

En el criterio de Apreciación se evalúa la impresión general percibida en el jugador en cuanto a su vivencia de experiencia esencial del juego. El criterio Dificultad permite evaluar el equilibrio de la complejidad del juego en relación con las habilidades que el jugador pueda desarrollar en su interacción con el juego. El criterio Estética evalúa la aceptación de los elementos artísticos (entorno, personajes, animaciones, efectos visuales, música) por parte del jugador.

De acuerdo con las reacciones y comentarios de los jugadores, se estimó la valoración para cada uno de los criterios, en algunos casos se interrogó directamente al jugador la puntuación. Los resultados obtenidos fueron promediados para cada jornada y presentados en la Figura 13. En las primeras jornadas de *playtesting*, la dificultad recibió valoraciones altas, esto fue equilibrado basado en las observaciones de los jugadores (II), disminuyendo la curva de dificultad en las siguientes jornadas. Así mismo, el criterio de estética recibió valoraciones más bajas en las primeras jornadas de *playtesting*, debido a que había pocos elementos de arte incorporados al juego en los primeros prototipos, a medida que estos se iban integrando al juego en los siguientes prototipos, las valoraciones de los jugadores fueron más positivas.



**Figura 13:** Gráfico de Resultados de *Playtesting*

Finalmente, el *playtesting* realizado permitió validar la experiencia esencial del juego basado en las impresiones generales que manifestaron los jugadores al probar los prototipos, esto es verificable gracias a los resultados del criterio de Apreciación. La manera como se introducen los enemigos y los obstáculos, los diferentes ambientes por los que transita el cachicamo, la información transmitida a través de los *Cut Scenes* y el enfrentamiento del cachicamo con el enemigo final, son elementos que definitivamente permiten al jugador experimentar lo que el juego busca transmitir. Así, entender la realidad de esta especie amenazada, se puede visualizar a través de una experiencia lúdica divertida.

## V. CONCLUSIONES

La producción de un videojuego es un trabajo de gran envergadura en tanto a la diversidad de tareas que convergen en el desarrollo del proyecto, que lo diferencian del proceso de producción de otro tipo de software. En un videojuego hay un componente artístico de gran peso, aunado al diseño de juego siendo este último un elemento fundamental, incluso por encima de la programación del videojuego.

El desarrollo del videojuego Cachicamo busca concienciar a través de una experiencia lúdica, a los potenciales jugadores en la conservación de los cachicamos como especie

amenazada. El videojuego desarrollado es de género de plataformas con *puzzles*, cuya dinámica de acción conlleva al uso de un estándar de mecánicas que mantienen al jugador activo e interesado, y al mismo tiempo bajo un estado de tensión constante debido al constante riesgo que el personaje principal muera, víctima de algún enemigo o daño del entorno.

La dinámica planteada, está enmarcada dentro de la temática de conservación del cachicamo, en tanto que el jugador toma el rol del animal, enfrentándose a todas estas amenazas, generando en el jugador deseos de supervivencia. Las dificultades que experimenta el jugador representan cada una de las amenazas que hacen vulnerables a los cachicamos, y son presentadas paulatinamente tal que el jugador pueda ir hilando esta meta-narrativa, y en consecuencia sensibilizándose con la problemática de conservación del cachicamo.

Para que la dinámica de juego resulte una experiencia lúdica agradable al tiempo que presenta la meta-narrativa de manera idónea, se creó un diseño de niveles robusto con una buena curva de interés y con un flujo de juego adecuado. El diseño contempló una cuidadosa presentación de cada uno de los elementos narrativos y de arte, que permitieran al jugador identificar los entornos en donde se desenvuelve el cachicamo y sus posibles amenazas. Además, fueron incluidos mensajes complementarios que permiten al jugador conocer otros aspectos descriptivos de los cachicamos y sus amenazas, y finalmente recibir el mensaje conservacionista más directamente. Los algoritmos de inteligencia artificial desarrollados permitieron crear comportamientos adecuados a los enemigos, acordes al diseño de juego y al contexto temático del mismo.

Fue posible validar la experiencia esencial del juego gracias a las jornadas de *playtesting*, donde se pudo constatar como el jugador identificaba los elementos narrativos del juego, identificándose con el cachicamo y aprendiendo algo de la realidad de esta especie amenazada, a través de una experiencia lúdica divertida.

Como parte de los trabajos a futuro se plantea mejorar la experiencia lúdica para el jugador y mejorar la estética del juego al que se ajuste aún más al tipo de ambiente que quiere representar, tal que simule un juego con un mejor acabado realista. Parte de esta mejora consistiría en incluir texturas y modelos 3D que se adecúen mejor a la fauna y la flora de los llanos y selvas venezolanas, y mejorar la iluminación global del juego, sombreado y otros elementos que dan un acabado más realista al juego.

## REFERENCIAS

- [1] F. van der Plas. *Biodiversity and Ecosystem Functioning in Naturally Assembled Communities*, Biological Review, vol. 94, no. 4, pp. 1220-1245, 2019.
- [2] C. Navarro. *Biología 3er Año*, serie Conexos, Ed. Santillana S.A., 2014.
- [3] S. Chauvín. *La Biodiversidad en los Ecosistemas*, Serie de Cuadernos para el Aula. Ed. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación, Argentina, 2007.

- [4] J. M. Chase, S. A. Blowes, T. M. Knight, K. Gerstner, y F. May. *Ecosystem Decay Exacerbates Biodiversity Loss with Habitat Loss*, Nature, vol. 584, pp. 238–243, 2020.
- [5] S. F. Vizcaíno, y N. Milne. *Structure and function in armadillo limbs (Mammalia: Xenarthra: Dasypodidae)*, Journal of Zoology, vol. 257, no. 1, pp. 117-127, 2002.
- [6] F. Trujillo y M. Superina. *Armadillo de los Llanos Orientales*, Ed. Fundación Omacha, 2013.
- [7] J. Rodríguez, A. García-Rawlins, y F. Rojas-Suárez. *Libro Rojo de la Fauna Venezolana*, Ed. Provita y Fundación Empresas Polar, 2015.
- [8] AVN - Agencia Venezolana de Noticias. *74 Proyectos se Ejecutan para Evitar Extinción de Especies en Venezuela*, Disponible en <https://cutt.ly/Egh4pAL>, 2013.
- [9] Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. *Estrategia Nacional para la Conservación de la Diversidad Biológica 2010-2020 y su Plan de Acción Nacional*, Disponible en [shorturl.at/dqDI5](http://shorturl.at/dqDI5), 2012.
- [10] G. Salas y F. Dueñas. *Aprendizaje Basado en Juegos como Herramienta de Educación Ambiental sobre la Fauna Nativa de Colombia*, en Proceedings del X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctico de las Ciencias, pp. 3417-3423, 2017.
- [11] J. Machorro. *Los Videojuegos se Abren Paso como Medio para la Educación Ambiental*, Extraído de <https://bit.ly/3jcQndU>, 2019.
- [12] J. Moreno-Cadavid, S. Vahos-Mesa, y C. Mazo-Muñoz. *Videojuego para la Enseñanza del Cuidado del Agua*, Tecnológicas, vol. 22, no. 45, pp. 61-74, 2019.
- [13] A. Urdaneta y E. Ramírez. *Einalu'u: Videojuego de Simulación de Construcción y Gestión de Culturas Indígenas Prehispánicas*, Revista Venezolana de Computación (ReVeCom), vol. 6, no 1, pp. 10-18, 2019.
- [14] L. Lima, D. Torres, y E. Ramírez. *Un Juego Serio para la Preservación de la Fauna Silvestre en Peligro de Extinción en Venezuela*, en Proceedings de la 3ra Conferencia Nacional de Computación, Informática y Sistemas (CoNCISA), pp. 50-60, 2015.
- [15] J. Rodríguez, A. García-Rawlins, y F. Rojas-Suárez. *Libro Rojo de la Fauna Venezolana*, 4ta edición, 2015.
- [16] B. López. *Juego: Historia, Teoría y Práctica del Diseño Conceptual de Videojuegos*, Ed. Alesia Games & Studies, 2014.
- [17] Silvergames. *What are Platform Games?*, Extraído de silvergames.com, Silvergames. <https://goo.gl/BLsXMD>, 2020.
- [18] S. Kent. *The Ultimate History Video Games: From Pong to Pokemon and Beyond...the Story Behind the Craze That Touched Our Lives and Changed the World*, 1ra. edición, Ed. Prima Life, 2001.
- [19] D. Boutros. *A Detailed Cross-Examination of Yesterday and Today's Best-Selling Platform Games*, Extraído de gamasutra.com, Gamasutra, <https://goo.gl/kfKNFM>, 2006.
- [20] D. Hearn, M. P. Baker, y W. Carithers. *Computer Graphics with Open GL*, 4ta edición, Ed. Pearson, 2010.
- [21] Playdead. *Limbo*, Disponible en <https://playdead.com/games/limbo/>, 2020.
- [22] E-Line Media. *Never Alone*, Disponible en <http://neveraloneygame.com/>, 2016.
- [23] Moon Studios. *Ori and the Blind Forest*, Disponible en <https://www.orithegame.com/blind-forest/>, 2015.
- [24] Unity Technologies. *Unity3D*, Disponible en <https://unity3d.com/>, 2020.
- [25] Epic Games. *Unreal Engine*, Disponible en <https://www.unrealengine.com/>, 2020.
- [26] Crytek. *Cryengine*, Disponible en <https://www.cryengine.com/>, 2018.
- [27] I. Millington y J. Funge. *Artificial Intelligence for Games*, 2da edición, Ed. CRC Press, 2009.
- [28] J. Schell. *The Art of Game Design: A Book of Lenses*, 1ra. edición, Ed. CRC Press, 2008.
- [29] Autodesk Inc. *Maya*, Disponible en <https://www.autodesk.com/products/maya/>, 2020.
- [30] Krita Foundation. *Krita*, Disponible en <https://krita.org>, 2020.