



FACULTAD DE INFORMÁTICA

TESINA DE LICENCIATURA

TÍTULO: PUMA: diseño y desarrollo de un videojuego educativo sobre agroecología

AUTOR: Moresco Nazareno

DIRECTORAS: Banchoff Claudia, Queiruga Claudia

ASESORES PROFESIONALES: Abbona Esteban y Martin Sofía

CARRERA: Licenciatura en Informática

Resumen

PUMA es un prototipo de videojuego educativo multiplataforma diseñado para introducir a niñas, niños y adolescentes en las prácticas agroecológicas de cultivo y la alimentación saludable y consciente. El juego busca enseñar principios y prácticas agroecológicas, como la rotación y diversificación de cultivos y su relación con la alimentación, a través de una experiencia interactiva y divertida. A lo largo del desarrollo, PUMA fue validado por expertos en agroecología, estudiantes de la Tecnicatura Universitaria en Agroecología de la UNLP y por jóvenes que se encuentran finalizando la educación secundaria en la EEST N° 9 de La Plata en la especialidad Programación. Este proyecto de tesis intenta contribuir con las metas relacionadas a la educación para el desarrollo sostenible y a la educación para un consumo y producción responsables de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) definidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Palabras Clave

Videojuego educativo, agroecología, alimentación y producción, software multiplataforma, software libre, código fuente abierto

Conclusiones

PUMA demostró ser una herramienta efectiva para el aprendizaje de principios y bases para el manejo agroecológico de sistemas de producción de cultivos y su relación con la alimentación. Aunque el prototipo presenta limitaciones en cuanto a su alcance, las bases para futuros desarrollos han sido sólidamente establecidas. La versión web de PUMA puede accederse desde el siguiente enlace: nazamoresco.github.io/puma.

Trabajos Realizados

Diseño y desarrollo de un prototipo funcional de videojuego educativo multiplataforma enfocado en el aprendizaje de la agroecología y su vínculo con la alimentación consciente. Este desarrollo se realizó bajo la supervisión y colaboración de expertos en agroecología para validar contenidos y mecánicas de juego. Se implementaron prácticas agroecológicas dentro del juego, como la rotación, la diversificación de cultivos y su relación con la alimentación. Se realizaron pruebas para evaluar el contenido y la efectividad educativa del prototipo con dos grupos de estudiantes: de la Tecnicatura Universitaria en Agroecología de la UNLP y de la especialidad Programación de la EEST N° 9 de La Plata que se encuentran realizando su Práctica Profesional Supervisada (PPS) en el LINTI-UNLP (Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas).

Trabajos Futuros

Integración de aspectos sociales y económicos de la agroecología, como la economía circular y la equidad de género en la producción agrícola. Mejora de la accesibilidad del videojuego. Expansión del contenido educativo del videojuego para abarcar otros principios agroecológicos no incluidos en esta versión.

Índice

Índice	1
Agradecimientos	3
Capítulo 1. Introducción	4
1.1. Motivación	4
1.2. Objetivo	4
1.3. Construcción del Documento	5
Capítulo 2. Agroecología, la Temática en PUMA	6
2.1. Introducción	6
2.2. Agroecología	6
2.3. Principios y Prácticas de la Agroecología	6
2.3.1. Biodiversidad en los Sistemas Agrícolas y Rotaciones de Cultivos	6
2.3.2. Diversificación de la Alimentación	7
2.3.3. Otros Principios y Prácticas de la Agroecología	8
Capítulo 3. Videojuegos Educativos, el Medio en PUMA	9
3.1. Videojuegos Educativos	9
3.2. Videojuegos Multiplataforma	10
3.3. SEGAE, un Videojuego Destinado a Aprender sobre Agroecología	10
3.3.1. Diferencias entre SEGAE y la Propuesta de PUMA	12
3.4. Medir el Impacto del Videojuego Educativo	13
Capítulo 4. Diseño de PUMA	15
4.1. Descripción General	15
4.2. El Tiempo en PUMA	16
4.2.1. Estaciones del Año en PUMA	16
4.2.2. Crecimientos de los Cultivos	16
4.3. Mercado de Semillas	17
4.4. Elaboración y Venta de Platos. El Personaje “Sapo”	18
4.4.1. El Personaje Sapo	22
4.5. El Espantapájaro Consejero	24
4.6. Monedas en PUMA	26
4.7. Los Niveles en PUMA	27
4.7.1. Nivel 1	28
4.7.2. Nivel 2	29
4.7.3. Nivel 3	30
4.7.4. Nivel 4	31
4.8. Prácticas Agroecológicas en PUMA	32
4.8.1. Rotación de Cultivos	32
4.8.2. Policultivo	33
4.8.3. Plantación en Temporada	35
4.9. Menú General	36
4.10. Algunas Reflexiones sobre el Diseño de PUMA	36
Capítulo 5. Desarrollo de PUMA	38

5.1. Proceso de Desarrollo	38
5.2. Retroalimentación con Expertos en Contenidos	38
5.3. Playtesting	39
5.4. Implementación	40
5.4.1. El Motor de Videojuegos Flame	40
5.5. El Arte en PUMA	41
Capítulo 6. Desafíos Tecnológicos y de Diseño	42
6.1. Desafíos Tecnológicos	42
6.1.1. Implementación de Parcelas Dimétricas	42
6.1.2. Optimización de Cuadros por Segundo (FPS)	45
6.1.3. Manejo de Imágenes	47
6.1.4. Adaptabilidad a Distintas Pantallas	49
6.2. Desafíos de Diseño	52
6.2.1. Representación de la Usabilidad de las Parcelas	52
6.2.2. Representación del Tiempo en la Interfaz	55
6.2.3. Reorientación de la Mecánica Principal: de Semillas a Platos y la Introducción del Sapo	56
6.2.4. Mejora de la Interfaz del Semillero	58
6.2.5. Automatización de la Mecánica de Fumigación	59
6.2.6. Visualización del Conteo de Monedas	61
Capítulo 7. Evaluación de PUMA	65
7.1. Introducción	65
7.2. Pruebas con Estudiantes de TUnA	65
7.2.1. Introducción	65
7.2.2. Metodología	65
7.2.3. Resultados	66
7.2.4. Conclusiones	74
7.3. Análisis de la Encuesta con Estudiantes de PPS	75
7.3.1. Introducción	75
7.3.2. Metodología	75
7.3.3. Resultados	76
7.3.4. Conclusiones	87
7.4. Conclusiones Finales	88
Capítulo 8. Conclusiones y Trabajos Futuros	90
8.1. Conclusiones	90
8.2. Trabajos Futuros	91
Referencias	93

Agradecimientos

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida, brindándome apoyo incondicional en cada paso de este camino. A mis amigos, por estar siempre presentes con su apoyo y valiosos consejos que enriquecieron este proceso. A mis directoras, por su guía y compromiso, sin los cuales esta tesis no habría sido posible. A los asesores, por su desinteresada contribución, aportando conocimientos que dieron forma a este trabajo.

Capítulo 1. Introducción

1.1. Motivación

En 2015, los estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobaron 17 Objetivos como parte de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Esta agenda establece un plan de 15 años para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y perspectivas de las personas en todo el mundo (Organización de las Naciones Unidas, s.f.).

En este marco, la Agenda 2030 exige un nuevo enfoque en la producción agrícola para garantizar una alimentación suficiente, segura y nutritiva que respete los derechos humanos. Los miembros de la ONU para la Alimentación y la Agricultura (FAO) coinciden en que la agroecología es una respuesta clave para guiar la transformación sostenible de nuestros sistemas alimentarios (FAO, s.f.).

Motivado por colaborar con los ODS, específicamente en la meta 4.7 sobre educación para el desarrollo sostenible y en la meta 12.8 sobre la difusión de información para un consumo y producción responsable, y por el acercamiento que tiene la Facultad de Informática con la comercializadora de la UNLP “La Justa” que nuclea a familias productoras del cinturón hortícola de La Plata que producen bajo manejo agroecológico, hemos decidido construir una herramienta educativa enfocada en la producción agroecología y su vínculo con la alimentación.

Los videojuegos son una forma de entretenimiento popularmente adoptada entre niñas, niños y adolescentes, que presentan una oportunidad para incluir en procesos educativos considerando su potencialidad como elemento atractivo y efectivo (Rojas-García et al., 2022). Por lo tanto, hemos decidido crear un prototipo de videojuego educativo con el objetivo de introducir a niñas, niños y adolescentes en las prácticas de cultivo agroecológico y su vínculo con la alimentación, con la intención de inspirarlos a ser agentes de cambio en la construcción de un futuro más sostenible.

1.2. Objetivo

El objetivo principal de esta tesina es diseñar y desarrollar un prototipo funcional de videojuego educativo multiplataforma para introducir a niñas, niños y adolescentes en la producción agroecológica y su relación con la alimentación.

Creemos que los videojuegos educativos son un medio ideal para incentivar y convocar a los jóvenes a involucrarse en el futuro como consumidores, productores y/o desarrolladores en el campo de la agroecología, clave para una producción y consumo de alimentos más sostenibles. A este prototipo lo llamamos PUMA, acrónimo de “Proyecto Universal: Manejo Agroecológico”.

1.3. Construcción del Documento

Este documento describe el proceso creativo y técnico detrás de PUMA, narrando cada etapa desde la concepción inicial hasta las iteraciones de desarrollo y las pruebas del prototipo:

- **Capítulo 1:** presentamos la motivación del proyecto y describimos el objetivo de la tesis.
- **Capítulo 2:** presentamos conceptos de agroecología y cómo difiere de la agricultura tradicional, con especial atención en principios de biodiversidad, diversificación dietética y prácticas relevantes incorporadas en el juego.
- **Capítulo 3:** describimos algunas definiciones de videojuego educativo y videojuegos multiplataforma. Presentamos antecedentes de videojuegos sobre agroecología y realizamos una comparación con SEGAE. Analizamos técnicas para evaluar PUMA.
- **Capítulo 4:** describimos y analizamos el diseño de las mecánicas e interfaz de usuario en PUMA, explicando cómo integramos los principios y prácticas agroecológicas en el juego.
- **Capítulo 5:** compartimos el proceso de desarrollo de PUMA, sus dos principales iteraciones, describimos la colaboración con expertos en agroecología, definimos la herramienta utilizada de playtesting y detallamos las tecnologías elegidas para desarrollar PUMA, Flutter y Flame.
- **Capítulo 6:** enumeramos varios desafíos técnicos y de diseño que enfrentamos en la construcción del prototipo y cómo los resolvimos.
- **Capítulo 7:** describimos cómo diseñamos y llevamos a cabo las pruebas con jugadores y cuáles fueron los resultados obtenidos.
- **Capítulo 8:** compartimos conclusiones y posibles trabajos futuros.

Capítulo 2. Agroecología, la Temática en PUMA

2.1. Introducción

El objetivo de PUMA es introducir a niñas, niños y adolescentes en conceptos de producción con base de manejo agroecológico y su relación con la alimentación, ya que lo consideramos un aspecto clave relacionado a una formación para un futuro de producción y consumo sostenibles. En este capítulo, definimos qué es la agroecología y exploramos algunos de sus principios y prácticas.

2.2. Agroecología

La agroecología es un enfoque integrado que aplica simultáneamente conceptos y principios ecológicos y sociales al diseño y la gestión de los sistemas alimentarios y agrícolas (FAO, 2018). En contraste, la agricultura industrial, que es el modelo dominante actualmente, se caracteriza por el uso de insumos externos como pesticidas químicos, monocultivos y un uso intensivo de los recursos. Las prácticas de la agricultura industrial han provocado una deforestación masiva, escasez de agua, pérdida de biodiversidad, agotamiento del suelo y niveles elevados de emisiones de gases de efecto invernadero (FAO, 2018).

Un enfoque agroecológico en la producción de alimentos mitiga sistemáticamente los problemas de la agricultura industrial. Por ejemplo, el principio de diversificación de cultivos en la agroecología aumenta la resiliencia a plagas y eventos climáticos, eliminando la dependencia de insumos químicos. Asimismo, la práctica agroecológica de incorporar la biomasa al suelo mejora la fertilidad y reduce su agotamiento a largo plazo (SOCLA, 2009).

2.3. Principios y Prácticas de la Agroecología

En la agroecología existe una gran variedad de principios y prácticas, sin embargo en esta sección nos ocuparemos de describir aquellos que integramos en PUMA: el valor de la biodiversidad y las dietas diversas, el policultivo y las rotaciones de cultivo. Además, comentamos brevemente sobre otros principios que por el momento no integramos en este prototipo pero son considerados para versiones futuras del videojuego.

2.3.1. Biodiversidad en los Sistemas Agrícolas y Rotaciones de Cultivos

La biodiversidad se refiere al conjunto de las especies de plantas, animales y microorganismos que interactúan dentro de un agroecosistema. En el contexto de la agricultura, Nicholls et al. (2015) explican que una comunidad de organismos se torna más compleja cuando se incorpora un gran número de diferentes tipos de plantas. Esto conduce a una mayor interacción entre artrópodos y microorganismos, componentes de la biodiversidad tanto sobre como debajo del suelo, lo que a su vez promueve procesos ecológicos que dan estabilidad al sistema agrícola. Esta estabilidad se refleja en una producción más

estable y menos vulnerable a plagas y sequías. En particular, respecto al manejo de plagas de insectos, se observa un incremento de enemigos naturales, una reducción en la abundancia de herbívoros y una disminución de los daños a los cultivos.

La diversidad de cultivos se puede conseguir de distintas formas, temporalmente mediante la rotación de cultivos o espacialmente mediante el uso de cultivos intercalados (FAO, 2018). Los policultivos generan una serie de ventajas (Flores y Sarandón, 2014):

- Mayor diversidad biológica, por mayor cantidad de especies y con estas generar una mayor cantidad de ambientes para otras especies.
- Mayor estabilidad biológica que dificulte la aparición de plagas y enfermedades que afecten a los cultivos. Esto promueve una menor necesidad del uso de agroquímicos para la regulación de las mismas.
- Optimización en el uso de los recursos como el agua, la luz y los nutrientes, permitiendo que se utilicen mejor dentro de los sistemas productivos y se pierdan menos.
- Mejor habilidad competitiva de los cultivos que dificulte la emergencia de malezas.
- Mejor oferta nutricional para la población por brindar más variedad de cultivos y, con estos, de nutrientes.
- Menor riesgo económico, por contar con una mayor cantidad de cultivos simultáneamente.
- Mejor distribución de las tareas en el tiempo, al no tener una concentración de demanda de mano de obra en un momento determinado.
- Mejor distribución de los ingresos al tener ventas de las cosechas distribuidas a lo largo del año.

2.3.2. Diversificación de la Alimentación

La diversificación de la alimentación se refiere a la inclusión de una amplia gama de alimentos en la dieta, abarcando diferentes grupos como granos, frutas, verduras, proteínas y grasas. En contraste, actualmente solo tres especies (trigo, arroz y maíz) representan el 48% de todas las calorías consumidas (FAO, 2017).

Una diversificación en las dietas es necesaria para una producción agroecológica porque incrementa la diversidad de cultivos demandados. Que la población genere una mayor demanda de distintos tipos de alimentos permitirá dar sostenibilidad a la diversificación de los sistemas productivos. Cuando se aprovecha en sistemas agroecológicos, estos traen una serie de beneficios relacionados con la diversificación de cultivos mencionados en la sección anterior.

2.3.3. Otros Principios y Prácticas de la Agroecología

Existen otros principios y prácticas de la agroecología que no se incluyeron en este primer prototipo de PUMA, particularmente los principios y prácticas sociales y económicos. En este sentido, la FAO (2017) menciona la creación conjunta e intercambio de conocimientos entre campesinos y científicos, el abordaje de la desigualdad de género, especialmente de las mujeres productoras, y la creación de economías circulares y solidarias. En futuros trabajos, estos principios podrían ser incorporados a PUMA.

Capítulo 3. Videojuegos Educativos, el Medio en PUMA

En este capítulo, abordamos el uso de videojuegos en la educación como medio para que niñas, niños y adolescentes puedan construir y producir conocimiento autónomamente en un campo dado del saber. Definimos qué son los videojuegos educativos y qué son los videojuegos multiplataforma. Comparamos PUMA con el videojuego educativo SEGAE también enfocado en el aprendizaje de la agroecología y examinamos una metodología para evaluar la efectividad de este tipo de juegos en la educación.

3.1. Videojuegos Educativos

Cuando hablamos de videojuegos en la educación, el término “juegos serios” es particularmente popular. Abt (1970), quien acuñó el término, los distingue como juegos diseñados con un propósito educativo explícito y cuidadosamente planificado, y señala que no están destinados únicamente al entretenimiento. Hoy en día, este término puede referirse a juegos que, además de tener un propósito educativo, pueden estar destinados a publicidad, simulación y otros fines que van más allá del mero entretenimiento.

Otro concepto utilizado en videojuegos en educación es el de “juegos transformacionales”, definido por la diseñadora y creadora de videojuegos Sabrina Culyba (2018). Para la autora los juegos transformacionales son aquellos desarrollados con la intención de transformar a los jugadores de formas específicas que persistan y se transfieran más allá del juego, englobando al concepto de “juegos serios”. Ejemplos de juegos transformacionales incluyen “Duolingo” una plataforma con juegos creada con el objetivo de permitir a cualquier persona aprender un nuevo idioma, “Happy Atoms” un juego para tablets diseñado para desmitificar la química con una forma práctica de explorar la estructura de las moléculas y su aplicación, y “PlayForward: Elm City Stories” un juego para tablets que pretende reducir la exposición al VIH de los adolescentes de riesgo transformando sus habilidades, conocimientos y comportamientos en situaciones de riesgo.

Una revisión sistemática de estudios sobre videojuegos en contextos educativos formales realizada por Antequera y Guerra (2022) reveló un creciente interés en la utilización de los videojuegos en la educación. De hecho, al buscar el término “juegos serios” en Google Scholar se obtienen 82,900 resultados, y el término “videojuegos educativos” produce 76,300 resultados.

Este interés creciente tiene su razón de ser: una revisión sistemática de la literatura sobre intervenciones con videojuegos educativos en la educación secundaria realizada por Rojas-García et al. (2022) en el que se analizaron 19 investigaciones publicadas en Web of Science, Scopus y SciELO, entre los años 2016 y 2021, reveló que el 84% de las intervenciones son efectivas y el 16% mostró resultados

parcialmente efectivos. Estas publicaciones son del continente Europeo, mayoritariamente de España. Este mismo estudio señala que los videojuegos en educación resultan beneficiosos en los siguientes aspectos: incremento del aprendizaje, mejora en la motivación, desarrollo de habilidades y competencias y percepción favorable del conocimiento. Además, los videojuegos son un medio muy atractivo para los jóvenes y forman parte de sus consumos culturales. En este sentido, esto se ve reflejado en la Encuesta de Consumos Culturales (2023) realizada en Argentina entre noviembre de 2022 y enero de 2023, la cual indica que el 74.67% de los jóvenes de entre 12 a 19 años reportan jugar videojuegos.

3.2. Videojuegos Multiplataforma

Los videojuegos multiplataforma son aquellos diseñados y desarrollados para ser jugables y compatibles en distintas plataformas, como consolas de videojuegos, computadoras personales y dispositivos móviles (Çakır Aker et al., 2016). En cuanto a los dispositivos utilizados en Argentina por jóvenes entre los 12 y 19 años para jugar videojuegos, la Encuesta de Consumos Culturales (2023) arroja que, un 88.99% usan celulares, un 7.05% usan tablets, un 31.28% usan computadoras de escritorio, un 11.01% usan notebooks y un 34.36% usan consolas. Para PUMA, elegimos un enfoque multiplataforma porque consideramos que es esencial que el juego sea accesible en una amplia variedad de dispositivos que los jugadores puedan disponer, ya sea en sus hogares o en entornos educativos. Por este motivo hemos elegido el framework de código fuente abierto Flutter para la implementación de PUMA dado que permite el desarrollo multiplataforma, como explicamos en el Capítulo 5.

3.3. SEGAE, un Videojuego Destinado a Aprender sobre Agroecología

Al buscar proyectos o videojuegos similares, nos encontramos con SEGAE (<https://www.segae.org/>). SEGAE es un proyecto de tres años de Erasmus¹ que asoció a seis universidades europeas de Bélgica, Francia, Italia y Polonia para la creación de un videojuego con el objetivo de fortalecer el entrenamiento europeo en agroecología, particularmente en habilidades para la transición de sistemas agrícolas a la adopción de prácticas para mayor sustentabilidad (Jouan et al., 2021).

En SEGAE el jugador está a cargo del manejo de una granja agroganadera y debe interactuar con cada uno de los elementos en el paisaje (edificios, campos, animales, etc.) como muestra la Figura 3.1, y elegir de una lista de prácticas agroecológicas anualmente con el objetivo de maximizar la sustentabilidad de la granja.

¹ Erasmus+ es el programa de la UE que respalda la educación, la formación, la juventud y el deporte en Europa (<https://erasmus-plus.ec.europa.eu/es>)



Figura 3.1. Pantalla principal de SEGAE: visualiza los elementos principales de una granja europea

Una peculiaridad de SEGAE es su acercamiento holístico a la sustentabilidad compuesta de 3 pilares fundamentales y sus interacciones: económico, ambiental y social, como se muestra en la Figura 3.2.

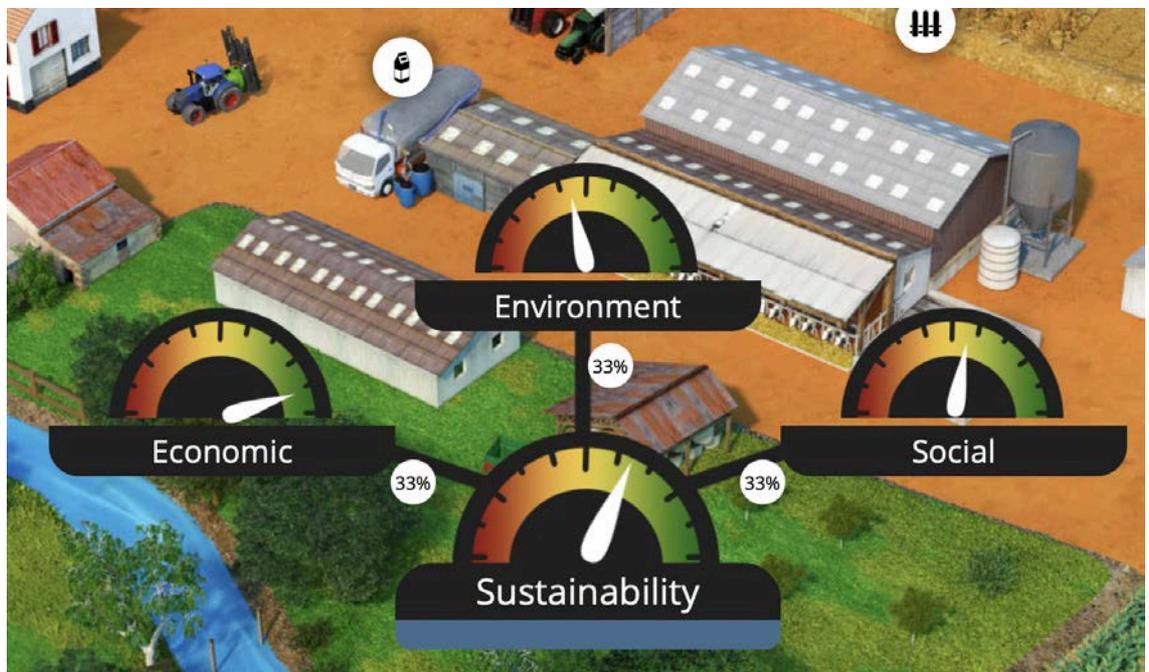


Figura 3.2: Los 3 pilares de la sustentabilidad en SEGAE: el económico, el ambiental y el social

3.3.1. Diferencias entre SEGAE y la Propuesta de PUMA

En SEGAE hay una gran presencia de estadísticas, textos y diálogos, como se puede observar en la Figura 3.3. El jugador puede elegir anualmente entre 124 prácticas que tienen un impacto en 575 indicadores de sustentabilidad. Este nivel de complejidad proporciona cierta profundidad al contenido educativo, pero también puede resultar intimidante para nuevos jugadores. Esto se debe a que su público objetivo son principalmente estudiantes universitarios en campos relacionados con la agricultura y está diseñado preferiblemente para que los jugadores sean guiados por un profesor (Jouan et al., 2021). En contraste, la propuesta de PUMA está ideada con un enfoque más introductorio para niñas, niños y adolescentes sin la necesidad de la presencia de un profesor, ya que buscamos que los jugadores puedan jugarlo fuera de un entorno educativo.

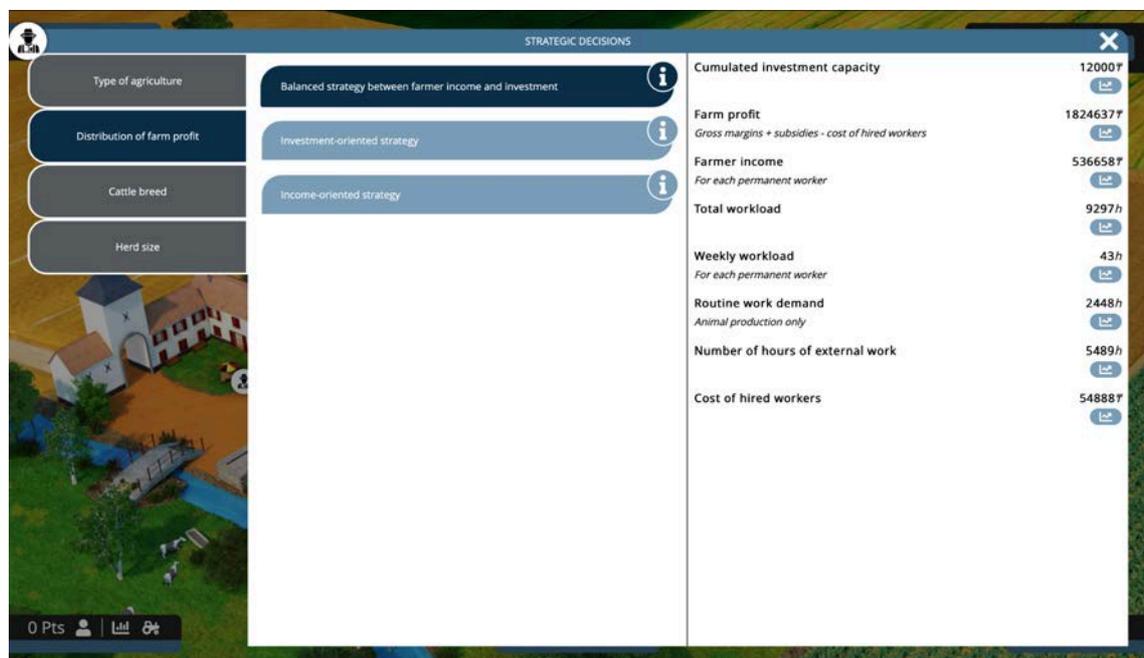


Figura 3.3. Pantalla de los menús y diálogos presentes en SEGAE.

SEGAE fue desarrollado con la colaboración de 6 universidades europeas y la compañía francesa Succubus (<http://www.succubus.fr>). Mientras que el desarrollo de PUMA se enmarca en el contexto de una Tesina de Grado de Licenciatura en Informática que cuenta con la colaboración de un artista gráfico, dos directoras y dos asesores profesionales. En este sentido, la diferencia en el tamaño del equipo de trabajo y objetivos perseguidos determinan el tamaño y alcance de ambos proyectos.

En relación a la disponibilidad del código fuente, en SEGAE solo una parte es de código fuente abierto: el motor de cálculos que conecta la matriz de SEGAE que determina cómo las prácticas afectan a

los indicadores de sustentabilidad. Por otro lado, PUMA² es totalmente de código fuente abierto y está disponible para su uso y adaptación.

SEGAE está disponible en una gran variedad de idiomas incluido el español, mientras que PUMA será desarrollado únicamente en español, dado que está dirigido inicialmente a la región de La Plata donde se ubica el cinturón hortícola más grande de la Argentina cuya producción abastece entre el 60% y el 90% de la verdura fresca que se consume en la provincia de Buenos Aires y otras provincias del país (García, 2015). Es en este sentido la introducción de múltiples idiomas no es considerada una prioridad.

SEGAE está desarrollado para ejecutarse en navegadores web, sin embargo en nuestras pruebas no hemos observado que se adapte correctamente a pantallas de dispositivos móviles, no cumple con la característica de diseño web responsive³. Con el afán que PUMA sea accesible a la mayor cantidad de dispositivos posibles buscamos que se adapte a distintos tamaños de pantallas y exportarlo para distintas plataformas.

3.4. Medir el Impacto del Videojuego Educativo

Uno de los desafíos al desarrollar un videojuego educativo es diseñar y comprobar su capacidad educativa, para ello nos preguntamos ¿qué tan efectivo es a la hora de enseñar los conceptos que pretende enseñar? Una forma de evaluar el entendimiento de un concepto por parte del jugador es observar su progreso en el juego es decir que el jugador supere ciertos desafíos, puede ser un indicador del entendimiento de estos conceptos (Sabrina Culyba, 2018). Sin embargo, la misma autora señala que el progreso del jugador en el videojuego no es suficiente para afirmar que el videojuego es efectivo en la enseñanza de un concepto, dado que dicho conocimiento puede no trasladarse o usarse en contextos diferentes, es decir lo aprendido en el videojuego puede usarse en otras situaciones o contextos diferentes. En este sentido, la autora explica que para poder afirmar de una forma más confiable dicha transferencia de conocimiento, se debe complementar con preguntas sobre los conceptos que se pretende enseñar en un cuestionario posterior.

Otro gran desafío en la evaluación de los videojuegos es responder a la pregunta ¿qué tan efectivo es en términos de entretenimiento? Al evaluar software, se debe usar algún marco de calidad, como el de “Calidad de Uso” del estándar internacional ISO/IEC 25010, que permite evaluar cómo los usuarios finales perciben y experimentan el software. En el caso de los videojuegos, González Sánchez y Gutiérrez Vela (2014) argumentan que la jugabilidad puede considerarse como una extensión de la calidad en uso. La jugabilidad se centra en aspectos hedónicos como el entretenimiento, la diversión al superar obstáculos, las recompensas intrínsecas y los aprendizajes, mientras que la usabilidad se centra en

² <https://github.com/nazamoresco/puma>

³ Diseño web responsive se refiere a la capacidad de un sitio web para adaptarse a distintos tamaños de pantalla y dispositivos.

aspectos utilitarios como la finalización de tareas, la eliminación de errores, las recompensas externas y la reducción de la carga de trabajo (J. L. González Sánchez, F. L. Gutiérrez Vela, 2014). Los autores proponen un modelo de calidad de la experiencia de uso basado en la jugabilidad llamado PQM (Playability Quality Model). Este modelo incorpora varios factores que se evalúan para determinar la calidad de la experiencia del usuario en videojuegos:

- **Efectividad:** capacidad del jugador para alcanzar los objetivos definidos dentro del juego, es decir cuán bien el juego facilita el logro de metas.
- **Eficiencia:** evalúa los recursos que los jugadores deben invertir para alcanzar sus objetivos, incluyendo tiempo y esfuerzo. Un juego eficiente minimiza estos recursos mientras maximiza la satisfacción del jugador.
- **Satisfacción:** mide el agrado y la respuesta emocional del jugador al interactuar con el juego, crucial para valorar la aceptación general del producto.
- **Seguridad:** asegura que el juego no representa riesgos para la salud o seguridad de los usuarios.
- **Cobertura del Contexto:** determina la aplicabilidad del juego en diferentes contextos de uso, incluyendo variaciones en hardware, software y características de los usuarios.

Capítulo 4. Diseño de PUMA

En este capítulo compartimos las decisiones de diseño, de mecánicas e interfaces de PUMA y su propósito.

4.1. Descripción General

PUMA es un videojuego multiplataforma donde el jugador toma las riendas de una huerta agroecológica. El jugador adopta distintas prácticas agroecológicas, como la rotación de cultivos, para superar obstáculos en la sustentabilidad de la huerta, como las plagas o el agotamiento del suelo.

En la Figura 4.1 se puede observar la pantalla principal de PUMA: el jugador tiene una perspectiva dimétrica de su huerta, donde puede interactuar con clics o toques en la pantalla con sus 9 parcelas. En la parte superior izquierda (a), el jugador encuentra información sobre la estación actual del año, el acceso a un menú para comprar semillas y otro para armar y vender platos. En la parte superior derecha (b), el jugador puede acceder al menú principal, la cantidad de monedas que dispone, la cantidad de fumigaciones realizadas y el porcentaje de monocultivo. En la parte inferior de la pantalla (c) los jugadores tienen a su disposición una serie de semillas para plantar, esto es el “semillero”. Cada tipo de semilla tiene un ícono que la representa, debajo del ícono se muestra la cantidad de semillas que el jugador posee de ese tipo y a partir del nivel 4 también se indica en qué estación del año es ideal para la plantación del tipo de cultivo. El cultivo seleccionado tiene un borde de color blanco para señalarlo.



Figura 4.1. Pantalla principal de PUMA

Los jugadores pueden usar los cultivos que cosechan como ingredientes en una interfaz de cocina, para crear platos y venderlos y así obtener monedas. En la sección 4.4 describimos dicha interfaz.

En el diseño de PUMA proponemos 4 niveles de dificultad. Para superar los distintos niveles los jugadores deberán desbloquear todos los platos y alcanzar una cantidad de monedas. Los jugadores pueden conseguir estos objetivos produciendo distintos cultivos y usándolos para elaborar y vender platos por monedas. Al mismo tiempo, la sustentabilidad de la producción mediante la adopción de distintas prácticas agroecológicas será clave para la victoria.

A continuación se describen algunas características claves de PUMA.

4.2. El Tiempo en PUMA

El tiempo es una pieza fundamental en PUMA para el crecimiento de los cultivos; este transcurre constantemente, donde un segundo en el mundo real equivale a un día en PUMA. Decidimos que el tiempo transcurra de esta forma para crear un dinamismo que mantenga ocupado y atento al jugador. Aún así, detenemos el tiempo en algunas circunstancias, por ejemplo cuando se abren algunos menús.

4.2.1. Estaciones del Año en PUMA

En cada instante de tiempo en PUMA se asigna una estación del año (verano, invierno, otoño o primavera). En la Figura 4.2 se observan los íconos elegidos para representar cada estación en PUMA: el invierno está representado con un copo de nieve, el otoño con una hoja seca, la primavera con una flor y el verano con un sol con anteojos de sol. Usamos estos íconos para mostrar la estación actual del año y las de siembra de las semillas.



Figura 4.2. Iconos de las estaciones

4.2.2. Crecimientos de los Cultivos

El tiempo en PUMA impulsa el crecimiento de los cultivos en las parcelas. A medida que crecen, los cultivos pasan por 4 fases:

- **Plantado:** el cultivo se acaba de plantar.
- **Cotiledón:** los primeros cotiledones acaban de crecer.
- **Crecimiento (3 estados):** tres estados intermedios de crecimiento.
- **Listo para la cosecha:** el cultivo está listo para ser cosechado.

Y tienen dos posibles fases terminales:

- **Cosechado:** el cultivo fue cosechado antes de morir.
- **Muerto:** el cultivo murió antes de ser cosechado.

Esta cantidad de fases es suficiente para permitir las interacciones pensadas con el jugador y obtener fluidez en la animación de crecimiento. Por otro lado, en relación al arte del juego, específicamente la creación de imágenes, esta cantidad es realizable en el contexto de este proyecto de tesis.

Dependiendo del cultivo, la identificación del momento de cosecha varía en dificultad, llegando en algunos casos a ser indetectable para un ojo no entrenado. Para mitigar este problema añadimos un ícono complementario sobre los cultivos, como se observa en la Figura 4.3. Este es un ícono representativo del cultivo y ejecuta una animación de “salto”, que resulta intuitiva para los jugadores como señal que la parcela está lista para ser cosechada.



Figura 4.3. Pantalla que muestra la ayuda para identificar el momento de cosecha de un cultivo

4.3. Mercado de Semillas

Para cultivar semillas el jugador debe comprarlas en el “Mercado de Semillas”. Este mercado es una interfaz que, además de permitir la compra de semillas, muestra información sobre el nombre de la semilla, su ícono, su estación de siembra, su costo y la cantidad que posee actualmente el jugador. En la Figura 4.4 se puede observar la interfaz del mercado de semillas activa.



Figura 4.4. Pantalla del mercado de semillas

Cuando PUMA detecta que el jugador no tiene semillas y puede comprar semillas, es decir tiene monedas, el botón para abrir el mercado de semillas ejecuta una animación de “salto” y muestra un texto que dice “Compre semillas”. Esta acción funciona como ayuda, tiene el propósito de llamar la atención del jugador y mitigar la posibilidad que el jugador se quede atascado o desorientado en cuanto a cuál es la siguiente acción a realizar.

4.4. Elaboración y Venta de Platos. El Personaje “Sapo”

Una vez cosechados los cultivos, el jugador los utiliza como ingredientes para el armado y venta de platos en la “Cocina”. Cada nivel en PUMA cuenta con un conjunto de platos a desbloquear. La combinación de ingredientes para elaborar cada plato es secreta, cuando un jugador logra decifrarla “desbloquea” el plato.

La cocina en PUMA se visualiza a través de un menú donde los jugadores pueden combinar distintos ingredientes para descubrir, elaborar platos y venderlos con el objetivo de ganar monedas, como se puede observar en la Figura 4.5. Para elaborar un plato, el jugador debe añadir 3 ingredientes compatibles en una mesa de trabajo, formada por los 3 cuadrados presentes en la interfaz de la cocina. El cuarto cuadrado muestra una animación con el plato elaborado.

Adicionalmente, la cocina tiene un ícono de tacho de basura que permite al jugador vender ingredientes por su valor en monedas. Esto permite al jugador salir de una situación en la que posee ingredientes que no pueden ser combinados en una receta. Consideramos que el icono de tacho de basura es poco intuitivo porque sugiere más un descarte que una venta, planteamos como un trabajo futuro encontrar e implementar un icono más intuitivo para esta mecánica.



Figura 4.5: Pantalla de la cocina

A medida que los jugadores agreguen ingredientes a la mesa de trabajo, los bordes de los cuadrados irán tomando distintos colores para simbolizar diferentes caminos en el armado de los platos:

- **Color verde:** indica al jugador que está en el camino correcto para descubrir una nueva receta. Este color aparece cuando el jugador ha combinado correctamente los ingredientes disponibles y tiene la cantidad suficiente para completar una receta desconocida. Por ejemplo, en la Figura 4.5 el jugador ha colocado una cebolla y una lechuga en la mesa de trabajo y tiene tomate en el inventario, esto indica que está en buen camino para descubrir la receta “Ensalada”, por lo que teñimos los bordes de verde a modo de feedback para el jugador.
- **Color Azul:** muestra que el jugador está siguiendo correctamente los pasos para preparar una receta ya descubierta. Este feedback es crucial para reforzar el aprendizaje y la memorización de recetas exitosas. Por ejemplo, en la Figura 4.6, el jugador ha colocado tomate y lechuga en la mesa de trabajo. Esto no va a descubrir ninguna nueva receta, pero combinado con la

cebolla en el inventario se puede producir nuevamente la receta desbloqueada “Ensalada”, por lo que los bordes se tiñen de azul.



Figura 4.6. Pantalla de la cocina: feedback de buen camino para elaborar una receta desbloqueada

Además, en la cocina se muestra información sobre todas las recetas presentes en un nivel. Las recetas bloqueadas se muestran ocultas hasta que el jugador descubre cómo prepararlas, lo cual añade un elemento de desafío y exploración. Una vez desbloqueadas, se muestra por cada receta cuántas monedas se obtienen al venderla, qué ingredientes son necesarios para su producción y su nombre. Esto ayuda a los jugadores a tomar decisiones informadas sobre qué receta producir. En la Figura 4.7 se observa cómo se representa una receta bloqueada y una receta desbloqueada en la interfaz de la cocina.



Figura 4.7. Pantalla de la cocina: receta bloqueada vs receta desbloqueada

4.4.1. El Personaje Sapo

En PUMA el Sapo es un personaje que reside en la cocina y se encarga de comprar los platos que el jugador prepara, como se muestra en la Figura 4.8. La dinámica de los pagos del Sapo por los platos refleja cómo los gustos y preferencias pueden ser influenciados y modificados con el tiempo, lo cual es fundamental para entender los desafíos asociados con cambiar dietas monótonas en la vida real. Adicionalmente, el Sapo también actúa como consejero, ofreciendo esporádicamente consejos sobre cómo operar la cocina.

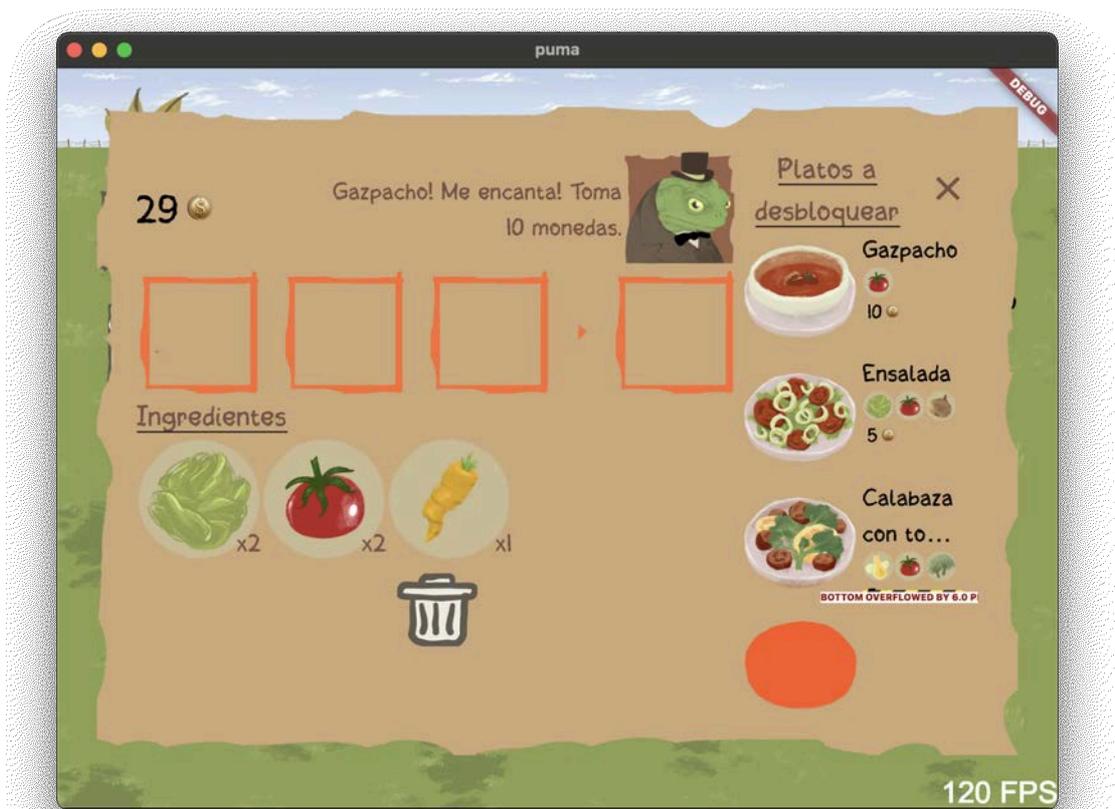


Figura 4.8. Pantalla de la cocina: el Sapo disfruta su plato favorito, el Gazpacho

Inicialmente, el Sapo muestra una fuerte preferencia por un solo tipo de plato, el Gazpacho, por el que está dispuesto a pagar una suma considerablemente mayor en comparación con otros platos. Esta preferencia inicial simula la resistencia humana común a cambiar hábitos dietéticos, a pesar de los beneficios potenciales de diversificar nuestra dieta. Este enfoque obliga a los jugadores a enfrentar directamente la resistencia del Sapo al cambio. Los jugadores deben esforzarse intencionalmente para romper esta tendencia, incentivando al Sapo a probar y eventualmente disfrutar de una variedad más amplia de platos.

A medida que el juego avanza y el Sapo prueba nuevos platos, su disposición a pagar por ellos aumenta. Este cambio gradual en la valoración económica de los platos diversos por parte del Sapo tiene como objetivo incentivar económicamente a los jugadores a explorar y producir una gama más amplia de alimentos. En la Figura 4.9, podemos observar cómo los comentarios del Sapo comienzan a cambiar a medida que empieza a apreciar los distintos platos.



Figura 4.9. Pantalla de la cocina: el Sapo aprende a apreciar distintos platos

4.5. El Espantapájaro Consejero

El Espantapájaros Consejero en PUMA es un personaje diseñado para guiar al jugador, proporcionando asesoramiento personalizado y relevante basado en el contexto del juego. En la Figura 4.10 podemos observar al Espantapájaros ofreciendo ayudas al jugador para abrir el “Mercado de Semillas”.



Figura 4.10. Espantapájaros aconsejando abrir el mercado de semillas

La funcionalidad del Espantapájaros Consejero se gestiona a través de una serie de pasos que determinan cuándo y cómo se presenta el consejo al jugador:

- **Análisis continuo:** ejecutamos un método de análisis en cada tick⁴ del juego, permitiendo que el Espantapájaros evalúe constantemente la situación del juego y decida si es un buen momento para ofrecer un consejo. Esta evaluación se basa en si el consejo anterior fue reconocido y en la idoneidad del momento actual para el siguiente consejo.
- **Presentación y ocultación del consejo:** cuando determinamos que un consejo debe mostrarse pausamos el juego y oscurecemos el resto de la interfaz para permitir al jugador concentrarse en el mensaje sin distracciones. Una vez que el jugador reconoce el consejo o lo oculta manualmente, el juego continúa.
- **Reconocimiento del mensaje:** los jugadores pueden ocultar el consejo del Espantapájaros mediante un clic o un toque, pero el juego no continuará hasta que se demuestre que el jugador entendió el consejo. Por ejemplo, si el consejo es “Abre el mercado de semillas para comprar más semillas”, consideramos que fue reconocido no solo cuando el jugador oculta el consejo, sino también cuando detectamos que el mercado de semillas está abierto o que el jugador gastó sus monedas en comprar semillas.

⁴ Se entiende por “tick” en un juego como el intervalo de tiempo en el que el motor del juego actualiza su estado

4.6. Monedas en PUMA

En PUMA las monedas sirven como puente de integración entre las mecánicas de producción y comercialización. Al vender platos al Sapo, los jugadores obtienen monedas que luego pueden invertir en la compra de semillas.

La economía es un componente crucial de la sustentabilidad. En el contexto de la agroecología, entender cómo los aspectos económicos influyen en las prácticas agrícolas es esencial para promover sistemas de producción sostenibles. La introducción de monedas en PUMA permite a los jugadores experimentar de forma simplificada cómo las decisiones económicas impactan en la sostenibilidad de sus prácticas agrícolas.

SEGAE, el videojuego descrito en el Capítulo 3, sirvió como inspiración para la introducción de monedas en PUMA dado que incorpora a la economía como un componente de la sustentabilidad. En SEGAE, el manejo efectivo de los recursos económicos es presentado como un pilar esencial para alcanzar la sustentabilidad agrícola. Este enfoque ayuda a los jugadores a comprender que la agroecología no se trata solo de prácticas agrícolas ecológicamente sostenibles, sino también de viabilidad económica para los productores.

Finalmente, las monedas se muestran en la interfaz junto al número total a conseguir, como podemos observar en la Figura 4.11, para clarificar el objetivo de llegar a 50 monedas. Adicionalmente, también mostramos las monedas en la cocina y el mercado de semillas para facilitar el acceso.



Figura 4.11. Pantalla principal: conteo de moneda y total a conseguir

4.7. Los Niveles en PUMA

En el desarrollo inicial de PUMA, el juego se presentaba como una experiencia continua sin segmentación clara en niveles, mediante playtesting⁵ con amigos, conocidos y familiares descubrimos que esto resultaba en que algunos jugadores sintieran que el juego era demasiado largo y monótono. Basándonos en esta retroalimentación, decidimos implementar un sistema de niveles para estructurar mejor la experiencia de juego, proporcionar pausas naturales y ofrecer un sentido de logro y progresión clara.

Este enfoque gradual no solo facilita la curva de aprendizaje, evitando la sobrecarga de información, sino que también refuerza cada nuevo concepto con práctica directa y aplicada. Los jugadores construyen su comprensión paso a paso, cada nivel construyendo sobre el anterior, favoreciendo una base sólida de conocimientos y habilidades antes de introducir conceptos más complejos.

Para pasar al siguiente nivel, el jugador debe cumplir con dos objetivos:

- **Llegar a 50 monedas:** este objetivo permite al jugador observar cómo las buenas prácticas agroecológicas contribuyen a la sostenibilidad.
- **Desbloquear todas las recetas:** este objetivo guía al jugador a diversificar la dieta del Sapo, que a su vez conduce a diversificar su producción y hacerla más sostenible.

Cada nivel en PUMA está diseñado con una configuración única que determina varios aspectos del juego:

- **Recetas desbloqueables:** cada nivel permite a los jugadores desbloquear un conjunto específico de recetas.
- **Semillas disponibles para la compra:** cada nivel permite a los jugadores comprar un conjunto específico de semillas.
- **Consejos proporcionados:** los consejos ofrecidos en cada nivel están diseñados para guiar y educar a los jugadores sobre las mecánicas pertinentes a ese segmento del juego. Esto asegura que el aprendizaje sea relevante y oportuno.
- **Funcionalidades expuestas:** la introducción gradual de nuevas funcionalidades en cada nivel permite a los jugadores familiarizarse y dominar cada aspecto del juego antes de introducir más complejidad.

Cada nivel está diseñado con el objetivo de introducir y consolidar diferentes aspectos de la agroecología y mecánicas del juego.

⁵ Se denomina playtesting a la técnica para las pruebas de juego con jugadores. Se describe en la Sección 5.3.

4.7.1. Nivel 1

En el primer nivel buscamos familiarizar a los jugadores con las mecánicas básicas de PUMA. Este nivel se centra en enseñar cómo navegar por el juego, cómo plantar y cosechar cultivos básicos, y cómo vender platos al Sapo para ganar monedas. Introducimos las interfaces del juego, el mercado de semillas y la cocina. Los jugadores aprenden a gestionar sus recursos iniciales y a entender la importancia de la venta de platos para el progreso en el juego. En la Figura 4.12 podemos observar la interfaz reducida en el primer nivel.



Figura 4.12. Pantalla de PUMA: interfaz del nivel 1

4.7.2. Nivel 2

El segundo nivel introduce la rotación de cultivos, una práctica agrícola vital para mantener la salud del suelo. Los jugadores reciben información sobre cómo y por qué rotar cultivos, y se les presentan herramientas para planificar sus ciclos de cultivo. Enfatizamos la importancia de la diversidad en las plantaciones para una agricultura sostenible. En la Figura 4.13 podemos observar la interfaz en el segundo nivel, ahora con los indicadores para la rotación de cultivos en las parcelas.



Figura 4.13. Pantalla de PUMA: Interfaz del nivel 2

4.7.3. Nivel 3

En el tercer nivel el foco se traslada al manejo integrado de plagas, enseñando a los jugadores cómo identificar las causas de las plagas y cómo manejarlas de manera sostenible. Introducimos las plagas y la fumigación mediante agroquímicos. En la Figura 4.14 podemos observar cómo luce la interfaz en el nivel 3, con la introducción de la fumigación y el indicador de monocultivo.



Figura 4.14. Pantalla de PUMA: interfaz del nivel 3

4.7.4. Nivel 4

El cuarto nivel se centra en la plantación de cultivos según la temporada apropiada, un concepto crucial para maximizar la eficiencia del uso de recursos y la productividad de los cultivos. Los jugadores aprenden a planificar sus actividades agrícolas basadas en el calendario estacional, asegurando que cada planta se cultive en el momento óptimo para su desarrollo. En la Figura 4.15 podemos observar cómo luce la interfaz en el nivel 4.

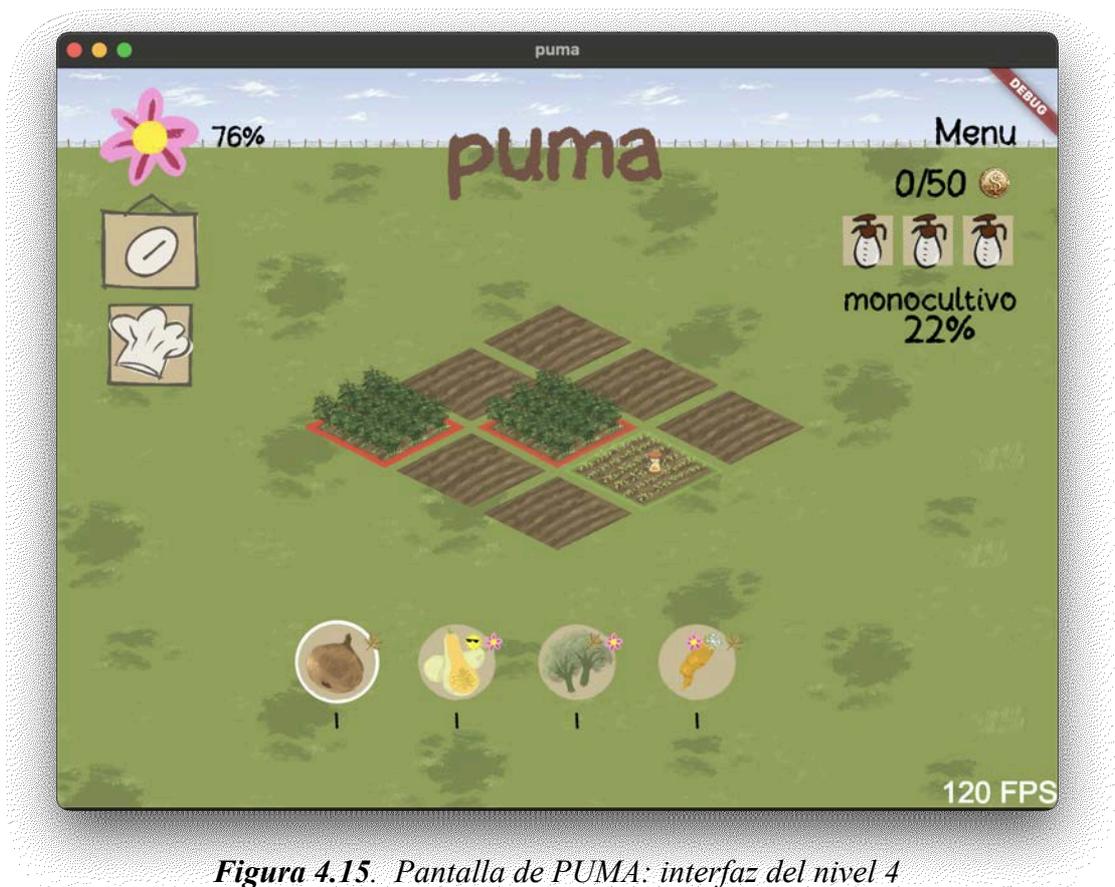


Figura 4.15. Pantalla de PUMA: interfaz del nivel 4

4.8. Prácticas Agroecológicas en PUMA

Las prácticas que el jugador debe adoptar para superar todos los niveles son la rotación de cultivos, el policultivo opuesto al monocultivo y la plantación en temporada. A continuación, describimos cómo fueron integradas a PUMA cada una de estas prácticas.

4.8.1. Rotación de Cultivos

En PUMA, si el jugador siembra distintos tipos de semillas, en forma alternada, en una parcela, se considera que está adoptando la práctica agroecológica de la rotación de cultivos. Si, por el contrario, el jugador planta el mismo tipo de semillas consecutivamente en una parcela, se considera una violación de esta práctica y se penaliza con la pérdida completa de la usabilidad de la parcela, cuya consecuencia es impedir al jugador plantar semillas en esa parcela. En caso de perder la usabilidad en todas las parcelas, el jugador pierde definitivamente. Después de 4 semanas, la parcela recupera automáticamente su usabilidad y el jugador puede volver a plantar semillas en ella.

Para hacer la mecánica más intuitiva, implementamos un sistema visual donde la última semilla plantada en una parcela se indica con un ícono que asemeja una señal de tráfico de prohibición, como se puede observar en la Figura 4.16, y además un borde en la parcela con un color representativo del cultivo.

Esta decisión de diseño minimiza la carga cognitiva del jugador, quien solo necesita reconocer la señal en la parcela y decidir qué cultivar en dicha parcela para respetar la práctica de rotación de cultivos, sin tener que recordar cuál fue el último cultivo plantado en esa parcela.



Figura 4.16. Pantalla de PUMA: rotación de cultivos

Finalmente, si el jugador ejecuta una rotación correctamente, aparece un mensaje sobre la parcela que dice “Buena Rotación” como podemos observar en la Figura 4.16.

4.8.2. Policultivo

En PUMA las plagas se definen como una proliferación excesiva de ciertos insectos que perjudican a los cultivos, un fenómeno que frecuentemente surge del monocultivo. Para contrarrestar esto, el juego promueve el policultivo o la diversificación de cultivos, que naturalmente regula estas poblaciones al no proporcionar un suministro excesivo de un solo tipo de alimento para las plagas. PUMA rastrea la concentración de cultivos de una misma especie en la huerta y cuando detecta que más del 50% de las parcelas pertenecen a un mismo cultivo, la población de organismos crece en cada parcela, pudiéndose eventualmente activar una alerta de plagas. Si no se toman medidas correctivas, las plagas activan un sistema de fumigación con pesticidas químicos. En la Figura 4.17 podemos observar la fumigación realizada por una persona con un aspersor.



Figura 4.17. Pantalla de PUMA: fumigación con pesticidas químicos

La fumigación de las parcelas en PUMA representa una solución a corto plazo con consecuencias negativas a largo plazo, reflejando los impactos adversos del uso de pesticidas químicos en la agricultura. Realizar 3 fumigaciones con este tipo de pesticidas es una de las condiciones de derrota en el juego, ya que buscamos que el jugador sea capaz de manejar las plagas por medio de la diversificación de los cultivos y no mediante el abuso de agroquímicos.

Adicionalmente, el jugador es felicitado cada vez que incrementa la diversidad de cultivos con un mensaje sobre la parcela, como podemos observar en la Figura 4.18.



Figura 4.18. Pantalla de PUMA: felicitación al jugador por diversificar los cultivos

4.8.3. Plantación en Temporada

Cada especie de cultivo tiene un momento ideal para ser plantada, siguiendo un calendario de siembra (Parés, s.f.). Para cada especie de cultivo en PUMA encontramos sus meses ideales de siembra y los trasladamos a estaciones para simplificar la jugabilidad. El mapeo fue el siguiente:

- **Zapallo:** primavera y verano.
- **Tomate:** primavera.
- **Brócoli:** primavera y otoño.
- **Zanahoria:** otoño, invierno y primavera.
- **Pepino:** primavera.
- **Alcaucil:** primavera.
- **Quinoa:** primavera.
- **Lechuga:** otoño e invierno.
- **Cebolla:** otoño.
- **Papa:** primavera y verano.

Plantar un cultivo fuera de temporada tiene como consecuencia un retraso en su crecimiento, indicado con un ícono de un reloj de arena, como podemos observar en la Figura 4.19.



Figura 4.19. *Icono que indica el retraso en el crecimiento de los cultivos*

4.9. Menú General

Finalmente, agregamos un menú general para permitir a los jugadores controlar el volumen de la música, acceder fácilmente a un tutorial adicional y mostrar los objetivos actuales, como podemos observar en la Figura 4.20.

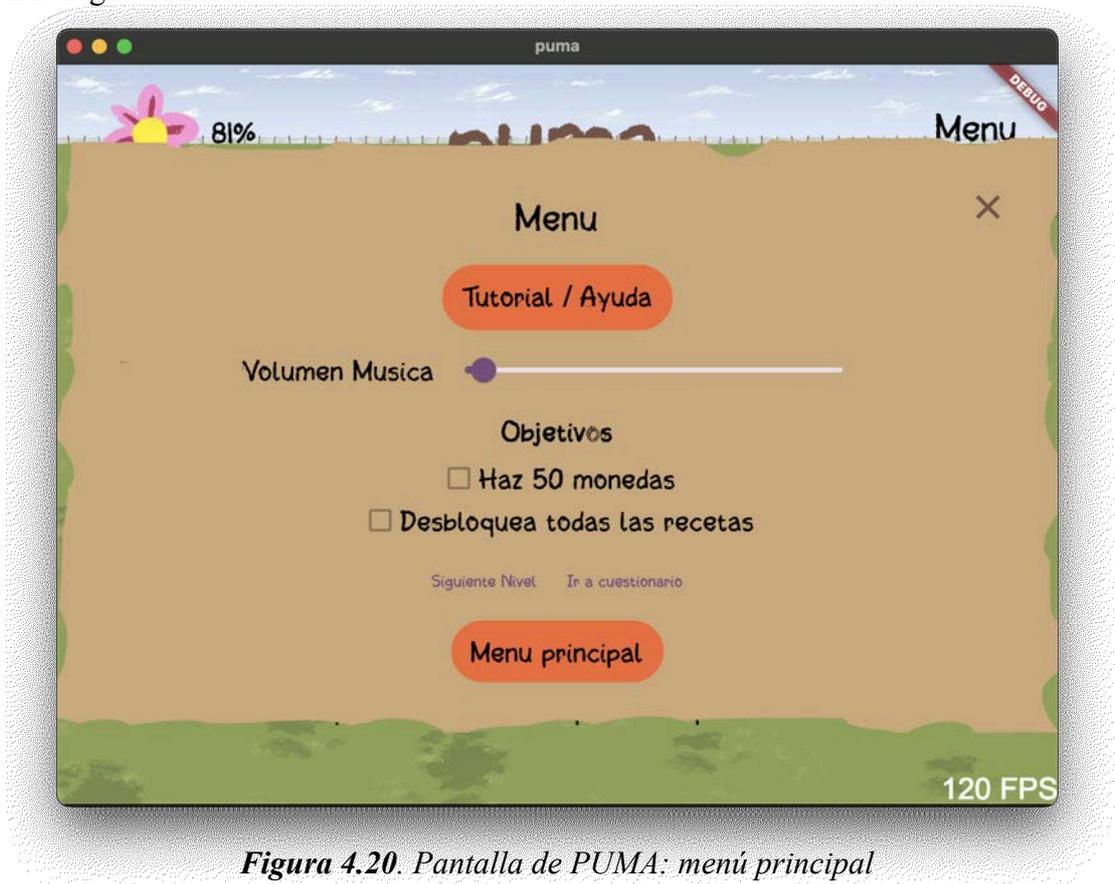


Figura 4.20. *Pantalla de PUMA: menú principal*

4.10. Algunas Reflexiones sobre el Diseño de PUMA

En este apartado nos interesa compartir algunas reflexiones en relación a las decisiones de diseño tomadas en PUMA y para ello las confrontamos con el videojuego SEGAE.

SEGAE y PUMA utilizan enfoques diferentes para enseñar prácticas agroecológicas, basados en los resultados y en los procesos. El enfoque orientado a resultados, utilizado en SEGAE, calcula el impacto de las prácticas seleccionadas por el jugador (como el monocultivo o la rotación de cultivos) de manera directa, en función de datos empíricos. Este enfoque permite ahorrar tiempo y reducir el poder computacional necesario, ya que los efectos de las prácticas adoptadas se muestran inmediatamente en los indicadores. Por ejemplo, en SEGAE, el jugador selecciona el monocultivo en un menú, y el juego calcula al instante su impacto en indicadores como la biodiversidad y la calidad del suelo. Para ello usa una matriz en la que se define cómo afectan las prácticas adoptadas a los distintos indicadores de la granja.

Por otro lado, PUMA adopta un enfoque orientado a procesos, donde el jugador interactúa de forma más libre con la huerta y el juego reconoce las prácticas adoptadas. Por ejemplo, en lugar que el jugador seleccione una opción para practicar “monocultivo” en un menú, cuando el jugador cultiva siempre lo mismo, el juego reconoce que el jugador está practicando el monocultivo.

El enfoque adoptado en PUMA se adecúa mejor al tamaño de las quintas del cinturón hortícola de La Plata, que se ubican en la escala de la agricultura familiar. En cambio, en SEGAE las dimensiones responden a cultivos a gran escala en entornos más industrializados.

En relación al contenido, específicamente los cultivos que se usan en ambos juegos, en SEGAE se utilizan cultivos típicos de la agricultura europea, como colza, trigo, maíz, cebada, alfalfa, haba y pastizal y en PUMA utilizamos las hortalizas que se cultivan en las quintas del cinturón hortícola de La Plata, como zapallo, tomate, brócoli, zanahoria, pepino, alcaucil, quinoa, lechuga, cebolla y papa. También, el contenido difiere en las prácticas integradas, SEGAE tiene una mayor variedad de prácticas que PUMA, entre las que se encuentran por ejemplo prácticas ganaderas y forestales. SEGAE también incorpora una visión más integral de la agroecología que PUMA ofrece, ya que incluye mecánicas relacionadas con los aspectos sociales y económicos de la agroecología. Aunque el prototipo de PUMA no incluye estos aspectos, eventualmente podría ser extendido para incorporarlos.

Capítulo 5. Desarrollo de PUMA

En este capítulo describimos el proceso de desarrollo de PUMA, incluyendo la retroalimentación con expertos, la técnica de “playtesting” y las tecnologías utilizadas. La versión web de PUMA puede accederse desde el siguiente enlace: nazamoresco.github.io/puma.

5.1. Proceso de Desarrollo

En el proceso de desarrollo de PUMA identificamos dos grandes iteraciones:

- En la primera iteración buscamos crear un prototipo de videojuego para enseñar técnicas de manejo agroecológico para la producción de vegetales. Este prototipo consistía de un único nivel donde el jugador debía aprender a hacer rotaciones de cultivos para superarlo.
- En la segunda iteración se incorpora como asesor profesional de la tesina el Dr. de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP Esteban Abbona, director del proyecto de extensión de la UNLP “¿Qué comemos? Cuidando nuestro cuerpo y el ambiente”. Esta incorporación actualizó el objetivo del juego en el sentido de relacionar la sustentabilidad de los sistemas de producción de alimentos y la diversidad en las dietas. En esta iteración partimos de las bases sentadas en la primera iteración y agregamos la relación entre dietas y producción, así como otras mecánicas como el manejo de plagas, monedas, estaciones y fumigaciones con pesticidas. El objetivo de aprendizaje del videojuego es poner atención en la relación entre la diversidad de la alimentación y la sustentabilidad del sistema de producción de cultivos, en el caso específico de PUMA vinculado a la producción de los vegetales que se producen en el cinturón hortícola de La Plata. A modo de ejemplo las dietas monótona es decir con escasa variedad de vegetales conlleva una producción agrícola también homogénea y a una disminución de la sustentabilidad del sistema productivo de cultivo.

A partir de los cambios introducidos en la segunda iteración, PUMA formará parte de los materiales que se usan en el proyecto de extensión mencionado y de esta manera llegará a manos de jugadores genuinos, aspecto valorado muy positivamente en este proyecto de tesis.

5.2. Retroalimentación con Expertos en Contenidos

Los contenidos y mecánicas de PUMA se desarrollaron en colaboración con el Dr. Esteban Abbona, quien fue una guía indispensable en la selección de contenidos sobre el manejo agroecológico en la producción como la aparición de plagas, la relación entre la dieta y la diversidad en la producción, entre otros. Además, contribuyó con la selección de los cultivos a utilizar, teniendo en cuenta su frecuencia en el cinturón hortícola de La Plata y ejemplificando con platos que se pueden preparar en base a estos cultivos. Un ejemplo de la valiosa intervención de Esteban Abbona fue en la representación

de la fumigación. Inicialmente, utilizamos una avioneta, pero Esteban advirtió que era una representación exagerada. Explicó que la utilización de una mochila pulverizadora es más realista en el contexto de la horticultura. En la Figura 5.1, podemos observar las imágenes utilizadas.

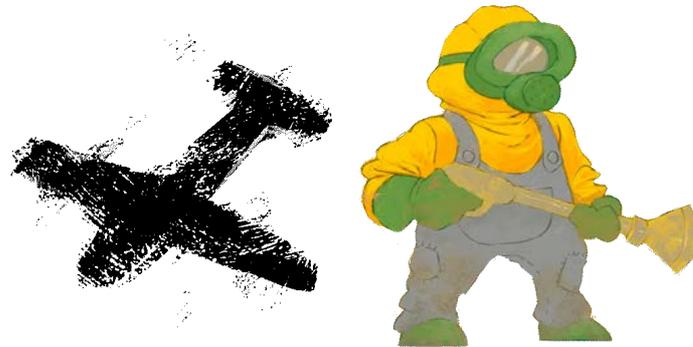


Figura 5.1: Representación de la antigua avioneta fumigadora (descartada) y el nuevo fumigador

5.3. Playtesting

Una de las estrategias más utilizadas durante el desarrollo de PUMA fue el “playtesting” o pruebas/testing del juego. Este método se implementa en varias etapas del diseño de un videojuego, donde un grupo de usuarios seleccionados prueban versiones preliminares del juego. El objetivo principal es identificar y corregir problemas relacionados con la jugabilidad, el diseño de niveles y otros aspectos fundamentales. Secundariamente, el “playtesting” facilita la detección y solución de errores técnicos. Este proceso es crucial para refinar detalles poco claros, incrementar la diversión, minimizar aspectos monótonos y equilibrar la dificultad del juego (Margaret Rouse, 2011).

Durante el desarrollo de PUMA, realizamos pruebas con conocidos, familiares y amigos de distintas edades y formaciones para obtener una amplia gama de perspectivas y opiniones sobre el juego. No nos centramos tanto en errores de código, sino en problemas de usabilidad, hacer más intuitivas algunas mecánicas, descubrir si una mecánica es divertida o no, y qué mensaje se captaba del juego.

Este procedimiento consistió la mayoría de las veces en ofrecer un dispositivo con el videojuego al jugador y observarlo jugar presencialmente, prestando atención a qué elementos de PUMA le resultaban frustrantes, en qué parte se quedaba atascado y qué partes resultaban divertidas. Estas pruebas iniciales fueron el principal catalizador del cambio en las mecánicas y la interfaz del videojuego. Por ejemplo, estas pruebas nos ayudaron a encontrar el punto óptimo en cuanto a cuándo y cuánto el espantapájaros aconsejaba al jugador. Inicialmente, en los “playtestings” notamos impaciencia ante las interrupciones del espantapájaros, con afirmaciones como “No puedo jugar” cada vez que el espantapájaros habla. Intentamos solucionarlo minimizando las veces que el espantapájaros intervenía, pero entonces a los jugadores les faltaban explicaciones. Llegamos a la conclusión que a los jugadores no les molestaba que el espantapájaros les aconsejara al comienzo, sino cuando estaban avanzados, ya que

entonces se sentía como una interrupción abrupta. Esto sucedía porque teníamos un único nivel y el espantapájaros debía explicar la nueva mecánica en momentos avanzados del juego. Lo pudimos solucionar al introducir distintos niveles para cada mecánica nueva, permitiendo así que los jugadores recibieran consejos al inicio y luego disfrutaran del juego sin ser interrumpidos hasta el final.

5.4. Implementación

Para la implementación de PUMA se eligió Flutter, un framework de código fuente abierto, desarrollado por Google para el desarrollo de aplicaciones para múltiples plataformas (iOS, Android, web y escritorio) desde una única base de código. Flutter compila en código nativo, lo que significa que puede ofrecer un rendimiento cercano al de una aplicación nativa. Su naturaleza multiplataforma resultó interesante para PUMA, ya que permite, sin mucho esfuerzo adicional, que la plataforma no sea un limitante para los jugadores que acceden a PUMA.

Flutter también proporciona una excelente experiencia para el desarrollador con las características de “Hot Reload” que permite a los desarrolladores ver los cambios realizados en el código de manera casi instantánea, y de “Dart Fix”, un analizador estático de código que permite identificar errores en tiempo de compilación.

El ecosistema de Flutter cuenta con un motor de juegos 2D minimalista llamado Flame⁶, que proporciona un conjunto de herramientas y funcionalidades para facilitar el desarrollo de videojuegos con Flutter.

En esta decisión influyó mi experiencia profesional con Flutter dado que las prestaciones se adaptan muy bien al diseño de PUMA como un juego relativamente simple para que pueda jugarse en todo tipo de dispositivos. En este sentido, consideramos que Flutter era una mejor alternativa frente a otras herramientas para la creación de videojuegos más profesionales, como Unreal Engine o Unity.

El motor de videojuegos Flame ha sido utilizado para la creación de videojuegos comerciales exitosos como “Orbit Guard”, “Gunslinger” y “Watchsteorids”. Particularmente para videojuegos educativos, también existen casos de éxito, como el de Malamsha et al. (2021), que desarrolló un juego educativo móvil culturalmente sensible para la prevención del abuso sexual infantil.

5.4.1. El Motor de Videojuegos Flame

Flame es un motor de juegos 2D minimalista, de código fuente abierto, que aprovecha las ventajas de la infraestructura de Flutter y brinda las herramientas necesarias para el desarrollo de videojuegos. Implementa un simple pero efectivo game loop, manejo de entradas del usuario, manejo de sprites, sprite sheets, animaciones, detección de colisiones y un sistema de componentes llamado “Flame Component

⁶ Flame es un motor de videojuegos de código fuente abierto construido por encima de Flutter (<https://flame-engine.org/>)

System (FCS)”. Actualmente, Flame cuenta con un canal en Discord de 7,000 miembros⁷; la comunidad es muy activa, resultando sumamente beneficioso cuando se busca consultar sobre alguna temática.

5.5. El Arte en PUMA

El diseño del arte visual de PUMA fue realizado por **Ciro Marcovecchio**⁸, profesor y licenciado en Artes Plásticas. Las conversaciones para la creación del arte visual de PUMA comenzaron en abril de 2023. En ese momento, la interfaz de PUMA era básica y carecía de una identidad visual definida. A partir de allí, **Ciro** inició el proceso de desarrollo de la estética e identidad visual del juego. Trabajamos en un total de 5 “iteraciones”. En cada iteración, discutimos los elementos de la interfaz a ilustrar:

- Iteración v1: fondo, parcelas y espantapájaros.
- Iteración v2: cultivos y sus iconos.
- Iteración v3: pantalla de derrota, avioneta de fumigación y varios iconos para la interfaz.
- Iteración v4: recetas y más cultivos.
- Iteración v5: iconos, fumigador, Sapo Comensal y más recetas.

La paleta de colores está en gran parte tomada de las referencias estéticas: *Age of Empires*, *Plantas vs Zombies*. Son colores sin demasiada saturación, predominan los verdes y marrones, eso tiene que ver con la ambientación del juego y funciona en ese sentido. Los colores elegidos para las componentes de la interfaz de usuario como menús, botones, etc, tienden a los colores quebrados, o sea que tienen un poco menos de saturación que los colores del fondo, justamente para que se separen los planos. En otras palabras, la interfaz de usuario se separa al mismo tiempo del fondo que de los íconos de los cultivos y las recetas.

Uno de los desafíos en el desarrollo del arte de PUMA fue no sobrecargar la interfaz con demasiado detalle, ya que al usar un plano panorámico sobre la huerta existen muchos elementos en pantalla al mismo tiempo. Para mitigar esta sobrecarga, elegimos un estilo sin línea de contorno, una de las principales diferencias con la referencia estética *Plantas vs Zombies*. A su vez, prescindir en la mayoría de casos de línea de contorno nos obligó a prestar especial atención a la elección de los colores. Sin contorno los elementos tienen que poder distinguirse por contraste de valor (luz) o de tono (color).

⁷ Canal de Discord de Flame: <https://discord.gg/dgzRzKkZ>

⁸ LinkedIn de **Ciro Marcovecchio**: <https://www.linkedin.com/in/ciro-marcovecchio>

Capítulo 6. Desafíos Tecnológicos y de Diseño

Durante el desarrollo de PUMA, enfrentamos diversos desafíos tecnológicos y de diseño que requerían soluciones para garantizar un rendimiento óptimo y una experiencia de usuario fluida. En esta sección, abordaremos los principales problemas técnicos, incluyendo la implementación de parcelas dimétricas, la optimización de cuadros por segundo (FPS), el manejo de imágenes y la adaptabilidad a distintas pantallas.

6.1. Desafíos Tecnológicos

6.1.1. Implementación de Parcelas Dimétricas

Al mostrar las parcelas de la huerta, decidimos utilizar una perspectiva dimétrica, similar a la perspectiva isométrica, ampliamente utilizada en los videojuegos desde hace décadas, esta perspectiva nos permite insinuar profundidad y crear un espacio tridimensional utilizando un motor gráfico 2D. Optamos por una perspectiva dimétrica sobre la isométrica principalmente por razones estéticas. La Figura 6.1 ayuda a distinguir entre las tres perspectivas axonométricas.

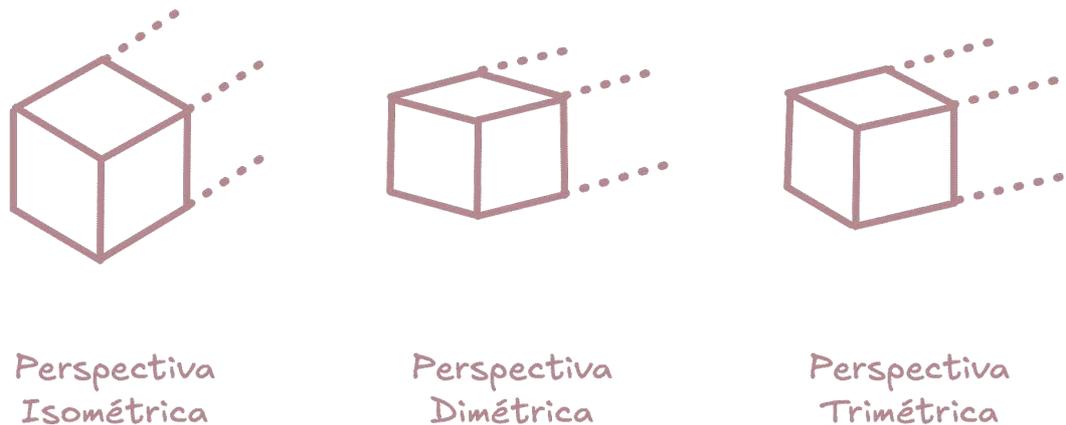


Figura 6.1. *Perspectiva Isométrica vs Perspectiva Dimétrica vs Perspectiva Trimétrica*

La decisión de utilizar una perspectiva dimétrica implicó el siguiente desafío técnico: aunque Flame define un componente “IsometricTileMapComponent” para renderizar un mapa isométrico a partir de un “sprite sheet” y una matriz, este componente no está preparado para las alteraciones en los ángulos de los rombos que implica un mapa dimétrico. La Figura 6.2 muestra un ejemplo de la documentación del componente “IsometricTileMapComponent” de Flame.

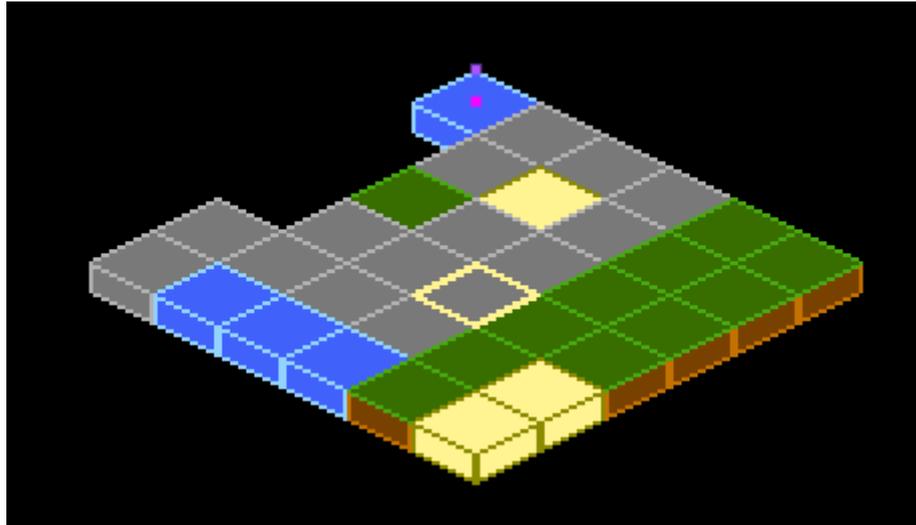


Figura 6.2. Ejemplo de la documentación del componente “IsometricTileMapComponent” de Flame.

Afortunadamente, Flame es de código abierto, entonces la disponibilidad del código de este componente sirvió como base para construir nuestra propia solución. Desarrollamos un módulo llamado “DimetricLayout”⁹, que, al recibir una posición simbólica de la parcela y el tamaño del componente a posicionar, calcula la posición en pantalla para ser renderizada. La Figura 6.3 muestra un fragmento del código fuente de este módulo.

```
lib > flame_components > dimetric_layout.dart > ...
You, last month | 1 author (You)
1 import 'package:flame/game.dart';
2 import 'package:game/classes/tile_position.dart';
3
You, last month | 1 author (You)
4 class DimetricLayout {
5   final TilePosition tilePosition;
6   final Vector2 size;
7   final Vector2 scale;
8
9   DimetricLayout({
10    required this.tilePosition,
11    required this.size,
12    required this.scale,
13  });
14
15   static const double tileSpacing = 1.15;
16
17   Vector2 get effectiveTileSize => size * tileSpacing;
18
19   /// The current scaling factor for the dimetric view.
20   double get scalingFactor => effectiveTileSize.y / effectiveTileSize.x;
21
22   Vector2 get renderPosition {
23     final halfTile = Vector2(
24       effectiveTileSize.x * 0.5,
25       (effectiveTileSize.y * 0.5) / scalingFactor,
26     )..multiply(scale);
27
```

Figura 6.3. Fragmento del código fuente del módulo “DimetricLayout”.

⁹ Código fuente disponible en <https://github.com/nazamoresco/puma>

Luego, este módulo “DimetricLayout” fue integrado en el componente “TileComponent”, un mixin utilizado para todos los elementos renderizados en esta grilla dimétrica. Además, debido a que Flame utiliza un hitbox cuadrado para determinar si un click pertenece o no al componente que representa a una parcela, fue necesario sobrescribir el método “containsLocalPoint” para definir un hitbox con la forma romboide de nuestras parcelas. La Figura 6.4 ilustra esta modificación en el código.

```

lib > flame_components > tile_component.dart > TileComponent > containsLocalPoint
10  mixin TileComponent on PositionComponent, HasGameRef<PumaGame> {
32  bool isPointInRhomboid(Vector2 point) {
33    final p = point;
34
35    final a = Vector2(0, size.y / 2);
36    final b = Vector2(size.x / 2, size.y);
37    final c = Vector2(size.x, size.y / 2);
38    final d = Vector2(size.x / 2, 0);
39
40    Vector2 q = Vector2(0.5 * (a.x + c.x), 0.5 * (a.y + c.y)); // Center point
41    double halfWidth = 0.5 * (a.distanceTo(c)); // Half-width
42    double halfHeight = 0.5 * (b.distanceTo(d)); // Half-height
43
44    Vector2 u = Vector2((c.x - a.x) / (2 * halfWidth),
45      (c.y - a.y) / (2 * halfWidth)); // Unit vector in x-direction
46    Vector2 v = Vector2((d.x - b.x) / (2 * halfHeight),
47      (d.y - b.y) / (2 * halfHeight)); // Unit vector in y-direction
48
49    Vector2 w = p - q;
50    double xabs = (w.dot(u)).abs();
51    double yabs = (w.dot(v)).abs();
52
53    return (xabs / halfWidth + yabs / halfHeight) <= 1;
54  }
55
56  @override
57  bool containsLocalPoint(Vector2 point) {
58    return isPointInRhomboid(point);
59  }
60

```

Figura 6.4. Modificación del método “containsLocalPoint” para definir un hitbox con la forma romboide de nuestras parcelas.

6.1.2. Optimización de Cuadros por Segundo (FPS)

Un factor importante a la hora de juzgar la experiencia de jugar a videojuegos son los cuadros por segundo (FPS). Buscamos que PUMA se mantenga por lo menos en 60 FPS, un estándar mínimo en la industria de los videojuegos. Para lograr esto, utilizamos un componente de Flame que imprime en pantalla los FPS actuales, como se muestra en la Figura 6.5.



Figura 6.5. *Componente "FPSTextComponent" en el HUD*

Aunque PUMA no parece ser un videojuego que requiera demasiados cálculos o recursos de computación, durante su desarrollo nos encontramos con varios problemas de optimización que afectaban negativamente los cuadros por segundo.

Uno de los problemas de optimización surgió al colorear el borde de la parcela. En PUMA, el nivel de opacidad del borde incrementaba a medida que el cultivo crecía, llegando a su nivel máximo cuando el cultivo estaba listo para ser cosechado, con el propósito de ayudar al jugador a identificar el estado del cultivo. Aunque finalmente decidimos no usar esta funcionalidad en favor de otros indicadores del estado del cultivo, el problema de optimización nos enseñó mejores prácticas para futuras optimizaciones en PUMA. Debíamos recalcular el color del borde de la parcela en cada cuadro, ya que el nivel de opacidad dependía del tiempo restante hasta que el cultivo estuviera listo para ser cosechado. Esta actualización constante del color causaba que los FPS cayeran a 25 de manera constante en nuestro entorno local. Tras investigar, descubrimos que esto se debía a la forma en que se estaba actualizando el color del borde en el método update de la parcela. Borrábamos el último borde y creábamos uno nuevo con el nuevo color en cada cuadro. Borrar y crear componentes son operaciones costosas en términos de computación en Flame, ya que implican esperar la ejecución de los callbacks de borrado, invocar al Garbage Collector y modificar el árbol de componentes. Estas operaciones costosas se realizaban en cada cuadro, afectando

gravemente el rendimiento. Cambiamos esta porción de código para modificar el color de la propiedad paint del borde y de esta manera fue posible recuperar la estabilidad de PUMA a 60 FPS en nuestro entorno local. En la Figura 6.6 se puede observar el código fuente de ambas soluciones.

```
lib > flame_components > parcel_component.dart > ParcelComponent
16 class ParcelComponent extends SpriteComponent
26   CropComponent? cropComponent;
27
28   @override
29   onLoad() async {
30     super.onLoad();
31     sprite = Sprite(Flame.images.fromCache("0_tierra_pelada.webp"));
32   }
33
34   late RectangleComponent border;
35
36   @override
37   void update(double dt) {
38     if (game.isOver) return;
39
40     remove(border);
41     border = RectangleComponent(paint: Paint()..color = Colors.red);
42     add(border);
43
44     border.paint.color = Colors.red;
45
46     super.update(dt);
47   }
48
49   @override
50   void onTapDown(TapDownEvent event) {
51     final result = game.farm!.handleTap(
52       tilePosition,
53       selectedSeed: game.selectedSeed,
54       currentDateTime: game.currentDateTime,
55       factorsForPurchase: game.factorsForPurchase,
```

Figura 6.6. Código performante y su alternativa poco performante.

6.1.3. Manejo de Imágenes

Durante el desarrollo de PUMA, notamos que el juego presentaba tasas de cuadros por segundo muy bajas especialmente en dispositivos móviles. Descubrimos que este problema estaba relacionado con el tamaño de las imágenes utilizadas.

En el contexto de los videojuegos, es fundamental equilibrar la calidad visual con el rendimiento. Los estándares de tamaño de imágenes varían según las plataformas objetivo: para dispositivos móviles, se recomienda usar imágenes de menor resolución que en computadoras, debido a las limitaciones de hardware y la menor pantalla de visualización. Esto implica ajustar el tamaño de las imágenes para optimizar la carga y el rendimiento sin comprometer excesivamente la calidad visual.

La razón por la que notamos este problema en dispositivos móviles y no en computadoras de escritorio o portátiles se debe principalmente a las diferencias en la capacidad de procesamiento gráfico y memoria entre estos dispositivos. Los dispositivos móviles tienen limitaciones de hardware más estrictas y gestionan la memoria y los recursos de manera diferente, pudiendo llevar a una reducción significativa

del rendimiento cuando se manejan gráficos de alta resolución. Por el contrario, las computadoras suelen tener hardware más potente que permite procesar imágenes de mayor resolución con mayor facilidad.

Para abordar eficazmente el problema de rendimiento en dispositivos móviles, empleamos la herramienta Mogrify¹⁰ del paquete de software ImageMagick. Este último es un paquete de software gratuito y de código fuente abierto que se utiliza para editar y manipular imágenes digitales. Permite crear, editar, componer o convertir imágenes de mapa de bits y admite una amplia gama de formatos de archivo, incluidos JPEG, PNG, GIF, TIFF y PDF. Mogrify es una herramienta que permite utilizar las funcionalidades de ImageMagick en terminales.

Utilizamos el comando **mogrify -resize 50% -format webp *** para optimizar las imágenes del juego. Este comando reduce la resolución de las imágenes a la mitad y las convierte al formato WebP, elegido por su capacidad para ofrecer una compresión de imagen superior sin una pérdida significativa de calidad. La reducción de tamaño y el cambio de formato resultan en archivos más ligeros, lo que se traduce en tiempos de carga más rápidos y un menor consumo de memoria. Con esta estrategia, logramos reducir el tamaño total de las imágenes utilizadas de 37,4 MB a 2 MB. Este proceso de optimización llevó a una mejora notable del rendimiento, incrementando las tasas de cuadros por segundo a niveles aceptables y mejorando así la fluidez y la experiencia general del juego en dispositivos con hardware limitado.

Durante el desarrollo identificamos otra oportunidad de optimización en el manejo de imágenes que no había sido explotada por la comunidad de desarrolladores de Flame. Las ventanas emergentes como la cocina o el mercado de semillas, en Flame deben ser implementadas fuera del código del videojuego, con código de Flutter tradicional. Por esta razón, cuando se carga una imagen en una ventana emergente, Flutter no utiliza por defecto la caché de imágenes que Flame utiliza, resultando en varias instancias de la misma imagen cargadas en memoria simultáneamente, incrementando el uso innecesario de memoria. Afortunadamente, encontramos una forma de reutilizar las imágenes ya cargadas en la caché de Flame. Aunque Flame proporciona una interfaz a su caché de imágenes, su formato no es utilizable por los componentes clásicos de imágenes de Flutter. Sin embargo, encontramos un componente de más bajo nivel llamado RawImage que permite una integración directa con las imágenes gestionadas por Flame. Al utilizar este componente y acceder a la caché de imágenes de Flame, evitamos la necesidad de cargar múltiples veces la misma imagen, reduciendo significativamente el uso de memoria RAM. En la Figura 6.7 se puede ver el código fuente de esta solución.

¹⁰ <https://imagemagick.org/script/mogrify.php>

```
lib > widgets > animated_recipe.dart > _AnimatedRecipeState
19 class _AnimatedRecipeState extends State<AnimatedRecipe>
20 {
21 }
22
23 late final Animation<Offset> _animation = Tween<Offset>(  
24   begin: const Offset(0, 0),  
25   end: const Offset(0, -1),  
26 ).animate(CurvedAnimation( // Tween  
27   parent: _controller,  
28   curve: Curves.easeInOut,  
29 ));  
30  
31  
32 @override  
33 void dispose() {  
34   _controller.dispose();  
35   super.dispose();  
36 }  
37  
38 @override  
39 Widget build(BuildContext context) {  
40   return SlideTransition(  
41     position: _animation,  
42     child: RawImage(  
43       image: Flame.images.fromCache(  
44         widget.recipeResult!.imagePath,  
45       ), // RawImage  
46     ); // SlideTransition  
47 }  
48  
49 You, last month - [Big Bang] Going public  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58
```

Figura 6.7. Código para reutilizar imágenes desde la caché de Flame utilizando RawImage

Esta solución en la gestión de recursos de imágenes en PUMA no solo optimiza el uso de la memoria, sino que también establece un precedente para otros desarrolladores en la comunidad de Flame y Flutter.

6.1.4. Adaptabilidad a Distintas Pantallas

Para garantizar que PUMA sea un videojuego verdaderamente multiplataforma, tuvimos que implementarlo de manera que se adapte a diferentes tipos de pantallas. Esto incluye pantallas con diversas proporciones entre altura y ancho, ya que el tamaño de una pantalla de celular es muy distinto al de una computadora de escritorio. El conjunto de prácticas para lograr esto se conoce como Diseño Receptivo o Responsive Design. Si bien el framework Flutter permite lograr una flexibilidad en este sentido de forma relativamente simple, el motor de videojuegos Flame requiere más control por parte del desarrollador a la hora de colocar los elementos en la pantalla.

En desarrollo web, originalmente las páginas se diseñaban para un tamaño de pantalla particular. Aunque se adaptaban a diferentes tamaños de pantalla dependiendo de la técnica utilizada (sitio líquido o sitio de tamaño fijo), esto a menudo resultaba en problemas como un mal uso del espacio, líneas de texto demasiado largas, barras de desplazamiento no deseadas, etc. Con el crecimiento en la oferta de diversos

tamaños y resoluciones de pantallas, Cameron Adams¹¹ creó en 2004 el concepto de diseño flexible, un predecesor en solucionar estos problemas. Finalmente, en 2010, Ethan Marcotte¹² acuñó el término Responsive Design o Diseño Receptivo, que es un conjunto de buenas prácticas para crear un diseño que puede responder según el dispositivo que se utiliza para ver el contenido (Mozilla, s.f.).

En este sentido, el equipo de Flutter distingue entre diseño receptivo y diseño adaptativo. El diseño receptivo se preocupa de cómo entran los elementos de una interfaz en un tamaño determinado, mientras que el diseño adaptativo se preocupa de hacer la interfaz usable en el espacio disponible. Por ejemplo, el diseño receptivo puede utilizar diferentes formas de organización de los elementos, y el diseño adaptativo tendrá en cuenta distintos tipos de input de los usuarios por ejemplo toques en celulares, clics en computadoras (Flutter, s.f.).

Aunque el término diseño receptivo se originó en el desarrollo web, adaptar un videojuego a distintas resoluciones de pantalla es un desafío crucial para los desarrolladores de videojuegos, especialmente en el contexto de juegos multiplataforma, que se ejecutan tanto en dispositivos móviles como en computadoras de escritorio.

En el desarrollo de videojuegos multiplataforma, la experiencia de usuario entre diferentes dispositivos es fundamental. Uno de los desafíos más significativos es la variabilidad en el tamaño y la orientación de las pantallas. Para mitigar los desafíos relacionados a la orientación de las pantallas, optamos por forzar la orientación landscape (paisaje) en dispositivos móviles.

En plataformas como Android e iOS, Flutter permite forzar la orientación landscape desde el código, como mostramos en la Figura 6.8.

¹¹ Cameron Adams es un ex-diseñador en Google y el cofundador de Canva

¹² Ethan Marcotte es un diseñador web, conferenciante y autor, conocido por acuñar el término responsive design.

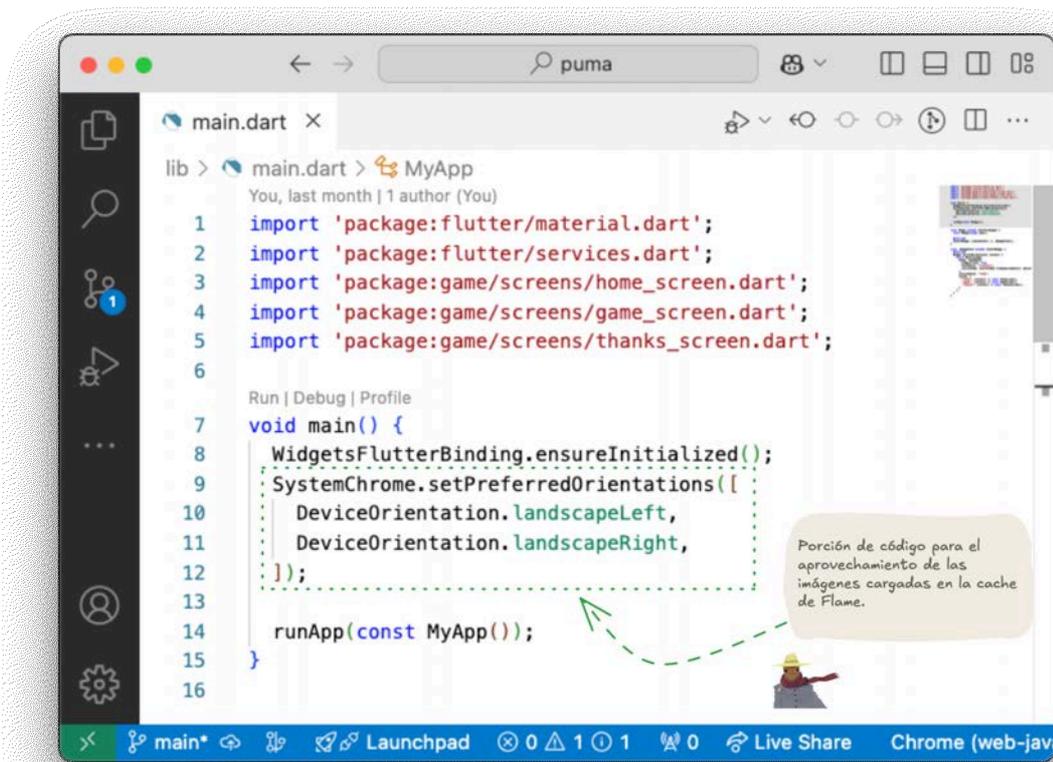


Figura 6.8. Código para forzar la orientación landscape en Flutter

A diferencia de las aplicaciones nativas, los navegadores web móviles no permiten una restricción directa de la orientación. Por ello, implementamos una ventana emergente (Figura 6.9) que aconseja a los usuarios rotar sus dispositivos para una experiencia óptima si detectamos que los jugadores se encuentran en dispositivos móviles.



Figura 6.9. Ventana emergente que aconseja rotar el dispositivo en navegadores móviles

6.2. Desafíos de Diseño

En esta sección, describimos los diversos problemas o desafíos de diseño que enfrentamos durante el desarrollo de PUMA. Estos desafíos abarcan desde la usabilidad de la interfaz hasta la representación visual de los elementos del juego. Analizaremos cómo identificamos estos problemas y las soluciones que implementamos para superarlos, asegurando una experiencia de usuario óptima y un diseño cohesivo.

6.2.1. Representación de la Usabilidad de las Parcelas

Llamamos usabilidad de una parcela a la capacidad de cultivar en ella. Al comienzo del desarrollo de PUMA, representamos la usabilidad de la parcela con un porcentaje, siendo 0% el agotamiento total de la parcela y 100% un estado perfecto de usabilidad.

La primera idea que tuvimos para mostrar la usabilidad de cada parcela al jugador fue agregar un botón con un ícono de corazón, indicando “salud”, que mostrase esta información sobre las parcelas temporalmente, como podemos observar en la Figura 6.10.

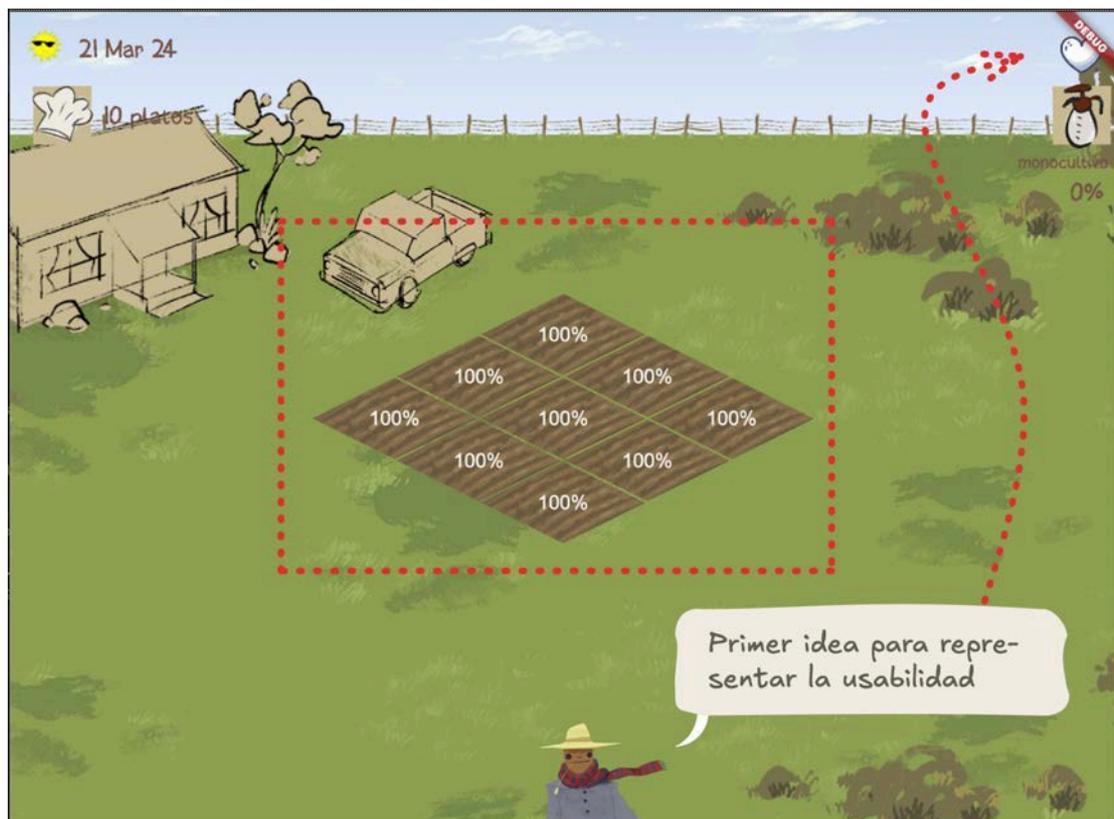


Figura 6.10. Pantalla de PUMA con la vista de usabilidad activada (primera solución)

El problema con este enfoque es que el jugador necesita acceder constantemente a esta información, ya que la pérdida de la usabilidad de las parcelas implica una condición de derrota.

Observamos que era frustrante para los jugadores perder la usabilidad total de una parcela de forma aparentemente inesperada por no estar revisando constantemente y manualmente su usabilidad.

Para resolver este problema, decidimos mostrar constantemente este dato mediante una barra a la izquierda de cada una de las parcelas, como podemos observar en la Figura 6.11. Adicionalmente, si la barra está llena, es decir, si la usabilidad no está afectada, no se muestra la barra, ya que el jugador puede asumir que está en buen estado.

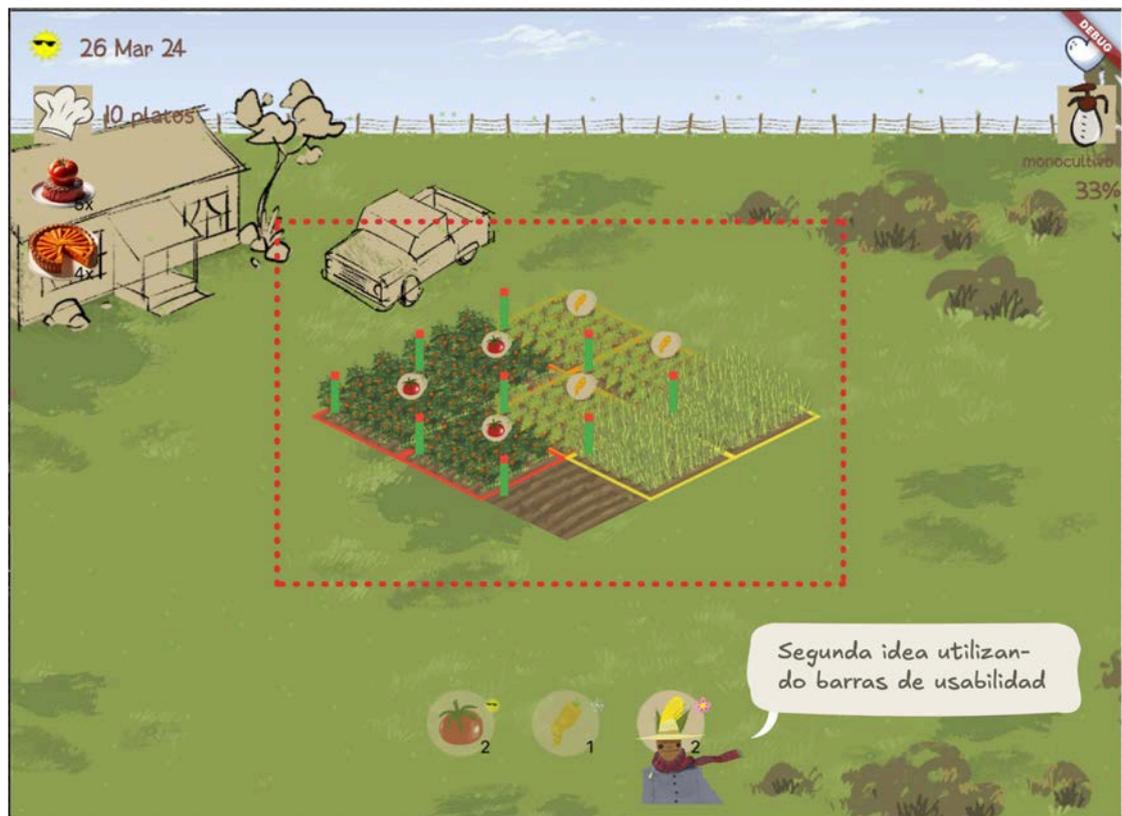


Figura 6.11. Pantalla de PUMA que muestra la segunda solución para visualizar la usabilidad de las parcelas

Sin embargo, mantener una barra de usabilidad para cada parcela complicaba demasiado la interfaz. Finalmente, decidimos que la usabilidad sería un estado booleano en lugar de un porcentaje, lo que hizo innecesarias las barras. Los dos estados de usabilidad en una parcela, usable y no usable, se pueden observar en la Figura 6.12.



Figura 6.12. Pantalla de parcelas usables y parcelas no usables

Hasta este punto en el desarrollo las fumigaciones y la plantación de cultivos fuera de temporada solían afectar la usabilidad de las parcelas. Por lo tanto, les asignamos otras consecuencias:

- Fumigar tres veces pasó a ser una condición de derrota total.
- Plantar fuera de temporada pasó a afectar negativamente la velocidad de crecimiento del cultivo.
- No rotar los cultivos siguió afectando la usabilidad de la parcela, pero ahora de forma total y no parcial.

Consideramos que el cambio de la representación de la usabilidad a un estado booleano trajo los siguientes beneficios:

- Reducción de la complejidad visual: al pasar de una barra de usabilidad para cada parcela a un indicador binario (usable o no usable), redujimos significativamente la complejidad visual de la interfaz.
- Claridad en la enseñanza de conceptos claves: la nueva representación binaria de la usabilidad enfatiza de manera más directa la importancia de las buenas prácticas agrícolas, como la rotación de cultivos. Al presentar consecuencias más inmediatas y claras (la parcela se vuelve

no usable si no se practica la rotación), el juego fortalece la conexión entre las acciones del jugador y sus efectos en el ambiente.

- Facilitación de la toma de decisiones y estrategia de juego: la interfaz simplificada permite a los jugadores tomar decisiones más rápidas y estratégicas. En lugar de gestionar meticulosamente niveles variables de usabilidad, los jugadores pueden centrarse en evitar prácticas que llevarían directamente a la pérdida total de usabilidad. Esto hace que el juego no solo sea menos intimidante para los principiantes, sino también más dinámico y accesible para todos los niveles de habilidad.

6.2.2. Representación del Tiempo en la Interfaz

En el desarrollo de PUMA, una de las principales preocupaciones fue optimizar la interfaz para hacerla intuitiva y accesible. Uno de los elementos que más evolucionó en esta búsqueda fue la representación del tiempo actual.

Primera Solución: mostrar la estación del año y la fecha correspondiente

Originalmente, para un punto en el tiempo determinado, el juego mostraba un ícono que representa la estación del año y la fecha correspondiente en texto, como observamos en la Figura 6.13.



Figura 6.13. Representación de la estación y fecha correspondiente al tiempo actual en PUMA

El problema con esta solución era que, si el jugador quería saber cuánto tiempo faltaba para la próxima estación, debía recordar la fecha de cambio de estación y calcular cuántos días faltaban para el cambio. Aunque esta implementación ofrecía un detalle realista, observamos que podía complicar innecesariamente la experiencia de juego, especialmente para nuestro público objetivo más joven.

Segunda solución: mostrar la estación y su porcentaje de completitud correspondiente

Para solucionar los problemas de la primera solución, decidimos reemplazar el texto de la fecha correspondiente con un porcentaje de completitud de la estación en relación a la fecha actual en PUMA, como observamos en la Figura 6.14.



Figura 6.14. Representación de la estación actual en PUMA y su porcentaje de completitud

El cambio a un indicador porcentual de la duración de la estación reduce la carga cognitiva para los jugadores. En lugar de obligarlos a interpretar fechas y calcular el tiempo restante hasta el cambio de estación, el porcentaje ofrece una representación inmediata y fácilmente comprensible del progreso temporal. Esta simplificación permite a los jugadores concentrarse más en las estrategias de juego y menos en los cálculos, resultando en un juego más accesible, especialmente para niños y adolescentes.

La visualización porcentual también ayuda a los jugadores a tomar decisiones más informadas y oportunas respecto al manejo de sus cultivos. Por ejemplo, en la Figura 6.14, la estación está al 80% de completitud, y de esta manera sugiere que pronto cambiará la estación, en el ejemplo transcurrió el 80% del invierno faltando poco para el inicio de la primavera. El jugador podría entonces elegir plantar zanahorias, que pueden ser plantadas en invierno, para evitar una penalidad, y luego plantar brócoli después del cambio de estación, ya que el brócoli puede plantarse en primavera sin penalidad.

6.2.3. Reorientación de la Mecánica Principal: de Semillas a Platos y la Introducción del Sapo

Inicialmente en PUMA, para relacionar las dietas, es decir lo que comemos, con la producción de alimentos, intentamos invertir la lógica tradicional que indica que la producción de alimentos es previa al consumo de los mismo, entonces propusimos que los jugadores eligieran primero el plato de comida a

elaborar, lo que determinaría qué semillas recibirían para plantar. El objetivo pedagógico de este enfoque era mostrar cómo el consumo afecta a la producción. En la Figura 6.15, podemos observar la interfaz para la mecánica de selección de los platos.



Figura 6.15. Primera versión de la interfaz para la selección de platos.

Desafíos de la Lógica Invertida

Cuando probamos esta mecánica con jugadores, observamos que el enfoque invertido no resultaba intuitivo. Los jugadores naturalmente esperaban que la producción de alimentos (cultivos) precediera a la decisión de qué platos elaborar, un reflejo de la comprensión convencional de la relación entre agricultura y alimentación. Esta desconexión reveló que, aunque el concepto era educativamente valioso, no era accesible intuitivamente para los jugadores.

Incorporación del Sapo como Facilitador del Aprendizaje

Para abordar este desafío y mejorar la experiencia educativa, introdujimos el personaje del Sapo en el juego (Figura 6.16). Este personaje tiene una dieta inicialmente monótona y los jugadores enfrentan el desafío de convencerlo de adoptar una dieta más variada. La necesidad de diversificar la dieta del Sapo para avanzar en el juego y la dificultad de mantener su dieta monótona de manera sostenible se convierten en una metáfora directa de la relación entre las dietas y la producción de cultivos.



Figura 6.16. *El Sapo Comensal.*

Beneficios Educativos de la Nueva Mecánica

La introducción del Sapo como un catalizador para el cambio de alimentación ofrece múltiples beneficios educativos:

- **Comprensión Intuitiva:** transforma un concepto abstracto (la relación entre dieta y sostenibilidad agrícola) en una interacción concreta y relacionable.
- **Interacción y Motivación:** al presentar un "problema" en forma de las necesidades dietéticas del Sapo, los jugadores se sienten más motivados para explorar y aplicar conceptos de agroecología en busca de soluciones.
- **Reflexión sobre la Sostenibilidad:** al enfrentarse a la insostenibilidad de una dieta monótona, los jugadores experimentan directamente las consecuencias de no diversificar los cultivos, lo que fomenta una reflexión más profunda sobre sus propias decisiones de consumo.

6.2.4. Mejora de la Interfaz del Semillero

Uno de los principales puntos de confusión identificados durante el playtesting fue la mecánica de selección de semillas en el semillero.

Originalmente, utilizamos la opacidad de los íconos para indicar si una semilla estaba seleccionada o no, como observamos en la Figura 6.17. Sin embargo, varios jugadores malinterpretaron los íconos semitransparentes como semillas bloqueadas, una convención común en otros videojuegos para indicar elementos no disponibles. Esta confusión impedía que los jugadores interactuaran eficazmente con la interfaz.



Figura 6.17. Viejo semillero con opacidad como indicador de selección

Para resolver esto, eliminamos la lógica de opacidad y optamos por indicadores más intuitivos y visibles. Como observamos en la Figura 6.18, introdujimos un borde blanco alrededor de la semilla seleccionada e incrementamos el tamaño de la semilla seleccionada con una animación para captar la atención y clarificar que la semilla estaba disponible y activa para ser plantada. Esta modificación no solo mejoró la claridad visual, sino que también ayudó a los jugadores a entender mejor las acciones disponibles sin temor a equivocaciones.



Figura 6.18. Semillero con la nueva solución implementada

Otro cambio que introdujimos para mejorar la usabilidad del semillero fue la decisión de siempre mantener seleccionada al menos una semilla (si es posible). No existe ninguna acción que el jugador pueda realizar sin semillas, ni tampoco hay acciones que se le restrinjan al jugador por tener seleccionadas semillas. Aunque podría argumentarse que hay una menor intencionalidad en la elección de

las semillas que se están plantando si siempre hay una semilla seleccionada, consideramos que esta decisión reduce la complejidad. Además, existen mecánicas como la plantación en estación y el manejo de plagas que llevarán al jugador a ser más cuidadoso con qué semillas cultivar.

6.2.5. Automatización de la Mecánica de Fumigación

En el diseño de videojuegos, es crucial encontrar el balance adecuado entre dar autonomía al jugador y guiarlo para asegurar una experiencia agradable. En PUMA enfrentamos un desafío específico en este aspecto con la mecánica de fumigación. Inicialmente, los jugadores tenían la libertad de decidir cuándo ejecutar una fumigación, una herramienta para el manejo de las plagas en el juego. Sin embargo, esta libertad resultó en complicaciones tanto en la jugabilidad como en la curva de aprendizaje del juego.

Otro desafío observado fue la dificultad de los jugadores para activar las fumigaciones de manera oportuna. A pesar de disponer de un tutorial sobre cuándo y cómo fumigar, varios jugadores olvidaban o no lograban aplicar esta mecánica correctamente en situaciones críticas.

Problemas con la Autonomía Completa en la Fumigación

Teniendo en cuenta estos desafíos, cuando los jugadores tenían control total sobre la fumigación, enfrentamos los siguiente dos problemas:

- **Sobrecarga de Decisiones:** algunos jugadores se sentían abrumados por la cantidad de decisiones a tomar, lo que incluía no solo el manejo de cultivos y rotaciones, sino también la ejecución de las fumigaciones. Esta sobrecarga podía llevar a decisiones menos óptimas que afectaban negativamente la experiencia del juego y el aprendizaje sobre prácticas agrícolas sostenibles.
- **Interferencia con los Objetivos Educativos:** el objetivo principal de PUMA es enseñar sobre la importancia de la diversificación en dietas y la producción agroecológica y sus prácticas sostenibles. La autonomía total en la fumigación a menudo distraía de este objetivo, con los jugadores concentrándose más en reaccionar a las plagas en lugar de prevenirlas a través de buenas prácticas agrícolas.

Transición a una fumigación automática

Luego de reflexionar sobre los objetivos reales de la mecánica de fumigación —eliminar plagas surgidas por el monocultivo— decidimos automatizar este proceso. La automatización asegura que la fumigación se realice cuando es estrictamente necesaria, basándose en la presencia de plagas en la huerta, que surgen con un alto porcentaje de monocultivo en la huerta. En la Figura 6.19 observamos cómo luce una fumigación automática. Esta decisión de diseño elimina la necesidad de memorizar el momento adecuado para fumigar, vinculando directamente la causa (monocultivo) con el efecto (daño por plagas y

agroquímicos) y permitiendo que el jugador se concentre en prevenir las condiciones que llevan a la necesidad de fumigar.



Figura 6.19. Fumigación automática con indicadores visuales que explican cuándo y por qué se realiza la fumigación

Beneficios de la Fumigación Automática

- **Reducción de la Carga Cognitiva:** la automatización de la fumigación reduce la cantidad de decisiones que los jugadores deben tomar, permitiéndoles concentrarse en las prácticas agrícolas sostenibles y la diversificación de cultivos.
- **Enfoque en la Educación:** al eliminar la necesidad de decidir cuándo fumigar, los jugadores pueden enfocarse en prevenir las plagas mediante la diversificación y otras buenas prácticas agrícolas, alineándose mejor con los objetivos educativos de PUMA.
- **Mejora de la Jugabilidad:** la fumigación automática proporciona una experiencia de juego más fluida y menos frustrante, evitando que los jugadores se distraigan con la mecánica de fumigación y permitiéndoles disfrutar más del juego.

6.2.6. Visualización del Conteo de Monedas

Durante el playtesting, notamos que los jugadores les costaba darse cuenta que no podían comprar más semillas porque se habían quedado sin monedas. Esto se debía a que inicialmente mostrábamos

únicamente el conteo de monedas en la parte superior derecha de la interfaz principal, lo cual era difícil o imposible de ver cuando el menú del mercado de semillas estaba activo. Sobre todo en dispositivos móviles como observamos en la Figura 6.20.



Figura 6.20. La cocina tapa las monedas de detrás

Solucionamos este problema agregando el conteo de monedas en otros lugares relevantes, en particular, en los menús de la cocina y del mercado de semillas.

Mercado de Semillas: aquí, los jugadores usan las monedas para comprar las semillas necesarias para plantar y generar los ingredientes para los platos. La visualización de las monedas en este menú ayuda a los jugadores a tomar decisiones informadas sobre cuántas y qué semillas pueden permitirse, sin necesidad de recordar o volver a la pantalla principal para verificar su saldo. Podemos observar el conteo de monedas en la Figura 6.21.



Figura 6.21. Visualización del conteo de monedas en el mercado de semillas.

Cocina: esta área es crucial porque los jugadores venden los platos que han preparado para ganar monedas. Mostrar la cantidad de monedas directamente en este menú facilita a los jugadores ver el impacto inmediato de sus acciones en su economía, incentivándolos a seguir cocinando y vendiendo platos. Podemos observar el conteo de monedas en la cocina en la Figura 6.22.



Figura 6.22. Visualización del conteo de monedas en la cocina

Mejoras en la Experiencia del Jugador

La presencia del conteo de monedas en los lugares donde son más relevantes ofrece varias mejoras en la experiencia del jugador:

- **Toma de Decisiones Facilitada:** al tener la información económica disponible donde se necesita, los jugadores pueden hacer elecciones rápidas y eficientes sin interrumpir su flujo de juego para navegar a diferentes pantallas.
- **Reducción de la Carga Cognitiva:** minimiza la necesidad de los jugadores de recordar o estimar su saldo de monedas, lo cual reduce la carga cognitiva y permite que se concentren más en las estrategias de juego.
- **Feedback Inmediato y Satisfacción:** ver cómo cambia el saldo de monedas inmediatamente después de realizar transacciones, como comprar semillas o vender platos, proporciona un feedback instantáneo que es esencial para una experiencia de juego gratificante y educativa. Esto se acentuó con una pequeña animación cada vez que el saldo cambia.

Capítulo 7. Evaluación de PUMA

7.1. Introducción

Para la evaluación de PUMA llevamos a cabo dos pruebas distintas:

- Con un grupo de 15 estudiantes de la EEST N° 9 de La Plata que se encuentran realizando sus Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) en el LINTI (Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas) de la UNLP.
- Con un grupo de 15 estudiantes de la Tecnicatura Universitaria en Agroecología (TUnA) de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales en la UNLP.

A ambos grupos les planteamos preguntas enfocadas en la jugabilidad del prototipo, ajustando las preguntas según el perfil de los participantes. A los estudiantes de la TUnA, debido a sus conocimientos técnicos en el tema del juego, les realizamos preguntas específicas sobre el contenido y la representación de los principios agroecológicos en PUMA. Por otro lado, a los estudiantes de la PPS les hicimos preguntas centradas en el contenido educativo, con el fin de medir la efectividad del juego en la adquisición de los conceptos clave.

7.2. Pruebas con Estudiantes de TUnA

7.2.1. Introducción

Con el objetivo de evaluar tanto la jugabilidad como la representación de los principios agroecológicos en PUMA, en agosto de 2024 realizamos una encuesta, incluida dentro del mismo juego, dirigida a los estudiantes de TUnA. Esta evaluación nos permitió obtener feedbacks específicos de personas expertas con la temática, lo que resultó clave para validar la fidelidad del contenido educativo y su integración en las mecánicas del juego.

7.2.2. Metodología

Desarrollamos un módulo dentro de PUMA que nos permite realizar cuestionarios y compartir sus resultados a una hoja de cálculo de Google. En la Figura 7.1. podemos observar cómo lucía este cuestionario en PUMA. El cuestionario fue eliminado del juego posteriormente a las pruebas para evitar el abuso de las credenciales, pero el código fuente aún es accesible en el repositorio de Github¹³.

¹³ <https://github.com/nazamoresco/puma>

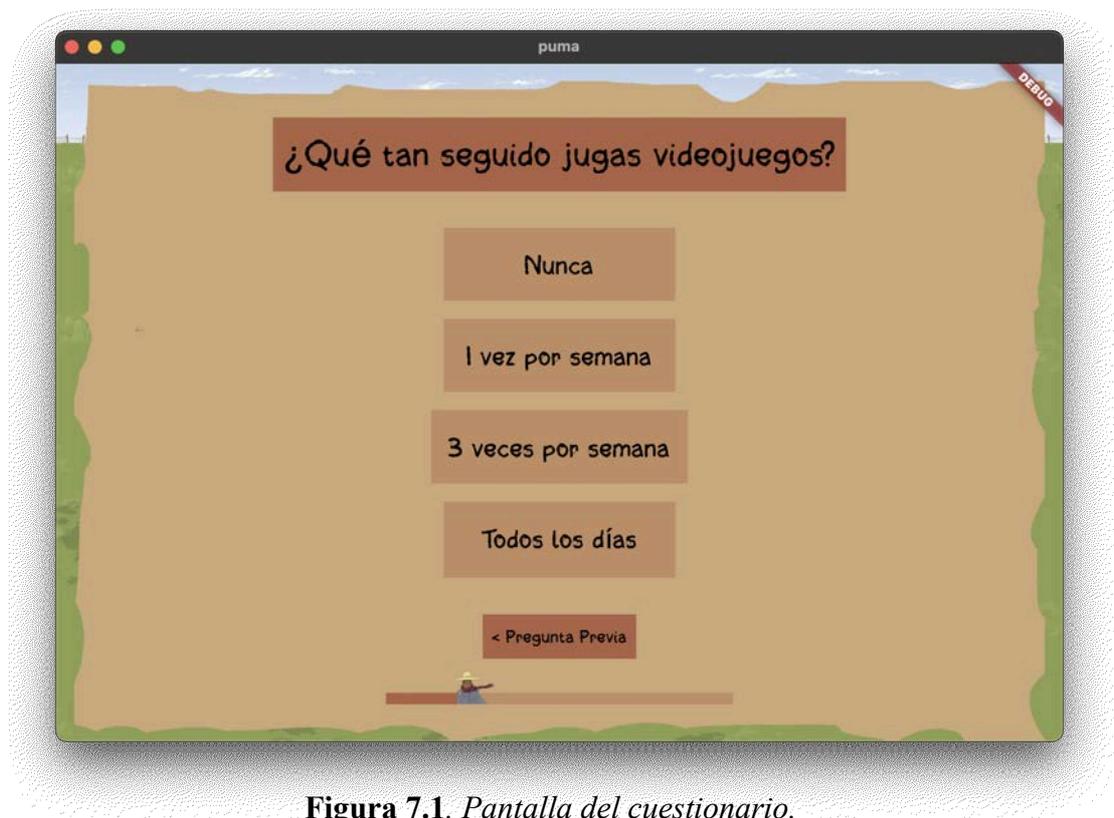


Figura 7.1. Pantalla del cuestionario.

Publicamos en un foro del aula virtual de la carrera un enlace a PUMA con un cuestionario integrado con el objetivo que los estudiantes puedan participar de la prueba. La encuesta estuvo disponible durante 2 semanas.

Además de las preguntas que abarcan aspectos demográficos y hábitos de juego, realizamos preguntas para evaluar algunas de las métricas del modelo de calidad basado en la jugabilidad PQM como la eficiencia, en términos de esfuerzo en la comprensión las mecánicas, la interfaz y los objetivos, y la dificultad de los niveles, y la satisfacción con el juego, las imágenes y sonidos utilizados. Evaluamos la comprensión ganada sobre agroecología únicamente con una pregunta abierta, porque se trata de un grupo de estudiantes con conocimientos previos en agroecología dado que se encuentran cursando la Tecnicatura. Sin embargo, sí nos interesó más llevar a cabo preguntas sobre la representación de la agroecología en PUMA y como potencialmente mejorarla.

7.2.3. Resultados

Después de dos semanas de evaluación, obtuvimos las respuestas de 15 estudiantes. Todos los resultados que evaluaremos a continuación están disponibles en [este enlace a la hoja de cálculo](http://bit.ly/3YWizKj)¹⁴ en la pestaña “Resultados AGRO”.

¹⁴ Enlace a la hoja de calculo: <http://bit.ly/3YWizKj>

En cuanto al perfil demográfico, la mayoría de los encuestados se encuentra entre los 20 y 40 años, con una proporción del 80% de mujeres.

La mayoría de los encuestados tienen algún contacto con el mundo de los videojuegos, como se observa en la Figura 7.2, sin embargo un 26,67% manifestó no jugar videojuegos.

¿Qué tan seguido jugás videojuegos?

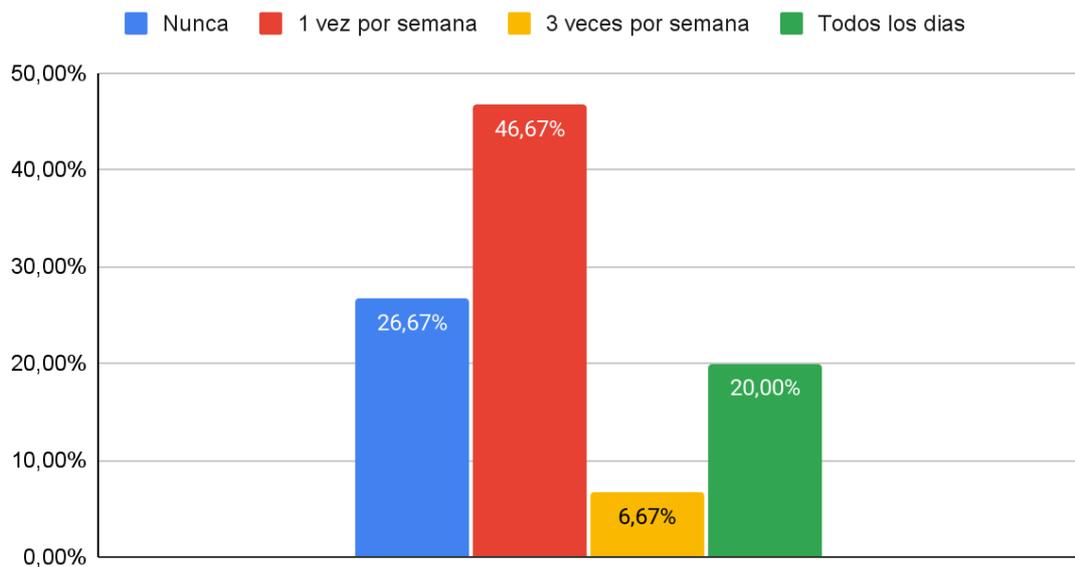


Figura 7.2. Hábitos de juego de los encuestados

En relación con la facilidad de uso, la mayoría de los encuestados encontró a PUMA fácil de entender, como muestra la Figuras 7.3. Sin embargo, el 45% indicó dificultades para encontrar ciertos elementos en el juego (Figura 7.4), lo que sugiere un margen de mejora en la intuitividad de la interfaz. En cuanto a la dificultad del juego, el 46% consideró que los niveles eran “Moderados”, un equilibrio deseado, aunque casi un 40% los percibió como “Fáciles” o “Muy fáciles” (Figura 7.5), sin embargo esto podría deberse a su familiaridad con la temática.

¿El juego te fue fácil de entender?

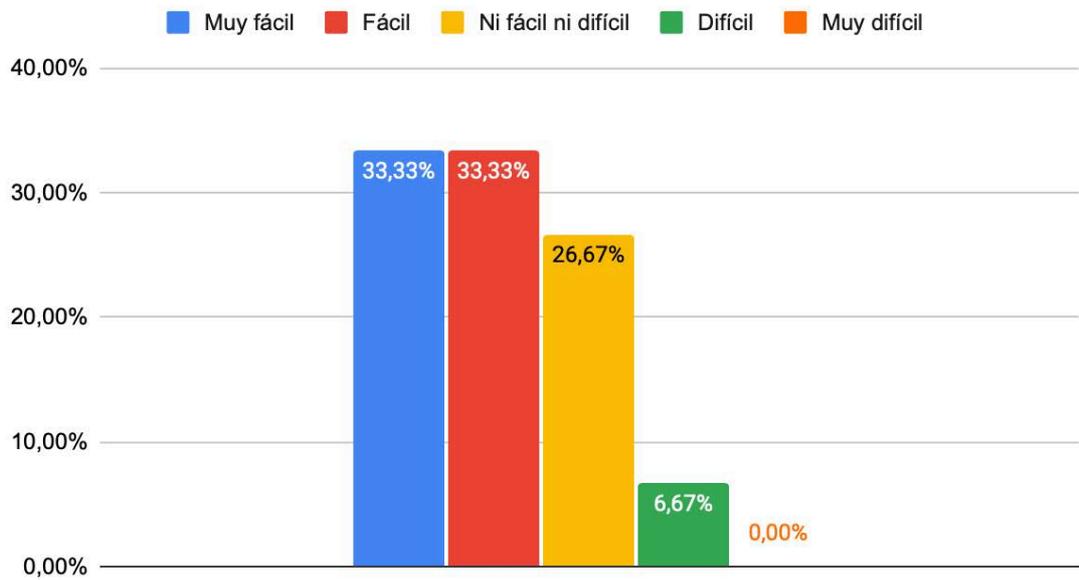


Figura 7.3. Resultados a la pregunta “¿El juego te fue fácil de entender?”

¿Pudiste encontrar fácilmente los elementos del juego?

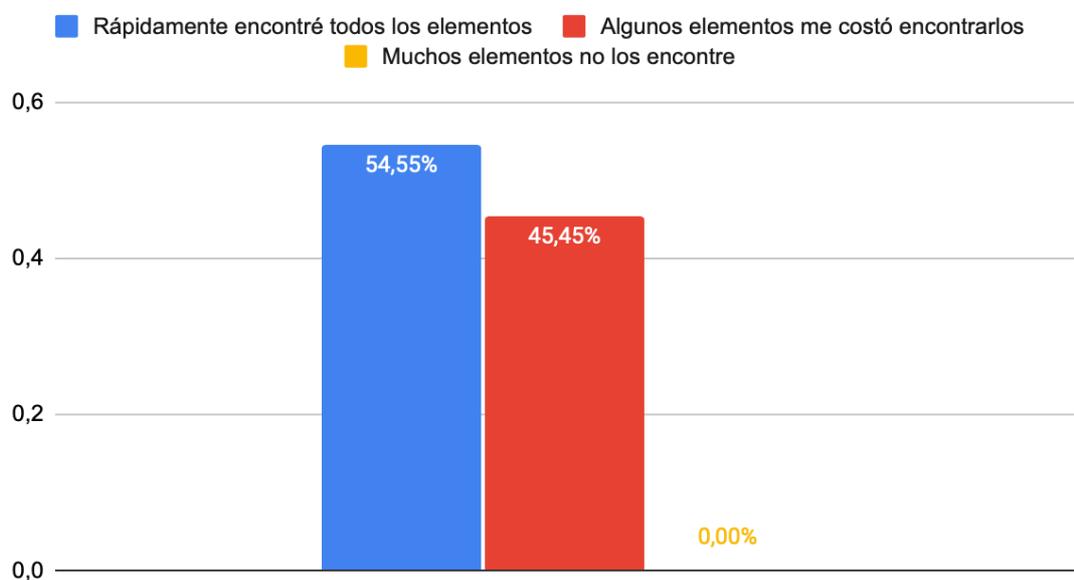


Figura 7.4. Resultados a la pregunta “¿Pudiste encontrar fácilmente los elementos del juego?”

¿Cómo calificarías la dificultad de los niveles?

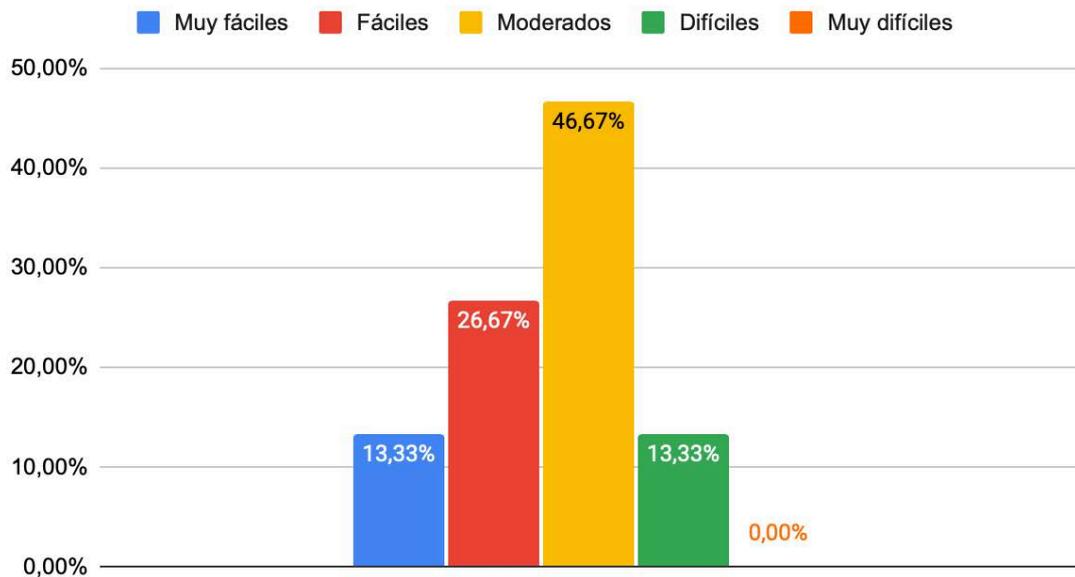


Figura 7.5. Resultados a la pregunta “¿Cómo calificarías la dificultad de los niveles?”

Finalmente, el 60% de los encuestados consideró que los objetivos y desafíos eran claros o muy claros, aunque existe margen de mejora en la claridad de estos elementos (Figura 7.6).

¿Qué tan claros te parecieron los objetivos y desafíos de los niveles?

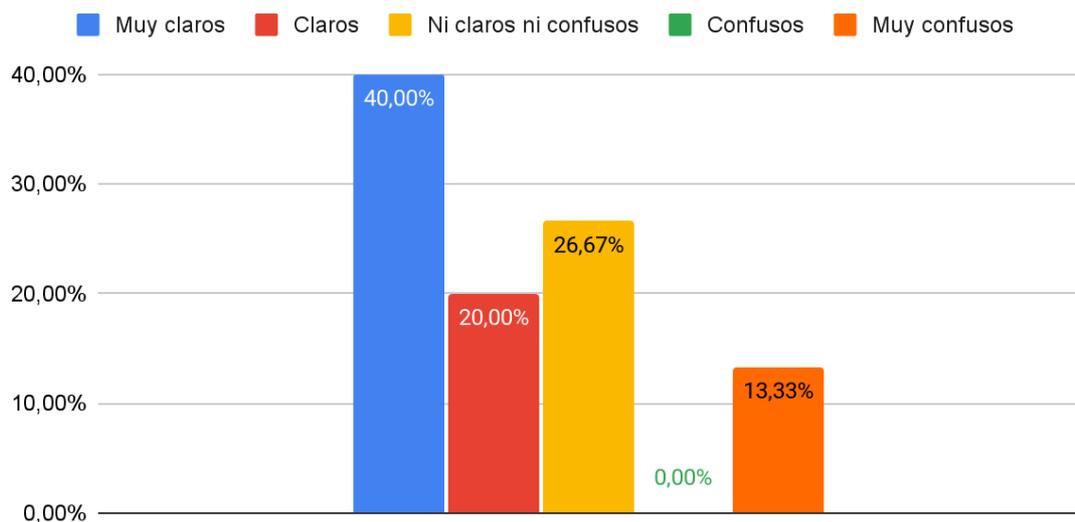


Figura 7.6. Resultados a la pregunta “¿Qué tan claro te parecieron los objetivos y desafíos de los niveles?”

En cuanto a la experiencia de juego, las Figuras 7.7, 7.8 y 7.9 muestran que la mayoría de los encuestados se divirtieron al menos “Un poco” jugando PUMA y valoraron positivamente las imágenes y sonidos. Cabe destacar que las imágenes fueron mucho más valoradas que los sonidos, probablemente debido a que las primeras fueron creadas por un artista, mientras que los sonidos fueron tomados de bancos de Internet. Este feedback sugiere que la incorporación de un especialista en sonido mejoraría la experiencia.

¿Me divertí jugando PUMA?

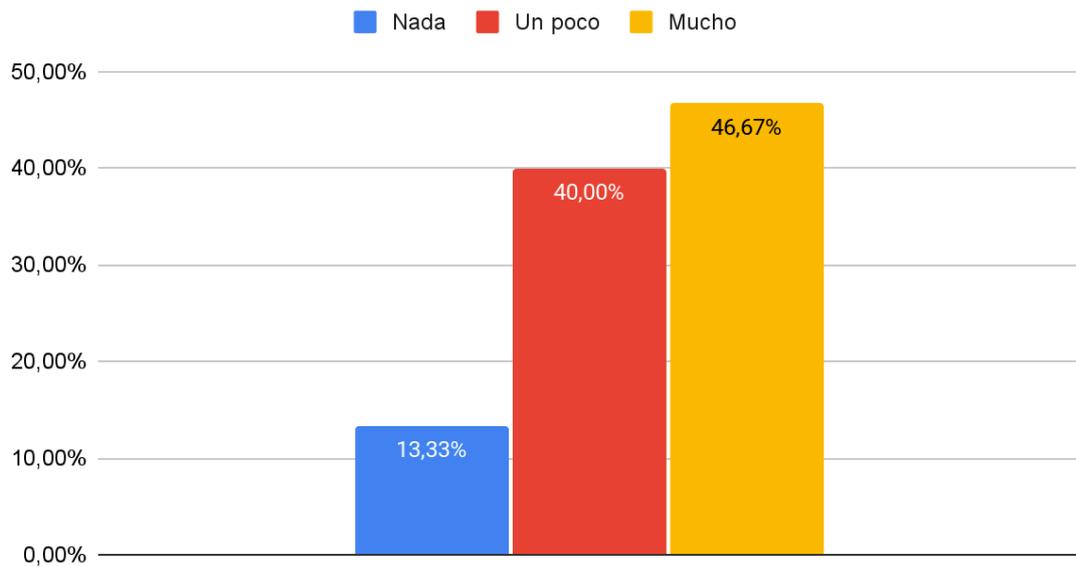


Figura 7.7. Resultados a la pregunta “¿Me divertí jugando PUMA?”

¿Qué piensas de las imágenes utilizadas en el juego?

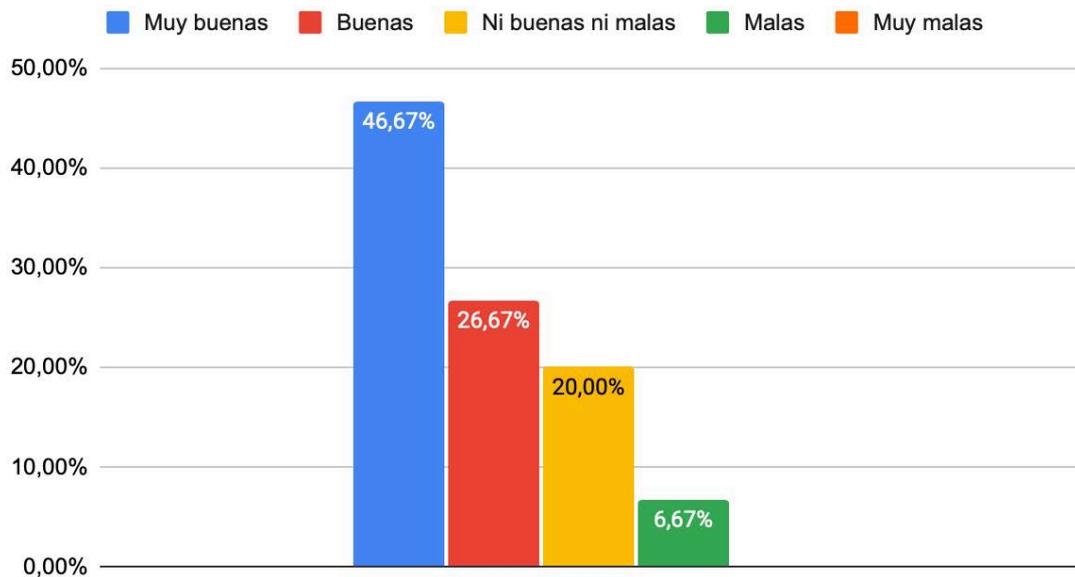


Figura 7.8. Resultados a la pregunta “¿Qué piensas de las imágenes utilizadas en el juego?”

¿Qué te parecieron los sonidos y la música del juego?

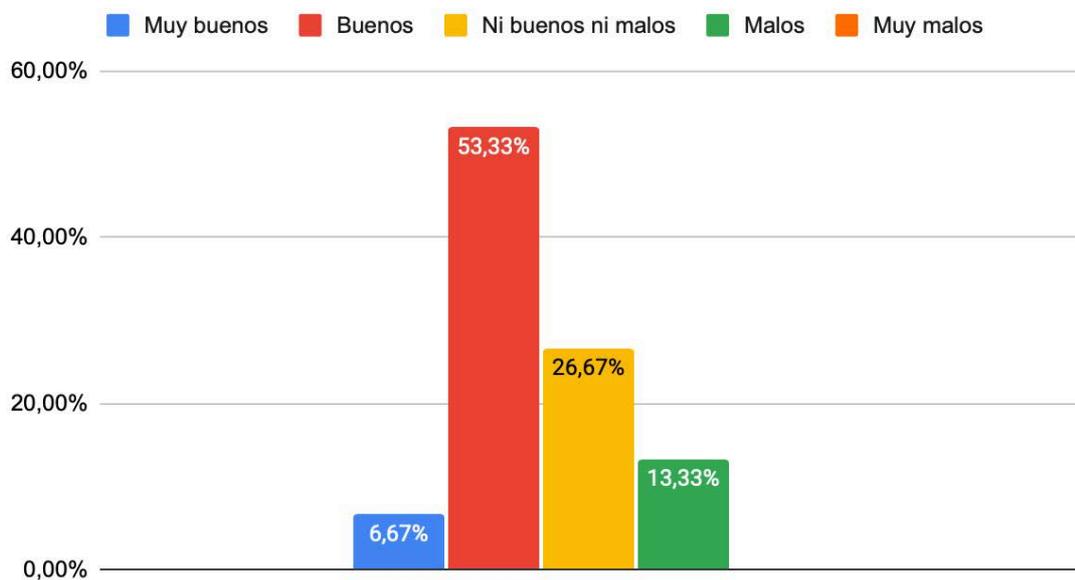


Figura 7.9. Resultados a la pregunta “¿Qué te parecieron los sonidos y la música del juego?”

En cuanto a la intención de seguir jugando, el 60% indicó que volvería a jugar, y el 80% dijo que lo recomendaría a un amigo (Figuras 7.10 y 7.11).

¿Lo volverías a jugar?

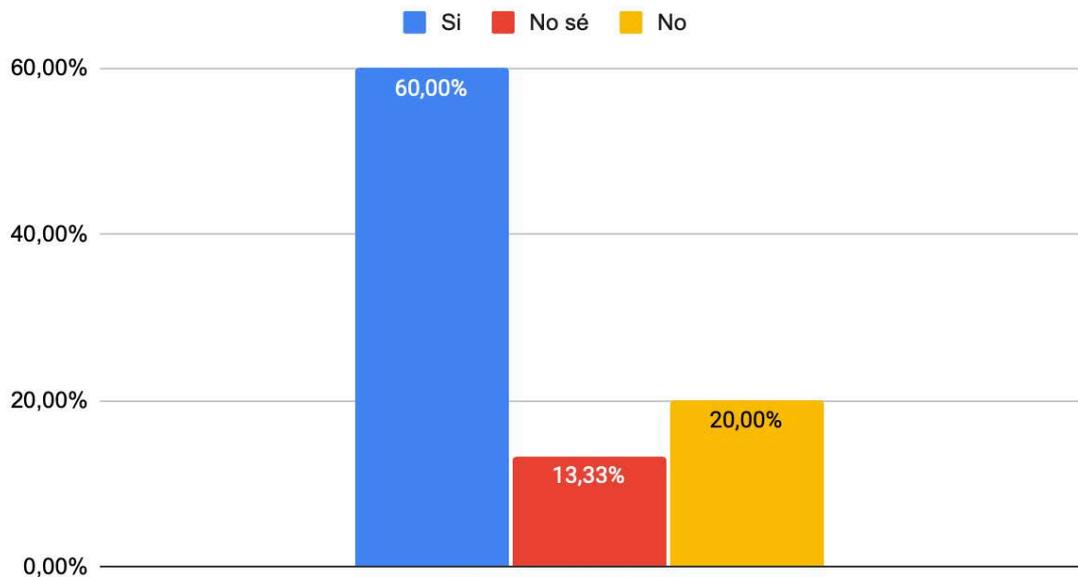


Figura 7.10. Resultados a la pregunta “¿Lo volverías a jugar?”

¿Se lo recomendarías a un amigo?

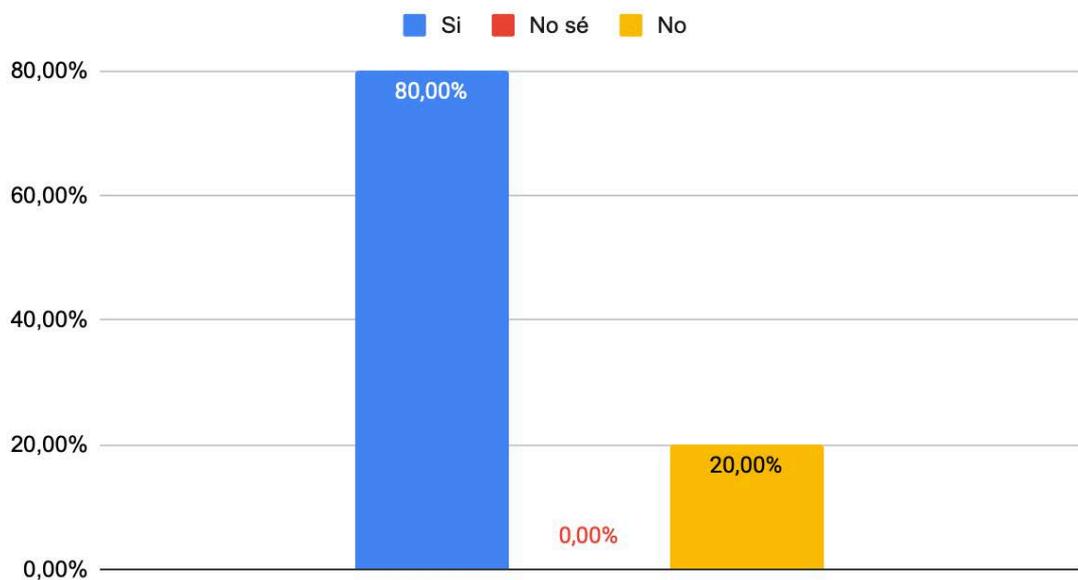


Figura 7.11. Resultados a la pregunta “¿Se lo recomendarías a un amigo?”

Los encuestados también destacaron aspectos positivos, negativos y ofrecieron sugerencias. A continuación, un resumen de los más relevantes:

- **Aspectos Positivos Destacados**
 - Temática agroecológica.

- Mecánica de rotación de cultivos y siembra en temporada.
- Variedad de mecánicas, con especial mención a las recetas, la cocina y el Sapo.
- Estética e imágenes del juego.
- Incremento de complejidad en los niveles.
- **Aspectos Negativos Destacados**
 - El proceso de armado de recetas no es intuitivo.
 - La velocidad del juego fue percibida como demasiado rápida.
 - Las mecánicas relacionadas con las estaciones del año son poco claras y rápidas.
 - Sonidos molestos y poca claridad en algunas mecánicas.
- **Sugerencias**
 - Permitir la configuración de la velocidad del juego.
 - Agregar más recetas, niveles, parcelas y biodiversidad (animales de granja y polinizadores).
 - Mayor complejidad en el manejo de la tierra (como labrarla y regar cultivos).
 - Incluir una opción para desactivar música y ajustar el volumen.
 - Mejorar la explicación de las mecánicas mediante texto o videos.

En cuanto a la representación de la agroecología en PUMA, la mayoría de los encuestados consideró que los principios agroecológicos están representados en el juego, aunque un 55% señaló que con ciertas limitaciones (Figura 7.12). También manifestaron haber mejorado su comprensión sobre temas como la plantación en temporada, la relación entre dieta y producción de alimentos, la importancia de la biodiversidad, el monocultivo y las plagas, y la rotación de cultivos.

¿Consideras que el juego refleja adecuadamente los principios de la agroecología?

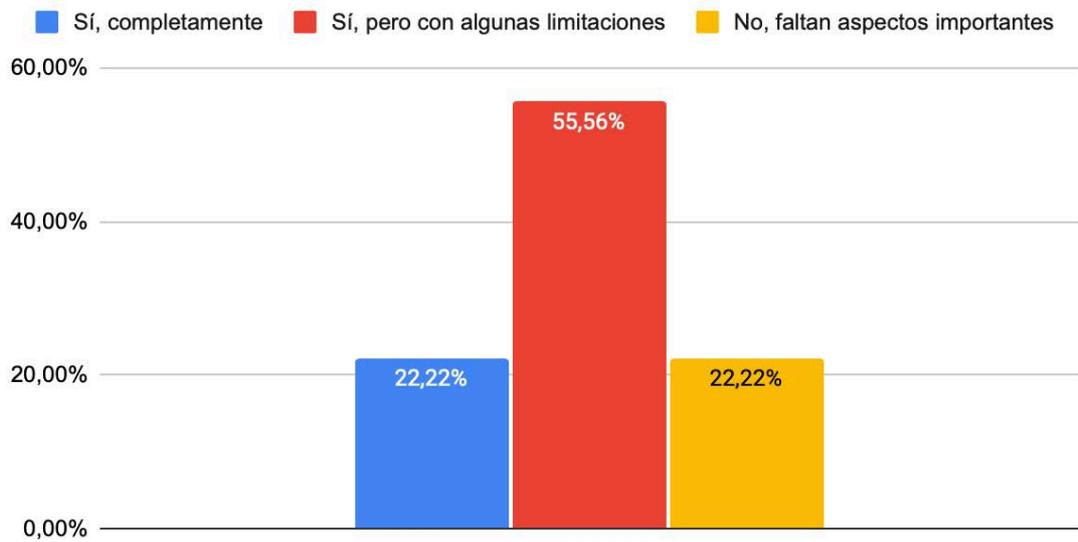


Figura 7.12. Resultados a la pregunta *¿Consideras que el juego refleja adecuadamente los principios de la agroecología?*

Además, el 100% de los encuestados considera que PUMA tiene el potencial de ser una herramienta educativa útil en agroecología, aunque un 40% cree que necesita mejoras para alcanzar todo su potencial (Figura 7.13). Entre las sugerencias para mejorar la representación de la agroecología, se mencionó la incorporación de mayor biodiversidad, como animales y polinizadores, aspectos sociales de la agroecología (como cooperativas), y explicaciones más explícitas sobre la agroecología y sus beneficios.

¿Creés que PUMA podría ser una herramienta útil en la educación sobre agroecología?

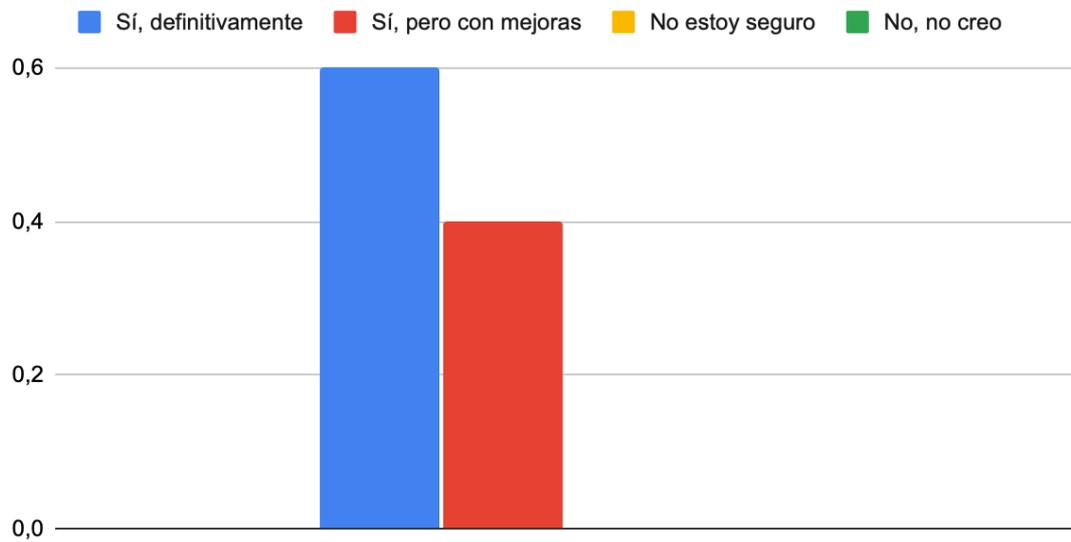


Figura 7.13. Resultados a la pregunta “¿Creés que PUMA podría ser una herramienta útil en la educación sobre agroecología?”

7.3.4. Conclusiones

Los resultados obtenidos de la evaluación con los estudiantes de la TUnA indican que PUMA tiene un gran potencial como herramienta educativa para enseñar los principios de la producción agroecológica y su relación con la alimentación aunque existen áreas claras para mejorar su efectividad.

En cuanto al perfil demográfico, la mayoría de los encuestados tiene entre 20 y 40 años, con un 80% de participación femenina. Si bien el grupo tenía en su mayoría familiaridad con el mundo de los videojuegos, un 26% manifestó nunca jugar videojuegos, lo que se correlaciona en algunos comentarios.

Respecto a la facilidad de uso, la mayoría de los encuestados encontró el juego fácil de entender, aunque un 45% reportó dificultades para encontrar ciertos elementos del juego. Esto indica un margen de mejora en la intuitividad de la interfaz. En cuanto a la dificultad de los niveles, los estudiantes valoraron positivamente el incremento progresivo en la complejidad, aunque también algunos percibieron los niveles como “fáciles” o “muy fáciles”, posiblemente debido a su familiaridad con los conceptos agroecológicos.

En términos de experiencia de juego, las imágenes fueron valoradas de manera notable, lo que nos permite concluir la relevancia del arte en PUMA. Sin embargo, los sonidos recibieron una valoración menos favorable, lo que refuerza la necesidad de mejorar este aspecto, posiblemente incorporando a un especialista en sonido.

Los aspectos positivos más destacados incluyen la temática agroecológica, la variedad de mecánicas, y la representación visual. Por otro lado, los aspectos negativos mencionados incluyen la falta de claridad en algunas mecánicas (como las relacionadas a las estaciones del año), la velocidad del juego y la poca intuitividad en el proceso de armado de recetas. Las sugerencias ofrecidas ponen atención en la mejora de las explicaciones de las mecánicas, añadir más recetas y parcelas, y aumentar la complejidad de las mecánicas agroecológicas, todas ellas cuestiones que enriquecerían la experiencia de juego.

En cuanto a la representación de la agroecología, la mayoría de los encuestados coincidió en que los principios están bien reflejados, aunque un 55% señaló que esto se logra con ciertas limitaciones. Esto sugiere que, si bien PUMA cubre los aspectos esenciales de la agroecología, hay margen para expandir su alcance. Entre las áreas a mejorar se mencionaron la incorporación de más biodiversidad, incluyendo animales y polinizadores, así como aspectos sociales de la agroecología, como las cooperativas.

Finalmente, el 100% de los encuestados consideró que PUMA tiene el potencial de ser una herramienta educativa útil, aunque un 40% cree que se necesitan mejoras para alcanzar su máximo rendimiento. Las sugerencias proporcionadas, como la incorporación de mayor biodiversidad y explicaciones más detalladas, serán clave para hacer de PUMA un recurso más completo y efectivo en la enseñanza de la agroecología.

7.3. Análisis de la Encuesta con Estudiantes de PPS

7.3.1. Introducción

Con el objetivo de evaluar la eficacia y aceptación de PUMA como herramienta educativa, realizamos una encuesta dirigida a estudiantes que se encuentran realizando su PPS en el LINTI. A través de esta encuesta, buscamos recopilar información sobre la experiencia de los estudiantes con PUMA, su percepción sobre distintos aspectos del juego, como la jugabilidad, la facilidad de uso y la claridad de los objetivos. Además, evaluamos el impacto educativo de PUMA en términos de comprensión de los conceptos clave de agroecología, para determinar si el videojuego logra transmitir de manera efectiva los conocimientos que propone enseñar.

7.3.2. Metodología

Encuestamos a un total de 15 estudiantes durante una sesión destinada a la prueba de PUMA, que se realizó en la Facultad de Informática de la UNLP. La sesión se realizó en una de las salas de PC de la Facultad y se utilizaron las computadoras de escritorio de la sala para evaluar PUMA. En la Figura 7.14 se puede observar a los estudiantes durante las pruebas.



Figura 7.14: *Estudiantes de PPS probando PUMA.*

Para esta evaluación, empleamos la misma encuesta sobre jugabilidad que utilizamos y describimos en la sección anterior y que se administró a los estudiantes de la TUnA. Sin embargo, en esta ocasión, incluimos además la métrica de efectividad del modelo de calidad basado en la jugabilidad PMQ, mediante un seguimiento por software de los niveles que los estudiantes lograron superar. De acuerdo con Sabrina Culyba, para evaluar la efectividad de la transferencia de conocimientos mediante un videojuego educativo —en nuestro caso, sobre los principios y prácticas agroecológicas— es necesario no solo medir el progreso en el juego, sino también complementar con un cuestionario posterior que evalúe la adquisición de estos conocimientos al mundo real. Siguiendo esta metodología, administramos un cuestionario previo al comienzo de la sesión del juego para medir el conocimiento inicial de los estudiantes y un cuestionario posterior, una vez completada la sesión de juego, con el fin de evaluar la influencia del juego en la comprensión de los conceptos agroecológicos.

7.3.3. Resultados

Las respuestas de los 15 encuestados se pueden consultar en el [enlace a la hoja de cálculo](#)¹⁵, en la hoja “Resultados PPS”.

En cuanto al perfil demográfico de los encuestados, observamos que la mayoría tiene entre 18 y 19 años, y el 80% son varones. Esta disparidad de género es propia de la matrícula de las escuelas secundarias técnicas en las que la mayoría de los estudiantes son varones. En la Figura 7.15, podemos observar que una mayor proporción de los encuestados juega videojuegos todos los días, en comparación con los estudiantes de la TUnA (Figura 7.2), lo que podría haber influido en su familiaridad con las mecánicas del juego.

¹⁵ Enlace a la hoja de calculo: <http://bit.ly/3YWizKj>

¿Qué tan seguido jugás videojuegos?

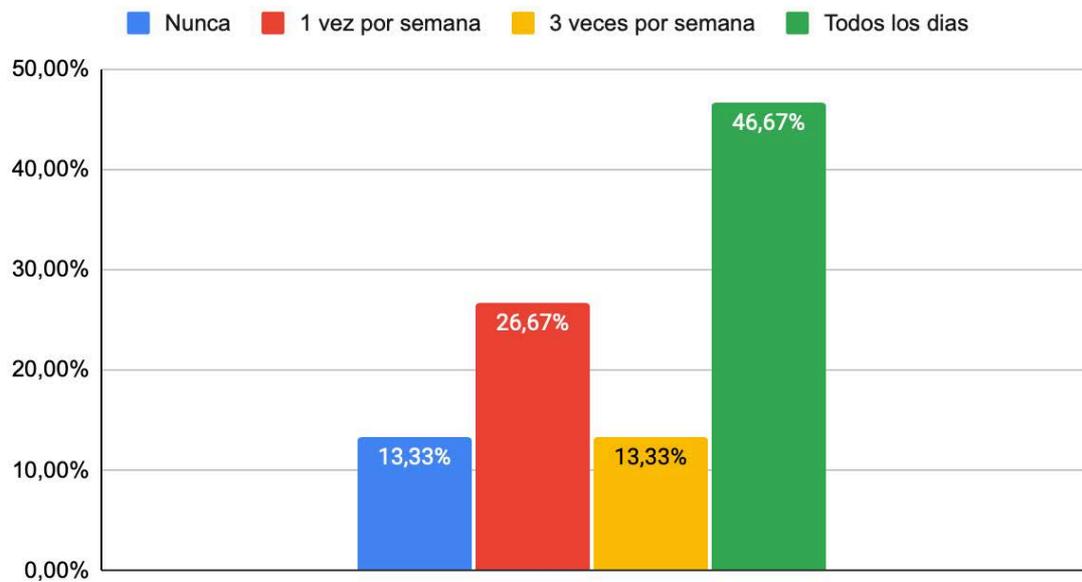


Figura 7.15. Hábitos de juego de los encuestados

En cuanto a la jugabilidad y la progresión en los niveles, la Figura 7.16 muestra cómo la cantidad de estudiantes que completaron cada nivel disminuye progresivamente, lo cual es un indicativo del aumento gradual de la dificultad en PUMA. El 53% de los encuestados logró superar los 4 niveles. Al preguntar sobre la dificultad de los niveles, el 60% de los estudiantes la consideraron “Moderada” (Figura 7.18). Además, el 70% encontró el juego fácil o muy fácil de entender (Figura 7.17), y casi el 80% consideró claros o muy claros los objetivos y desafíos de los niveles (Figura 7.19).

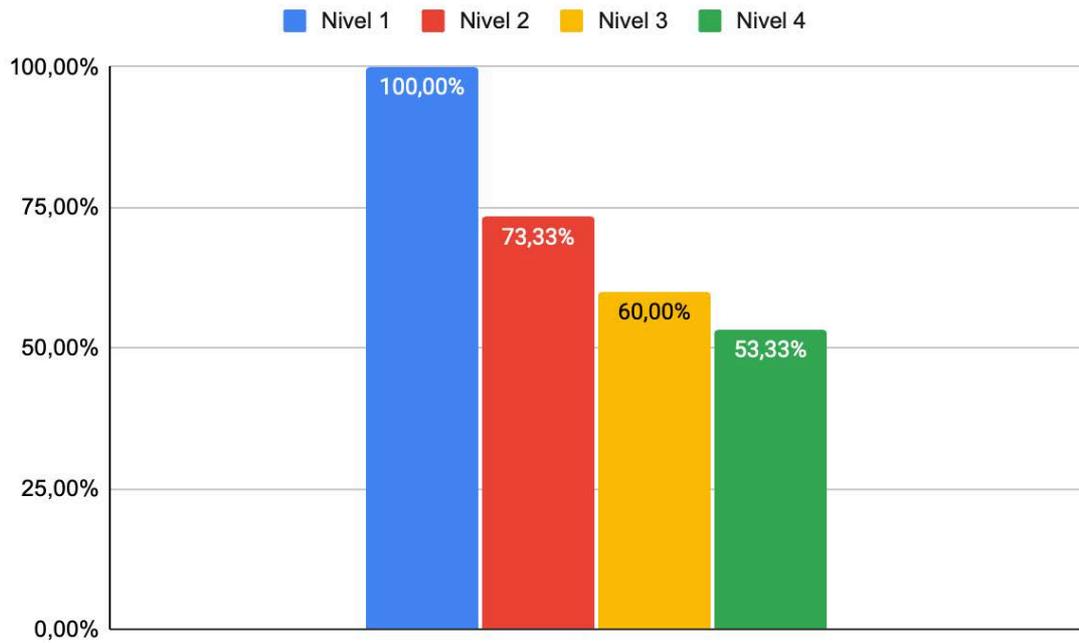


Figura 7.16. Distribución de los niveles superados por los encuestados

¿El juego te fue fácil de entender?

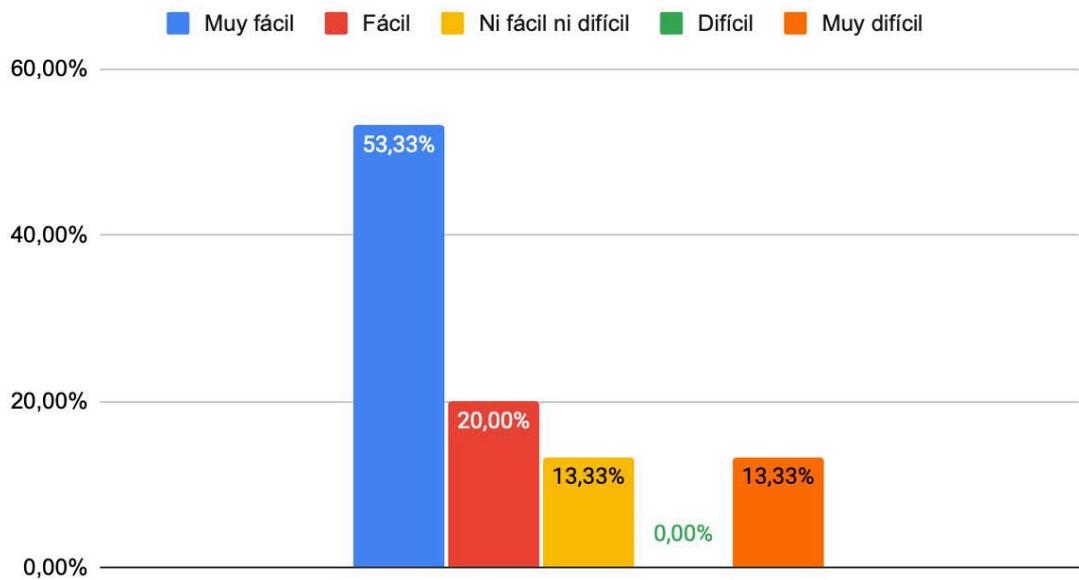


Figura 7.17. Respuestas a la pregunta “¿El juego de te fue fácil de entender?”

¿Cómo calificarías la dificultad de los niveles?

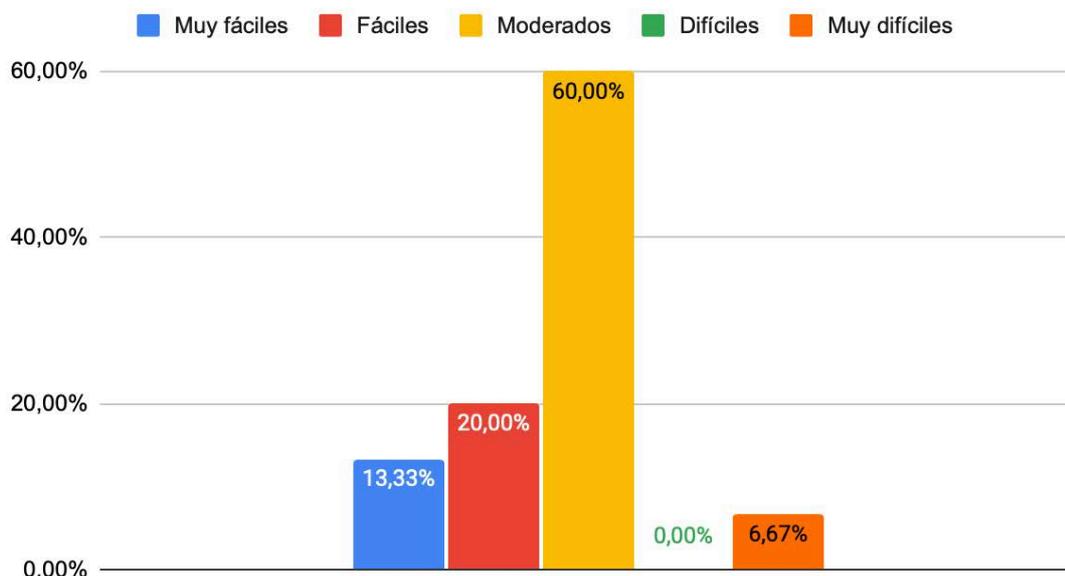


Figura 7.18. Respuestas a la pregunta “¿Cómo calificas la dificultad de los niveles?”

¿Qué tan claros te parecieron los objetivos y desafíos de los niveles?

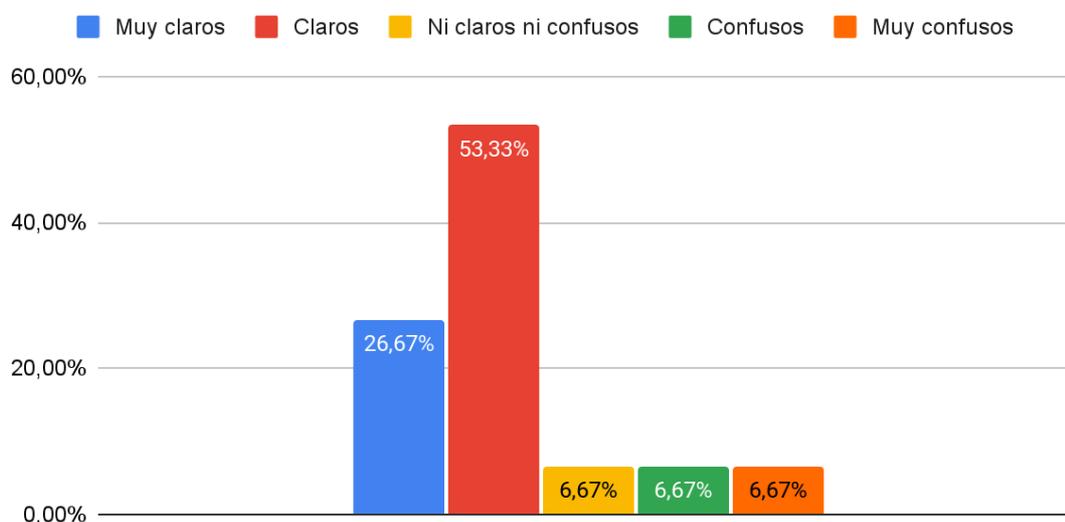


Figura 7.19. Respuestas a la pregunta “¿Qué tan claros te parecieron los objetivos y desafíos de los niveles?”

Si bien la mayoría de los estudiantes indicaron haberse divertido jugando PUMA, el 60% mencionó que se divirtió “un poco” (Figura 7.20). Además, la disposición a volver a jugar o recomendar el juego fue equitativa entre los que estaban indecisos y aquellos que sí lo harían (Figuras 7.23 y 7.24).

Estos resultados, aunque no negativos, sugieren la necesidad de mejorar ciertos aspectos de PUMA para hacerlo más atractivo y aumentar la retención de los jugadores.

De manera similar a los estudiantes de la TUnA, las imágenes fueron mejor valoradas que los sonidos (Figuras 7.21 y 7.22), esto puede deberse, como lo comentamos previamente, a la falta de un especialista en sonido. Este es un aspecto a considerar para mejorar en futuras versiones del juego.

¿Me divertí jugando PUMA?

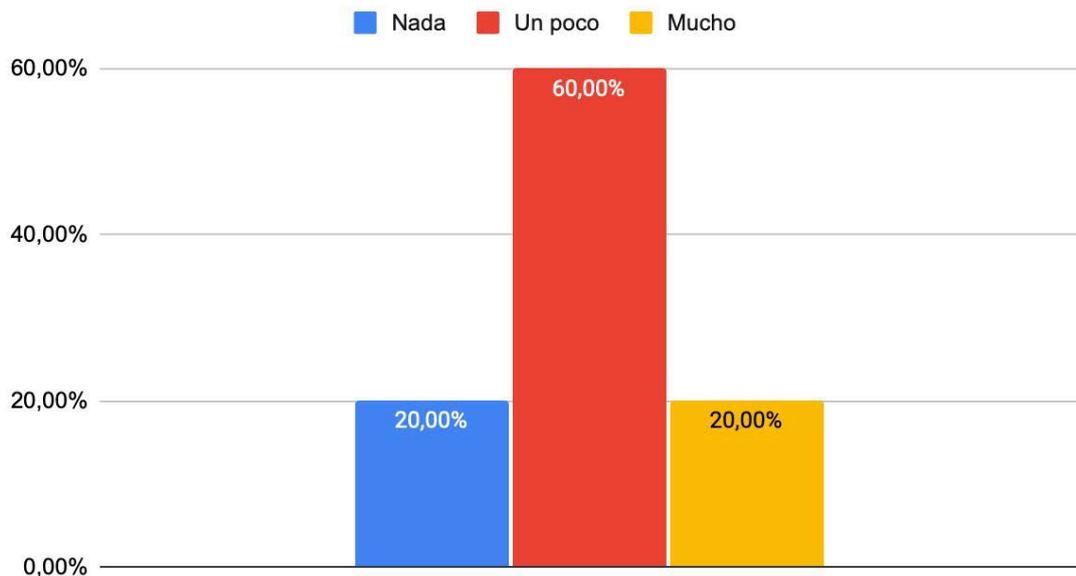


Figura 7.20. Respuestas a la pregunta “¿Me divertí jugando PUMA?”

¿Qué pensás de las imágenes utilizadas en el juego?

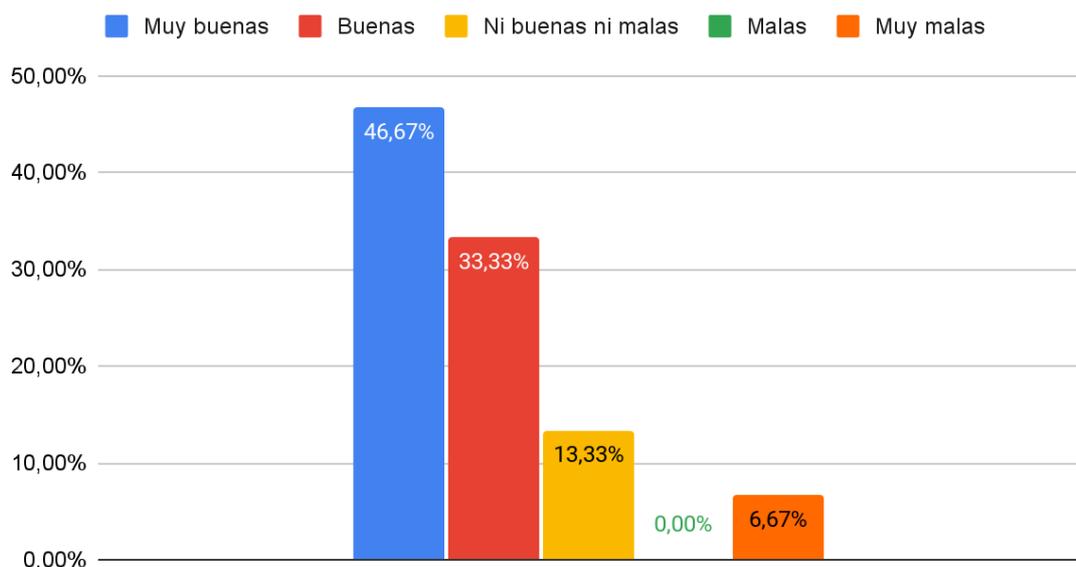


Figura 7.21. Respuestas a la pregunta “¿Qué pensás de las imágenes utilizadas en el juego?”

¿Qué te parecieron los sonidos y la música del juego?

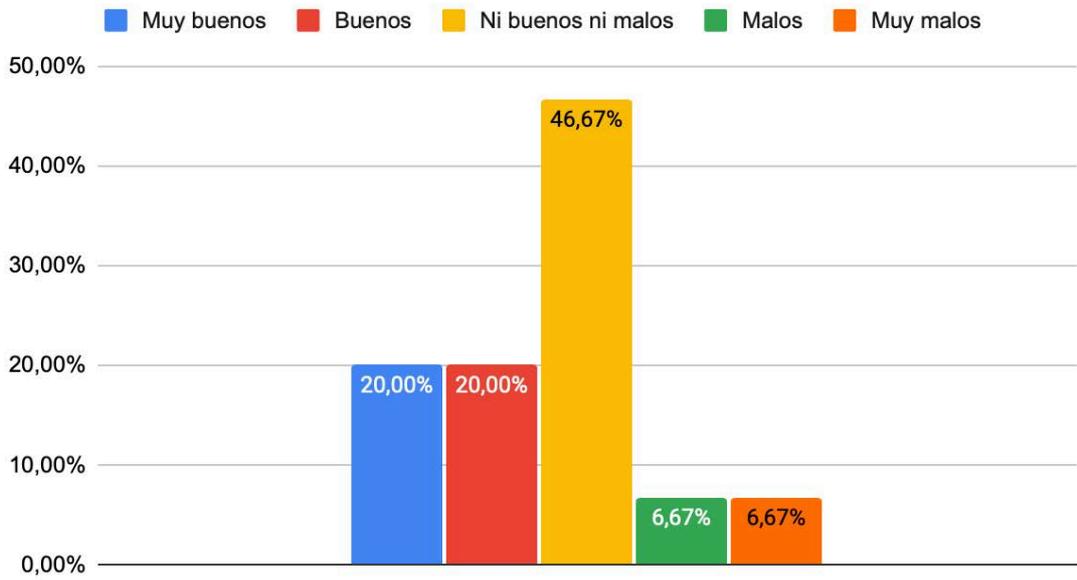


Figura 7.22. Respuestas a la pregunta “¿Qué te parecieron los sonidos y la música del juego?”

¿Lo volverías a jugar?

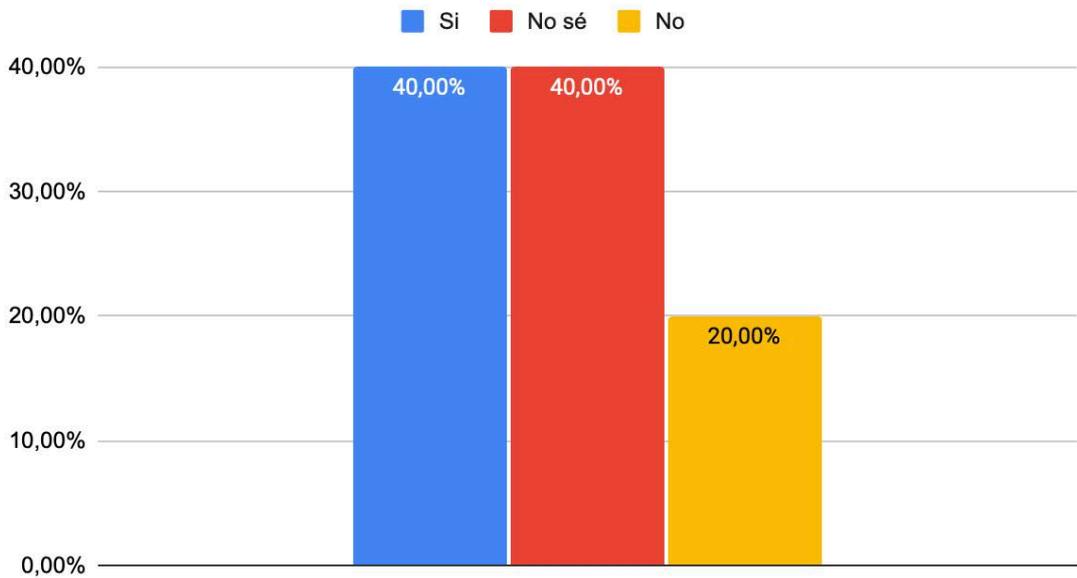


Figura 7.23. Respuestas a la pregunta “¿Lo volverías a jugar?”

¿Se lo recomendarías a un amigo?

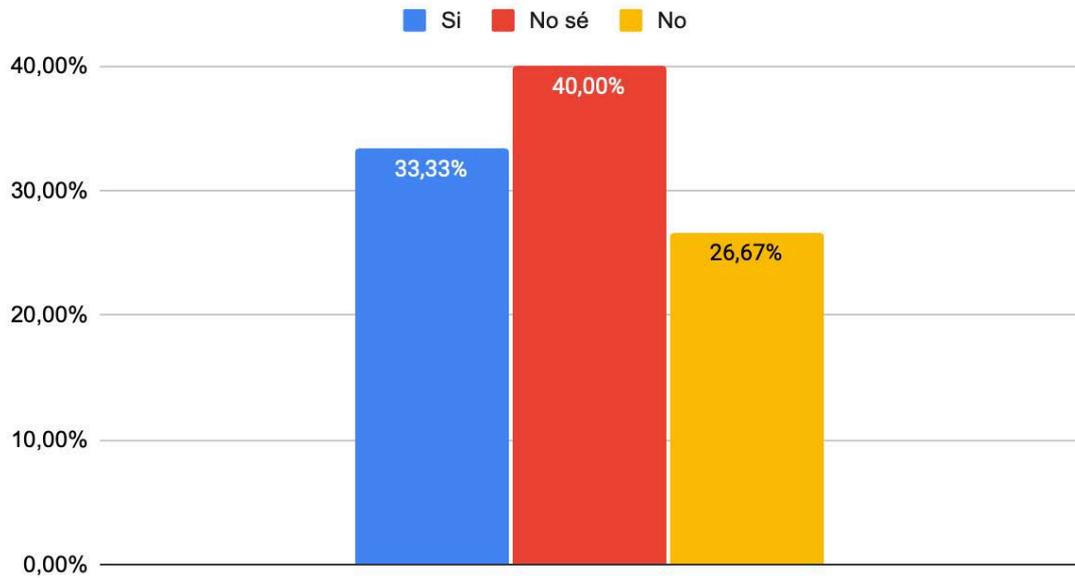


Figura 7.24. Respuestas a la pregunta “¿Se lo recomendarías a un amigo?”

De las preguntas abiertas se obtuvo información sobre los aspectos positivos y negativos del juego, así como sugerencias de mejora:

- **Aspectos Positivos Destacados**

- La estética e imágenes.
- Los personajes (Sapo y Espantapájaros).
- Las distintas mecánicas y su variedad.
- El sonido.

- **Aspectos Negativos Destacados**

- La falta de claridad en las explicaciones.
- La cantidad de parcelas fue percibida como insuficiente.
- La repetitividad en las recetas.
- La velocidad de juego fue percibida como demasiado lenta.

- **Sugerencias**

- Hacer que el juego funcione verticalmente en celulares.
- Indicar en qué nivel se encuentra el jugador.
- Agregar más recetas.
- Permitir la compra de parcelas.

Seguindo las recomendaciones de Sabrina Culyba, realizamos un cuestionario previo y posterior a la sesión del juego para medir la adquisición de conocimientos sobre agroecología y su relación con la alimentación. La Figura 7.16 muestra la distribución de los niveles superados, mientras que las Figuras 7.25 a 7.29 presentan las respuestas a las preguntas sobre los principios agroecológicos.

En la Figura 7.25 se observa que, después de jugar, el 91.67% de los estudiantes comprendieron correctamente la relación entre la dieta y la producción en las huertas, frente al 25% que lo entendía antes de jugar.

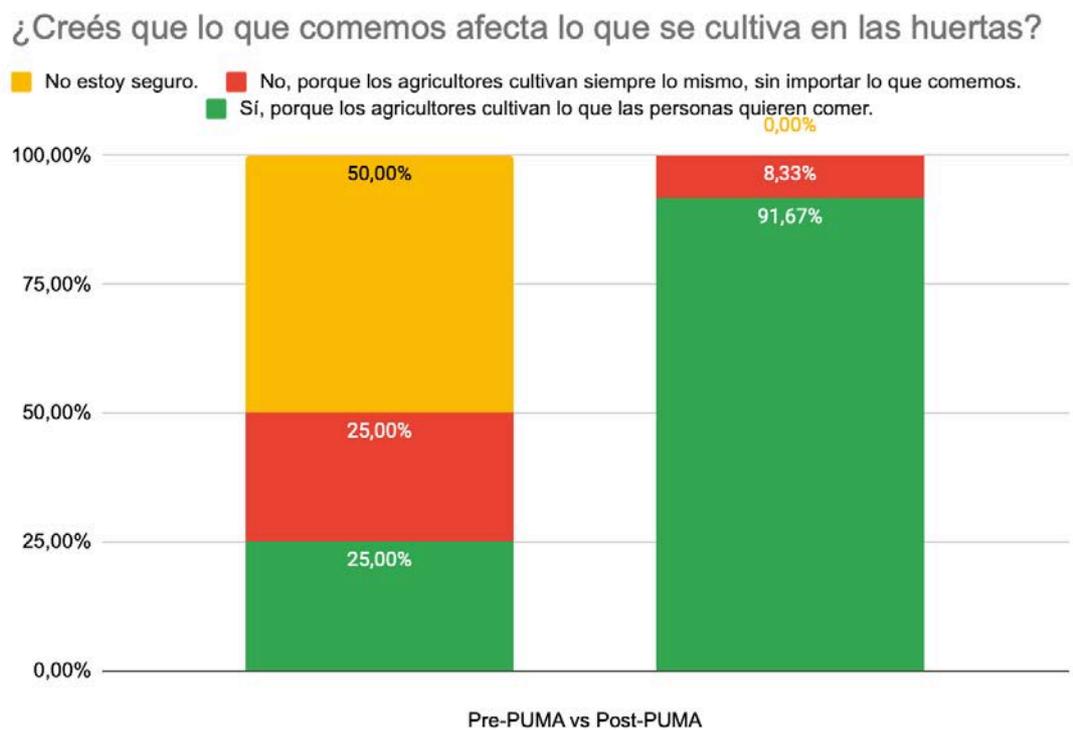


Figura 7.25. Respuestas a la pregunta “¿Creés que lo comemos afecta lo que se cultiva en las huertas?”

El principio de biodiversidad y la práctica de rotación de cultivos (Figura 7.26) también fueron asimilados por el 91.67% de los estudiantes tras jugar, en comparación con el 41.67% previo al juego. Este concepto se introduce a partir del segundo nivel, a través de la mecánica de rotación de cultivos.

¿Cultivar repetitivamente el mismo cultivo es bueno para el suelo?

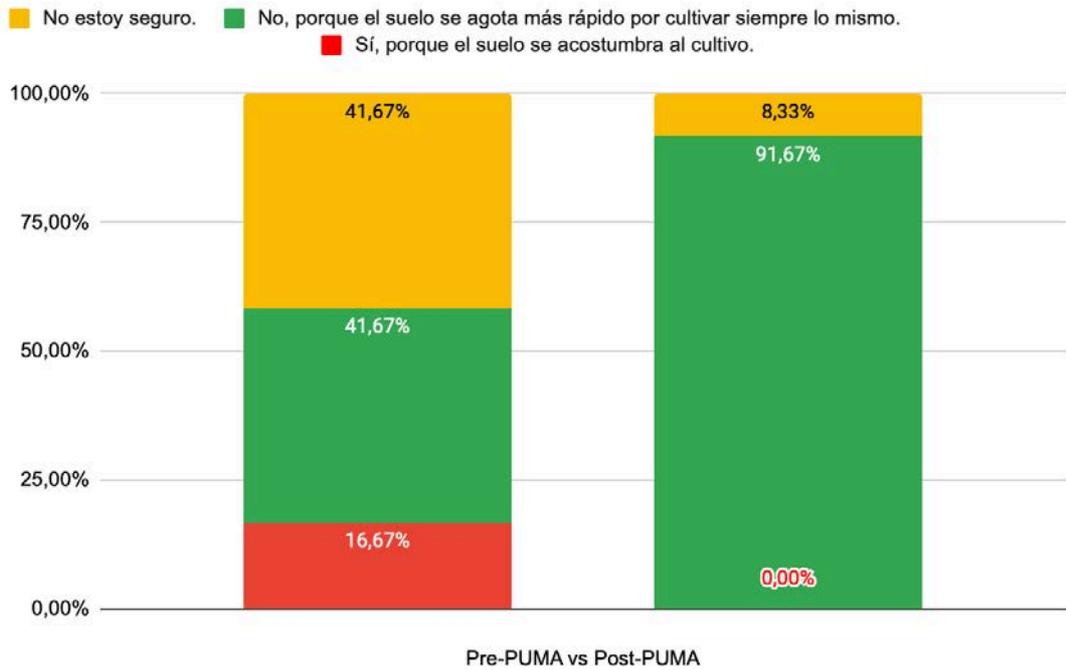


Figura 7.26. Respuestas a la pregunta “¿Cultivar repetitivamente el mismo cultivo es bueno para el suelo?”

Un 83.33% de los estudiantes respondieron correctamente la pregunta sobre la relación entre el monocultivo y las plagas después de jugar, frente al 66.67% antes de jugar (Figura 7.27). Este conocimiento se introduce a partir del tercer nivel.

¿Cultivar siempre el mismo cultivo ayuda a evitar plagas?

■ No estoy seguro. ■ Sí, porque las plagas se cansan de comer siempre lo mismo
■ No, las plagas aumentan porque tienen disponible el alimento que necesitan.

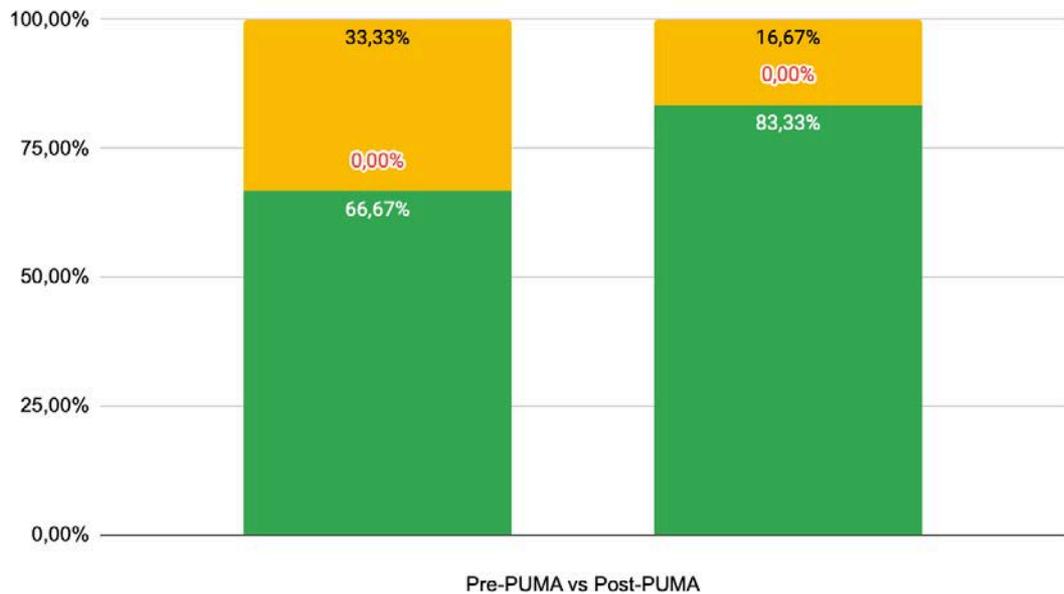


Figura 7.27. Respuestas a la pregunta “¿Cultivar siempre el mismo cultivo ayuda a evitar las plagas?”

En la Figura 7.28 se puede observar que el 66.67% de los encuestados comprendió la relación entre la diversidad en la dieta y la diversidad en la producción luego de jugar, en comparación con el 33.33% antes de jugar. Esta relación se enseña combinando la mecánica de la cocina (nivel 1) con las mecánicas de rotación de cultivos (nivel 2), plagas (nivel 3) y estaciones (nivel 4).

¿Comer siempre poca variedad de verduras es bueno para el ambiente?

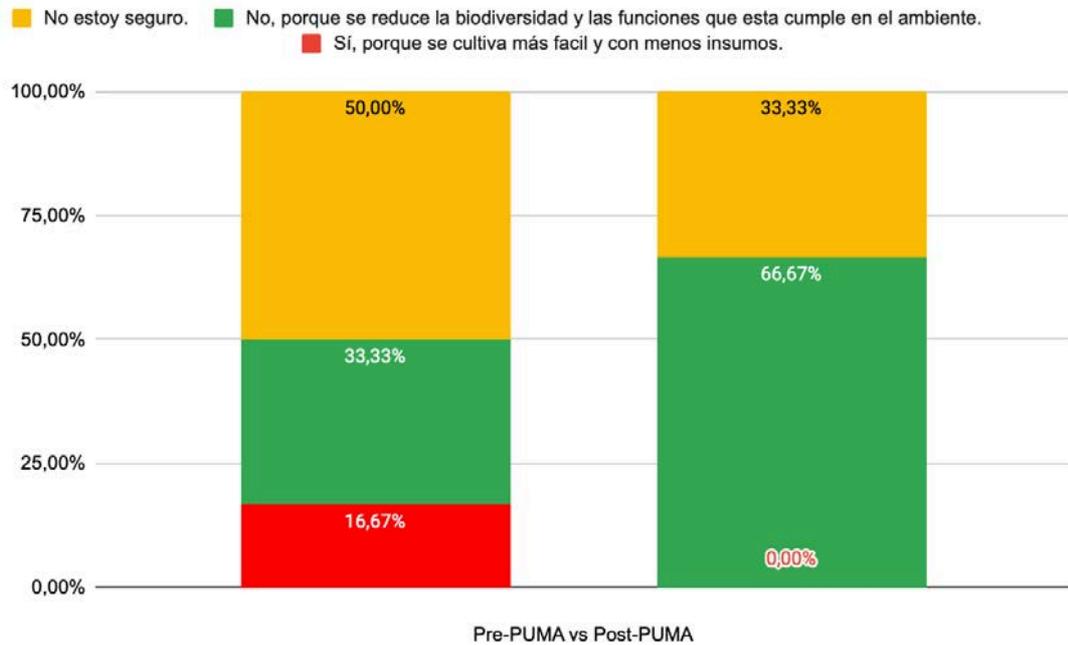


Figura 7.28. Respuestas a la pregunta “¿Comer siempre poca variedad de verduras es bueno para el ambiente?”

Finalmente, el 66.67% de los estudiantes respondieron correctamente la pregunta sobre la práctica de cultivar en temporada y su relación con la dieta y la producción, frente al 41.67% antes de jugar (Figura 7.29). Este concepto se enseña en el cuarto nivel.

¿Comer verduras de estación (son las que se cultivan en la misma estación en que son consumidas) es bueno para el ambiente?

■ No estoy seguro. ■ No, es lo mismo producirlas en cualquier momento del año.
■ Sí, se requieren menos insumos y energía que si son producidas fuera de estación.

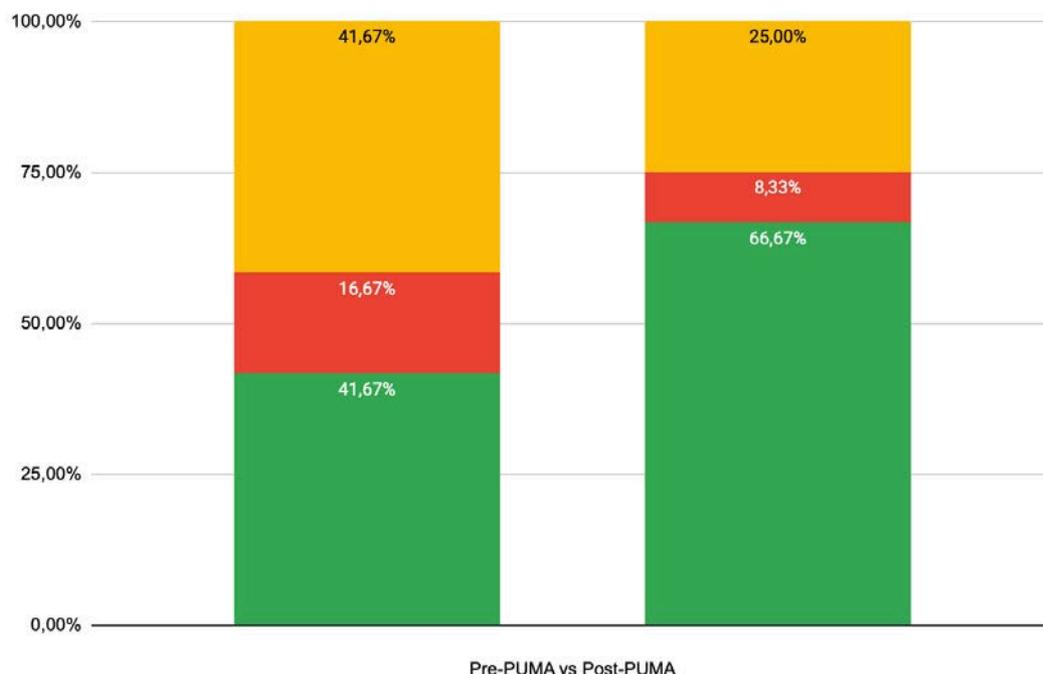


Figura 7.29. Respuestas a la pregunta “¿Comer verduras de estación (son las que se cultivan en la misma estación en que son consumidas) es bueno para el ambiente?”

A medida que las preguntas abarcan niveles más avanzados, la tasa de respuestas correctas disminuye. Esto podría deberse a que no todos los jugadores alcanzaron esos niveles. Sin embargo, en todos los niveles, existe una correlación directa del 76,13% entre la cantidad de estudiantes que superan el nivel y la cantidad de respuestas correctas, lo que sugiere la importancia de que más jugadores avancen para reforzar estos conocimientos.

7.3.4. Conclusiones

Los resultados obtenidos de la evaluación de PUMA realizada con los estudiantes de la PPS sugieren que PUMA tiene un impacto positivo en el aprendizaje de conceptos de agroecología, aunque también revela áreas de mejora importantes, como la claridad de las explicaciones, el atractivo o la accesibilidad.

En cuanto al perfil demográfico, se trata de jóvenes de entre 18 y 19 años y un 80% son varones. Una proporción significativa de los encuestados juega videojuegos a diario, lo que probablemente facilitó su comprensión de la jugabilidad de PUMA.

Respecto a la jugabilidad y la dificultad, los resultados muestran que aunque el 53% de los estudiantes logró superar los cuatro niveles, la cantidad de estudiantes que completaron cada nivel disminuyó a medida que avanzaron en el juego. Este dato indica un aumento progresivo en la complejidad del juego. Si bien la mayoría encontró que la dificultad era “moderada” y que los objetivos estaban claramente definidos, un número considerable expresó que solo se divirtieron “un poco”, lo que sugiere la necesidad de ajustes en la experiencia de juego para mejorar su atractivo.

En cuanto a la evaluación de los aspectos visuales y sonoros, las imágenes fueron valoradas más positivamente que los sonidos, lo que subraya la necesidad de mejorar este aspecto. Además, los estudiantes hicieron sugerencias como permitir que el juego funcione verticalmente en dispositivos móviles, agregar más recetas y mejorar la claridad en las explicaciones de las mecánicas y los niveles.

El análisis de las respuestas correctas en las preguntas sobre conceptos agroecológicos muestra una notable mejora después de jugar PUMA. La mayoría de los estudiantes asimiló correctamente temas claves como la relación entre dieta y producción en huertas, la rotación de cultivos, y el impacto del monocultivo en las plagas. Sin embargo, las tasas de respuestas correctas disminuyen en los niveles más avanzados, lo que podría deberse a que no todos los estudiantes alcanzaron dichos niveles.

Por último, la correlación del 76,13% entre la cantidad de estudiantes que superaron los niveles y la tasa de respuestas correctas confirma que avanzar en el juego tiene un impacto directo en el aprendizaje de los conceptos de agroecología y su relación con la alimentación. Esto sugiere que, para maximizar el impacto educativo de PUMA, es crucial que más jugadores logren avanzar en los niveles.

En resumen, PUMA ha demostrado ser una herramienta educativa efectiva, pero necesita mejoras en la jugabilidad, la presentación de las mecánicas y los elementos audiovisuales para aumentar tanto el atractivo como la retención de los jugadores. La implementación de las sugerencias proporcionadas por los encuestados será clave para su evolución.

7.4. Conclusiones Finales

La evaluación de PUMA por parte de los estudiantes que se encuentran cursando la PPS de la EEST N° 9 de La Plata como los que están cursando la TUnA en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP, demuestra que el videojuego tiene un impacto positivo en el aprendizaje de conceptos de agroecología y su relación con la alimentación, con un gran potencial como herramienta educativa. Sin embargo, también revela áreas importantes de mejora, tanto en la jugabilidad como en la presentación de los contenidos educativos.

En el grupo de estudiantes de la PPS, observamos que la mayoría logró asimilar correctamente conceptos claves como la relación entre la dieta y la producción en huertas, la rotación de cultivos y el impacto del monocultivo en las plagas. No obstante, a medida que los niveles avanzan, las tasas de

respuestas correctas disminuyen, lo que sugiere la importancia de que los jugadores logren avanzar más en el juego para reforzar estos conocimientos. Esto se ve reflejado en la correlación del 76,13% entre el avance en los niveles y la tasa de respuestas correctas, lo que confirma que el progreso en el juego está directamente vinculado con el aprendizaje.

Desde el punto de vista de la jugabilidad, en general, los estudiantes de ambos grupos encontraron que la dificultad del juego está bien balanceada. Las imágenes fueron consistentemente valoradas de manera positiva, lo que refuerza la relevancia del arte visual en el juego. Sin embargo, los sonidos y la música recibieron valoraciones menos favorables, lo que indica la necesidad de mejorar este aspecto.

Las sugerencias de los estudiantes señalan los siguientes aspectos claves a mejorar PUMA: incluir ayudas para mejorar la claridad en las explicaciones de las mecánicas, incorporar más recetas, parcelas y prácticas de biodiversidad, y agregar opciones para configurar la velocidad del juego. Además, los estudiantes de la TUnA señalaron que, si bien los principios de agroecología están bien representados en el juego, hay margen para incorporar más elementos como la biodiversidad y aspectos sociales de la agroecología.

En conclusión, PUMA ha demostrado ser una herramienta educativa valiosa, pero para alcanzar todo su potencial es necesario realizar mejoras en la experiencia de usuario, la jugabilidad y la representación de los principios agroecológicos. Implementar las sugerencias obtenidas de la evaluación no solo mejorará la efectividad del juego como recurso educativo, sino que también incrementará su atractivo y capacidad de retención entre los jugadores. Estas mejoras serán fundamentales para que PUMA se convierta en una herramienta aún más robusta y efectiva para el aprendizaje de agroecología.

Capítulo 8. Conclusiones y Trabajos Futuros

8.1. Conclusiones

En este proyecto de tesina presentamos nuestra experiencia en el desarrollo de PUMA, un prototipo de videojuego educativo multiplataforma sobre agroecología y su relación con la alimentación. La construcción de un marco conceptual sobre agroecología con la colaboración de un experto en la temática fue necesario para la selección del contenido a incluir en el prototipo. La construcción de un marco conceptual sobre los videojuegos educativos que incluyó una caracterización de “juegos serios” y “juegos transformacionales” y metodologías para medir la eficacia de los videojuegos en la educación junto con el uso de técnicas “playtesting”, guiaron el desarrollo del prototipo de PUMA. El análisis del videojuego SEGAE es un antecedente relevante de videojuegos sobre agroecología que permitió comprender dimensiones del aprendizaje de la agroecología.

Durante el proceso de diseño e implementación de PUMA, abordamos desafíos tecnológicos y de diseño que surgieron durante el desarrollo. Elegimos Flutter y el motor de videojuegos multiplataforma 2D Flame debido a ser un framework de código fuente abierto, su capacidad para exportar el juego a múltiples plataformas de manera eficiente y la experiencia profesional del autor de la tesis. Se hicieron aportes a la comunidad de Flame al compartir soluciones para el aprovechamiento de la caché de imágenes de Flame en el código Flutter y la construcción del módulo “DimetricLayout”. Compartimos el código fuente de PUMA¹⁶ en Github, junto con los enlaces de descarga para Linux, Windows, Android y Web, garantizando el acceso abierto y la posibilidad de futuras colaboraciones y mejoras. La versión web de PUMA puede accederse desde el siguiente enlace: nazamoresco.github.io/puma.

Las pruebas realizadas con estudiantes universitarios de TUnA de la UNLP y estudiantes de la EEST N° 9 que se encuentran cursando la PPS demostraron que PUMA es efectivo para transmitir los principios de la agroecología y su vínculo con la alimentación. Sin embargo, estas pruebas también revelaron áreas de mejora, tanto en la jugabilidad como en la presentación de los contenidos. Las sugerencias obtenidas, tales como mejorar la claridad de las instrucciones, ajustar la velocidad del juego, y añadir más contenidos sobre agroecología, proporcionan una valiosa guía para futuras iteraciones del prototipo.

En resumen, PUMA ha logrado cumplir su objetivo de ser una herramienta educativa efectiva, y el feedback recibido ofrece un camino claro para continuar mejorando la experiencia y la eficacia del prototipo.

¹⁶ <https://github.com/nazamoresco/puma>

8.2. Trabajos Futuros

A lo largo de las diversas pruebas realizadas, hemos identificado varios puntos de mejora que consideramos fundamentales para el futuro desarrollo de PUMA. Las principales áreas a trabajar incluyen:

- **Accesibilidad:** aunque la accesibilidad no fue una prioridad en la primera versión del prototipo, es fundamental mejorar este aspecto para hacer el juego más inclusivo y ampliar su público potencial. Esto podría incluir desde la adaptación de controles para usuarios con discapacidades hasta la incorporación de subtítulos y ajustes visuales.
- **Configuración de la dificultad:** de la evaluación surgió que PUMA es muy fácil y también demasiado difícil. Una solución viable sería la implementación de una opción para que los jugadores seleccionen el nivel de dificultad que mejor se adecúe a sus preferencias y habilidades.
- **Explicaciones más explícitas:** aunque PUMA está diseñado para enseñar los principios de la agroecología a través de sus mecánicas, algunos encuestados expresaron la necesidad de contar con explicaciones más detalladas en formato de texto o videos. La incorporación de tutoriales o explicaciones adicionales ayudaría a aclarar las mecánicas y reforzar el contenido educativo.
- **Nuevas mecánicas:** recibimos varias sugerencias valiosas para la implementación de nuevas mecánicas o la mejora de las existentes. Entre las ideas aportadas por las evaluaciones se incluyen el labrado de la tierra, el riego de cultivos, la creación de cooperativas de productores, la incorporación de polinizadores, y la posibilidad de comprar parcelas adicionales, lo que enriquecería la experiencia de juego.
- **Extensión del contenido:** de las evaluaciones también surgió la ampliación del contenido, específicamente en cuanto a la inclusión de más recetas y mayor contenido sobre biodiversidad, tanto vegetal como animal. Esta ampliación contribuiría a ofrecer una experiencia de juego más rica y diversificada.
- **Intuitividad de la interfaz:** continuar mejorando la intuitividad de la interfaz es fundamental para que jugar a PUMA sea una experiencia sencilla y agradable. Por ejemplo, un aspecto a mejorar es el ícono del tacho de basura para la venta de ingredientes. Actualmente, este ícono puede resultar confuso, ya que los jugadores podrían interpretarlo como una mecánica de descarte en lugar de una opción de venta, lo que podría hacer que eviten utilizarlo.
- **Sonido:** mejorar la calidad de los efectos de sonido y la música. La experiencia en las pruebas ha demostrado la efectividad de un arte visual diseñado especialmente para PUMA, desarrollado por un artista especializado en el desarrollo de las imágenes. En este sentido, trabajar el sonido y la

música también con un especialista podría ser un camino a recorrer en futuras versiones. La mejora del audio podría aumentar significativamente la inmersión y disfrute del juego.

Además, para ofrecer una representación más completa de la agroecología, es importante integrar principios y prácticas sociales y económicas. Esto podría incluir la creación conjunta e intercambio de conocimientos entre campesinos y científicos, la lucha contra la desigualdad de género —especialmente en el caso de las mujeres productoras—, y la promoción de economías circulares y solidarias, conceptos esenciales en la agroecología.

Por el momento, no se planifican nuevas modificaciones adicionales. Sin embargo, el proyecto queda abierto a futuras iteraciones que podrían incluir mejoras, lo que permitiría seguir evolucionando y ampliando el alcance educativo de PUMA.

Referencias

- Abt, C. (1970). *Serious Games*. Viking Press.
- Aker, Ç., Rızvanoğlu, K., İnal, Y., & Yılmaz, A. S. (2016). Analyzing Playability in Multi-platform Games: A Case Study of the Fruit Ninja Game. In: Marcus, A. (Ed.), *Design, User Experience, and Usability: Novel User Experiences*. DUXU 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol 9747. Springer, Cham. Disponible en: Recuperado el 14 de octubre de 2024, de https://doi.org/10.1007/978-3-319-40355-7_22
- Altieri, M. A. (1992). El rol ecológico de la biodiversidad en agroecosistemas. *Agroecología y Desarrollo*. Recuperado el 14 de octubre de 2024, de <https://agroabona.files.wordpress.com/2011/01/el-rol-ecologico-de-la-biodiversidad-en-agroecosistemas.pdf>
- Atmaja, P. W., & Sugiarto, S. (2021). Balancing Entertainment, Cost, and Educational Strength: A Design Framework for Medium-Coupling Educational Games. *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*. Recuperado el 14 de octubre de 2024, de <https://doi.org/10.22219/kinetik.v6i1.1158>
- FAO. (2017). *Sustainable Agriculture for Biodiversity – Biodiversity for Sustainable Agriculture*. Rome. Recuperado el 14 de octubre de 2024, de <https://www.fao.org/3/I6602E/i6602e.pdf>
- FAO. (2018). *Guía para la transición hacia sistemas alimentarios y agrícolas sostenibles*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 14 de octubre de 2024, de <https://www.fao.org/3/i9037es/i9037es.pdf>
- FAO. (2019). *The State of Agricultural Biodiversity in the Diets of the World*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado el 14 de octubre de 2024, de <https://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>
- FAO. (s.f.). *La agroecología y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. Recuperado el 8 de junio de 2023, de <https://www.fao.org/agroecology/overview/agroecology-and-the-sustainable-development-goals/es/>
- Flores CC & SJ Sarandón (2014). Manejo de la biodiversidad en agroecosistemas En: Sarandón SJ & CC Flores (Editores). *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Colección de libros Cátedra. Universidad Nacional de La Plata (EDULP). 467 pp Capítulo 13:342-373.
- Flutter. (s.f.). *Adaptive and Responsive Design in Flutter*. En Flutter. Recuperado el 10 de julio de 2024, de <https://docs.flutter.dev/ui/layout/responsive/adaptive-responsive>

García M (2015) Horticultura de La Plata (Buenos Aires). Modelo productivo irracionalmente exitoso. *Rev. Fac. Agron.* Vol 114 (Núm. Esp.1): 190-201.

González Sánchez, J. L., & Gutiérrez Vela, F. L. (2014). Jugabilidad como medida de calidad en el desarrollo de videojuegos. GEDES – Universidad de Granada. Recuperado el 14 de mayo de 2024, de https://ceur-ws.org/Vol-1196/cosecivi14_submission_23.pdf

Guerra-Antequera, J., & Revuelta-Domínguez, F. I. (2022). Investigación con videojuegos en educación. Una revisión sistemática de la literatura de 2015 a 2020. *Revista Colombiana de Educación*. Recuperado el 14 de mayo de 2024, de <https://doi.org/10.17227/rce.num85-12579>

ImageMagick Studio LLC. (s.f.). ImageMagick. Recuperado el 27 de febrero de 2024, de <http://www.imagemagick.org>

ImageMagick Studio LLC. (s.f.). Inline Image Modification. ImageMagick. Recuperado el 27 de febrero de 2024, de <https://imagemagick.org/script/mogrify.php>

Parés, G. (s.f.). Planifica tu huerta. Recuperado el 14 de mayo de 2024, de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/planifica_tu_huerta.pdf

Jouan, J., Carof, M., Baccar, R., Bareille, N., Bastian, S., Brogna, D., et al. (2021). SEGAE: An Online Serious Game to Learn Agroecology. *Agricultural Systems*, 191, 103145. Recuperado el 7 de octubre de 2024, de <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103145>

Kogut, P. (2023). Monocultivo en la agricultura: Pros y Contras. EOS Data Analytics. Recuperado el 7 de octubre de 2024, de <https://eos.com/es/blog/monocultivo/>

Rouse, M. (2011). What Does Playtesting Mean? Techopedia. Recuperado el 16 de mayo de 2024, de <https://www.techopedia.com/definition/27197/playtesting>

Mozilla. (s.f.). Diseño responsivo. En MDN Web Docs. Recuperado el 28 de febrero de 2024, de https://developer.mozilla.org/es/docs/Learn/CSS/CSS_layout/Responsive_Design

Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). Objetivos de Desarrollo Sustentable. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Nicholls, C. I., Altieri, M. A., & Vázquez, L. L. (2015). Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. *Agroecología*, 10. Recuperado el 3 de diciembre de 2023, de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300741/216161>

Rojas-García, P., Sáez-Delgado, F., Badilla-Quintana, M., & Jiménez-Pérez, L. (2022). Análisis de intervenciones educativas con videojuegos en educación secundaria: una revisión sistemática. Recuperado el 14 de octubre de 2024, de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/textolivres/article/view/37810/30373>

SInCA. (2023). Encuesta de Consumos Culturales 2022-2023. Ministerio de Cultura de la Nación. Recuperado el 14 de octubre de 2024, de <https://datos.cultura.gob.ar/dataset/encuesta-nacional-de-consumos-culturales/archivo/b635d1fc-2161-4901-a21d-7f93d56d99a4>

SOCLA. (2009). Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología. Recuperado el 14 de octubre de 2024, de <http://media.utp.edu.co/centro-gestion-ambiental/archivos/documentos-relacionados-con-agroecologia-seguridad-y-soberania-alimentaria/vertientes-del-pensamiento-agroecologico-fundamentos-y-aplicaciones.pdf>