

# Proyecto natura



15/05/2022

**Proyecto Natura: proyecto ApS.  
Gamificación y realidad aumentada como  
metodología educativa para la formación  
de especies invasoras.**

Proyecto que consiste en las enseñanzas básicas (problemáticas y aspectos de conservación relevantes) sobre especies invasoras mediante juegos de cartas y la visualización con realidad aumentada de especies de vertebrados e invertebrados invasores que afectan a la Comunidad Valenciana y creadas por el Museo de la UV de Historia Natural.

## ÍNDICE

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Agradecimientos .....                                                 | 3  |
| 2. Equipo participante .....                                             | 4  |
| 3. Objetivos .....                                                       | 5  |
| 3.1. Tema en el que se enmarca el proyecto. ....                         | 5  |
| 3.2. Conceptos que transmitir .....                                      | 6  |
| 3.3. Objetivos .....                                                     | 6  |
| 3.4. Competencias básicas .....                                          | 7  |
| 4. Materiales y metodología .....                                        | 7  |
| 4.1. Materiales .....                                                    | 7  |
| 4.2. Metodología .....                                                   | 13 |
| 5. Descripción detallada .....                                           | 14 |
| 5.1. Análisis de la realidad y búsqueda de tema. 11/2021 .....           | 14 |
| 5.2. Idea establecida. Primeras reuniones. 12/2021 .....                 | 15 |
| 5.3. Trabajo con el museo. 09/02/2022 .....                              | 15 |
| 5.4. Desarrollo del juego. 03/2022 .....                                 | 17 |
| 5.5. El juego.....                                                       | 22 |
| 5.6. Diseño de cartas. 04/2022.....                                      | 22 |
| 5.7. Presentación PowerPoint. 05/2022. ....                              | 23 |
| 5.8. Excursión al museo. 05/05/2022 .....                                | 23 |
| 5.9. Presentación a primaria y encuestas de valoración. 10/05/2022 ..... | 25 |
| 6. Resultados .....                                                      | 28 |
| 7. Conclusiones .....                                                    | 31 |
| 8. Valoración del proyecto.....                                          | 33 |
| 9. Exposición de las dificultades.....                                   | 33 |
| 10. Bibliografía .....                                                   | 34 |
| 11. Anexos .....                                                         | 35 |
| 11.1. Encuesta de valoración profesores: .....                           | 35 |
| 11.2. Encuesta valoración alumnos: .....                                 | 36 |
| 11.3. Tabla Excel con los datos codificados: .....                       | 38 |

# 1. Agradecimientos

Primero de todo quería agradecer a Salvador Monje por todo el esfuerzo y motivación que ha puesto en el proyecto. Ha sido mi tutor del colegio Sagrado Corazón Hermanos Maristas y me ha proporcionado apoyo y ayuda siempre que lo he necesitado. Ha sido un compañero más en este trabajo y sin su ayuda e insistencia a los alumnos jamás podría haber salido hacia delante.

También agradecerle a Ana Pérez del Olmo, mi tutora de la UV en este TFG. Sus consejos para que mi trabajo estuviese lo más perfeccionado posible han sido de gran ayuda. También agradecer las reuniones en las que me orientaba, sin ellas creo que todavía no habría empezado a escribir el trabajo.

Agradecer al Museo de la Universidad de Valencia de Historia Natural por los modelos 3D proporcionados y las reuniones con los tutores para saber cómo encaminar el trabajo. Especialmente a Natalia Conejero que es mi tutora en el museo y con la que me estuve coordinando para que todo lo relativo a realidad aumentada y el repositorio donde se ha colgado estuviese bien.

Agradecer a la UV por brindarme la oportunidad de hacer este ApS como mi proyecto de fin de grado.

Al colegio Sagrado Corazón Hermanos Maristas le agradezco el permitirme utilizar sus instalaciones y materiales, así como el acceder al alumnado para llevar a cabo mi proyecto.

Finalmente, agradecer a David Garcerán, mi buen amigo y compañero. Que me ayudó cuando más lo necesitaba para aprender a hacer los diseños de las cartas y su impresión.

## 2. Equipo participante

Área temática: zoología

Proyecto ApS: gamificación como metodología educativa para la enseñanza de especies invasoras

Nombre y  
apellidos

**Alumne/a  
UVEG** Miquel  
Amorós  
Bordonad  
o

**Profesor/a  
de la UVEG** Ana Pérez  
Olmo

**Profesor/a  
de  
secundaria** Salvador  
Monje  
Soriano

**Mestre/a de  
Primaria** Marta  
Andrada  
Segarra

| ALUMNES DE SECUNDÀRIA PARTICIPANTS | Curso   | Asignatura |
|------------------------------------|---------|------------|
| Mavina Peiró                       | 1 BAC D | Biología   |
| Obdulia Ynarra                     | 1 BAC D | Biología   |
| Anri Sargsyan                      | 1 BAC D | Biología   |
| Blanca Carsí                       | 1 BAC D | Biología   |
| Luis Sedano                        | 1 BAC D | Biología   |
| Julia Ferrer                       | 1 BAC D | Biología   |

|                |         |          |
|----------------|---------|----------|
| Eva Rams       | 1 BAC D | Biología |
| Paula Millet   | 1 BAC D | Biología |
| Joel Puga      | 1 BAC D | Biología |
| Jorge Sánchez  | 1 BAC D | Biología |
| Héctor Grimalt | 1 BAC D | Biología |
| Germán Sargas  | 1 BAC B | Biología |

El número de participantes es de alrededor de 80 alumnos de quinto de primaria. Los participantes de secundarias pertenecen a primero de bachillerato.

Es un proyecto interdepartamental en el que participan el departamento de ciencias y el departamento de tecnología.

### 3. Objetivos

#### 3.1. Tema en el que se enmarca el proyecto.

Este proyecto se enmarca en un contexto dentro del marco temático de las especies invasoras. En las noticias del día a día nos dan a entender que este tema se está volviendo cada vez más recurrente y poco a poco va empezando a formar parte de nuestra vida diaria. En las carreras relacionadas con la biología se explica de una forma concreta qué son las especies invasoras, por qué dañan al ecosistema y qué hay que hacer contra ellas. Sin embargo, a la hora de transmitir esta información a la población general existe una barrera que no permite el paso de la información o directamente los medios de comunicación lo explican de forma incorrecta. La mayor consecuencia que puede tener esta falta de información o la recepción errónea de ésta es que los más influenciados o los que van a tomar las riendas del futuro del planeta, es decir, los jóvenes, no sean conscientes de la gravedad del asunto. La clave está en aprovechar una información que encontramos a disposición de aquellos que estudian este tipo de carreras y transmitirla al mayor número posible de personas de una forma que lo puedan comprender y dándoles la oportunidad de participar.

¿Por qué es realmente importante que la población conozca a las especies invasoras y apoye la causa? Si nos dirigimos al apartado técnico, una especie exótica invasora se define como una especie exótica cuya introducción amenaza la diversidad biológica y causa serios daños en la economía y salud. Hay que tener en cuenta que el impacto que causan es de gran magnitud y que el término de especie exótica está referido exclusivamente a las especies cuya introducción ha sido siempre facilitada por la acción humana y bajo ningún concepto se refiere a las invasiones biológicas que ocurren de forma natural.

De forma que la introducción por causas humanas de estas especies puede dar lugar a una serie de consecuencias que pueden ser devastadoras para los ecosistemas. Entre ellas encontramos: consecuencias ecológicas (desplazamiento de especies nativas, hibridaciones, alteración de redes, alteración de condiciones, pérdidas de biodiversidad...), consecuencias económicas (pérdidas en el rendimiento económico potencial, daños en infraestructuras, costes de combatir las invasiones, pérdidas ecológicas derivadas de la invasión...), consecuencias sanitarias (las especies invasoras pueden ser un reservorio de parásitos y patógenos).

Estas ideas básicas, presentadas de forma correcta a la población, pueden ser una herramienta muy importante contra la lucha y expansión de las especies invasoras. No sirve estudiar su

morfología, biología, ecología y demás características si la población no está concienciada sobre ellas. En efecto, esta es la clave: enseñar y concienciar. Porque la biología abarca mucho más, la biología puede ser de todos si se enseña de forma correcta. Con este proyecto se pone en primera línea una de las metodologías favoritas tanto para los que educan como para los que son educados, en este caso los jóvenes: enseñanzas interactivas mediante gamificación o, más comúnmente llamados, juegos.

### **3.2. Conceptos que transmitir**

Una vez puestos en el marco contextual, debemos sintetizar aquello que vamos a transmitir, es decir, tener en cuenta las ideas principales en las que nos vamos a centrar. En primer lugar, un aspecto muy importante es dar a conocer cuáles son las especies invasoras con las que vamos a tratar y dejar claro sus características principales. En este caso se ha trabajado con 6 especies: *Rhynchophorus ferrugineus*, *Myiopsitta monachus*, *Callinectes Sapidus*, *Pomacea insularum/canaliculata*, *Trachemys scripta*, *Dreissena polymorpha*. Una vez presentadas las especies se explica de cada una qué es lo que las hace invasoras y por qué estamos trabajando con ellas. Hay que saber de dónde han venido, por qué han venido aquí o quién las ha traído, cuál es el daño que causan al ecosistema o a otras especies cuando se instalan, cómo hay que eliminarlas y qué hay que hacer para evitar su introducción. Toda esta información es la que debe ser transmitida a los alumnos de bachillerato para que después ellos y ellas lo puedan sintetizar para poder crear un juego que pueda ser entendido por los alumnos de primaria. Es evidente que debe haber una transformación de la información. Cuando se trata de enseñanza a primaria hay que tener en cuenta que no entienden los conceptos igual que un adolescente, de forma que siempre se va a intentar realizar de la forma más sencilla posible y, en este caso, motivarlos con juegos para que presten más atención y la información que reciban se les mantenga en la memoria durante más tiempo.

Las palabras claves que encontramos son: gamificación, juego, enseñanza, aprendizaje, realidad aumentada, especies invasoras.

### **3.3. Objetivos**

Este proyecto aporta elementos esenciales para la enseñanza a la vez que intenta motivar y fomentar la inquietud por este tema al alumnado que va a recibir la explicación. En concreto, la aportación más importante que se pretende transmitir es la concienciación. Debe quedar claro al final del proyecto el error que se comete al traer una especie no originaria de un ecosistema a otro y las consecuencias que tiene liberarla deliberadamente. Debe quedar claro también que: no se compran especies invasoras y no se liberan en hábitats a los que no pertenecen, hay que actuar contra estas especies de forma activa y hay que aprender lo máximo sobre éstas para poder ayudar cuando sea posible. Esto es lo que se pretende conseguir y con lo que los alumnos deberían irse a sus casas cuando el proyecto haya terminado. Este proyecto debe ser una experiencia nueva y enriquecedora a partir de la cual puedan motivarse y aprender. Además, los alumnos de bachillerato tendrán la satisfacción de poder enseñar a alumnos de primaria todo aquello que han aprendido y ver si su esfuerzo da lugar a un correcto aprendizaje. Se espera que tras este proyecto haya alumnos concienciados con lo que han aprendido y han enseñado. Profesores orgullosos del trabajo de sus alumnos y de las competencias que han adquirido. Y, si es posible, de un centro que sea mucho más comprensivo en un futuro a aceptar este tipo de propuestas alternativas de enseñanza.

### 3.4. Competencias básicas

De forma que estas serán las competencias básicas que enseñar:

- Comprender la problemática de las especies invasoras y sus consecuencias a nivel ecológico, económico y social.
- Comprender los principales métodos para el control de especies invasoras.
- Integrar conocimientos biológicos e informáticos para la creación de herramientas didácticas.

## 4. Materiales y metodología

### 4.1. Materiales

El proyecto se centra en 6 especies invasoras elegidas voluntariamente por su importancia actual en la Comunidad Valenciana (en concreto los efectos dañinos que pueden causar en el territorio), por su variedad taxonómica y por sus diferentes efectos en distintos ambientes (acuático, terrestre, afectan a plantas, animales...). De forma que fueron seleccionadas debido a la utilidad educativa actual y a la cercanía biogeográfica de éstas. El Museo de la Universidad de Valencia de Historia Natural (a partir de ahora MUVHN) realizó modelos 3D de cada una de ellas mediante el escáner de luz estructurada blanca para subirlas a *sketchfab* (página web donde suben los modelos 3D) y para su posterior utilización en el proyecto, además de una ficha técnica que daba información sobre: nombre científico, nombre común, descripción de la especie, características destacables, preferencias, hábitat, distribución, origen, problemas ocasionados, especies a las que afecta, especies a las que es similar, vector de transmisión, año de ingreso en la lista de especies invasoras y erradicación. A continuación, se muestran los modelos 3D de las especies invasoras:

**Nombre científico.** *Rhynchophorus ferrugineus*.

**Nombre común.** Picudo rojo, morrut de les palmeres, palm weevil.



Figura 1. Individuo de Picudo rojo del MUVHN

**Nombre científico** *Myiopsitta monachus*.

**Nombre común** cotorra argentina, cotorreta de pit gris, monk parakeet.



Figura 2. Modelo 3D de Cotorra argentina

**Nombre científico** *Callinectes Sapidus*.

**Nombre común** Cangrejo Azul, cranc blau, blue crab.



Figura 3. Modelo 3D de Cangrejo azul

**Nombre científico** *Pomacea insularum/canaliculata*.

**Nombre común** Caracol Manzana, cargol poma acanalat, golden apple snail.



Figura 4. Modelo 3D Caracol manzana

**Nombre científico** *Trachemys scripta*.

**Nombre común** Galápago de florida, tortuga d'orelles vermelles, red-eared slider.



Figura 5. Modelo 3D Galápago de florida

**Nombre científico** *Dreissena polymorpha*.

**Nombre común** Mejillón Cebra, *musclo zebra*, *zebra mussel*.



Figura 6. Modelo 3D Mejillón cebra

Respecto al MUVHN y las imágenes de realidad aumentada se utilizó un escáner de luz estructurada blanca.

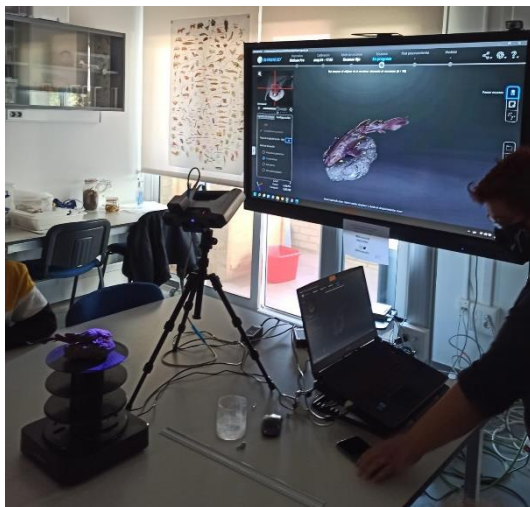


Figura 7. Escáner de luz estructurada blanca del MUVHN



Figura 8. Esquema de un escáner de luz estructurada blanca

Respecto al funcionamiento del escáner y de la obtención de un modelo 3D se necesita adquirir nubes de puntos para la reconstrucción de superficies y análisis de error (Lambeck & Ruíz, 2014). Para obtener esta nube de puntos existen dos tipos de técnicas: métodos de contacto y métodos sin contacto (escáner por láser, fotogrametría y proyección de luz blanca). Este último es con el que hemos trabajado en el museo y que podemos observar en la figura 7.

La construcción de nubes de puntos utilizando proyección digital de franjas es una técnica de medición sin contacto basada en luz blanca (Jamshidi et al., 2016). Una de las mayores ventajas que encontramos en la utilización de esta técnica es su velocidad a la hora de tomar datos ya que puede conseguir capturar millones de puntos por segundo (Lambeck & Ruíz, 2014).

El sistema de proyección digital de franjas mediante luz blanca más simple es aquel que contiene un proyector digital y una cámara. El principio básico de este modelo es proyectar patrones conocidos sobre el objeto usando el proyector. La cámara se utiliza para capturar imágenes del objeto con los patrones conocidos sobre él. La nube de puntos que representa la superficie que está siendo medida puede ser construida utilizando el método de triangulación (Geng, 2011). Esta construcción dará lugar al modelo 3D del objeto escaneado como se muestra en la figura 8. Según Lambea & Ruíz, (2014) este sistema permite aplicaciones en muchos campos: medicina (por ejemplo, en la cirugía plástica), imágenes 3D para ingeniería inversa, avances tecnológicos (por ejemplo, para airbags y audífonos), mantener el patrimonio cultural y el uso doméstico. Sin embargo, no solo encontramos estas aplicaciones, según Mendoza, (2020) en todo tipo de carreras y asignaturas, la impresión 3D puede usarse para enseñar análisis estructurales, mecanismos y otros sistemas que no son posibles de manejar en el aula fácilmente. Además, encontramos un gran impacto de la impresión 3D en la enseñanza de la biología y la anatomía donde encontramos que el uso de cadáveres y el método de disección es ineficiente y en algunos casos se considera poco ético (McMenamin *et al.*, 2014). De forma que estos modelos creados son muy útiles para llevar al aula especies y conocimientos que de otra forma serían mucho más difíciles.

Hay que tener en cuenta que, a pesar de tener un uso claro en el aula, tener estos modelos 3D también favorece a áreas que inicialmente no se tienen en cuenta y que pueden beneficiarse en mayor medida con el uso de herramientas como el escaneo y la impresión en 3D, estas son la de los museos, la cultura y la preservación del patrimonio cultural (Zhang *et al.*, 2015). En trabajos específicos, ha sido posible preservar y mejorar todo tipo de piezas. Un ejemplo claro lo encontramos en el antiguo MUVHN que en su anterior localización sufrió un incendio que hizo que se perdieran gran parte de los ejemplares. Si estos ejemplares hubiesen estado guardados como modelos 3D se podrían haber recuperado (en la medida de lo posible) en réplicas mediante una impresora 3D.

La aplicación que se le ha dado al escáner 3D en este caso ha sido para la realización de modelos 3D de las especies invasoras con las que estamos trabajando. Con esto conseguimos poder tenerlas a disposición de la página del museo para que todo el mundo pueda verlas e indagar más sobre aspectos concretos de la especie. Además, también le hemos dado un segundo uso utilizando la realidad aumentada para añadir un código QR en las cartas desarrolladas en el proyecto, observable en la figura 9, que llevan a la página del MUVHN en sketchfab (página que usa el museo para subir sus modelos 3D). De esta forma, los alumnos de primaria puedan mirar en los móviles proporcionados por los participantes del proyecto las imágenes creadas para entender a las especies de una forma mucho más visual.

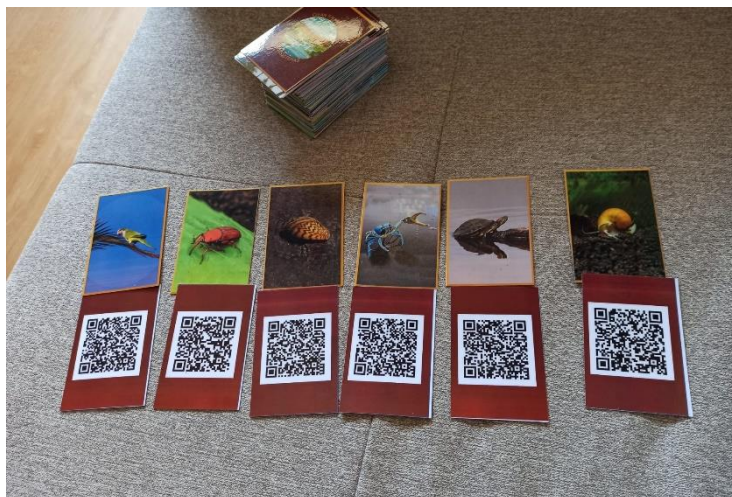


Figura 9. Cartas de las especies invasoras con el QR

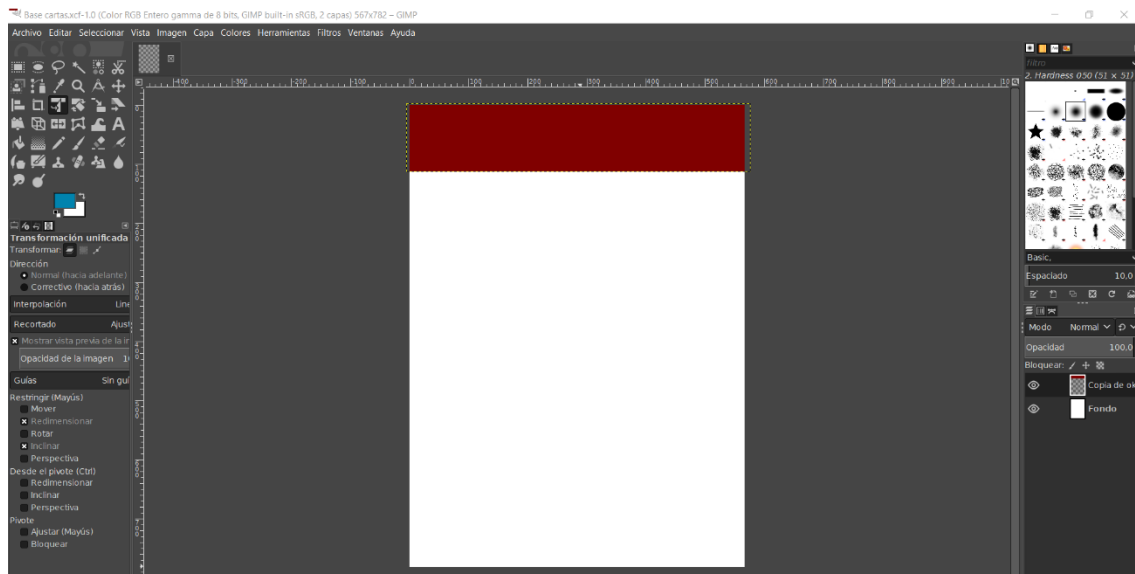


Figura 10. Herramienta de edición GIMP

El juego de cartas utilizado para la presentación de primaria fue diseñado en equipo con los alumnos de bachillerato y conmigo. Se realizó edición de imágenes mediante la herramienta de GIMP, como se ve en la figura 10, para dar lugar a una serie ilustraciones que fueron ordenadas y secuencias de forma que quedaran todas del mismo tamaño para dar lugar a una baraja de cartas. La impresión y plastificación de éstas fue llevado a cabo en una foto copistería.

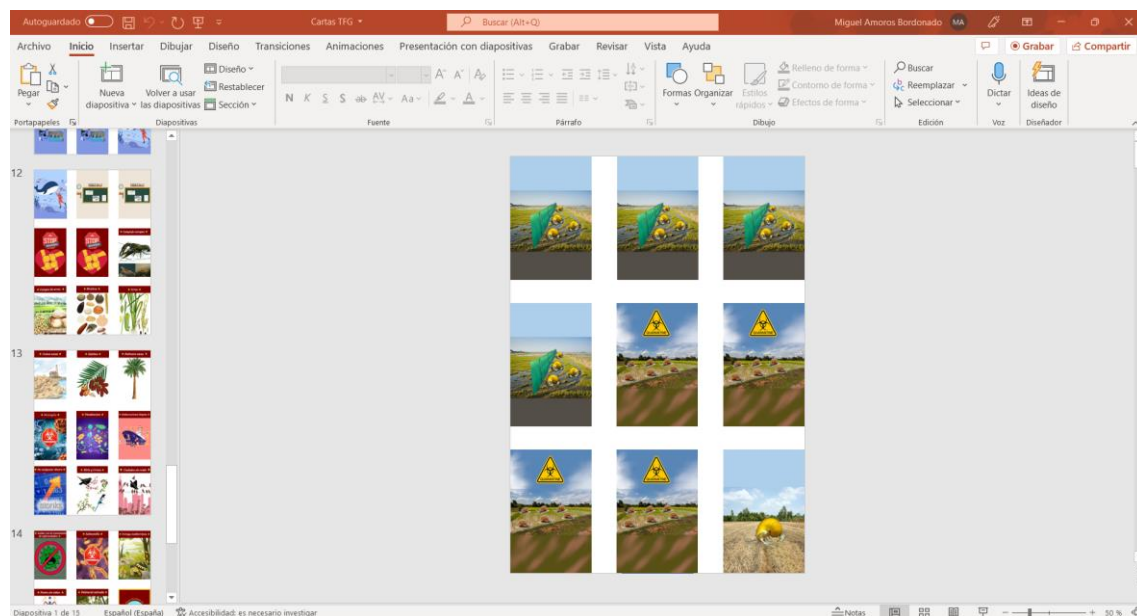


Figura 11. Herramienta de presentación PowerPoint

Posteriormente se utilizó la herramienta de PowerPoint para posicionar las cartas y hacerlas de un tamaño concreto. Las cartas debían de tener una posición exacta ya que el anverso y el reverso de éstas tenían que coincidir como se muestra en la figura 11.

*Test de Student.* Herramienta utilizada para la realización de los análisis estadísticos de los resultados de la evaluación a primaria. *El test de Student* asume que las poblaciones siguen una distribución normal (distribución gaussiana) y que el tamaño de la muestra es lo suficientemente pequeño para que la inferencia con el estadístico no siga una distribución normal. En la que se asume que la hipótesis inicial es que la diferencia entre dos poblaciones medidas con la misma

unidad sea 0. Este tipo de test es normalmente utilizado en casos de LDA (*lineal discrimination analysis*).

Móviles personales. Fueron utilizados para la lectura del QR y la visualización de los modelos 3D de las especies invasoras.

#### **4.2. Metodología**

La metodología educativa seguida en este proyecto ha sido la gamificación en el contexto educativo de primaria. Esta metodología se basa en una educación en la que se convierte la enseñanza y el aprendizaje en un valor social y de calidad que surge de la necesidad y de las nuevas tendencias que afloran en el campo educativo (Oliva, 2016). La idea de gamificación surge de la extracción del acervo académico de Nick Pelling que en 2002 empieza y desarrolla su trabajo en el mundo de la tecnología y los ordenadores, vinculando elementos propios de los videojuegos en el mundo de la programación informática. Una de las frases más importantes es que dijo fue la siguiente: “Creo firmemente que en la medida que eliminemos los criterios aburridos y netamente metodológicos de la enseñanza, podremos construir metodologías simplistas que conduzcan a aprendizajes de gran valor”.

Hablar hoy de “gamificación educativa”, supone hacerlo de una tendencia basada en la unión del concepto de ludificación y aprendizaje. La gamificación propiamente dicha trata de potenciar procesos de aprendizaje basados en el empleo del juego para el desarrollo de procesos de enseñanza-aprendizaje efectivos, los cuales faciliten la cohesión, integración, la motivación por el contenido, potenciar la creatividad de los individuos (Marín-Díaz, 2015).

Según Oliva, (2016) una clase gamificada debe contar con el pensamiento de desarrollar el potencial humano respecto a la calidad educativa y esto se encuentra en la dinámica del juego que supone un incentivo directo que despierta en el alumno el interés por aprender. La gamificación, por lo tanto, busca establecer un sistema de enseñanza docente que promueva la formación, selección, actualización y evaluación del contenido curricular que se desarrolla. El objetivo general de gamificación como estrategia consiste en que el estudiante pueda lograr el cumplimiento de objetivos específicos de aprendizaje, por lo cual el docente debe incentivar a los oyentes a aprender por medios gamificados, en los cuales se desarrolle una vinculación de los elementos del juego con la acción educativa.

Mientras encontramos que la gamificación ha sido correctamente enfocada en el contexto del aprendizaje se puede renovar el compromiso que se encuentra en el estudiante para obtener grandes rendimientos académicos siempre que se apliquen mecánicas y dinámicas de juego el potencial del cual sea el de volver más apasionada y dinámica la interacción entre el docente y el estudiante (Oliva, 2016). Encontramos una serie de interpretaciones sobre la gamificación de distintos autores que dejan aun más claro su concepto:

“Recurrir al uso de elementos que forman parte de la estructura del juego, para lo cual aplican técnicas de juegos en contextos educativos, sigo creyendo fielmente que gamificar es aplicar esta estrategia metodológica en una herramienta de apoyo docente que logre despertar motivación en el estudiantado con el fin que sus procesos de aprendizaje sean significativos y exitosos” (Oliva, 2016). Está claro que en esta definición nos centramos en que en este proyecto quiero que el aprendizaje final de todos los alumnos que han participado sea significativo y de verdad recuerden aquello que han impartido. Es importante poder ver una diferencia entre lo que se imparte y a la semana se ha olvidado y lo que se mantiene en su cabeza durante mucho tiempo y eso se consigue con motivación y diversión.

“toda acción educativa en la cual el docente debe recurrir a la utilización de dinámicas, estructuras y mecánicas de juego en entornos y aplicaciones que no son precisamente un juego, buscando potenciar la motivación, la concentración, el esfuerzo, la fidelización y otros valores positivos comunes al modo y la forma en como aprenden los estudiantes” (McGonigal, 2011). Con esta definición dejamos claro que el objeto que vamos a usar para enseñar al alumnado es

un juego de cartas y una experiencia interactiva con realidad aumentada que enriquecerá su enseñanza.

De forma que con este proyecto se ha querido gamificar de dos formas. La primera de ellas es mediante un juego de cartas que permita al alumnado relacionar los conceptos más básicos de las especies invasoras que vamos a tratar para que nunca se olviden de ellas ni de lo que implican. La segunda es mediante la visualización de realidad aumentada de las especies trabajadas, para así acabar de reforzar lo aprendido y que puedan jugar, investigar, preguntar... lo que se les ocurra observando a las especies.

Respecto a los alumnos de bachillerato se han utilizado dos metodologías de enseñanza:

La primera metodología ha sido las clases magistrales. Las primeras sesiones y los primeros días en lo que tuve que explicar el proyecto, las especies que íbamos a utilizar, por qué, cómo se habían hecho los modelos... fue mediante esta metodología. Según Andrés, (2005) las clases magistrales funcionan en su base como una forma de transmitir conocimientos, enfocándose en ampliar los archivos de memoria y centrándose, excesivamente, en contenidos presentados de maneras específicas y en el saber del maestro. Es la práctica más enraizada de la pedagogía tradicional, en ella se transmite verbalmente un contenido de conocimientos a los estudiantes que juegan el papel de receptores. En esta publicación se apoya que las estrategias participativas del aprendizaje que involucran la actividad del estudiante pueden aportar de una manera significativa a su aprendizaje ya que el aprendizaje y el conocimiento no resulta siempre del simple registro de información sin ningún tipo de actividad activa (Piaget, 1980).

Una vez las bases estaban sentadas se pudo iniciar el proyecto y dar paso a la metodología de la gamificación y al segundo tipo de metodología de enseñanza: gamificación. Consistió en algo parecido a los alumnos de primaria, pero distinta. Ellos en vez de jugar han tenido que sintetizar la información obtenida y transformarla en un juego que ellos y ellas mismas han podido disfrutar también.

Los lugares utilizados para la realización del proyecto han sido varios. El primero de todos ha sido el laboratorio de la UV donde se han llevado a cabo las pruebas necesarias para hacer los modelos 3D de las especies invasoras. En las instalaciones contaban con los materiales necesarios (especies invasoras, escáner de luz estructurada blanca, impresora 3D...) para la obtención de los resultados deseados.

Otro lugar muy frecuentado fueron las aulas del colegio Sagrado Corazón Hermanos Maristas donde se realizaron las reuniones con los alumnos para informales sobre el proyecto. En ese mismo colegio también se utilizó la biblioteca para el trabajo grupal y el aula de informática para enseñarles los modelos que estaban subidos a la web del museo a los alumnos.

## 5. Descripción detallada

Fases de la experimentación, gamificación y cronología.

### 5.1. Análisis de la realidad y búsqueda de tema. 11/2021

Hay que tener claro que estamos tratando con alumnos de primaria. Esto conlleva a que no se podía elegir cualquier tema. Tenía que ser interesante, no muy denso, que pudiera dar paso a la imaginación y que fuera adecuado para este tipo de alumnado. De forma que algunos temas de demasiados conceptos o que fueran complicados quedaban descartados. Analizando la situación y el contexto actual la problemática de las especies invasoras era un tema del que se oía mucho hablar. Investigando confirmé que realmente es actual, que está en el punto de mira y que nos encontramos muchas veces rodeados de ellas. Las especies invasora poseen un potencial muy grande de ser transformado en algo icónico y visible con lo que poder jugar, algo que todo el mundo pueda entender y un proyecto en el que se puede informar de tal forma que conozcas los métodos por los que puedes participar de manera activa para solucionar o no agravar el problema.

El siguiente paso fue una colaboración con el MUVHN para realizar una serie de modelos 3D de una serie de especies seleccionadas para utilizarlas en el proyecto. Además, era necesario un colegio donde realizar el proyecto.

### **5.2. Idea establecida. Primeras reuniones. 12/2021**

Durante la reunión con los tutores del MUVHN, entre ellos Natalia Conejero, se habló de mi idea y de qué es lo que quería hacer para que aceptaran que utilizase su material para el proyecto. La idea inicial era un juego de cartas o un juego de rol en el que los jóvenes pudiesen interactuar con los modelos 3D que el museo crease y así aprendieran más sobre las especies invasoras. La idea gustó mucho en un principio en el museo y se formalizó la colaboración.

Durante la reunión con el tutor del colegio, Salvador Monje, se hablaron de las mismas ideas que hablé con los tutores del museo. Se formalizó la colaboración y se concretó una reunión con los alumnos de bachillerato. Les hablé a ellos también de la idea y pudieron elegir si participar en el proyecto o no.

El proyecto empezó una vez Salvador Monje concretó cuántos alumnos de bachillerato participarían.

### **5.3. Trabajo con el museo. 09/02/2022**

Antes de empezar el proyecto con el alumnado de bachillerato realicé la adquisición de los conocimientos necesarios de las especies con las que íbamos a trabajar para poder conocer mejor las especies en las que se iba a basar el trabajo.



*Figura 12. Escáner de luz estructurada blanca del MUVNH escaneando un Cangrejo azul*



*Figura 13. Individuo de Caracol manzana del MUVHN*

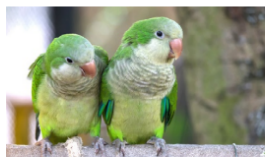
En el museo se mostraron las especies con las que se iba a trabajar (en total 6), cómo era el trabajo con el escáner de luz estructurada blanca, cómo funcionaba, el procedimiento a seguir... En la figura 12 podemos observar el escáner de luz estructurada blanca, la edición de la nube de puntos que crea el escáner, un ejemplar de cangrejo azul y un ejemplar de caracol manzana en la figura 13.



Durante esta visita también se probó el funcionamiento de la realidad aumentada mediante el escáner QR ya que había que comprobar que el modelo 3D se cargase correctamente como observamos en la figura 14.

Figura 14. Imagen con un Mejillón cebra en realidad aumentada

Se me responsabilizó de una serie de tareas a realizar para complementar el trabajo del museo. Se realizó la búsqueda bibliográfica de la información necesaria para rellenar la ficha de aspectos básicos de la especie invasora (visto en materiales y métodos). Estas fichas fueron útiles posteriormente ya que se utilizaron como presentación de las especies ante los alumnos de bachillerato. De forma que mediante de búsquedas en páginas gubernamentales y otros artículos científicos se rellenó esta información. Un ejemplo lo encontramos en la ficha de Cotorra argentina que observamos en la figura 15.



**Nombre científico** *Myiopsitta monachus*

**Nombre común.** Cotorra Argentina

**Características destacables.** Es una especie granívora, aunque también consume frutos, flores e insectos. Su alimentación es muy variada: semillas, bayas, frutos de árboles y arbustos, insectos... Nidifican de forma comunitaria y en éstos se quedan individuos centinelas para vigilar a los depredadores. Utilizan el nido como dormitorio (es decir, no implica reproducción).

**Preferencias.** Árboles o estructuras artificiales como torres (palmeras, eucaliptos, pinos, plátanos, cipreses...). Se alimenta de plantas silvestres como el cardo o de cultivadas como el maíz y el arroz.

**Hábitat.** En su área de distribución natural la especie ocupa bosques de sabana semiárida, matorral de vegetación xerófila, arbolado de ribera, áreas abiertas con árboles dispersos...

En su área de introducción establecen colonias en diversos tipos de ambientes como bosques, zonas de cultivos, parques y jardines (con presencia de agua corriente). Ocupa generalmente medios urbanos: parques, jardines y arboledas.

**Problemas ocasionados.** Competencia trófica con otras especies (agresividad), depredación de huevos y pollos y desplazamiento de especies autóctonas. Provocan daños a cultivos, peligro en la instalación de nidos en postes de alta tensión, ruido en el medio urbano, degradación del mobiliario y de los árboles ornamentales. Respecto a la salud, posible enfermedad de Newcastle (no confirmada en España) y puede ser un vector de propagación de agentes patógenos.

Figura 15. Ficha de información de la Cotorra argentina

-  Cangrejo Azul ficha
-  Caracol Manzana ficha
-  Cotorra Argentina ficha
-  Galápagos de florida ficha
-  Mejillón cebra fichas
-  Picudo Rojo ficha

Figura 16. Documentos de las fichas de las especies

Finalmente, se realizó una reunión con los alumnos de bachillerato participantes para darles la información que se había recopilado de las especies invasoras.

#### 5.4. Desarrollo del juego. 03/2022



Figura 17. Alumnos de bachillerato reunidos conmigo

El primer trabajo fue simplificar y sintetizar toda la información que se tenía de las especies invasoras de forma que los alumnos se dedicaron a buscar palabras clave y frases breves que pudiésemos utilizar posteriormente a la hora de gamificar. Esta es la información y algunas imágenes que los propios alumnos buscaron y contrastaron para poder realizar el juego:

**1. Picudo rojo.** Según el Catálogo Español de especies invasoras, (2022) y Vives, (2009):  
**Problemas ocasionados.** A nivel biológico supone la muerte de las palmeras (siendo un peligro para la supervivencia de las palmeras autóctonas españolas) y a nivel económico provoca grandes pérdidas en los cultivos de palmito y en la jardinería ornamental de palmeras.  
**Erradicación.**

- **Censado.** Georeferenciar a las palmeras para la detección del picudo rojo.
- **Inspección.** Inspección visual continua para detectar hasta los síntomas más leves de la plaga (marchitez de las hojas del centro de la corona en la palmera canaria y la presencia de serrín en las plantas jóvenes de las palmeras datileras).
- **Eliminación de las palmeras.** Cuando se localiza una palmera afectada por el Picudo rojo una forma de proteger a otras palmeras es mediante su eliminación.
- **Tratamientos fitosanitarios.** Utilización de una sustancia para repeler y combatir la plaga (por ejemplo, el uso de insecticidas), así se eliminan a los individuos que pueden estar afectando a las palmeras pero que no han sido detectados.
- **Instalación de redes de trampas y seguimiento.** Se atraen a adultos de Picudo Rojo hacia lugares concretos para evitar su dispersión, creando zonas atractivas. También dan información sobre la presencia o ausencia del Picudo en zonas críticas donde no ha sido detectado.
- **Formación.** Se necesita la formación de personas y empresas que realicen podas y otras prácticas culturales en las palmeras.
- **Información y sensibilización.** Campañas de información y sensibilización con la finalidad de formar e informar a las personas implicadas: ya sean administraciones públicas, jardineros o la población en general.



Figura 18. Imagen de palmeras afectadas por el Picudo rojo



Figura 19. Imagen de Picudo Rojo

## 2. Cotorra argentina

**Problemas ocasionados.** Competencia trófica con otras especies (agresividad), depredación de huevos y pollos y desplazamiento de especies autóctonas. Provocan daños a cultivos, peligro en la instalación de nidos en postes de alta tensión, ruido en el medio urbano, degradación del mobiliario y de los árboles ornamentales. Respecto a la salud, posible enfermedad de Newcastle (no confirmada en España) y puede ser un vector de propagación de agentes patógenos.

### Erradicación.

#### 1. Métodos físicos.

- Remover y quemar los nidos que se encuentren sobre estructuras o líneas eléctricas.
- Colgar objetos reflectantes en los árboles donde se encuentran los nidos con el objetivo de ahuyentarlos
- Control por disparos o captura con redes ornitológicas (trampas). Un tipo de trampas son las trampas tipo embudo.

#### 2. Métodos químicos.

- Repelentes químicos que intoxican cuando entran en contacto con los individuos. El objetivo es evitar que vuelvan a anidar sobre aquellas estructuras eléctricas donde previamente se hayan quitado o quemado los nidos.
- Aplicación de pesticidas tóxicos que se unta en la cámara de los nidos.

#### 3. Talleres de educación ambiental.

Énfasis en la prevención, identificación, manejo y erradicación de las especies invasoras. Es decir, participación ciudadana.

#### 4. Detección temprana.

Es una de las primeras acciones que se recomiendan. De esta forma se pueden hacer planes de manejo antes de que las poblaciones se establezcan. Ayuda a tomar medidas de erradicación de las poblaciones, disminuyendo los costes económicos.



Figura 20. Grupo de Cotorras argentinas



Figura 21. Nidos de Cotorras argentinas afectando a un poste eléctrico

## 3. Cangrejo azul

### Problemas ocasionados.

- **Económicos.** Para el cangrejo azul americano no se ha realizado ningún tipo de intervención, ya que el gasto que supondría al gobierno para su erradicación sería muy elevado, y con poco rango de éxito, debido a su rápida y gran capacidad de dispersión, como se indica anteriormente.
- **Competencia con otras especies.**

### Erradicación.

- **Prevención y actuación temprana.** Ayuda a disminuir el gasto económico y permite controlar a la especie invasora una vez introducida. Una rápida intervención ayudaría a que la especie fuese tratada inmediatamente y permitiría su erradicación.
- **La sobrepesca, la contaminación** o los propios cambios inducidos por el hombre en el océano pueden limitar y revertir la expansión del cangrejo.
- **Política de control.** Implicaría una etiquetación como recurso pesquero de alto valor que se emplearía estratégicamente para su mitigación.

- **Gestión.** Es decir, integrar la especie invasora en nuestro ecosistema ya que su dispersión y número de ejemplares es tan elevado que no se puede realizar ningún plan de control.
- **Sobrepesca.** Mediante trampas, captura y la población poder disminuir la población de cangrejos.
- **Información y sensibilización.** Campañas de información y sensibilización con la finalidad de formar e informar a la población.



Figura 22. Imagen de Cangrejo azul



Figura 23. Imagen de la especie autóctona el Cangrejo europeo

#### 4. Caracol manzana

##### Problemas ocasionados.

- **Sobre el hábitat.** Es un herbívoro voraz que provoca un importante impacto sobre los ecosistemas acuáticos, consumiendo una gran cantidad de especies acuáticas, principalmente vasculares.
- **Sobre las especies.** Debido a su alta proliferación, alcanza altas densidades, afectando a otros moluscos y especies acuáticas, compitiendo con ellos y desplazándolos.
- **Económicos.** Causa graves daños en los arrozales, fundamentalmente en plantas que se encuentran en los primeros estadios de desarrollo.
- **Sanitarios.** Es huésped intermedio del nemátodo *Angiostrongylus catonensis*, agente capaz de causar meningitis en los humanos.

##### Erradicación.

- **Información y sensibilización** con medidas de divulgación, dirigido especialmente a los productores de especies por acuariofilia y a los acuariófilos sobre el efecto de las especies invasoras en el medio acuático.
- **Sistemas de inspección y cuarentena.**
- **Prevención y actuación temprana.** Hay que evitar que se introduzca en campos de cultivo mediante la utilización de barreras físicas en las entradas y salidas de agua en los cultivos. Una vez no hemos podido evitar que el caracol manzana haya entrado en los campos de arroz, una buena medida es secar el campo inmediatamente después de la cosecha y realizar una recolección manual para eliminar las puestas dentro del campo.
- **Actuar sobre las puestas de las especies** en una primera fase.
- **Desecación de las áreas donde se encuentren**, por ejemplo, en acequias o zonas confinadas.
- **Uso de barreras mecánicas.**
- **El control químico no es aconsejable por sus efectos nocivos.**

- **Medidas para cortar vías de expansión.**



Figura 24. Individuo de Caracol manzana con sus huevos



Figura 25. Arrozal afectado por el Caracol manzana

## 5. Galápago de florida

### Problemas ocasionados.

- **Sobre el hábitat.** Alteraciones en la estructura de la vegetación o en la abundancia relativa de especies nativas o endémicas.
- **Sobre las especies.** Compite con los galápagos autóctonos ibéricos. Es un buen competidor: alcanza tallas superiores a las de los galápagos autóctonos, produce una mayor descendencia, tiene una madurez sexual más temprana y su dieta es más variada. Además, puede vivir en condiciones naturales que los otros galápagos no toleran, como son la contaminación y la presencia humana. Puede excluir a las otras especies de galápagos de los mejores lugares de insolación. Se alimentan de plantas y animales. Depredan sobre una gran variedad de animales, desde invertebrados a todo tipo de pequeños vertebrados. Puede contribuir a la expansión de enfermedades y parásitos que podrían afectar a la fauna autóctona.
- **Sobre la salud humana.** Es un vector potencial de salmonella.

### Erradicación.

- **Información y sensibilización.** Así se previene y se conciencia para evitar las sueltas.
- **Prevención y actuación temprana.** Cuanto antes se identifique a la especie en un lugar antes se pueden desarrollar mecanismos para su eliminación antes de que se reproduzca.
- **Utilización de planchas de soleamiento.**
- **Trampas flotantes para su captura.**
- **Captura activa (caza).**
- **Retirar las puestas** observando el comportamiento de las hembras.
- **Detección de nidos y extracción de huevos.**



Figura 26. Individuos de Galápago de florida



Figura 27. Individuo de la especie autóctona el Galápago leproso

## 6. Mejillón cebra

### Problemas ocasionados.

- **Sobre el hábitat.** Al ser un gran consumidor de fitoplancton produce un incremento de la claridad del agua (modificación de las poblaciones de fitoplancton). Fuera de su zona de origen se puede considerar una especie invasora que tiene serias

consecuencias para el medio natural pues produce graves daños en el ecosistema por la eliminación o desplazamiento de especies autóctonas amenazadas, lo que supone un empobrecimiento de la biodiversidad. Produce una gran deposición de materia orgánica, lo que favorece el crecimiento de algas y bacterias nocivas, y a la vez perjudica la concentración de fitoplancton.

- **Sobre las especies.** Es hospedador de parte del ciclo biológico de ciertos vectores, incrementando las tasas de incidencia de parásitos y enfermedades en otros organismos. Principal causante de la desaparición de las especies autóctonas de bivalvos, desplazados por su mayor competitividad.
- **Económicos.** Causa daños en infraestructuras anejas al agua como depósitos, embarcaciones, motores, turbinas, etc. Coloniza tuberías y conducciones de agua poniendo en peligro el abastecimiento agrícola, industrial y de los núcleos urbanos, pues tapona las conducciones y obstruye los filtros. Afecta negativamente al turismo y a la pesca deportiva.

#### Erradicación.

- **Información y sensibilización.** La estrategia más eficaz contra la dispersión del mejillón cebra es la divulgación del conocimiento de la plaga y sus efectos.
- **Desinfección de embarcaciones**
- **Sustancia química que sea venenosa para la especie, pero inocuo para otras especies del ecosistema**
- **Acciones de prevención, control y acción temprana.** Cuanto más pronto y rápido se actúe ante la invasión del mejillón cebra en un lugar, más fácil será poder combatir contra él.
- **Prevención de invasión de nuevas áreas** y control de su expansión en sistemas que ya estén ocupados.



Figura 28. Individuos de Mejillón cebra



Figura 29. Embarcación afectada por los Mejillones cebra

Todas las figuras, desde la 18 a la 29, fueron utilizadas en la presentación PowerPoint que realizaron los alumnos de bachillerato en las aulas de primaria.

Una vez el alumnado ya tenía los conocimientos nos dedicamos a pensar en estrategias para gamificar toda esta información que habían obtenido de forma que surgieron distintas ideas:

- Al principio surgió la idea de crear un tablero en forma de oca en el que los jugadores tuvieran que ir de casilla en casilla superando una serie de retos a la vez que aprendían sobre las especies invasoras. Sin embargo, esta idea acabó siendo descartada.
- Otra idea más cercana a la actual fue crear un juego de cartas competitivo en el que los jugadores tenían que seguir una serie de normas de juego para obtener más puntos que los demás. Durante el trascurso del juego aprenderían relaciones que les servirían para conocer más sobre las especies. Esta idea acabó siendo descartada debido a su dificultad.

- Finalmente, a partir de la idea de hacer un juego de cartas, surgió la definitiva: un juego de agilidad tanto mental como física. Una serie de cartas que estarían relacionadas con las especies invasoras tendrán que ser atrapadas con la mayor rapidez posible hasta obtener toda la colección. De esta forma se consigue que los jugadores relacionen imágenes, que a su vez están relacionadas con conceptos con las ideas básicas sobre las especies invasoras que queremos transmitir.

### **5.5. El juego.**

- Habría 12 cartas de especies invasoras (2 de cada una) que se repartirían al azar entre todos los jugadores y en ese momento se convertirá en tu rol. Este rol de especie invasora va a hacer que tengas que conseguir 4 cartas que sean efectivas para esta especie en concreto o conseguir aquellas que sirvan para estrategias generales. Cuando consigas las 4 cartas debes imitar de alguna forma a la especie invasora que tengas y ganarás una insignia coleccionable. De las 12 cartas de especies invasoras que habrá (2 por cada una) se cogen 6 cartas (solo 3 especies con sus cartas repetidas) y se barajan. Después de barajar se reparte al azar. Así siempre coincide que dos jugadores tienen a la misma especie (cuando acaba una ronda se recogen todas las cartas y se vuelven a repartir al azar).
- Las insignias serán coleccionables que deberás acumular para convertirte en el Gran Salvador del Ecosistema. Estas insignias estarán basadas en cosas positivas que ocurren en un ambiente cuando lo salvas: se mantienen las especies autóctonas, los ríos son sanos, la naturaleza se mantiene...
- Cada uno de estos jugadores tendrá un mazo al lado que le servirá para ir echando cartas al centro e ir jugando.
- La ronda empieza con todos los jugadores sacando una carta del mazo y poniéndola en medio. En ese momento todos los jugadores tendrán que buscar rápidamente una carta que le sirva para la especie invasora que tenga en mano y atraparla más rápido que nadie. Si la consigues, la carta formará parte de tu mano. No se pueden coger dos cartas seguidas por turno. Cuando nadie más pueda coger ninguna carta del centro de la mesa se inicia un nuevo turno en el que los jugadores vuelven a poner una nueva carta en el centro, así consecutivamente
- Cuando las 4 cartas relacionadas hayan sido reunidas el ganador tendrá que hacer una imitación de cualquier forma del animal que posea en mano más rápido que cualquier otro posible competidor que vaya a ganar.
- Después de haber reunido una serie de medallas de la victoria te convertirás en el Gran Salvador de Ecosistemas.

### **5.6. Diseño de cartas. 04/2022.**

Mediante la herramienta de GIMP se diseñaron las fotografías que irían incluidas en las cartas. Gracias a esta herramienta de edición se consiguió crear las 134 cartas que vienen incluidas en el juego (104 del juego, 18 coleccionables y 12 de personaje). Una vez obtenida la imagen se exportaban a un recuadro de PowerPoint de 8,8x5,8cm (tamaño de la carta) y se iban añadiendo en tándem. Una vez acabada una cara, se diseñaba otra hoja en la que se incluía el reverso de la carta (todas las cartas tienen un anverso y un reverso (como podemos observar en la figura 30) de forma que había que hacer que coincidieran a la hora de imprimir). El trabajo en el diseño ha de ser paciente y constante ya que el mínimo error provoca que la imagen no se vea bien y el anverso y el reverso no coincidan. Durante esta fase fue importante el uso de una gran cantidad de tiempo para que los resultados fuesen satisfactorios.

Una vez obtenido el PowerPoint con todas las fotos y sus tamaños se llevó a cabo la impresión en la copistería. Se sacaron en papel de cartulina y posteriormente fueron plastificadas y

cortadas de forma exacta para obtener así la baraja de cartas que daría lugar al juego terminado y denominado: ¡Hora de destruir a la invasora!

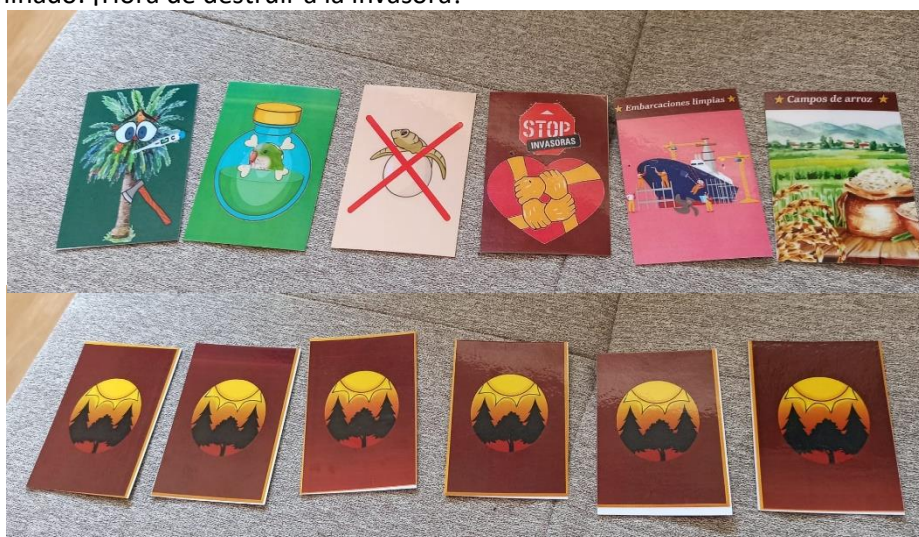


Figura 30. Anverso y reverso de algunas cartas del juego

### 5.7. Presentación PowerPoint. 05/2022.



Figura 31. Alumnos de bachillerato reunidos haciendo el PowerPoint

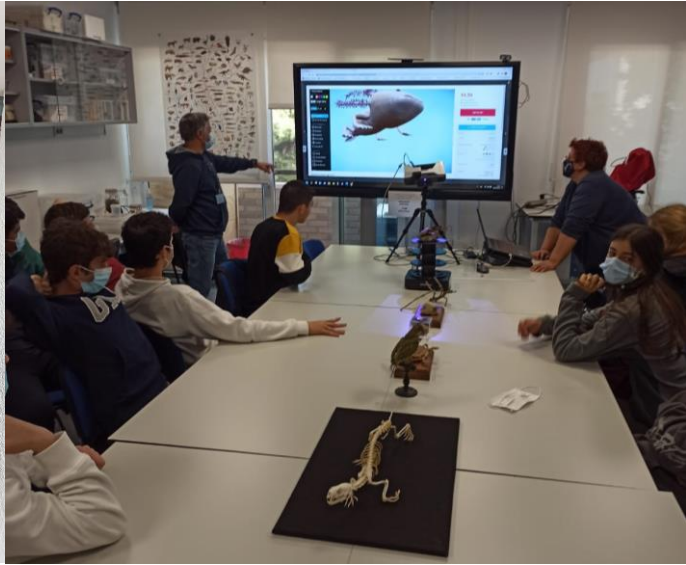
Se planteó cómo iba a ser la presentación del proyecto a primaria y qué era lo que iban a tener que hacer ellos y ellas. En primer lugar, debían preparar una presentación PowerPoint con las imágenes más significativas que encontraran de las especies invasoras a tratar para hacer una pequeña charla de iniciación al tema. De esta forma, los alumnos de primaria entrarían en el contexto de lo que estamos hablando y se pondrían en situación. Durante esta sesión elaboramos una serie de pautas para que el PowerPoint tuviese una estructura concreta y estuviese adaptado a la edad de los receptores (muchas imágenes, pocas palabras y muy explicativo). Posteriormente se explicaría el juego, englobando los conocimientos anteriormente explicados en la presentación con los nuevos que se ofrecen. También se explicaría el funcionamiento de la realidad aumentada, cómo pueden interactuar con ella y se les dejaría libres para investigar.

### 5.8. Excursión al museo. 05/05/2022

Para acabar de asentar todos los conocimientos enseñados, que pudiesen visualizar cómo se habían realizado los modelos 3D con los que habíamos trabajado y que vieran en persona las especies invasoras que habían estudiado, se realizó la excursión al MUVHN en el campus de Burjassot. El profesor Salvador Monje trajo a los alumnos en autobús y empezó la visita a media mañana. Conocieron la zona de paleontología y de zoología, mostraron interés por los objetos allí expuestos y realizaron preguntas de aquello que veían como se muestra en la figura 32. La siguiente parte de la excursión se basó en ver las especies disecadas con las que había trabajado el museo para hacer los modelos 3D y el escáner de luz estructurada blanca. Se les mostró a los alumnos el escáner, cómo funcionaba y se realizó una muestra con una especie nueva que poseía el museo como se muestra en la figura 33.



*Figura 32. Alumnos de bachillerato en la visita al MUVHN*



*Figura 33. Alumnos de bachillerato viendo el funcionamiento del escáner de luz estructurada blanca en el MUVHN*

Tras la presentación del funcionamiento del escáner miraron una por una las especies invasoras con las que habíamos trabajado (no estaban todas disponibles, pero sí su gran mayoría). Además, también pudieron observar el esqueleto de un ejemplar de Visón americano (se comparó con el visón europeo, disponible en la exposición, y vieron la diferencia en su tamaño). También observable en la figura 33.

Una vez terminada la muestra, pasamos a enseñar las cartas que esa misma mañana había ido a recoger a la copistería como se ve en la figura 34. Así, todas y todos pudieron ver cómo nuestro trabajo había dado su fruto ya que tenían en las manos todo el esfuerzo y empeño que habíamos puesto en la idea y en el tiempo usado en la edición de imágenes.



*Figura 34. Alumnos de bachillerato mirando las cartas del juego y las especies invasoras escaneadas en el MUVHN*

Finalmente, también vimos la impresora 3D que poseía el museo ya que algún alumno había mostrado interés por ésta (ya que con los modelos 3D que proporciona el museo en la página se pueden descargar para posteriormente hacer una impresión 3D).

Tras la excursión y un pequeño sondeo, los alumnos mostraron un especial agradecimiento por esta excursión ya que habían aprendido mucho y se habían sentido muy motivados. Mostraron mucho interés durante toda la visita y la presentación y dejaron claro al final de éstos que había sido una excursión fructífera.

### **5.9. Presentación a primaria y encuestas de valoración. 10/05/2022**

Para comprobar que utilizando juegos de cartas se consiguen resultados más positivos que con simples clases magistrales se escogieron 3 grupos. A dos de esos grupos se les realizaría una presentación con PowerPoint y posteriormente jugarían con las cartas y la realidad aumentada. Al grupo restante se le realizaría la presentación con PowerPoint, pero no jugarían a nada. Al acabar las sesiones se les pasó a todos los grupos la misma encuesta de evaluación para comprobar si existen diferencias a la hora de responder correctamente dependiendo de qué tipo de metodología educativa han recibido. Para que posteriormente no se sintieran excluidos, el grupo que recibió solo la explicación, una vez hubieron acabado de contestar a la encuesta, les enseñé el juego y la realidad aumentada para que pudiesen disfrutarlo también.

De forma que planteados los grupos y seleccionando cuáles de ellos serían los que jugarían y cuál no se iniciaron las presentaciones.



*Figura 35. Alumnos de bachillerato exponiendo el trabajo a la clase de primaria*

Como podemos observar en la figura 35, se muestra a los alumnos de bachillerato dando la clase magistral y la información sobre las especies invasoras. Todo lo que expusieron fue lo que se había preparado y lo que se había estado buscando en los artículos científicos. Además, resaltar el trabajo que supone transformar la información de los artículos científicos en información amena y sencilla para que los niños lo entiendan. Las presentaciones se llevaron a cabo sin ningún incidente. La motivación de los niños a la hora de salir de la monotonía de las clases del día a día era sorprendente ya que se alegraban de forma visible de que nosotros estuviésemos allí. Cabe destacar que los alumnos tenían cierto conocimiento previo de lo que estábamos hablando ya que había sido materia de una de sus asignaturas, sin embargo, la mayor parte de la información que era proporcionada por los que exponían era completamente nueva para ellos y ellas. También resaltar la participación que tuvieron los alumnos ya que no tuvieron problema en preguntar todas las dudas que se les venían a la cabeza. Esto hacía que la presentación fuese más interactiva, entretenida y amena.

Una vez la presentación se hizo se dio paso al juego (en aquellos dos grupos que previamente se habían elegido para jugar). Primero de todo se explicaron las normas del juego, qué se necesitaba para ganar, qué cartas había, cómo conseguirlas y qué recompensas se conseguían. También se les explicó que con los móviles que poseíamos mis alumnos de bachillerato y yo podríamos leer los QR que había detrás de unas pocas cartas para ver la realidad aumentada de las especies invasoras.

Una vez explicado pasado a dividir la clase en dos grupos: uno de ellos estaría jugando mientras el otro grupo vería y se haría fotos con las especies invasoras.



*Figura 36. Alumnos de primaria jugando al juego de cartas*

El juego de cartas se desarrolló con normalidad y sin ningún incidente. Todos los niños y las niñas lo entendieron a la perfección y sin problemas. Pudieron jugar repetidas veces y con solo un par de intentos ya parecían conocer bien el juego.

La actividad de fotos con la realidad aumentada se desarrolló con normalidad. Todos los alumnos pudieron ver y hacerse fotos con las especies que más les habían gustado. Mostraban mucho interés en poder hacer poses extrañas y graciosas para tener las mejores fotos de toda la clase. Después, mediante correo electrónico todas las fotos fueron enviadas a sus profesoras para que pudiesen entregárselas a los alumnos.



*Figura 37. Alumnos de primaria posando con los modelos 3D de las especies invasoras*

Finalmente, una vez hubo terminado la presentación y los juegos llegó la hora de evaluar a las 3 clases: las dos que habían jugado y aquella que solo había recibido la explicación. Algunos alumnos tuvieron algunas dudas puntuales sobre varias preguntas, pero fueron respondidas y aclaradas sin ningún problema.

Cuando la evaluación de los alumnos de primaria acabó también se realizó una evaluación a los profesores y a los alumnos de bachillerato.

En el caso de los alumnos de primaria y los profesores realizaron una evaluación escrita. En cambio, los alumnos de bachillerato realizaron un *Kahoot*. Esta evaluación fue mas dinámica ya que cada vez que respondían una pregunta se daba la oportunidad de explicar la respuesta correcta para que así acabaran de asentar unos conocimientos que parecían claramente aprendidos.



Figura 38. Alumnos de bachillerato haciendo el Kahoot

## 6. Resultados

Los alumnos de bachillerato obtuvieron estos resultados en el *Kahoot*:

| Nombre ▾        | Clasificación ▾ | Respuestas correctas ▾      | Sin respuesta ▾ | Puntuación final ▾ |
|-----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|
| German y obduli | 1               | <div><div></div></div> 79 % | —               | 14 272             |
| Jorge           | 2               | <div><div></div></div> 74 % | —               | 12 852             |
| paula           | 3               | <div><div></div></div> 68 % | —               | 12 455             |
| juli            | 4               | <div><div></div></div> 68 % | —               | 12 440             |
| anri            | 5               | <div><div></div></div> 63 % | —               | 11 378             |
| rams            | 6               | <div><div></div></div> 58 % | —               | 10 573             |
| Jo y el👹        | 7               | <div><div></div></div> 58 % | —               | 10 443             |
| Marina          | 8               | <div><div></div></div> 53 % | —               | 9 467              |
| Hectortelini    | 9               | <div><div></div></div> 47 % | —               | 8 399              |
| Luis            | 10              | <div><div></div></div> 42 % | —               | 7 384              |
| Blanca          | 11              | <div><div></div></div> 42 % | —               | 7 302              |

Figura 39. Respuestas del Kahoot de los alumnos de bachillerato

La mayoría de los alumnos se quedaron cerca del 60% o superior de respuestas correctas como se observa en la figura 39. Cabe destacar que los alumnos con un alto porcentaje en la prueba habían mostrado más interés y habían estado más implicados que los demás. Hay que tener en

cuenta que los alumnos con una puntuación más negativa en la evaluación coinciden con los alumnos que menos interés y motivación habían mostrado por el proyecto.

La evaluación de primaria consistía en unas preguntas tipo test relacionadas con lo que los alumnos de bachillerato habían explicado y sobre lo que habían jugado. El test estaba compuesto por 9 preguntas con 4 respuestas posibles, para los resultados solo me interesé por aquellas preguntas que estaban bien contestadas y las que estaban mal (codificación binaria). Los resultados de la evaluación a primaria fueron los siguientes:

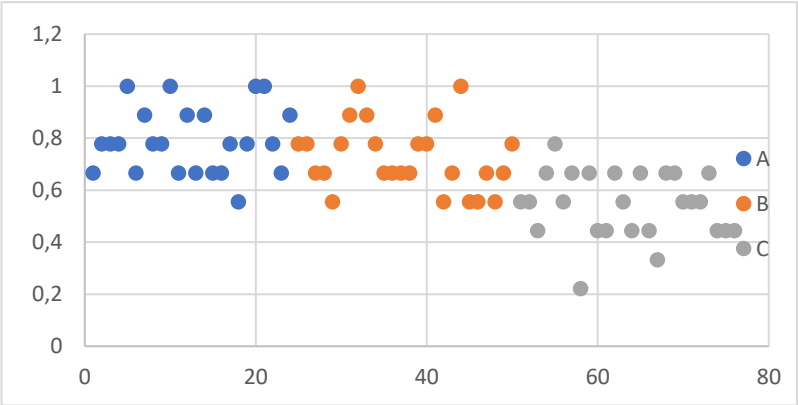


Figura 40. Diagrama de dispersión que representa el porcentaje de aciertos en tanto por 1 de cada alumno por clase.

**Clase 1 (explicación y juego)    Clase 2 (explicación y juego)    Clase 3 control (explicación)**

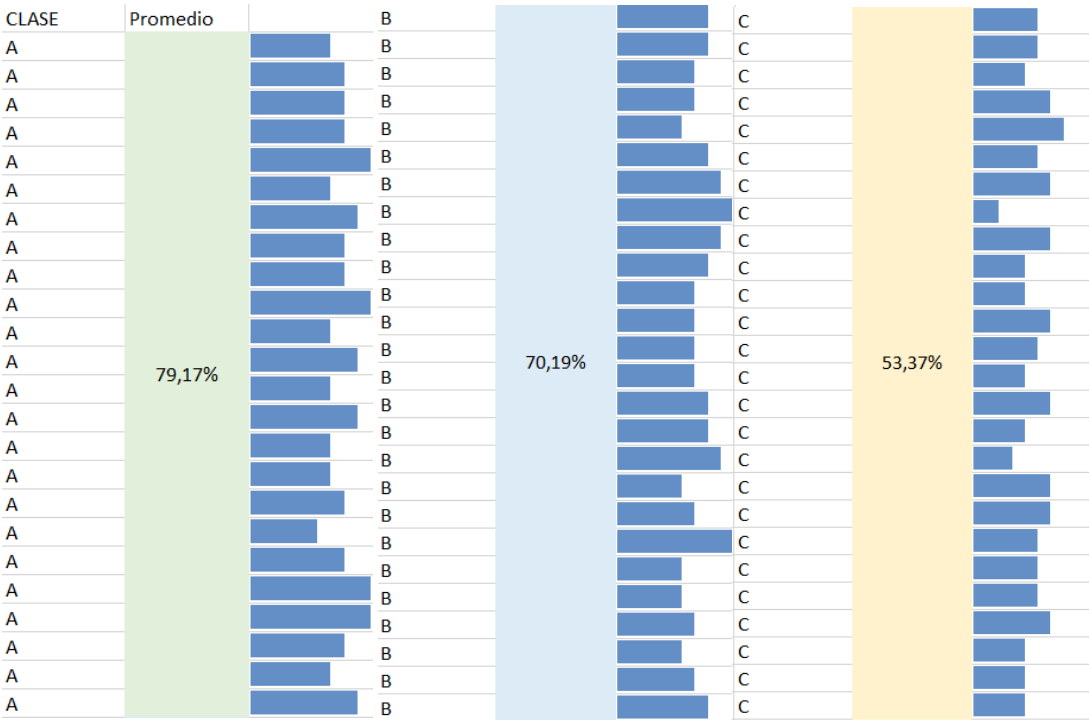


Figura 41. Representación porcentual de aciertos por clase

Como podemos observar en la figura 41, las clases 1 y 2 obtuvieron resultados más positivos que la clase 3. Esto lo podemos ver con el porcentaje de respuestas correctas por clase. Una vez codificados todos los resultados de las 3 clases en una hoja Excel realicé un análisis estadístico usando el *test de Student* de éstos para saber si los resultados eran significativos.

|    | Clase | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | mean     |
|----|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|
| 1  | A     | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.666667 |
| 2  | A     | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.777778 |
| 3  | A     | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.777778 |
| 4  | A     | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0.777778 |
| 5  | A     | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.000000 |
| 6  | A     | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.666667 |
| 7  | A     | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.888889 |
| 8  | A     | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.777778 |
| 9  | A     | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.777778 |
| 10 | A     | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1.000000 |
| 11 | A     | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.666667 |
| 12 | A     | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.888889 |
| 13 | A     | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.666667 |
| 14 | A     | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.888889 |
| 15 | A     | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.666667 |
| 16 | A     | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0.666667 |
| 17 | A     | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.777778 |
| 18 | A     | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0.555556 |
| 19 | A     | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.777778 |

Figura 42. Datos codificados de las pruebas hechas a los alumnos

Grupos A y B son las clases de juegos y explicación y el grupo C es la clase de solo explicación. El código funcionaba de la siguiente forma:  
 0 significa respuesta incorrecta a la pregunta.  
 1 significa respuesta correcta a la pregunta.

```
df%>%filter(Clase!='C')%>%t.test(mean ~ Clase,data=.) # A y B no significativo
df%>%filter(Clase!='B')%>%t.test(mean ~ Clase,data=.,alternative='greater') # A y C significativo
df%>%filter(Clase!='A')%>%t.test(mean ~ Clase,data=.,alternative='greater') # B y C significativo
```

Figura 43. Código en R, pruebas de test de Student

En el caso de A versus B las hipótesis son las siguientes:

H0: las medias de los grupos son iguales, es decir, los dos grupos pertenecen a la misma población estadística.

H1: las medias de los grupos no son iguales, es decir, los dos grupos pertenecen a distintas poblaciones estadísticas.

```
welch Two Sample t-test

data: mean by Clase
t = 1.7807, df = 47.802, p-value = 0.08132
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.008423965  0.138765845
sample estimates:
mean in group A mean in group B
 0.7916667      0.7264957
```

Figura 44. Resultados en R de las pruebas de test de Student. Comparación grupo A y B

En el caso de la comparación del grupo A con el grupo B obtenemos un p valor de 0,08 por lo tanto no podemos rechazar la hipótesis nula y podemos decir que los grupos no son significativamente diferentes y pertenecen a la misma población estadística.

En el caso de los grupos A y B versus el grupo C las hipótesis son las siguientes:

H0: las medias de los grupos son iguales, es decir, los dos grupos pertenecen a la misma población estadística.

H1: la media del primer grupo es mayor que la del segundo grupo, es decir, los dos grupos no pertenecen a la misma población estadística.

```
welch Two Sample t-test

data: mean by Clase
t = 6.8905, df = 47.603, p-value = 5.633e-09
alternative hypothesis: true difference in means is greater than 0
95 percent confidence interval:
 0.1883289      Inf
sample estimates:
mean in group A mean in group C
 0.7916667      0.5427350

welch Two Sample t-test

data: mean by Clase
t = 5.1468, df = 49.964, p-value = 2.237e-06
alternative hypothesis: true difference in means is greater than 0
95 percent confidence interval:
 0.123924      Inf
sample estimates:
mean in group B mean in group C
 0.7264957      0.5427350
```

Figura 44. Resultados en R de las pruebas de test de Student. Comparación grupos A y C, B y C

En el caso de la comparación tanto del grupo A como del B versus el grupo C obtenemos un p valor menor que 0,05 por lo que podemos rechazar la hipótesis nula y decir que los grupos son significativamente diferentes y pertenecen a distintas poblaciones estadísticas. Además, las medias de los grupos A y B son mayores que las del grupo C.

## 7. Conclusiones

Tenemos que extraer distintas conclusiones dependiendo del grupo con el que se ha tratado el proyecto. Las conclusiones del grupo de bachillerato son:

Respecto a los resultados del *Kahoot* concluimos que, a pesar de que la mayor parte de los resultados sean positivos, encontramos algunos que están muy por debajo de la media. Es importante destacar que, aunque este proyecto intente mejorar el aprendizaje mediante nuevas metodologías de enseñanzas para motivar al alumnado, existen casos en los que los alumnos poseen ciertas características de comportamiento en el aula que no permiten al proyecto desarrollarse con normalidad. La solución ante este tipo de alumnos ha sido intentar integrarlos lo mejor posible al grupo, pero no ralentizar todo el proceso y que los demás alumnos se viesen afectados.

Cabe destacar que el trabajo con este grupo presentó varias dificultades ya que en ocasiones le daban prioridad a otro tipo de tareas escolares. A pesar de estos problemas, conforme el proyecto avanzaba y veían en lo que se iba convirtiendo, su motivación y ganas de trabajar aumentó de forma considerada. Una vez hechas e impresas las cartas del juego y después de haber hecho la visita al museo su forma de trabajar estuvo a la altura de las expectativas. Parece que este tipo de actividades más activas les hizo implicarse de forma más directa. Este cambio corresponde claramente con el punto en el que se dejaron de realizar charlas magistrales (metodología utilizada diariamente en las aulas) y se pasó a la gamificación. Igualmente, recibe la misma importancia la excursión al museo. No solo vieron las especies invasoras con las que habían estado trabajando, sino que pudieron hacer todas las preguntas que quisieron cosa que les hacía sentirse mucho más realizados con el trabajo. Este cambio se vio reflejado en la

presentación y el PowerPoint que realizaron a primaria, ya que estaba bien estructurado y elaborado, además de haberlo hecho en un tiempo récord. Este trabajo tan coordinado no había sido observado antes de aplicar la gamificación y de haber ido a la excursión. Con lo que concluyo, según lo que he observado, que este tipo de actividades hacen que el grupo se integre mucho mejor, trabaje de forma coordinada contigo y den lugar a mejores resultados.

Respecto a la encuesta de valoración, estuvieron satisfechos con el trabajo realizado y a todos y a todas les pareció que el desarrollo de la actividad había sido de los más motivador que habían hecho nunca en el aula. A todas y a todos les gustaría que se hicieran más propuestas como este proyecto y mi trabajo con ellos les resultó cómodo y renovador.

Las conclusiones del grupo de primaria son:

Con los resultados del análisis estadístico concluimos que el grupo A y el grupo B no poseen cambios en los resultados del test y concuerda con que hayan sido las dos clases que recibieron las mismas pautas, es decir, juego y explicación. La variación de dentro de los grupos no es debida a la metodología utilizada ya que es la misma, por lo que seguramente esta diferencia esté causada por el tipo de grupo que forman la clase y la diferencia en capacidades de los alumnos que lo componen. Sin embargo, el grupo C sí posee cambios en los resultados comparado con el grupo A y B respectivamente. Esto concuerda con que el grupo C fuese el único que recibiese una pauta distinta a la de A y la de B, es decir, solo explicación y haya obtenido una media de resultados positivos menor en consecuencia. En la población del grupo C hay menos respuestas correctas que en el grupo A y B. Como el porcentaje de diferencia en aciertos es tan distinto entre esta clase y las otras dos concluimos que la mayor parte de su diferencia es debida a la distinta metodología utilizada, pero no niego que una parte de esta diferencia pudiese estar influenciada también por la diferencia en capacidades del alumnado de cada grupo.

Respecto a la encuesta de valoración, estos son algunos de los comentarios de los alumnos de primaria:

“me ha parecido muy divertido y es una forma muy buena de aprender”, “me ha parecido genial aprender todo lo que han explicado. Me encantaría que vinieran más”, “me gustaría que hiciesen muchísimas más actividades como esta”, “me parece que algo divertido lo han convertido en algo aun más divertido”, “me ha encantado aprender cómo cuidar el medio ambiente”, “lo podría repetir 1.000.000 veces”, “desde ahora no compraré especies invasoras”

...

Un mensaje curioso del grupo C (solo explicación) es: “me ha parecido muy chulo, pero creo que se haría más divertido con juegos”. Dando a entender que, a pesar de que el grupo C también se lo pasó muy bien durante el proyecto y aprendieron mucho, les faltó un poco más de diversión.

### **Conclusiones de los docentes:**

Con una media de 9 sobre 10 todos los profesores estaban satisfechos con la alternativa de gamificación a las aulas y les gustaría ver más a menudo este tipo de enseñanza en las clases.

Con una media de 9 sobre 10 todos los profesores piensan que sus alumnos se han sentido más motivados con este proyecto y han aprendido más que de la forma habitual.

Con una media de 9 sobre 10 todos los profesores piensan que mi trabajo se ha desarrollado con buenas aptitudes, que he conseguido motivar al alumnado, que los contenidos se han adecuado a su nivel y que los resultados han sido positivos.

Algunos comentarios de Salvador Monje sobre el proyecto fueron: “hay que tener en cuenta el nivel para usar la gamificación ya que es muy efectiva, pero requiere más tiempo para trabajar”, “mis alumnos han estado mucho más motivados gracias a este proyecto”.

## 8. Valoración del proyecto

A lo largo de carrera mi opinión sobre mi futuro ha ido variado. Al principio quería estudiar en un laboratorio de genética, después quería dedicarme a la conservación y después nada. Llegó un momento en el que no quería nada más de mi carrera, había perdido las ganas de continuar y nada de lo que me ofrecían me satisfacía. Sin embargo, con la llegada de este último curso y las propuestas educativas que había tanto en las prácticas curriculares como el TFG volvió esa motivación. Una motivación por enseñar y aprender, para crecer y expandirse con jóvenes y llevarles más allá de las aburridas clases en frente de una pizarra sin nada más que hacer que escuchar a un cansado profesor que lleva repitiendo lo mismo entre 30 y 50 años. De estas refrescantes ideas educativas apareció el Aprendizaje-Servicio (ApS). A pesar de que este concepto ya había aparecido antes en la carrera nunca me había llamado la atención por el hecho de que solía presentarse como una alternativa a otros trabajos que a mi parecer resultaban mucho más fáciles, por lo que solía ser descartado con rapidez por los alumnos. No obstante, con la llegada del último año de carrera y de la desmotivación por todas las asignaturas, el ApS apareció como un soplo de aire fresco que me marcaba un camino para descifrar muchos misterios de la educación que se me habían planteado a lo largo de mi vida. Una propuesta alternativa, novedosa y atractiva que daba lugar a una metodología práctica y beneficiosa ya que de ésta se puede extraer aprendizaje y desarrollo competencial. Además, proponía un desafío adicional ya que yo, como tutor, tenía que enseñar a un grupo de alumnos de bachillerato el tema a tratar, trabajar con ellos la idea y después ensañarles cómo transformar la idea para que fuese accesible a alumnos de primaria.

Al principio, no tenía mucha idea de cómo funcionaba el proyecto, ni de qué tema quería que tratase, pero con la ayuda y la orientación de la tutora del TFG acabamos dándole forma a este proyecto de especies invasoras y realidad aumentada. Sin embargo, para mí la realidad aumentada y las especies invasoras no eran suficientes, yo quería llevarlo más allá. Este proyecto tenía el potencial de convertirse en un juego. Y si lo pensaba detenidamente, ¿Qué mejor forma de aprender que jugando? Repasando un poco mi historial educativo, las veces que mayores conocimientos he conseguido retener en mi cabeza ha sido jugando, si no, ¿Cómo es posible que me sepa los nombres de los 898 Pokémon, sus tipos, habilidades y movimientos pero que ya haya olvidado a todos los aminoácidos? O ¿Cómo es posible que me sepa el nombre y las habilidades de los 159 campeones del *league of legends* pero que ya haya olvidado todos los géneros y especies importantes de plantas y animales? La respuesta es sencilla: los videojuegos o, simplemente, los juegos, son la clave. Fue entonces con este pensamiento cuando se me ocurrió que la mejor forma de enseñar a los niños de primaria sobre un tema tan visual como las especies invasoras sería a través de un juego de mesa y parece que, viendo los resultados, aunque académicamente no sea lo más perfecto, la cara de los jóvenes pasándoselo bien mientras aprenden es algo que se me quedará grabado a fuego en mi memoria para el resto de mi vida. Debo, sinceramente, dar las gracias a este proyecto por haberme enseñado tanto y haberme hecho sentir tan realizado como persona.

## 9. Exposición de las dificultades

A pesar de que el proyecto finalmente pudo realizarse sin ningún inconveniente demasiado grave sí es cierto a lo largo del desarrollo surgieron una serie de problemas que hubo que solucionar.

El primero de todos fue que algunos de los alumnos de bachillerato que se habían apuntado al proyecto no estaban cumpliendo con las expectativas de trabajo. A pesar de pedirles ciertas búsquedas o trabajos en general, no lo hacían o se retrasaban demasiado con las entregas. Las consecuencias de esto fue una mayor carga de trabajo para mi ya que todo lo que no hacían ellos para ayudarme se convertía en mi nueva responsabilidad. El problema más destacado y más inconvenientes me causó fue en la entrega del diseño de cartas. De los 6 grupos que había

para crear los diseños y que me los enviaran solo 2 grupos me lo enviaron a tiempo, el resto tuve que hacerlo yo solo.

El siguiente problema que causó cambios en la presentación fue las dificultades que se encontraron en el MUVHN para realizar el escáner del Picudo rojo. Algunos ejemplares de los animales a escanear resultan más sencillos para trabajar que otros, sin embargo, con el Picudo rojo no se pudo hacer nada. Como su modelo 3D no estaba disponible la tutora del museo propuso una solución al problema que consistía en hacerle unas fotos al individuo que poseían, hacer un enlace con la información general de la especie y hacer un QR que llevase a la página web. Como no se podía hacer otra cosa y no había ninguna otra solución, así se hizo.

Otro problema que llegó a última hora fue con las tabletas del colegio que un principio me iba a proporcionar para poder ver los modelos 3D de las especies invasoras. Cuando unos días antes de la presentación fui al colegio para comprobar que las tabletas funcionasen y no diesen ningún problema, descubrí que el programa de la realidad aumentada no era compatible con los dispositivos. Este problema se solucionó gracias a que tanto mis alumnos de bachillerato como yo poseíamos móviles que sí que eran compatibles. De forma que todas las fotos y juegos se realizaron con éstos.

## 10. Bibliografía

- Andrés, I. R. (2005). Clases magistrales versus actividades participativas en el pregrado de medicina. De la teoría a la evidencia. *Revista de estudios sociales*, vol. 20, 83-91.
- Angel, H. C. M. (2020). Manejo del caracol manzana (*Pomacea canaliculata*) en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) mediante la aplicación de extractos botánicos. Salitre–guayas. Trabajo experimental. Universidad agraria del Ecuador, p. 63.
- Geng, J. (2011). Structured-light 3D surface imaging: a tutorial. *Advances in Optics and Photonics*, vol. 3, 128-160.
- Jamshidi, J., Owen, G. W., & Mileham, A. R. (2006). A new data surface method for scanned models. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, vol. 6, 340-348.
- Lambea, A. F., & Ruiz, A. L. (2014). Desarrollo, calibración y verificación de sistemas de digitalización basados en proyección de franjas de luz blanca estructurada. Trabajo fin de máster. Universidad de Zaragoza, p. 69.
- Marín-Díaz, V. (2015). La Gamificación educativa. Una alternativa para la enseñanza creativa. *Digital Education Review*, vol. 27, 1-29.
- Martínez-Silvestre, A., Hidalgo-Vila, J., Pérez-Santigosa, N., Díaz-Paniagua, C., & Salvador Milla, A. (2015). Galápagos de Florida—*Trachemys scripta* (Schoepff, 1792). In: López, P., & Martín J. (Eds.) *Enciclopedia virtual de los vertebrados españoles*, p. 41.
- McGonigal, J. (2011). Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world. *Penguin*, p. 27.
- McMenamin, P. G., Quayle, M. R., McHenry, C. R., & Adams, J. W. (2014). The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology. *Anatomical sciences education*, vol. 7, 479-486.
- Mendoza Roldán, D. E. (2020). Impresión 3D para la didáctica de las ciencias naturales en escuelas y para el patrimonio del Museo Universitario-UDEA: Etapa 1. Trabajo de grado de pregrado. Universidad de Antioquia, p. 31.
- Miteco.gob.es. (2022). Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. [online] Recuperado de: <<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-exoticas-invasoras/ce-eei-catalogo.aspx>> [Fecha de consulta 1 abril 2022].

- Oliva, H. A. (2016). La gamificación como estrategia metodológica en el contexto educativo universitario. *Realidad y Reflexión*, vol. 44, 108-118.
- Olivert Àngel, J. (2018). Situación y problemática de la introducción del cangrejo azul (*Callinectes sapidus*) en la Comunidad Valenciana. Trabajo de fin de grado. Universitat Politècnica de València, p. 48.
- Palau, A., Cia, I., Rosico, E., Badía, F., Peribañez, M. Á., Lanaja, J., Massuti, S., & Generación, U. E. P. E. (2006). Métodos de control y erradicación del mejillón cebra (*Dreissena polymorpha*). Monografía de Endesa. Madrid: Dirección Corporativa de Comunicación de Endesa, p. 71.
- Sketchfab. 2022. Especies Invasoras de España - Colección - Una colección de modelos 3D del Museo [UV] Historia Natural (@MUVHN). [online] Recuperado de: <<https://sketchfab.com/MUVHN/collections/invasive-species-of-spain-collection>> [Fecha de consulta el 13 de mayo de 2022].
- Torres Aguilar, V. (2016). Estrategias de manejo para el control y erradicación de la especie exótica invasora cotorra argentina (*Myiopsitta monachus*) para la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, Guerrero Negro, Baja California Sur. Tesis. Universidad Autónoma de Baja California, p. 111.
- Vives, S. G., & Ferry, M. (2009). Aplicación de una estrategia de control integrado del picudo rojo de las palmeras (*Rhynchophorus ferrugineus*). *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, vol. 206, 29-36.
- Zhang, F., Campbell, R. I., & Graham, I. J. (2015). Application of additive manufacturing to the digital restoration of archaeological artifacts. *Procedia Technology*, vol. 20, 249-257.

## 11. Anexos

### 11.1. Encuesta de valoración profesores:

Responder del 1 al 10, siendo 1 lo peor y 10 lo mejor.

1. ¿Cómo calificarías esta forma alternativa de enseñanza llamada gamificación (enseñar mediante juegos)?  
- Respuesta:
2. ¿Cómo de conveniente verías usar más a menudo este tipo de enseñanza en tus clases?  
- Respuesta:
3. ¿Piensas que tus alumnos se han sentido más motivados con este proyecto?  
- Respuesta:
4. ¿Piensas que tus alumnos han aprendido más con este método de enseñanza que con el habitual?  
- Respuesta:
5. ¿Piensas que la información transmitida al alumnado se ha adecuado a su nivel?  
- Respuesta:
6. ¿El desarrollador del proyecto ha sido competente, ha mostrado esfuerzo y ha motivado a los alumnos?

- Respuesta:
7. ¿Los resultados obtenidos te han parecido positivos?
- Respuesta:

#### **11.2. Encuesta valoración alumnos:**

1. ¿Qué es una especie exótica invasora?
  - Es un animal que es extranjero, que hace daño a otras especies y ha llegado por culpa de los humanos.
  - Especies que vienen de cualquier sitio y hacen daño a los hábitats y a las otras especies que viven allí.
  - Especies muy raras de número muy pequeño que invaden otros hábitats.
  - Especies que llegan por culpa de los humanos pero que no causan problemas.
2. ¿Qué hace que las especies invasoras sean mejores que las demás?
  - Son más raras y bonitas.
  - Se mueven más rápido.
  - Son más grandes y fuertes.
  - Comen más rápido.
3. ¿Qué atacan los picudos?
  - Pinos
  - Palmeras
  - Nidos
  - Otros animales
4. ¿Cuál es la mejor forma de luchar contra el cangrejo azul?
  - Comiéndonoslo.
  - Aprendiendo a convivir con él.
  - Envenenándolo.
  - Secando el lugar donde viven.
5. ¿Qué destroza el caracol manzana?
  - Campos de trigo.
  - Campos de arroz.
  - Campos de maíz.
  - Campos de patatas.
6. ¿A qué afecta más el mejillón cebra?
  - Al mar y su contaminación.
  - Al mal olor de los puertos.
  - A otros animales.
  - A los barcos y los puertos.
7. ¿Qué conseguimos eliminando a las cotorras argentinas?
  - Menor suciedad en las ciudades.
  - Eliminar nidos y el ruido.
  - Menos ataques a personas.
  - Árboles más sanos.

8. ¿Por qué es importante atrapar al galápago de Florida?

- Para limpiar los ríos.
- Para venderlas como mascotas.
- Para salvar a otras especies.
- Para proteger puertos.

9. ¿Deberíamos comprar especies invasora?

- Sí.
- No.
- Solo si no se escapan.
- Solo si no vuelan.

10. Del 1 al 10 (siendo 1 lo peor y 10 lo mejor) ¿Qué te ha parecido la forma de aprender sobre las especies invasoras?

-Respuesta:

¿Algún comentario sobre la actividad?

Respuesta:

11.3. Tabla Excel con los datos codificados:

