

# Diseño de una experiencia educativa sobre corales en el Caribe sur de Costa Rica

## Aurora Meza Blanco

Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en Diseño Industrial

Informe final del proyecto para optar por el título de  
Ingeniería en Diseño Industrial con el Grado Académico  
de Bachiller

Aurora Meza Blanco

### **Asesor Académico:**

Ph.D. Yoselyn Walsh Zúñiga

### **Asesor en la empresa:**

María Cabrera Sánchez

Cartago, Costa Rica. Noviembre 2023



Diseño de una experiencia educativa sobre corales en el Caribe sur de Costa Rica © 2023 by [Aurora Meza Blanco](#) is licensed under [CC](#)

[BY-SA 4.0](#)

Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Diseño Industrial  
Trabajo Final de Graduación Bachillerato | 2 Semestre 2023

Trabajo Final de Graduación  
Bachillerato Ingeniería en Diseño Industrial

Constancia de la Defensa

El Trabajo Final de Graduación presentado por el estudiante Aurora Meza Blanco, carné 2018114261 para optar por el Título de Ingeniería en Diseño Industrial con grado académico Bachiller Universitario del Instituto Tecnológico de Costa Rica, titulado:

*“Diseño de una experiencia educativa sobre corales en el  
Caribe Sur de Costa Rica”*

ha sido defendido el día 28 de noviembre del año 2023 ante el Tribunal Evaluador y su Profesor Asesor.

YOSELYN WALSH ZUÑIGA (FIRMA)  
PERSONA FISICA, CPF-01-1302-0125.  
Fecha declarada: 29/11/2023 05:23:10 PM  
Esta es una representación gráfica únicamente,  
verifique la validez de la firma.  
*Yoselyn Walsh*  
Profesor Tutor

PAULA VICTORIA MORALES RODRIGUEZ (FIRMA)  
PERSONA FISICA, CPF-02-0574-0438.  
Fecha declarada: 29/11/2023 04:24:02 PM  
Esta representación visual no es fuente  
de confianza. Valide siempre la firma.  
*Paula Morales*  
Tribunal Evaluador 1

ADRIAN SOTO  
VILAPLANA (FIRMA)  
Firmado digitalmente por  
ADRIAN SOTO VILAPLANA  
(FIRMA)  
Fecha: 2023.11.29 20:24:54 -06'00'  
*Adrián Soto*  
Tribunal Evaluador 2

noviembre, 2023

## Resumen

Coral Conservation es una Organización no Gubernamental que busca encontrar soluciones innovadoras para detener la desaparición de los arrecifes de coral y asegurar su conservación. Principalmente realiza sus acciones en el Caribe sur costarricense y define a su público meta como la comunidad de la zona. Sus esfuerzos de educación a la población se han visto más concentrados en niños de las comunidades aledañas. Por lo que se encontraba buscando la forma de incluir en su programa de sensibilización a estudiantes de secundaria. De esta necesidad nace el proyecto titulado “Diseño de una experiencia educativa sobre corales en el Caribe sur de Costa Rica”.

Con el proyecto se busca crear una experiencia que permita a los estudiantes interactuar con los elementos y conceptos de manera física y virtual, ya que estos se encuentran en un ambiente difícil de acceder desde un aula. Al aplicar la experiencia, se obtuvieron resultados muy favorables que demuestran un efecto positivo en el aprendizaje de los estudiantes, cumpliendo así con el objetivo de promover el aprendizaje y conservación de corales en estudiantes de secundaria.

### **Palabras claves:**

Experiencia de aprendizaje, aprendizaje lúdico, realidad aumentada, arrecifes coralinos, biología marina

## **Abstract**

Coral Conservation is a non-governmental organization that seeks to find innovative solutions to stop the disappearance of coral reefs and ensure their conservation. It mainly carries out its actions in the southern Costa Rican Caribbean and defines its target audience as the local community. Its efforts to educate the population have been more focused on children in the surrounding communities. Therefore, it was looking for a way to include high school students in its awareness program. From this need, the project entitled "Design of an educational experience about corals in the southern Caribbean of Costa Rica" was born.

The project seeks to create an experience that allows students to interact with the elements and concepts in a physical and virtual way, since they are in an environment that is difficult to access from a classroom. By applying the experience, very favorable results were obtained that demonstrate a positive effect on student learning, thus fulfilling the objective of promoting learning and conservation of corals in high school students.

### **Keywords:**

Learning experience, ludic learning, augmented reality, coral reefs, marine biology

# Índice

1. Introducción.....	10
2. Definición del problema .....	11
2.1. Justificación .....	11
3. Objetivos, alcances y limitaciones.....	12
3.1. Objetivo general .....	12
3.2. Objetivos específicos .....	12
3.3. Alcances .....	12
3.4. Limitaciones.....	12
4. Antecedentes del proyecto .....	14
5. Glosario.....	15
6. Marco metodológico.....	17
6.1. Definición del tema.....	17
6.2. Antecedentes.....	17
6.3. Generación de ideas .....	18
6.4. Experiencia de aprendizaje.....	18
6.5. Prototipado .....	19
6.6. Evaluación .....	19
7. Definición del tema .....	20
7.1. Teorías de aprendizaje .....	20
7.1.1. Conductismo.....	20
7.1.2. Cognitivismo .....	20
7.1.3. Constructivismo .....	20
7.1.4. Socio-constructivismo.....	21
7.1.5. Conectivismo .....	21
7.2. Definición de usuarios.....	21
7.2.1. Diseño de personas .....	22
7.3. Definición del contenido .....	24
7.4. Contexto de uso .....	27

7.4.1. Lugar.....	27
7.4.2. Entorno .....	27
7.4.3. Tecnología .....	28
7.5. Requisitos de diseño.....	28
8. Antecedentes .....	29
8.1. Análisis de referenciales .....	29
8.1.1. Actividades de Coral Conservation.....	29
8.1.2. Benchmarking.....	31
8.2. Mínimos comunes y conclusiones .....	40
8.3. Tecnologías a utilizar para el desarrollo de propuestas.....	43
9. Generación de ideas.....	46
9.1. Ideación .....	46
9.2. Evaluación de propuestas.....	49
9.3. Iteración.....	51
9.4. Selección de la propuesta final .....	52
10. Experiencia de aprendizaje .....	55
10.1. Caracterización de la experiencia.....	55
10.1.1 Escenario ideal .....	55
10.1.2 Escenario común.....	56
10.2. Definición de los elementos de la experiencia .....	56
10.2.1 Cartas .....	57
10.2.2 Modelos de coral .....	58
10.2.3 Realidad aumentada .....	58
10.3. Guía de interacción .....	59
11. Prototipado.....	62
11.1 Cartas .....	62
11.2 Modelos de corales .....	64
11.3 Realidad aumentada .....	66
12. Evaluación.....	68
12.1. Diseño de pruebas .....	68
12.2. Pruebas con usuarios .....	69
13. Resultados finales.....	72
14. Discusión.....	74
15. Conclusiones.....	76
16. Recomendaciones .....	78
17. Gradientes de mejora .....	80

18. Bibliografía .....	81
19. Anexos .....	85
20. Apéndices .....	86

## Índice de tablas

Tabla 1. Temas por tratar en el taller sobre arrecifes coralinos. .....	24
Tabla 2. Conceptos básicos del material didáctico. ....	25
Tabla 3. Cuadro de mínimos comunes de Realidad Aumentada. .....	40
Tabla 4. Cuadro de mínimos comunes de Interactivos.....	40
Tabla 5. Cuadro de mínimos comunes de Videos bidimensionales. ....	41
Tabla 6. Cuadro de mínimos comunes de Videos 360. ....	41
Tabla 7. Cuadro de mínimos comunes de Realidad Virtual.....	42
Tabla 8. Cuadro de mínimos comunes de Juegos.....	43
Tabla 9. Cuadro comparativo de tecnologías.....	44
Tabla 10. Ejemplos de textos para cartas. ....	47
Tabla 11. Comparación de agrupaciones de tecnologías.....	50
Tabla 12. Preguntas para el test de pruebas con usuarios. ....	69
Tabla 13. Resultados del paired-t-test.....	72
Tabla 14. Total de respuestas correctas e incorrectas en <i>tests</i> . .....	73
Tabla 15. Casos de éxito y deterioro de pruebas con estudiantes. ....	73

# Índice de figuras

Fig. 1. Perfil 1 de persona: Eva.....	22
Fig. 2. Perfil 2 de persona: Alexa.....	23
Fig. 3. Perfil 3 de persona: Carlos.....	24
Fig. 4. Juego rompecabezas de corales.....	29
Fig. 5. Juego ubica las partes del pólipo.....	30
Fig. 6. Juego sobre factores negativos y positivos para los corales..	30
Fig. 7. Juego de beneficios de los corales y consecuencias de su desaparición.....	31
Fig. 8. Mega Lab de Alexander Spengler [22].....	31
Fig. 9. AR Reef de The Hydrous [23].....	32
Fig. 10. The Plastic Cycle de Ocean School [24].....	32
Fig. 11. Anatomy of a Cod de Ocean School [25].....	33
Fig. 12. Bleaching Alerts de NatGeo [26].....	33
Fig. 13. Innotales de Innoceana [27].....	34
Fig. 14. Coral Anatomy de KSLOF [28].....	34
Fig. 15. Secrets of the Sea de Smithsonian [29].....	35
Fig.16. Coral Bleaching de HMMI [30].....	35
Fig. 17. Coral City Camera de Coral Morphologic [31].....	36
Fig. 18. Animals 101: Coral Reefs de NatGeo [32].....	36
Fig. 19. 3D Models de The Hydrous [33].....	37
Fig. 20. Immerse de The Hydrous [34].....	37
Fig. 21. Simulating the Sea de Ocean School [35].....	38
Fig. 22. Explore de The Hydrous [36].....	38
Fig. 23. Krill Smackdown de NatGeo [37].....	39
Fig. 24. 3D coral polyp de NOAA [38].....	39
Fig. 25. Fichas de inspiración para propuesta [39].....	46
Fig. 26. Boceto de interfaz donde se observan los corales y sliders para manipular la temperatura y acidez del agua.....	48

Fig. 27. Bocetos de pantallas del interactivo.....	49
Fig. 28. Primer acercamiento a cómo podría visualizarse la realidad aumentada del juego.....	53
Fig. 29. Fotos de Carlos y Eva, personas del escenario ideal.....	55
Fig. 30. Fotos de Alexa y Eva, personas del escenario común.....	56
Fig. 31. Portada de la guía de interacción del juego. ....	57
Fig. 32. De izquierda a derecha, fotografías de un coral de dedos, lechuga y cuerno de alce. ....	58
Fig. 33. Bocetos para realidad aumentada de cartas.....	59
Fig. 34. Sección de guía de interacción: Objetivo. ....	60
Fig. 35. Sección de guía de interacción: Previo al juego.....	60
Fig. 36. Sección de guía de interacción: Turnos. ....	61
Fig. 37. Sección de guía de interacción: Fin del juego.....	61
Fig. 38. Moodboard de referenciales para cartas.....	62
Fig. 39. Primera prueba de impresión de cartas. ....	63
Fig. 40. Diseño final de cartas.....	64
Fig. 41. Moodboard de referenciales para modelos de corales.....	64
Fig. 42. Moodboard para selección de colores de modelos. ....	65
Fig. 43. Prueba de impresión de modelo coral lechuga. ....	65
Fig. 44. Modelos de corales. ....	66
Fig. 45. Previsualización de la realidad aumentada.....	67
Fig. 46. María Cabrera dando la charla del taller. ....	70
Fig.47. Estudiantes jugando.....	70
Fig. 48. Estudiantes intercambiando piezas del coral. ....	71

# 1. Introducción

Coral Conservation es una Organización no Gubernamental nacida hace tres años, cuyo objetivo es la conservación de corales en el Caribe sur de Costa Rica. Su trabajo en la zona es muy importante ya que la comunidad local no tiene conocimiento suficiente sobre los arrecifes de coral, todos los beneficios que obtienen de ellos y cómo sus acciones influyen en la salud de estos. Es por esto que Coral Conservation define a la comunidad del Caribe sur como su público meta.

Actualmente la organización cuenta con cinco proyectos activos: la sensibilización con niños, programa de reforestación, investigación científica con agroquímicos, limpiezas marinas y terrestres, monitoreo y restauración coralina.

La sensibilización con niños es el área de aplicación del presente proyecto. De momento realizan talleres con niños de 5 a 10 años en escuelas de la zona donde utilizan juegos que ha creado la propia organización. Sin embargo, les gustaría incluir un taller que involucre a personas adolescentes para tener más alcance en la comunidad.

De esta manera, surge la necesidad de crear materiales para estos nuevos talleres ya que con los que cuenta la organización, tienen características perceptuales y un nivel de complejidad dirigido a niños.

Es por esto que se busca crear una experiencia educativa que capte la atención de los estudiantes de secundaria y les incentive a la conservación de los arrecifes coralinos. Además, por la naturaleza del tema a tratar, se observa la oportunidad de utilizar tecnologías inmersivas que puedan acercar a los estudiantes al mundo submarino.

## **2. Definición del problema**

La Organización Coral Conservation tiene interés en educar e informar a niños y jóvenes en temas de conservación, concretamente en el tema de corales. Es por esto que busca crear material educativo que permita mostrar e interactuar con los diferentes conceptos y características en el tema de conservación de los corales y a la vez generar una experiencia placentera para los estudiantes. Al estar Coral Conservation trabajando en educación y sensibilización por medio de juegos y dinámicas para niños entre los 5 y 10 años, su material se encuentra dirigido a este público. Como buscan incluir a jóvenes en su programa, no pueden utilizar estos juegos ya que no van a tener el mismo impacto por sus características perceptuales además que el contenido va a cambiar, al querer incluir más y aumentar el nivel de complejidad de la información. Por lo que surge la necesidad de conocer a estos nuevos usuarios y crear herramientas y materiales para este nuevo público.

### **2.1. Justificación**

La implementación de tecnologías y la creación de experiencias significativas son aspectos relevantes en el proyecto. La creación de estas experiencias debe tener un enfoque en las características y necesidades de los estudiantes a los que se va a dirigir, su contexto y entorno. En base a esto, la metodología de diseño centrado en el usuario permite estudiar a las personas que llegarán a utilizar las herramientas y dirigir hacia ellos el material, para así lograr que el proceso de aprendizaje llegue a ser más atractivo y significativo.

## **3. Objetivos, alcances y limitaciones**

### **3.1. Objetivo general**

Diseñar una experiencia para el aprendizaje del tema de arrecifes coralinos para promover su conservación en estudiantes de secundaria.

### **3.2. Objetivos específicos**

OE1: Relacionar las necesidades de los usuarios con las características de los contenidos y el contexto de enseñanza, para mejorar la experiencia de aprendizaje sobre el tema de corales en estudiantes de secundaria.

OE2: Elaborar un objeto de aprendizaje para mejorar la experiencia de aprendizaje sobre el tema de corales en estudiantes de secundaria.

OE3: Validar el objeto de aprendizaje mediante un plan piloto de evaluación para mejorar la experiencia de aprendizaje sobre el tema de corales en estudiantes de secundaria.

### **3.3. Alcances**

Se diseñará y validará una experiencia de aprendizaje para el tema de arrecifes coralinos. En segundo lugar, se realizará la documentación final donde se podrán observar los resultados y conclusiones sobre la experiencia propuesta.

### **3.4. Limitaciones**

En primer lugar, los estudiantes a quien se dirige la experiencia se encuentran en el Caribe Sur y el prototipado se realizará en Cartago. Sin embargo, para realizar las pruebas con usuarios, existe la posibilidad de trasladarse al lugar para ejecutarlas.

En segundo lugar, se requiere que la organización Coral Conservation entregue el material didáctico, es decir, el contenido, sobre el tema de conservación de corales. A esto, la asesora del proyecto en la organización se comprometió a brindar el material didáctico.

## 4. Antecedentes del proyecto

Según el reporte del 2020 de la Red Mundial de Vigilancia de los Arrecifes Coralinos [1], entre el 2009 y el 2018 se perdió el 14% de los arrecifes de coral, cifra mayor a los 2.300 kilómetros del coral que vive actualmente en los arrecifes de Australia. Esta declinación en la cobertura coralina se dio principalmente por el aumento en la temperatura de la superficie marina. Se han registrado periodos de recuperación en los que los arrecifes no logran recuperarse al 100%, sin embargo, en el 2019 se observó que se recuperó el 2% de lo perdido. Esto quiere decir que los corales se mantienen resilientes y podrían recuperarse si las condiciones se mantienen en buen estado.

Coral Conservation es una organización no gubernamental que trabaja en el Caribe sur costarricense desde hace 3 años. Su misión es encontrar soluciones innovadoras para reducir la desaparición de los arrecifes de coral en la zona y asegurar su conservación [2]. Actualmente cuenta con cinco proyectos activos: sensibilización con niños, programa de reforestación, investigación científica con agroquímicos, limpiezas marinas y terrestres, monitoreo y restauración coralina.

Como parte de su programa de sensibilización con niños realizan charlas con juegos en escuelas y talleres donde buscan generar espacios en contacto con la naturaleza para producir conciencia en la niñez. De esta forma se observa la necesidad de crear nuevo material que se enfoque en las necesidades y características de los estudiantes. Además, que tome en cuenta el contexto y entorno en el que se encuentran. Para esto, la metodología de diseño centrado en el usuario brinda la oportunidad de crear herramientas dirigidas hacia el tipo de usuarios que se está tratando. Permitiendo al estudiante aprender sobre el tema de una manera más atractiva y significativa.

## 5. Glosario

**Experiencia de aprendizaje:** Una experiencia de aprendizaje es el resultado de una interconexión de elementos como la temática, el entorno, la modalidad, los instructores, los docentes o los estudiantes. Cada uno de estos elementos son únicos, por lo que cada experiencia es única. [3]

**Teorías de aprendizaje:** conjunto de diferentes conceptos que observan, describen, explican y orientan el proceso de aprendizaje de las personas y todo lo que se relaciona a este proceso. [4]

**Métodos de aprendizaje:** Los métodos suponen un camino y una herramienta concreta que se utiliza para transmitir los contenidos, procedimientos, principios, a los estudiantes, con el fin de que se cumplan los objetivos de aprendizaje propuestos por el docente, es decir, que los métodos son los medios que orientan el proceso de enseñanza-aprendizaje. [5]

**Aprendizaje activo:** todas las estrategias de enseñanza-aprendizaje que se basan en la motivación, atención y participación activa del estudiantado. El aprendizaje activo promueve que el alumnado tenga un rol primordial en su proceso de aprendizaje, involucrándose más allá de la escucha activa al docente o escribiendo lo que él o ella dicte. [6]

**Aprendizaje pasivo:** contrario al aprendizaje activo, el rol primordial lo tiene el profesor de manera que los estudiantes sólo se sientan a escuchar lo que este tenga que comunicarles.

**Cultura oceánica:** conocida comúnmente como la comprensión de la influencia del océano en uno mismo y la influencia de uno mismo en el océano.

**Experiencia inmersiva:** una experiencia inmersiva se refiera a la creación de un ambiente y un entorno donde los usuarios puedan recibir multitud de estímulos y sensaciones a través de los diferentes sentidos. [7]

**Realidad mixta:** mezcla de universos físicos y digitales,

que permite interacciones 3D naturales e intuitivas entre personas, equipos y el entorno. [8]

**Realidad aumentada:** La realidad aumentada es una experiencia interactiva que combina el mundo real y el virtual, capaz de adaptarse al entorno en que se insiere, ofreciendo una interacción en tiempo real. [9]

## 6. Marco metodológico

La metodología que se utiliza para el desarrollo del proyecto es la creada para el curso de diseño de experiencias de aprendizaje, propuesta por la profesora Ph.D. Yoselyn Walsh Zúñiga.

A continuación, se detallan las etapas de la metodología.

### 6.1. Definición del tema

**Investigación de teorías de aprendizaje:** se realiza un análisis de algunas teorías de aprendizaje para comprender cómo las personas adquieren conocimientos y habilidades.

**Definición de usuarios:** se crean aproximaciones a perfiles de usuarios que ayudan a representar a quienes se va a estar dirigiendo la experiencia y lograr identificar sus necesidades.

**Definición del contenido por aprender:** los *stakeholders* son quienes se encargan de brindar el contenido que se va a brindar a los estudiantes. En este caso, se debe realizar un análisis de este para identificar y comprender los conceptos a incluir en la experiencia, así como conocer las dificultades al enseñar y aprender sobre el tema.

**Definición del contexto de uso:** el contexto de uso ayuda a comprender dónde y cuándo se impartirá la experiencia, así como las posibles implicaciones asociadas al entorno.

**Definición de requisitos de diseño:** se realiza una lista con los diversos aspectos que el producto final deberá cumplir. De esta manera se facilita la evaluación del proceso y el análisis de las propuestas a realizar, asegurando el logro de las metas del proyecto.

### 6.2. Antecedentes

**Análisis de herramientas como referenciales:** se realiza un análisis objetivo de los materiales creados por

la organización y por otras personas. Se observa cómo cada uno soluciona la manera de enseñar sobre arrecifes coralinos y temas de biología marina en general. Además, se observa si la herramienta es bien aprovechada, qué permite con cada interacción y las ventajas y desventajas al utilizarla.

**Mínimos comunes y conclusiones:** determinan aquellos aspectos que comparten las herramientas existentes. De manera que, se pueden determinar los puntos con los que la nueva herramienta a crear debe cumplir.

### 6.3. Generación de ideas

**Ideación:** es el proceso de generación de nuevas ideas y soluciones. Se realizan un *brief* y bocetos por cada idea generada. En el *brief* se proporciona un resumen de la idea, detallando sus características. Los bocetos brindan una representación gráfica inicial permitiendo observar la idea de una manera más tangible.

**Evaluación de propuestas:** se realiza un análisis de las propuestas tomando en cuenta el contexto establecido anteriormente y utilizando como base los requisitos de diseño.

**Iteración:** en base a las mejores propuestas, se realizan una o varias propuestas más para generar una que cumpla con los objetivos del proyecto.

**Selección de la propuesta final:** se realiza un segundo análisis de las iteraciones y se elige la propuesta final.

### 6.4. Experiencia de aprendizaje

**Caracterización de la experiencia:** se determinan los aspectos con los que cumple la experiencia de aprendizaje. Entre esto se encuentra la generación de un perfil del usuario al que se dirige la experiencia. Este perfil se basa en el usuario creado al inicio y sus necesidades. También se coloca el contexto en el que se llevará a cabo. Con esto se busca establecer las características del lugar donde se puede realizar la experiencia, la cantidad de personas que participan y si se necesita de alguna herramienta tecnológica.

**Definición de los elementos de la experiencia:** se enlistan y detallan los elementos diseñados para la experiencia y su relación con los conceptos de la temática a enseñar.

**Guías de interacción:** se crea una guía en la cual se busca que el usuario pueda comprender cómo hacer uso y aplicación de la nueva experiencia.

## 6.5. Prototipado

Se realiza un prototipo de la experiencia de aprendizaje ideada. Este prototipo es una representación funcional que se puede someter a pruebas para medir su efectividad y cumplimiento de las metas del proyecto.

## 6.6. Evaluación

**Diseño de pruebas:** se determinan las características con las que se debe cumplir, los usuarios con los que se busca realizar la prueba, así como el contexto en el que se debe realizar. Además, se establece el proceso que se llevará a cabo el día de la prueba.

**Pruebas con usuarios:** se realizan las pruebas con el material creado para la experiencia de aprendizaje.

**Resultados finales:** luego de realizar la prueba, se analizan y evalúan los resultados. Lo recopilado durante las pruebas sirve para retroalimentar la experiencia y comprender cómo esta ha impactado en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

## 7. Definición del tema

### 7.1. Teorías de aprendizaje

Se realizó una breve investigación sobre las teorías de aprendizaje para tener un panorama de las herramientas que se pueden utilizar en la generación de la experiencia educativa.

Las teorías de aprendizaje se crearon para intentar explicar cómo las personas llegan a adquirir conocimientos. Por lo general estas no se excluyen unas a otras, si no que se comparten puntos a la hora de aplicarse para ofrecer nuevas perspectivas y facilitar el aprendizaje.

Existen teorías de aprendizaje tradicionales como el conductismo, cognitivismo y constructivismo. En años recientes, con investigaciones sobre el proceso educativo y la creación de nuevas tecnologías, surgen nuevas teorías como el socio-constructivismo y conectivismo.

[10][11]

#### 7.1.1. Conductismo

El conductismo se basa en la repetición de acciones para lograr el aprendizaje. Utilizando refuerzos y castigos, intenta eliminar la conducta no deseada del estudiante. Esta sugiere que el entorno y los estímulos externos moldean el proceso de aprendizaje.

#### 7.1.2. Cognitivismo

La teoría del cognitivismo utiliza como base el conductismo, sin embargo, a diferencia del conductismo esta sí toma en cuenta al estudiante y cómo este procesa la información. Es decir, el estudiante no aprende sólo a través de la observación y repetición, sino que también debe comprender y analizar el contexto de los elementos en el aprendizaje.

#### 7.1.3. Constructivismo

En el constructivismo se habla de que el estudiante es quien se encarga de armar su propio conocimiento. Este interpreta y hace conexiones de los nuevos elementos

con sus experiencias y conocimientos previos.

#### **7.1.4. Socio-constructivismo**

El socio constructivismo es una evolución del constructivismo donde el estudiante sigue siendo quien construye su aprendizaje, pero en este caso lo hace en colectivo. De esta manera, la investigación es primordial donde se utilizan metodologías y recursos que permiten la integración de nuevas tecnologías.

#### **7.1.5. Conectivismo**

Esta teoría implica la adición de las nuevas tecnologías en los procesos educativos. En el conectivismo se define al proceso de aprendizaje como continuo, que puede ocurrir en diferentes escenarios y destaca la habilidad para filtrar esta nueva información.

Tomando en cuenta lo anterior, se propone la aplicación de las teorías de socio-constructivismo y conectivismo que fomentan un aprendizaje más activo, alejándose de los enfoques de teorías más tradicionales como el conductismo.

### **7.2. Definición de usuarios**

Se definieron los usuarios según la petición de Coral Conservation. La organización estaba en la búsqueda de dar talleres educativos con más contenido y con un nivel de complejidad más alto que el que actualmente usan en sus talleres con niños.

Inicialmente se realizó una breve investigación sobre el sistema educativo costarricense con el fin de identificar en qué niveles se puede impartir un taller como el que se desea. De esta se destaca lo siguiente:

La educación en Costa Rica se encuentra dividida en cuatro niveles: educación preescolar, educación general básica, educación básica y educación superior [12]. Según la Ley general de Educación común, artículo 2, la educación es gratuita y obligatoria entre los 8 y 15 años [13], periodo que coincide con los ciclos de la educación básica. Además, según el MEP, en el tercer ciclo de educación básica, se desarrollan conocimientos y habilidades que permiten a los estudiantes comprender y resolver problemas presentes en su entorno. Y uno de los ejes temáticos en el plan de estudios de ciencias, es los seres vivos en entornos saludables, como resultado de la interacción de aspectos biológicos, socioculturales y ambientales [14]. De esta manera, se observa que los estudiantes en estos niveles tienen los conocimientos previos y la capacidad para recibir el contenido que Coral

quiere dar en sus talleres.

Abonado a esto, al finalizar el tercer ciclo y terminar la obligatoriedad de la educación, la cantidad de estudiantes disminuye considerablemente. Una de las razones principales es la falta de motivación [15]. Lo cual brinda una razón más para impartir los talleres en estos niveles, de manera que se pueda motivar a los estudiantes de continuar, no sólo para ayudar en la conservación de los corales sino también para generar interés en las carreras STEM.

Así, se llegó a la conclusión que los talleres serán dirigidos a estudiantes entre los 12 y 16 años, ya que por lo general se encuentran en el tercer ciclo. Además, se define que serán estudiantes de colegios públicos del Caribe sur costarricense al estar la organización centrando sus esfuerzos en esta zona.

Sin embargo, cabe mencionar que esto no cierra la posibilidad de implementarse en colegios privados y que en el futuro se pueda brindar esta experiencia educativa en otras zonas del país.

## 7.2.1. Diseño de personas

Con la definición del rango de edad, se pasó a realizar el diseño de perfiles de posibles usuarios de la experiencia.

En primer lugar, se tiene el perfil de Eva quien es miembro de la organización. Este perfil permite conocer las necesidades de los miembros de la organización a la hora de brindar a los estudiantes sus talleres. Aspectos importantes por resaltar de este perfil son el transporte por medio de bicicleta y el deseo por transmitir sus conocimientos.



Fig. 1. Perfil 1 de persona: Eva.

El punto sobre el transporte nos brinda un elemento muy importante a tomar en cuenta. Al ser en bicicleta se debe cuidar la cantidad y el peso de los elementos que vaya a incluir la experiencia. En el caso del deseo por transmitir sus conocimientos, también nos da una pista sobre la persona que irá a impartir el taller, de modo que esta buscará siempre la mejor manera que esté a su disponibilidad de prestar sus conocimientos a la comunidad.

En segundo lugar, está el perfil de Alexa quien es estudiante de un colegio público en el Caribe sur. De este perfil sobresale el hecho de que es una estudiante que no tiene un teléfono móvil, con esto sabemos que no se puede depender del uso de los dispositivos de los estudiantes en la experiencia educativa. Además, es una persona que nunca ha visitado la playa o visto lo que hay dentro del mar, por lo que una experiencia inmersiva puede llegar a ser una herramienta de gran impacto en la estudiante.



Fig. 2. Perfil 2 de persona: Alexa.

En tercer lugar, el perfil de Carlos, un estudiante de colegio privado en el Caribe sur. Este estudiante sí cuenta con un dispositivo con el cual podría interactuar durante la experiencia, sin embargo, necesitaría de conexión a Wifi del colegio. En este caso, sí conoce la playa por lo que está familiarizado con el contexto del taller y podría haber visto algunos de los problemas que afectan la costa, pero de igual manera se vería beneficiado de una experiencia inmersiva al no conocer lo que hay dentro del agua.



Fig. 3. Perfil 3 de persona: Carlos.

### 7.3. Definición del contenido

La asesora en la organización se encargó de brindar un documento con la información que se busca impartir en el taller, ver Anexo 1. En base a este material, se realizó un análisis de la información para comprender y determinar los principales temas a tratar, así como un cuadro con los principales conceptos del material didáctico.

Temas
1. ¿Qué es un coral?
2. ¿Cómo se forman los arrecifes de coral?
3. ¿Cómo se alimentan los corales?
4. ¿Dónde se encuentran los arrecifes?
5. Importancia
6. ¿Por qué los arrecifes de coral están en peligro?
7. Conservación de los corales

Tabla 1. Temas por tratar en el taller sobre arrecifes coralinos.

Variable	Concepto	Explicación
Coral	Animales muy pequeños de cuerpo blando que pertenecen al mismo grupo que las medusas y las anémonas de mar, los cnidarios.	Se dividen en dos grupos principales, corales blandos y duros.
Corales duros	Son los corales formadores de arrecifes.	Es el tipo más conocido de coral, ya que forman los arrecifes grandes y coloridos que se encuentran en aguas claras y tropicales.
Pólipo	Un individuo coral.	Puede vivir solo, pero por lo general los pólipos viven en colonias.
Blanqueamiento del coral	Proceso mediante el cual los corales pierden sus zooxantelas simbióticas.	Las pierden debido al estrés de estar expuestas a temperaturas extremas. Eventos como este causan la muerte de muchos corales, pues ya no pueden obtener suficientes nutrientes y comienzan a morir de hambre.
Zooxantela	Algas unicelulares.	Viven dentro de los tejidos del coral y capturan la energía del sol a través de la fotosíntesis, proporcionando así los alimentos para el coral.
Agregados		
Colonia	Grupo de organismos de una especie que viven e interactúan estrechamente entre sí.	Los pólipos viven en colonias formadas por cientos y cientos de miles de individuos.
Simbiosis	Estrecha relación de convivencia que se establece a nivel ecológico entre dos individuos de diferentes especies con el objetivo de obtener un beneficio de dicha unión.	Los corales formadores de arrecifes tienen una relación simbiótica con las zooxantelas.
Urticante	Que produce comezón semejante a las picaduras de ortiga.	Al igual que las medusas y las anémonas, los pólipos de coral también tienen tentáculos urticantes que utilizan para atrapar comida.
Acidificación	Efecto del cambio climático.	Se produce porque el océano absorbe mayores cantidades de dióxido de carbono, alterando la química del agua.

Tabla 2. Conceptos básicos del material didáctico.

También se realizó una investigación sobre las dificultades al aprender y enseñar sobre el tema de arrecifes coralinos y en general de biología marina y conservación.

Según la organización, al enseñar utilizando actividades en grupo, se les hace difícil manejar la dinámica de grupo y estar pendientes de que todos los estudiantes participen. Además, como actualmente los talleres se los dan a niños de 5 a 10 años cuando estos tienen dudas, se les hace difícil explicar de una manera simple y no entrar en detalles con conceptos más complicados.

A la hora de aprender, la organización ha notado que para los estudiantes es difícil entender qué es un coral, comprender que un coral es un animal y que está formado por muchos pólipos. Al hacerles preguntas sobre qué aprendieron en el día, pueden hablar sobre las amenazas y los beneficios de los corales, pero no definen al coral en sí.

Luego, según la literatura se identificaron seis puntos:

**P1. Locación geográfica:** La ubicación geográfica influye en los planes de estudio. Según el lugar donde se encuentre el centro educativo, así se centran las clases de educación ambiental. Se elige enseñar con más énfasis lo que afecta de mayor forma directa a la zona. Se sabe que los lugares más alejados de la costa se concentrarán menos en temas sobre conservación oceánica.

Aprender sobre el ambiente oceánico se hace más difícil que el terrestre, debido a que no todas las personas tienen acceso a él y es más fácil aprender sobre algo que se puede ver, a algo que no. Se sabe que el 40% de la población mundial vive a menos de 60 Km del océano y al igual que las personas que viven lejos, no todas tendrán la oportunidad de ver el mar en sus vidas y son todavía más pocas las personas que lograrán sumergirse y ver lo que hay allí adentro. [16]

**P2. Falta de capacitación:** La falta de capacitación de los profesores para enseñar sobre cultura oceánica, limita las posibilidades de que estos impartan el tema en sus clases.

En el caso de los profesionales en el área de biología marina y conservación, al no tener una formación pedagógica, no tienen las herramientas para dirigir una clase de una manera adecuada. [17], [18]

**P3. Falta de materiales didácticos:** Los materiales didácticos tienen beneficios en el estudiante como autonomía durante el proceso de aprendizaje, promueven el aprendizaje lúdico y mantienen motivación en el estudiante. Sin embargo, los profesores tienen materiales insuficientes para la ejecución de las clases. Existen materiales gratuitos en internet, pero muchas veces no se encuentran dirigidos a las necesidades del lugar donde se encuentra el profesor. [17], [18], [19]

**P4. No reconocer la importancia del océano:** Reconocer la importancia de la conservación oceánica es crucial para enseñar sobre su importancia. Además, la habilidad de reconocerla por parte de los estudiantes puede verse afectada por perspectivas y prioridades regionales que se encuentran ligadas a la posición

geográfica y cultura local. [16], [17]

**P5. Concepciones falsas del océano:** La falta de inclusión de temas oceánicos en los currículums puede generar concepciones falsas. También cabe destacar que a través de los años las personas generan ideas preconcebidas que obtienen por la experimentación, las cuales pueden ser difíciles de cambiar y complicar el proceso de aprendizaje del tema. [16]

**P6. Pocos recursos:** Los recursos son importantes para poder impartir cualquier tipo de taller o clase. En este caso influye mucho en la capacidad de la organización de poder impartir los talleres, así como poder incluir nuevas tecnologías para tener un proceso de aprendizaje más inmersivo al ser los corales y el océano un tema difícil de demostrar en físico en un aula. [18], [19]

## 7.4. Contexto de uso

El contexto se define luego de realizar una búsqueda de información sobre las características presentes en el lugar donde se estaría aplicando la experiencia educativa.

### 7.4.1. Lugar

Los talleres se impartirán en aulas de colegios públicos o privados que se encuentren en la zona del Caribe sur de Costa Rica. En el caso de los colegios públicos, un elemento a tomar en cuenta es que, según el Estado de la Educación del año 2021 [20], la dirección regional de Limón es una de las regionales con mayor número de centros educativos con órdenes sanitarias. Entre los problemas principales están, disponibilidad de agua potable, carencias en servicios e infraestructura física y deficiencias importantes en materia de conectividad.

### 7.4.2. Entorno

Las aulas donde se pretende llevar a cabo la experiencia presentan sillas y mesas donde los estudiantes se pueden sentar a escuchar y realizar las actividades. De igual manera, el Estado de la Educación menciona que se han reportado déficits históricos de infraestructura y mantenimiento en la educación secundaria. En un estudio realizado en el año 2016, se detectaron una gran cantidad de aulas en mal estado, con mobiliario insuficiente, diseños de aulas que no cumplen con requerimientos de iluminación, ventilación, seguridad y acceso para personas con discapacidad, niveles superiores a los recomendados de temperaturas y ruido. [20].

### **7.4.3. Tecnología**

Los colegios pueden tener internet, sin embargo, no es estable y no es seguro que todos tengan acceso a ella. En el caso de dispositivos electrónicos, el aula puede presentar proyector o televisor.

En el caso de los estudiantes, no todos presentan celulares o acceso a internet por medio de ellos. Según el Estado de la Nación del año 2021 [21], los quintiles de hogares de mayor ingreso son quienes tienen telefonía celular pospago y los de menor ingreso tienen los sistemas prepagos o no tienen dispositivos del todo. Luego, el mismo estudio menciona que Fonatel registra aproximadamente 150.000 hogares conectados. Las provincias de Limón, Guanacaste y Puntarenas tienen la menor cantidad de beneficiarios, a pesar de tener una cantidad importante de estudiantes de zonas rurales sin acceso a internet.

### **7.5. Requisitos de diseño**

En base a los datos analizados anteriormente y la entrevista inicial realizada a Coral Conservation, ver Apéndice 1, se definen los requisitos de diseño para el proyecto.

1. La experiencia debe estar dirigida a estudiantes en un rango de edad de los 12 a 16 años.
2. El tiempo máximo de duración de la actividad debe ser de una hora.
3. Las herramientas creadas deben acompañar a los expertos en el tema de manera que puedan dirigir la clase adecuadamente.
4. Se debe tomar en cuenta las capacidades tecnológicas del lugar donde se realizan los talleres y de la organización.

## 8. Antecedentes

Para esta sección se realizó la revisión de los juegos creados por la organización para sus talleres con niños. Además, el análisis de 17 herramientas que utilizan diferentes tecnologías para enseñar sobre temas de biología marina. Entre las tecnologías que se analizó están la realidad aumentada, interactivos, videos bidimensionales, videos 360, realidad virtual, juegos y objetos físicos.

### 8.1. Análisis de referenciales

#### 8.1.1. Actividades de Coral Conservation

Como se mencionó anteriormente, de momento Coral Conservation ha realizado principalmente talleres con niños de 5 a 10 años donde utilizan juegos creados por la organización.



Fig. 4. Juego rompecabezas de corales.

En primer lugar, se tienen dos rompecabezas que se utilizan con el fin de identificar si los niños logran reconocer que la imagen se trata de un coral al finalizarlo.

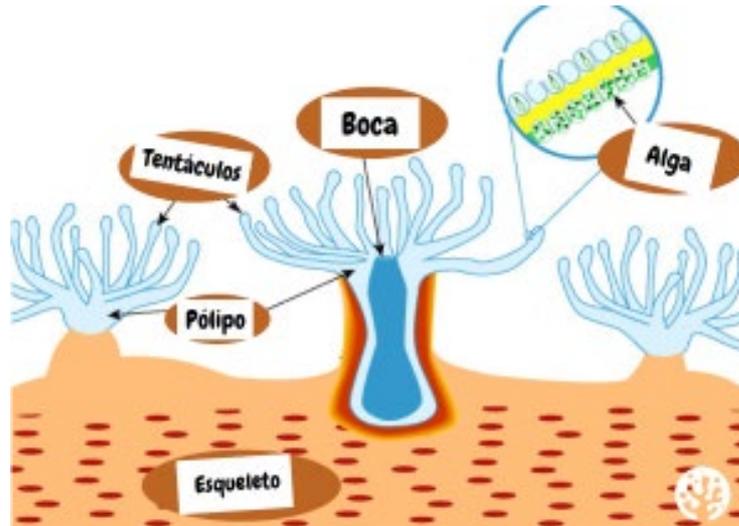


Fig. 5. Juego ubica las partes del pólipo.

Luego, se utiliza una imagen para enseñar sobre la anatomía del coral. En la imagen se colocan círculos donde los niños deben posicionar los nombres de las partes donde piensan que corresponden.



Fig. 6. Juego sobre factores negativos y positivos para los corales.

En el siguiente juego se trata de aprender sobre los factores que afectan a los corales y qué puede ayudarles. En esta dinámica, la persona moderadora se encarga de enseñar las cartas. Estas cartas pueden ser una amenaza o un beneficio para los corales de manera que cada estudiante juega con si fuese un pólipo. Cuando se muestra una amenaza se deben esconder y cuando se muestra un beneficio deben aplaudir.



Fig. 7. Juego de beneficios de los corales y consecuencias de su desaparición.

El último juego se trata de que los estudiantes puedan identificar cuál beneficio que nos brindan los corales se está viendo afectado. A los estudiantes se les entregan unas cartas verdes con los beneficios de los corales y la persona moderadora es la encargada de enseñar las cartas rojas con la amenaza o el efecto que sucedería si no están los corales. Así, al enseñar la carta roja, los estudiantes deben elegir cuál de sus cartas verdes se está viendo afectada.

Con estas actividades y juegos Coral Conservation les enseña a niños sobre temas de corales, sin embargo, no tienen herramientas de evaluación con las cuales poder identificar si los estudiantes están aprendiendo sobre lo que ellas les están presentando.

## 8.1.2. Benchmarking

### a. Realidad aumentada



Fig. 8. Mega Lab de Alexander Spengler [22].

Mega Lab es una aplicación de Alexander Spengler. Se utiliza para explorar arrecifes de coral y botes

naufregiados. Para iniciar se analiza un código sobre el que crece el modelo 3D. El modelo es estático y sólo se observa la imagen, no hay más interacciones. En cuanto a texto, sólo menciona el nombre de la especie de coral u objeto que se está viendo.



Fig. 9. AR Reef de The Hydrous [23].

AR Reef de The Hydrous es un Arrecife en realidad aumentada e interactivo. Al igual que Mega Lab, se analiza un código QR para desplegar la simulación. En este caso, los elementos que aparecen se mantienen siempre con ligeras animaciones. Además, hay botones con los cuales se pueden interactuar y despliegan información sobre la especie que se encuentra cerca.

### **b. Interactivos**

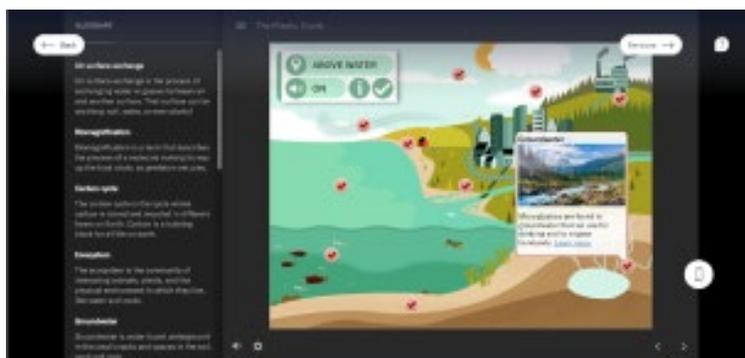


Fig. 10. The Plastic Cycle de Ocean School [24].

The Plastic Cycle es un interactivo para aprender sobre el ciclo del plástico fuera y dentro del agua. Utiliza ilustraciones para demostrar el ciclo. Tiene botones cerca de los elementos importantes para el ciclo que despliegan información sobre el elemento con textos concisos. Al lado izquierdo de la pantalla hay una lista con los conceptos que, por lo general, son poco conocidos.

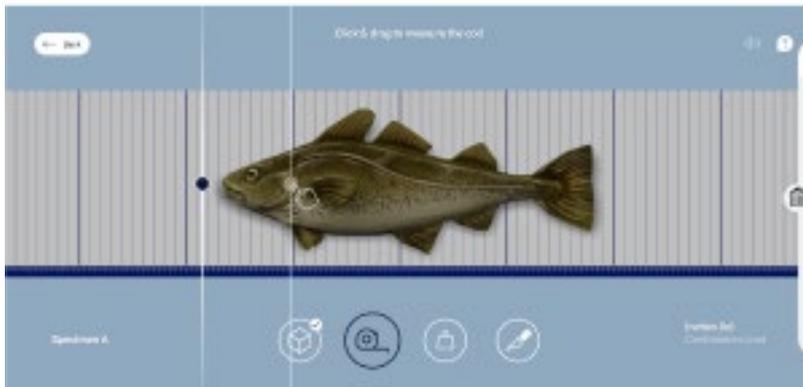


Fig. 11. Anatomy of a Cod de Ocean School [25].

Anatomy of a Cod es un interactivo sobre anatomía de un bacalao. Los alumnos reciben un conjunto de datos al realizar la disección del bacalao y se les guía a través de una serie de tareas de análisis de datos que exploran la relación entre la salud, reproducción y sostenibilidad de un pez. En el interactivo no hay narración, sólo texto y animaciones. Al lado derecho, tiene un área que se despliega para tomar notas conforme se va haciendo el experimento.

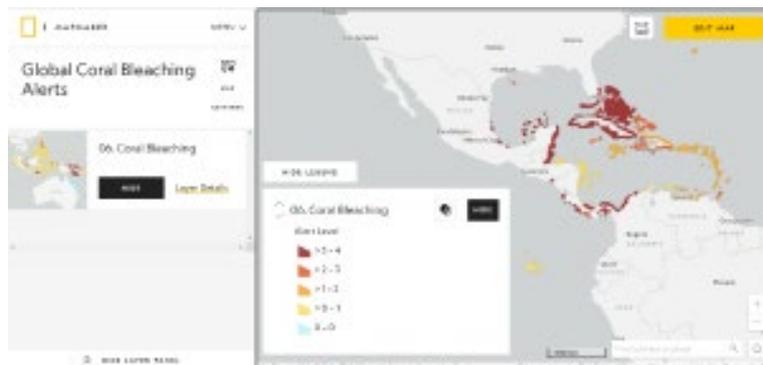


Fig. 12. Bleaching Alerts de NatGeo [26].

Bleaching Alerts es un mapa interactivo para observar el nivel de blanqueamiento de los arrecifes de coral en diferentes zonas del planeta. Utiliza colores para representar el nivel de blanqueamiento y al pasar el mouse sobre cada lugar despliega la información de lugar, temperatura y fecha de última actualización. Además, presenta una pantalla donde se explica de manera concisa los conceptos a los que corresponden los datos.



Fig. 13. Innotales de Innoceana [27].

Innotales son libros interactivos del mundo submarino. Permiten elegir el rumbo que toma el personaje principal al seleccionar con qué personaje tener interacción o qué camino seguir. Utilizan texto e imágenes principalmente, pero igualmente tienen videos con narración. La narración por lo general es el audio del personaje hablando. Utiliza un lenguaje muy simple por ser para niños.



Fig. 14. Coral Anatomy de KSLOF [28].

Coral anatomy es un interactivo sobre la anatomía de un pólipo. Se selecciona en la imagen la parte que se desea observar y aparece un texto descriptivo. Un elemento importante de notar es que no mantiene el highlight de la parte seleccionada, lo cual es importante para poder ubicar al usuario mientras lee la información.

En algunos casos hay animaciones y videos que acompañan la descripción. El lenguaje es un poco más elevado, de manera que no se podría usar con niños.



Fig. 15. Secrets of the Sea de Smithsonian [29].

Secrets of the Sea es un arrecife 3D por el que se puede explorar, encontrar y aprender sobre diferentes especies. Una vez que se encontraron todos los elementos de una misma especie, se reproduce una animación donde por medio de audio se explica qué función cumple en el arrecife. Tiene subtítulos cuando comienzan los audios. Un elemento negativo es que la forma de navegar es muy lenta.



Fig.16. Coral Bleaching de HMMI [30].

Coral Bleaching es un video e interactivo sobre arrecifes de coral. Utiliza videos y animaciones que van de acuerdo con la narración.

Luego, en ciertas partes del video, se detiene para pasar a la parte de más información y preguntas.

La información se presenta en texto e imágenes. El vocabulario que utiliza es un poco complicado, no apto para niños. En la sección de preguntas mezcla preguntas que se responden con la información presentada y otras de análisis o conocimientos previos.

Además de las herramientas anteriores, para los interactivos se analizó AR Reef.

### c. Videos bidimensionales



Fig. 17. Coral City Camera de Coral Morphologic [31].

Coral City Camera es un live de un arrecife en Miami. Es un proyecto de arte público e investigación científica. No presenta ningún texto o gráficos que destaquen lo que está sucediendo. Se puede utilizar para practicar identificación de especies y analizar las condiciones en que se encuentran.

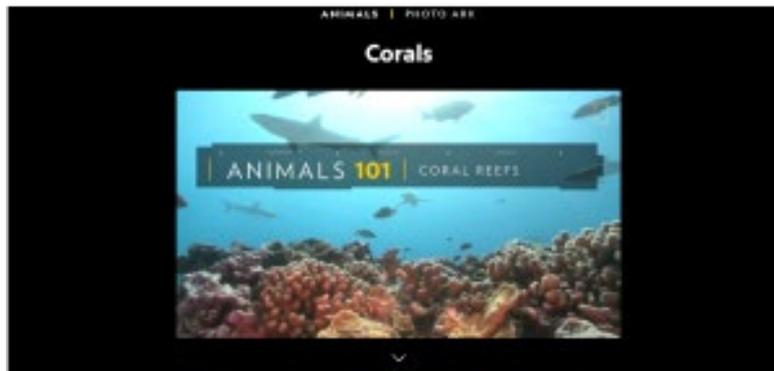


Fig. 18. Animals 101: Coral Reefs de NatGeo [32].

Animals 101: Coral Reefs es un video introductorio sobre arrecifes de coral. Presenta videos e imágenes de acuerdo con el audio que se va narrando. Utilizan ilustraciones para graficar detalles que pueden ser difíciles de captar en video. Las animaciones destacan con texto los elementos principales.

Además de las herramientas anteriores, para los videos se analizó Innotales, Coral Anatomy, Secrets of the Sea y Coral Bleaching.

### c. Videos 360



Fig. 19. 3D Models de The Hydrous [33].

3D Models son una serie de modelados 3D de especies de corales hechos por medio de fotogrametría. No tienen más interacciones además de girar y acercar el coral. Estos modelos tienen el potencial para ser impresos o utilizados en realidad virtual y mostrar fuera del agua cómo es un coral.



Fig. 20. Immerse de The Hydrous [34].

Immerse es un video 360 de buceo por un arrecife en Palau. Diferentes científicos van narrando a través del video datos sobre los arrecifes y la importancia de su conservación.

Utilizan gráficos para decir el nombre de las especies que se ven y quien está narrando. Algunas veces, los gráficos se encuentran detrás de donde el video dirige al usuario, por lo que se pueden perder.



Fig. 21. Simulating the Sea de Ocean School [35].

Simulating the Sea es un interactivo que utiliza videos e imágenes 360 para dar un tour y aprender sobre la investigación de corales en el Instituto de Ciencias Marinas de Australia, SeaSim.

Utiliza las imágenes 360 para ver las habitaciones. En cada imagen hay botones donde se despliegan videos con narración. Hay otros botones con preguntas tipo selección única o cuadros de información con texto.

Al entrar en algunas habitaciones, se reproduce un video 360 donde se sigue el tour. Estos videos presentan subtítulos.

#### **d. Realidad virtual**



Fig. 22. Explore de The Hydrous [36].

Explore es un juego VR para aprender sobre arrecifes. La premisa es entrenar como un biólogo marino, poder identificar y contar especies, monitorear el nivel de salud del océano...

Utiliza audios que van explicando lo que se observa y las instrucciones de qué hacer. Presenta textos cortos con datos importantes relacionados a lo que se está haciendo. En estas explicaciones de utiliza una mezcla de animaciones con videos reales. Además, involucra modelos 3D de corales reales que se pueden manipular.

Además de Explore, para realidad virtual se analizaron Immerse y Simulating the Sea.

## e. Juegos

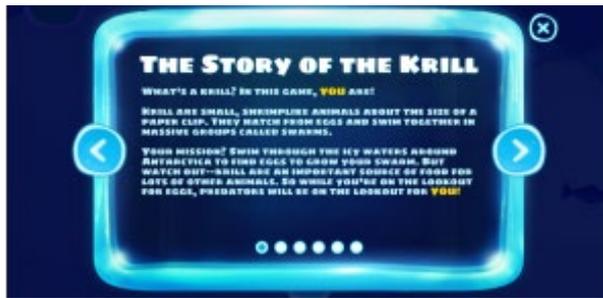


Fig. 23. Krill Smackdown de NatGeo [37].

Krill Smackdown es un juego para aprender sobre kril y sus depredadores en Antártica. Por medio de las animaciones e interacciones del juego en sí, se aprende sobre cada depredador.

En la “enciclopedia” se describe cada depredador sólo con texto. Esta información de cada uno se va desbloqueando según aumentan los niveles. El lenguaje utilizado es muy simple, sin embargo, en algunas pantallas la cantidad de texto es mucha.

En este caso, se analizó el juego Explore además de Krill Smackdown.

## f. Objetos físicos

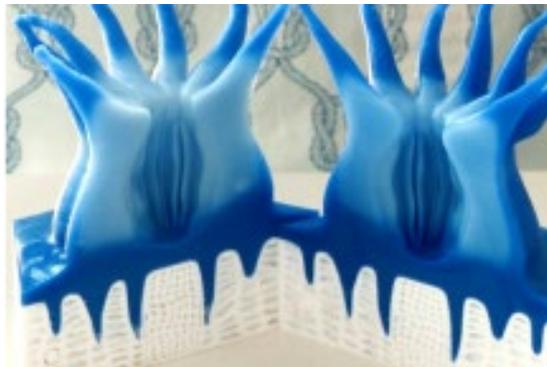


Fig. 24. 3D coral polyp de NOAA [38].

3D coral polyp es un modelo 3D de un pólipo para acompañar la lección sobre corales. En él se puede observar la anatomía del pólipo. Además, al sumergirse en agua caliente pierde su color con lo que se demuestra qué le sucede al coral al entrar en estrés.

## 8.2. Mínimos comunes y conclusiones

### a. Realidad aumentada

Realidad aumentada	Mega Lab	AR Reef
Se analiza un código para desplegar la imagen	✓	✓
Los objetos están animados		✓
Se puede interactuar con los objetos		✓

Tabla 3. Cuadro de mínimos comunes de Realidad Aumentada.

La biología marina es un tema difícil de enseñar en una clase al no tener acceso al ambiente que se busca enseñar. La realidad aumentada viene a ayudar al proceso de enseñanza brindando la capacidad de traer elementos al mundo real que son difíciles de acceder de otra forma.

Al analizar los ejemplos y el concepto de RA, se llega a la conclusión que no es negativo el no poder interactuar con los elementos en la simulación. En estos casos se busca traer al usuario elementos que de otra manera no podría ver. Poder interactuar, a pesar de ser una gran ventaja, no se considera como indispensable. Sin embargo, sí es importante que los objetos se comporten como lo harían en su ambiente y realicen sus movimientos de la vida real para generar una experiencia más acertada.

### b. Interactivos

Interactivo	AR Reef	The plastic cycle	Anatomy of a cod	Bleaching Alerts	Innotales	Coral anatomy	Secrets of the Sea	Coral Bleaching
Tiene botones que despliegan información	✓	✓	✓	✓		✓		✓
Utiliza ilustraciones		✓		✓	✓	✓		✓
Utiliza modelos 3D*	✓		✓				✓	
Mezcla narración junto a los gráficos					✓		✓	
El texto se encuentra cerca de los gráficos	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Se destacan elementos principales				✓		✓		

\*se puede hacer una visualización de 360° del objeto

Tabla 4. Cuadro de mínimos comunes de Interactivos.

Los interactivos son una forma de hacer la experiencia de aprendizaje más participativa. A través de este, el estudiante va descubriendo mediante diferentes interacciones en un dispositivo el contenido de la lección.

Los interactivos suelen ser más gráficos que texto para llamar la atención del estudiante, incluso se pueden utilizar narraciones del texto y videos. Uno de los elementos más importantes, es la pertenencia entre los diferentes elementos de un mismo grupo, permite un flujo continuo de lectura e interacción.

### c. Videos bidimensionales

Video*	Innotales	Coral anatomy	Secrets of the Sea	Coral Bleaching	Animals 101: Coral reefs
Utilizan texto y gráficos		✓	✓	✓	
Hay narración que va de acuerdo a los gráficos	✓		✓	✓	✓
Hay animaciones para explicar datos difíciles de captar en video		✓	✓	✓	✓

\*los videos se pueden utilizar en RV, sin embargo no hay ninguna interacción durante la reproducción

Tabla 5. Cuadro de mínimos comunes de Videos bidimensionales.

Los videos son una forma muy gráfica de explicar un tema. Por lo general se utilizan dos canales para mostrar la información, el visual y auditivo. Elegir utilizar el canal auditivo por medio de narraciones, depende de algunos factores como la duración del video. Al ser videos cortos (menos de 30 segundos), se puede no utilizar narración si se enseña de manera adecuada gráficamente lo que se busca mostrar.

En cuanto al contenido gráfico, se puede utilizar únicamente tomas reales o, al tener elementos difíciles de mostrar en una toma real, incluir animaciones hechas en computadora.

### c. Videos 360

Video 360	Immerse	Simulating the sea
Hay narración que va de acuerdo a los gráficos	✓	✓
Utilizan gráficos para indicarle a la persona lo que está viendo	✓	

\*los videos 360 se pueden utilizar en RV

Tabla 6. Cuadro de mínimos comunes de Videos 360.

Los videos 360 son una manera más interesante de observar videos. Se pueden visualizar en un celular o computadora, donde por medio de botones o movimientos, se puede observar a los 360° del video. Sin embargo, la forma más interesante de ver estos videos es

utilizando un *headset* que permita a la persona sentirse inmersa en el mundo del video y utiliza los movimientos de la persona para observar a los 360°. De otra manera, se puede decir que estos videos cuentan como realidad virtual.

En los ejemplos analizados, se utiliza narración para guiar al usuario en el espacio y a través del tiempo. Además, hacen uso de gráficos que indican lo que se está observando en el momento.

#### d. Realidad virtual

Realidad Virtual	Immerse	Simulating the sea	Explore
Más interacciones que observar al rededor		✓	✓
La información se presenta frente al usuario		✓	✓
Con el paso del tiempo se introducen más formas de interactuar		✓	✓
Se pueden manipular objetos virtualmente			✓
Hay una narración que guía la exp.	✓	✓	✓
Mezcla de videos reales y animaciones	✓	✓	✓

Tabla 7. Cuadro de mínimos comunes de Realidad Virtual.

La realidad virtual le permite al usuario sentir estar dentro de un ambiente diferente al real. Tiene diferentes niveles de inmersión en el ambiente tridimensional según la forma de interacción con el programa y el equipo necesario para ser parte de la experiencia. Por lo general se utiliza en la industria y educación para generar ambientes difíciles de acceder en la vida real.

Los ejemplos analizados, a excepción de Explore, son ambientes donde el usuario tiene interacciones básicas como observar al rededor y seleccionar botones. En el caso de Explore, es un programa más avanzado que permite al usuario estar 100% inmerso al utilizarse en un HMD (*head mounted display*) de gama alta como lo es el Oculus.

## e. Juegos

Juego	Explore	Krill Smackdown
No se necesitan conocimientos previos	✓	✓
El lenguaje utilizado es simple	✓	✓
No utiliza mucho texto	✓	
Las instrucciones son simples por medio de audios	✓	

Tabla 8. Cuadro de mínimos comunes de Juegos.

Los juegos son una manera dinámica de presentar material nuevo a una persona. En este caso, se analizó un juego que utiliza la realidad virtual y otro que se juega en una pantalla y se interactúa por medio de un teclado. Ambos tienen ventajas y desventajas que lo separan del otro. Por ejemplo, la facilidad de Krill para ser jugado en cualquier computadora lo distingue de Explore, al necesitarse de un equipo que aún no es tan común encontrarlo en los hogares. Sin embargo, al utilizar un HMD (*head mounted display*) y la realidad virtual, permite al usuario tener una experiencia de otro nivel.

En los juegos la cantidad de información textual que se le puede presentar al jugador en un sólo momento no puede ser mucha ya que este pierde la concentración y no aprende del material.

## f. Objetos físicos

La interacción con objetos físicos permite un mejor entendimiento de lo que se está tratando de aprender. Además, poder experimentar físicamente posibilita al estudiante tener un aprendizaje más efectivo. De esta manera, al tener un tema ya de por sí complicado de demostrar por el ambiente en el que se encuentra, llevar a físico ciertos elementos para que el estudiante interactúe, va a facilitar el proceso de comprensión.

## 8.3. Tecnologías a utilizar para el desarrollo de propuestas

A partir del análisis de mínimos comunes, se decidió no utilizar los videos bidimensionales y 360 como opción para el desarrollo inicial de propuestas. En el caso de los videos bidimensionales, se dejan porque el tipo de aprendizaje al utilizarse sería pasivo y para la experiencia

se busca un aprendizaje activo de manera que los estudiantes se involucren más en el proceso. Dicho esto, los videos 360 permiten el aprendizaje activo al realizarse movimientos de manos o cabeza, dependiendo del dispositivo, para observar alrededor. Sin embargo, se decide no utilizarlo ya que desarrollar un programa que funcione con esta tecnología se saldría de los alcances del proyecto.

En la tabla 9, se puede observar un cuadro comparativo entre las posibles tecnologías a utilizar para comprender las características de cada una.

Características	 Realidad aumentada	 Interactivo	 Realidad Virtual	 Objetos físicos	 Juego
Objetos interactivos y animados	✓	✓	✓		✓
Objetos estáticos				✓	✓
Los interactivos suelen tener poco texto, audio e imágenes	✓		✓		✓
Requiere de elementos físicos	✓				
Sólo hay elementos virtuales		✓	✓		
Permite traer el océano a las aulas	✓	✓	✓	✓	✓
Utiliza narraciones del texto y videos		✓	✓		
Es inmerso			✓		
Elementos con texturas, promueven el aprendizaje por el tacto				✓	
Programable para ser visto como interactivo		✓	✓		✓
Restricciones					
Comportamiento o representación debe ser lo más parecida al elemento en la naturaleza	✓	✓	✓	✓	✓
Requiere internet	✓	✓	✓		✓
Requiere descargar un app	✓				✓
Requiere descarga local en equipo		✓	✓		✓
Requiere de un dispositivo móvil (tableta o teléfono)	✓	✓			✓
Requiere de una computadora		✓			✓
Requiere de un casco o lente			✓		✓
Aprendizaje					
Activo	✓		✓	✓	✓
Pasivo		✓			
Uso del sentido del tacto	✓			✓	✓
Interacción con gestos (acercar, alejar, rotar, girar...)	✓		✓		✓

\*color verde significa que puede variar según el caso

Tabla 9. Cuadro comparativo de tecnologías.

Una de las principales conclusiones del análisis anterior es que la mayoría de las herramientas existentes actualmente se utilizan principalmente para un aprendizaje individual, sin necesidad de una persona experta presente. Parte del reto al diseñar esta experiencia es lograr incluir estas tecnologías de manera que el aprendizaje sea grupal y que se amerite de una persona experta presente.

## 9. Generación de ideas

La generación de ideas se dividió en cuatro pasos, iniciando con la exploración inicial en la cual se utilizan diferentes tecnologías de las analizadas anteriormente. Sin embargo, al evaluar estas propuestas se realizó otro análisis sobre las tecnologías más enfocados en lo que busca el proyecto, una experiencia lúdica. Con este nuevo análisis se reiteraron las propuestas iniciales y en base a estas se generó la propuesta final.

### 9.1. Ideación

#### P1: Formar un arrecife sano

Para esta primera propuesta se utilizan los juegos como herramienta para crear una experiencia donde los estudiantes tengan un aprendizaje activo.

Este juego se trata sobre crear un arrecife sano con las piezas que se les proporcionan a los jugadores. Los elementos del juego serían piezas con tipos de corales, cartas positivas y cartas negativas.



Fig. 25. Fichas de inspiración para propuesta [39].

Dinámica:

1. Los estudiantes forman grupos.
2. Cada grupo tiene varias cartas positivas y una torre con

piezas de coral.

3. Por cada carta negativa hay una o varias positivas.
4. La persona moderadora o por grupo, saca una carta negativa. La carta negativa dirá “menos X cantidad de corales”.
5. Se quita de la torre de coral esa cantidad de piezas.
6. El grupo tiene que elegir entre sus cartas positivas una que contrarreste la negativa, la cual sumará cantidad de piezas a la torre. Sin embargo, como en un bingo, no siempre se tiene el número que cantan, no siempre se tiene una carta que contrarreste a la negativa.

La idea es lograr mantener la mayor cantidad de piezas posible para mantener el arrecife sano y hacerlo crecer.

Cartas negativas	Cartas positivas
María estaba en el mar y se paró sobre un coral	Se mantiene una distancia segura de los corales cuando se está en el agua
Pasaron las vacaciones de medio año y muchas familias dejaron su basura en la playa	La comunidad realiza una limpieza de playa
La temperatura del agua está 1°C sobre la ideal (X°C)	Se controla el uso de agroquímicos en las plantaciones de la zona
Se acerca la época seca y comienza a subir la temperatura	

Tabla 10. Ejemplos de textos para cartas.

Gracias al juego los estudiantes aprenderían sobre las amenazas que tienen los corales, acciones positivas que se pueden realizar para mejorar el estado de los arrecifes, que los corales son resilientes y pueden superar los periodos de amenaza, sin embargo, esa recuperación es lenta y por esto si la carta negativa dice -5, la positiva diría +3.

## **P2: ¿Qué les sucede a los corales al aumentar temperaturas y acidez del agua?**

Se propone una interfaz que va a responder a las preguntas ¿qué pasa si la temperatura del agua sube? y ¿qué pasa si el nivel de acidez en el agua aumenta?

Existen dos maneras de llevar a cabo esta propuesta, por medio de realidad virtual o aumentada. En el caso de la realidad virtual sería un programa 100% virtual que tendría al estudiante inmerso en el océano mientras maneja las diferentes opciones que tiene en frente para observar de qué manera afectan la acidez y temperatura al arrecife. Para la realidad aumentada, se propone utilizar modelos físicos que se aumentarían de manera que el estudiante pueda observar en tiempo real los efectos de la acidez y temperatura al coral que tiene en frente.

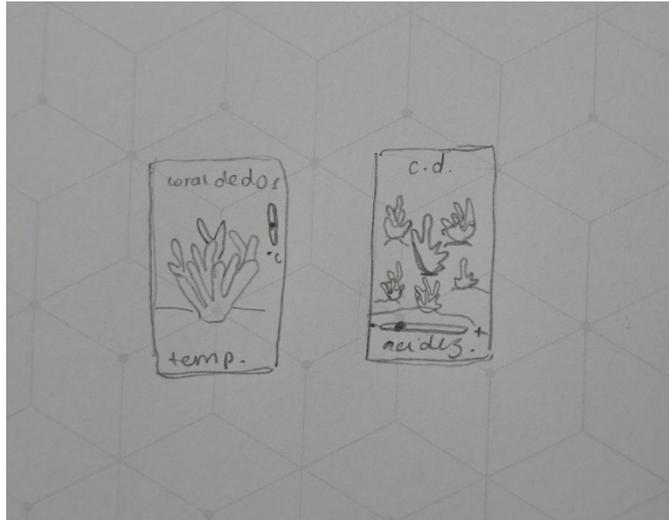


Fig. 26. Boceto de interfaz donde se observan los corales y sliders para manipular la temperatura y acidez del agua.

### **P3: Partes y forma de alimentación de un coral**

Como primera opción, se utiliza un libro físico y/o virtual con la información sobre arrecifes coralinos que se le va a brindar a los estudiantes, el cual va a tener códigos para desplegar el modelo virtual por medio de la realidad aumentada. En segundo lugar, se propone el uso del libro más un modelo físico de un pólipo que servirá para desplegar la información virtualmente, igualmente por realidad aumentada. Con esta propuesta, se busca acercar a los estudiantes a un pólipo, sus partes y la forma en que se alimenta por medio de sus tentáculos y cómo las algas zooxantelas le brindan nutrientes.

### **P4: Modelos físicos**

Se utiliza un libro físico o virtual para introducir a los estudiantes en la materia, además que puedan llevarse a sus hogares el material para tenerlo presente y consultarlo en el futuro. Además, se utilizan modelos físicos de los 8 tipos de corales presentes en el material didáctico y un modelo de un pólipo. Con los modelos de corales los estudiantes tendrán la oportunidad de observar estos animales frente a ellos y poder

identificarlos en el futuro. El modelo del pólipo sirve para enseñar sobre sus partes y es un acercamiento para que los estudiantes puedan observar los animales microscópicos que al juntarse forman los corales como tal.

### **P5: Interactivo**

Por medio de este interactivo, los estudiantes pueden ir siguiendo la clase mientras se les enseñan modelos virtuales. A la izquierda de la pantalla se colocan texto, ilustraciones e imágenes que van explicando la materia del tema. A la derecha, dependiendo de la materia que se esté desplegando en el momento, así van a ser las actividades que se muestran.

Por ejemplo, al hablar sobre qué es un coral, se despliega un modelo 3D de coral. Este se podrá acercar y muestra que está hecho de muchos pólipos. Al llegar lo más cerca, se puede centrar en un pólipo y se puede ver o manipular. Además, se puede realizar una vista de sección para ver sus partes. En la sección de tipos de corales hay modelos 3D por cada tipo e igualmente se pueden observar o manipular. Cuando se habla de cómo se alimentan hay animaciones con los modelos de cómo se alimenta gracias a las zooxantelas y él mismo. Para las amenazas se propone el uso de un slider para ver proceso de pasar de un arrecife sano a uno no sano cuando se aumenta o disminuye la amenaza.

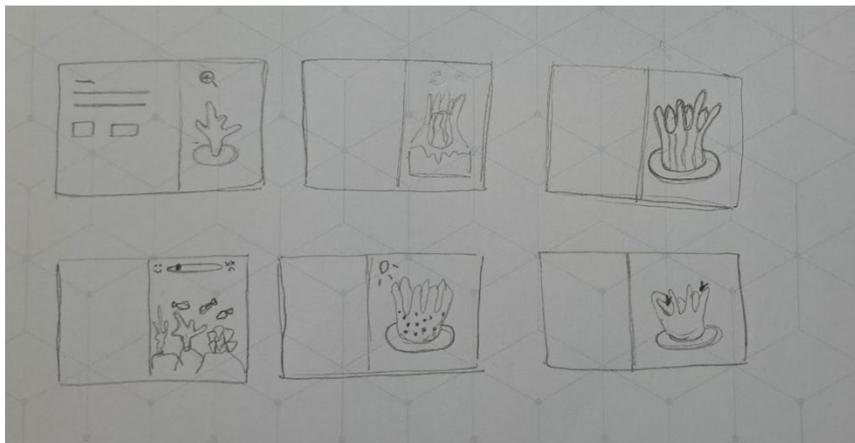


Fig. 27. Bocetos de pantallas del interactivo.

## **9.2. Evaluación de propuestas**

En este punto se observó la necesidad de realizar un nuevo análisis sobre las tecnologías para evaluar las propuestas iniciales e iterar sobre estas.

Este nuevo análisis toma en cuenta el contexto de la organización y de donde se darán los talleres además de incluir costos de diseño e implementación.

En primer lugar, se tomó la decisión de hacer la experiencia más lúdica de forma que los estudiantes estén activos e involucrados en el proceso de aprendizaje. Luego, se agruparon diferentes tecnologías para brindar un producto más completo. En la Tabla 11 se observan estas agrupaciones y ventajas y desventajas de cada una.

Tecnologías	Ventajas	Desventajas
 <p>Realidad aumentada, interactivo, objeto físico</p>	<p>Aprendizaje activo</p> <p>Trae el "océano a las aulas"</p> <p>Puede incluir texturas o elementos táctiles</p> <p>El elemento físico podría ser independiente del aumentado</p> <p>Se podría usar con y sin internet</p> <p>Permite el aprendizaje grupal</p>	<p>Costo de diseño, equipo y materiales elevado</p> <p>Se diseña para un tema específico</p> <p>Sin internet y dispositivos no se podría aprovechar la experiencia al 100%</p>
 <p>Realidad virtual, interactivo</p>	<p>Aprendizaje activo</p> <p>Inmersión "océano a las aulas"</p>	<p>Costo de diseño y equipo muy elevado</p> <p>Transporte de equipo costoso</p> <p>Requiere internet</p> <p>Aprendizaje individual</p> <p>Se diseña para un tema específico</p>
 <p>Interactivo</p>	<p>Costo de diseño es menor</p> <p>Puede incluir más contenido</p>	<p>Costo de equipo elevado</p> <p>Transporte de equipo costoso</p> <p>Aprendizaje pasivo, podría ser activo</p>

Tabla 11. Comparación de agrupaciones de tecnologías.

Luego de realizar esta comparación de tecnologías, se decide utilizar una mezcla de elementos físicos y virtuales. Se busca que el elemento físico sea independiente del virtual, pero el virtual dependería del físico. De esta manera, al encontrarse con el reto de no tener acceso a internet o los dispositivos necesarios, aún se puede llevar a cabo la experiencia.

Con esta decisión, se cambió el cuarto requisito de diseño: "Se debe tomar en cuenta las capacidades tecnológicas del lugar donde se realizan los talleres y de la organización". El nuevo requisito es: "El elemento físico de la experiencia debe ser independiente del virtual, no obstante, el virtual depende del físico". Este requisito sigue tomando en cuenta las capacidades tecnológicas del lugar y la organización, pero se especifica aún más como debe comportarse este elemento virtual.

En cuanto al elemento virtual se eligió la realidad aumentada como tecnología por su bajo costo, en

comparación a la realidad virtual, de diseño y equipo necesario para la experiencia.

Los teléfonos móviles son un dispositivo que hoy en día es común que las personas los tengan, por lo que la obtención de equipo por parte de la organización no es tan necesario. En el caso de necesitarse, se sugiere buscar una donación de tablets. Estas se pueden utilizar para la propia experiencia y para otros tipos de talleres y proyectos de la organización.

Así, tomando en cuenta que en la experiencia se utilizará la realidad aumentada, se descartaron las propuestas número 4 y 5 para el siguiente paso, la iteración.

### **9.3. Iteración**

#### **P1: Formar un arrecife sano**

En esta etapa se mantiene la propuesta igual, se busca crear un arrecife sano con las piezas que se les proporcionan a los jugadores. Sin embargo, se le agregó un paso adicional una vez que haya finalizado el juego.

Para visualizar como ha quedado su arrecife, los equipos lo analizan con sus dispositivos móviles. Dependiendo de la cantidad de piezas que tengan y el dibujo en ellas, se despliega un coral de cierto tipo sano o no sano.

#### **P2: ¿Qué les sucede a los corales al aumentar temperaturas y acidez del agua?**

Se utiliza un modelo de coral que, al ser analizado por un dispositivo móvil, despliega una interfaz que va a ayudar a responder las preguntas ¿qué pasa si la temperatura del agua sube? y ¿qué pasa si el nivel de acidez en el agua aumenta?

Al seleccionar la pantalla de temperatura, inicialmente se observa al coral en su estado sano. Cuando se comienza a mover el slider a la temperatura más alta, el coral se comienza a blanquear hasta quedar blanco por completo.

En la pantalla de la acidez se despliegan más corales alrededor del físico. Al mover el slider hasta hacer el agua más ácida, comenzaría a disminuir la cantidad de corales a su alrededor para simbolizar la pérdida de capacidad del arrecife para seguir creciendo.

#### **P3: Libros con realidad aumentada**

Se crean libros ya sean físicos o virtuales con códigos que van a desplegar diferentes simulaciones según el tema de la página. Cuando se habla de los diferentes tipos de corales que se pueden encontrar en el Caribe, se

desplegaría un tipo de coral. En este caso, cada libro tendría un código diferente para que se despliegue un tipo diferente en cada uno.

Para explicar que un coral es la unión de muchos pólipos y las partes de estos, se coloca un código que despliega el modelo de un pólipo. Este pólipo se puede manipular, alejar, acercar, rotar y seccionar por la mitad. Al verlo seccionado, se desplegarían cada una de las partes que lo componen.

El último código, trataría sobre el tema de la alimentación de los pólipos. Se podría elegir entre la noche y el día para diferenciar cuando este alimenta por medio de sus pólipos o cuando las zooxantelas le brindan nutrientes.

## **9.4. Selección de la propuesta final**

Las iteraciones anteriores, no se observaron como opciones ideales para la experiencia de aprendizaje.

En el caso de la propuesta 1, está muy bien la idea de generar un juego que ayude a los estudiantes a repasar los conceptos dados en el taller, sin embargo, se está abarcando un solo tema, el de amenazas. Además, la forma de las piezas que se utilizaron como inspiración no logran representar de una manera adecuada a las especies reales. En cuanto a la parte de realidad aumentada, podría ser entristecedor para los equipos que no logren mantener un arrecife grande, ver la simulación de un arrecife no sano.

La propuesta 2 sigue sin cumplir uno de los puntos más importantes, la experiencia no debe depender de lo virtual. En el caso de esta propuesta se depende al 100% de la herramienta virtual, lo cual no es lo ideal en el contexto del proyecto.

La propuesta número 3 se acerca a una experiencia que podría utilizarse, al contar con la parte física y virtual sin ser dependiente de lo virtual. Sin embargo, al quitar la parte virtual (RA) se convierte en una experiencia pasiva, lo cual contradice el enfoque activo que se buscaba con este proyecto.

De esta manera, se planteó una última propuesta que combina una experiencia lúdica física con la realidad aumentada, lo cual se presenta como un atractivo para aprovechar cuando el entorno permita hacer uso de esta.

Se utiliza como base el juego de trivia, donde los jugadores deben contestar preguntas acerca de un tema en específico y gana quien conteste la mayor cantidad de preguntas adecuadamente. En este caso, las preguntas se basan en el material didáctico brindado por la asesora

de la organización que se utilizará también para la charla del taller.

Además de las cartas con las preguntas, se tienen 6 modelos de corales con piezas intercambiables.

Inicialmente son de color blanco, representado a un coral en su estado blanqueado, y la idea del juego es que cada equipo debe rescatar su propio coral devolviéndole su color.

Para ganar el juego un equipo debe completar su coral con color o al finalizar las cartas, ganará quien tenga más piezas de color.

El elemento virtual inicialmente se planteó para el momento de finalizar el juego. Cada equipo puede analizar con su dispositivo móvil el modelo de coral, de manera que el software va a solicitar cuántas piezas de color ha podido conseguir el equipo. Una vez insertado este número, se despliega un video sobre el coral dependiendo de la cantidad de piezas. Si la mayoría son de color, se despliega un video de un arrecife sano haciendo énfasis en el tipo de coral que se está analizando. En cambio, si la mayoría son piezas blancas, se muestra un video de un arrecife en estado no saludable igualmente haciendo énfasis en el tipo de coral del modelo.

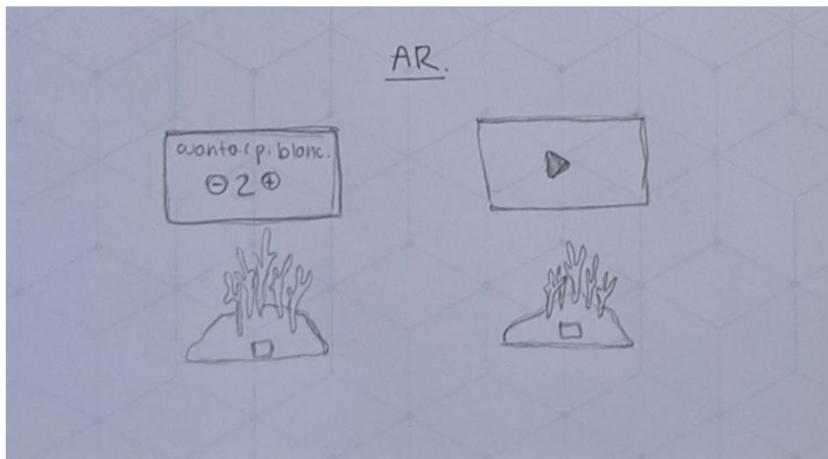


Fig. 28. Primer acercamiento a cómo podría visualizarse la realidad aumentada del juego.

Al analizar esa propuesta para el elemento virtual, se consideró que se puede aprovechar mejor si se utiliza durante el juego y no al finalizar. Además, al no lograr tener una mayoría de piezas de color podría desmoralizar a los jugadores observar que no lograron salvar su coral. Con el juego se quiere más bien incentivar a las personas por lo que terminar con un refuerzo negativo no cumple con este objetivo.

Por esto se decidió que la realidad aumentada se

encuentra en las cartas, de manera que a cada una se le asocia un modelo, animación o video que vaya con la pregunta. Así, cuando se contesta la pregunta se podrá visualizar la simulación y ampliar la explicación de la respuesta correcta además de ser un elemento que va a llamar la atención de los estudiantes.

## 10. Experiencia de aprendizaje

### 10.1. Caracterización de la experiencia

Para la realización de la experiencia se determinaron dos escenarios en los cuales se puede realizar, a los que se les llamó ideal y común. En el escenario ideal es donde se puede aprovechar al 100% la experiencia, pudiéndose utilizar la realidad aumentada. Por el contrario, el escenario común es donde no se puede hacer uso de esta tecnología.

#### 10.1.1 Escenario ideal

##### Personas

En este escenario se ven presentes dos de las personas creadas anteriormente, Carlos (Fig. 3) y Eva (Fig. 1). Carlos es el estudiante de colegio privado que tiene un teléfono móvil propio y visita seguido la playa con sus amigos. Eva es una miembro de la organización quien se encargará de brindar el taller al que Carlos irá a participar.

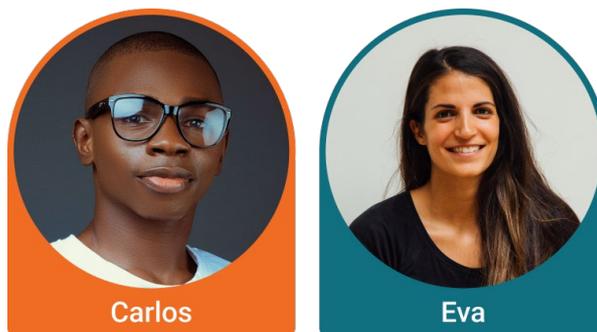


Fig. 29. Fotos de Carlos y Eva, personas del escenario ideal.

##### Contexto

Al ser el escenario ideal, el taller se estaría brindando en un colegio privado con instalaciones adecuadas y acceso a WiFi para sus estudiantes. En el aula donde se da a cabo el taller, hay sillas y mesas donde los estudiantes pueden sentarse a escuchar la charla inicial y luego participar del juego. Además, se debe resaltar que la cantidad máxima de estudiantes en este taller es de 30.

En este caso, se puede hacer uso de la realidad aumentada gracias al acceso a internet y que los estudiantes cuentan con un dispositivo móvil propio que pueden utilizar para la experiencia.

### 10.1.2 Escenario común

#### Personas

En el escenario común participan igualmente dos de las personas creadas anteriormente, Alexa (Fig. 2) y Eva (Fig. 1). Alexa es una estudiante de colegio público quien no tiene un teléfono móvil propio y nunca ha visitado la playa. Eva es una miembro de la organización quien se encargará de brindar el taller al que Alexa irá a participar.



Fig. 30. Fotos de Alexa y Eva, personas del escenario común.

#### Contexto

El contexto de este escenario no permite hacer uso de la realidad aumentada ya que se estaría dando el taller en un colegio público que no tiene acceso a internet para sus estudiantes, además que estos no tienen dispositivos móviles de los cuales se puede disponer. El espacio en el que se da el taller, al igual que el escenario ideal, tiene sillas y mesas donde los estudiantes pueden sentarse a escuchar la presentación por parte de la organización y posteriormente participar en el juego. También, la capacidad máxima de estudiantes es de 30.

### 10.2. Definición de los elementos de la experiencia

Para la experiencia se realizó el diseño de un juego inspirado en los juegos de trivia que le permite a los estudiantes interactuar con los conceptos vistos en el taller con Coral Conservation. Se propuso el nombre de Coralopolis: salvando el arrecife, inspirado en el juego de las palabras coral más polis.

Se utiliza polis ya que esta es la denominación que se le daba a las ciudades en la antigua Roma y al observar los arrecifes de coral, se puede decir que por las estructuras

que forman y al albergar muchas especies de animales acuáticos que cumplen cada uno con una función diferente, forman ciudades bajo el agua.

Para participar del juego, se cuenta con los siguientes elementos: sets de cartas con preguntas y modelos de coral con piezas intercambiables. Además, al llevarse a cabo en el contexto ideal se debe contar con un dispositivo móvil con cámara que permita acceder al elemento virtual de la experiencia.



Fig. 31. Portada de la guía de interacción del juego.

### 10.2.1 Cartas

Las cartas son el elemento principal del juego, ya que sin ellas no se podría jugar. Estas tienen una pregunta con tres opciones de respuestas y una sola correcta, un dato curioso que amplía por qué la respuesta indicada es la correcta y una imagen que servirá para ilustrar el dato. Esta imagen debe ser una toma de la simulación que despliega la realidad aumentada ya que también será utilizada como objetivo para que el programa pueda funcionar.

Inicialmente se calculó que se necesitarían 30 de estas cartas en base al cálculo con 6 piezas por intercambiar en el coral. Al estar jugando un equipo contra otro, se necesitaría intercambiar 12 piezas en total (6 cada equipo). Así que, se ocupan contestar 6 preguntas bien, una por pieza, para ganar el juego. Sobrarían 17 preguntas que sirven de relleno para aquellas que no se responden correctamente.

Finalmente se decidió que serán las 30 cartas, pero se necesitan dos respuestas correctas para intercambiar una pieza. Es decir, se necesitan 12 cartas para ganar el juego y sobrarían 6 preguntas de relleno. De esta manera se asegura que se deben contestar más preguntas y el repaso de los conceptos será mayor.

### 10.2.2 Modelos de coral

Los modelos de coral son el elemento físico con el que los estudiantes pueden interactuar y los acerca al animal real en cualquiera de los dos escenarios, ideal o común. Cada modelo está compuesto por una base circular con agujeros para colocar las piezas, 6 piezas blancas y 6 piezas de color.

El juego inicia con las 6 piezas blancas ya que estas representan al coral en su estado blanqueado y el objetivo del juego es que los estudiantes, con sus nuevos conocimientos, van a salvar su coral y devolverle el color. Las piezas de color representan al coral en su estado sano, cuando las zooxantelas han vuelto y el coral ya no se encuentra estresado.

Otro factor que se refuerza por medio de las piezas y la necesidad de dos cartas para poder intercambiar una de ellas, es comprender que los corales son resilientes y capaces de recuperarse de los periodos de blanqueamiento, sin embargo, es un proceso lento y por eso hay que disminuir los factores que pueden afectarles para que esta recuperación se pueda dar.

Además, se eligieron tres tipos diferentes de corales para estos 6 modelos. Los tipos se seleccionaron entre los 8 que menciona el material didáctico, ya que son especies que se pueden encontrar en los arrecifes del Caribe de Costa Rica con el objetivo de que los estudiantes puedan llegar a identificarlos luego del taller. Otro elemento que se tomó en cuenta a la hora de elegir las especies fue la posibilidad de poder ser seccionados en piezas individuales que al unirse formarían el coral.

Las especies elegidas fueron coral de dedos, lechuga y cuerno de alce.



Fig. 32. De izquierda a derecha, fotografías de un coral de dedos, lechuga y cuerno de alce.

### 10.2.3 Realidad aumentada

Uno de los beneficios de la realidad aumentada es que puede enriquecer el material impreso [40] y en este caso

es lo que se buscaba al agregar esta tecnología al juego. Como se mencionó anteriormente, las imágenes de las cartas sirven como objetivo o código para que el software lea y despliegue la simulación.

Se puede hacer uso de esta al pasar las cartas, pero especialmente cuando el equipo responda incorrectamente la pregunta. De manera que, cada animación o video es diferente para cada carta. Incluso existirán algunas que permiten interacciones con el objeto de la simulación como rotar, acercar, alejar, seccionar y cambiar su estado por medio de elementos como botones y sliders en la interfaz.



Fig. 33. Bocetos para realidad aumentada de cartas.

### 10.3. Guía de interacción

Para la guía de interacción se creó un *brochure* de acordeón en el cual se busca que el usuario pueda comprender cómo hacer uso y aplicación de la experiencia, ver Apéndice 2.

Se comenzó por definir la premisa del juego de la siguiente manera: “El arrecife se ha blanqueado y necesitamos de tu ayuda. Utiliza tus conocimientos sobre corales para salvarlo”. En esta premisa se resume el objetivo del juego el cual es llenar de color el coral utilizando los conocimientos adquiridos durante la experiencia.

Luego, se crearon 4 secciones para la explicación de cómo se juega Coralopolis.

#### 1. Objetivo

- Recuperar el coral y devolverle su color.
- Al responder 2 preguntas correctamente el equipo puede intercambiar una pieza blanca por una de

color.

- ¡Quien logre llenar de color su coral, ganará el juego!



Fig. 34. Sección de guía de interacción: Objetivo.

## 2. Previo al juego

- Se forman 2-6 equipos de 1-5 personas.
- Cada equipo toma un modelo de coral y con su equipo contrario, un set de preguntas.
- En cada carta hay una imagen que se puede analizar con la cámara de tu celular para desplegar la animación.

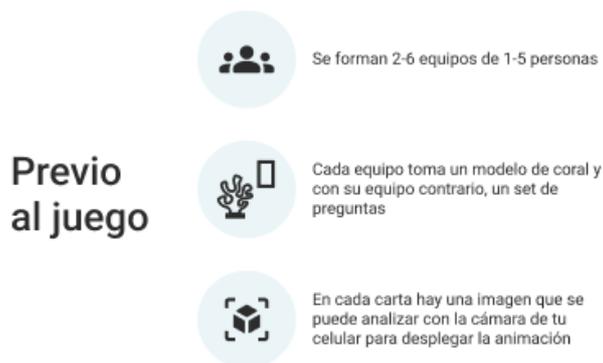


Fig. 35. Sección de guía de interacción: Previo al juego.

## 3. Turnos

- Cada equipo toma turnos para elegir una carta
- Se lee la pregunta en la carta y las respuestas
- El otro equipo elige una opción de respuesta
- ¿Respondieron correctamente?

- Sí. Se dejan la carta y pueden responder otra pregunta
- No. Termina el turno
- ¿Respondieron bien de nuevo?
- Sí. Se dejan la carta y cambian una pieza. Termina el turno
- No. Termina el turno



Fig. 36. Sección de guía de interacción: Turnos.

#### 4. Fin del juego

- ¿Se acabaron las preguntas y ningún equipo ganó? El equipo con más piezas de color ganará
- ¡Quien llene primero de color su coral, ganará!

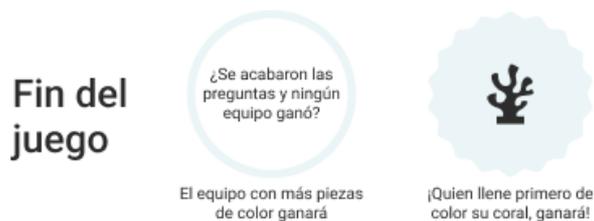


Fig. 37. Sección de guía de interacción: Fin del juego.

## 11. Prototipado

### 11.1 Cartas

Primero se realizó un cuadro con las 30 preguntas del juego, las respuestas tanto correctas como incorrectas, el dato curioso, una descripción de la imagen y de la simulación, ver Apéndice 3. Seguido, se hizo una búsqueda de referenciales de cartas de juegos de temas sobre la biología marina.

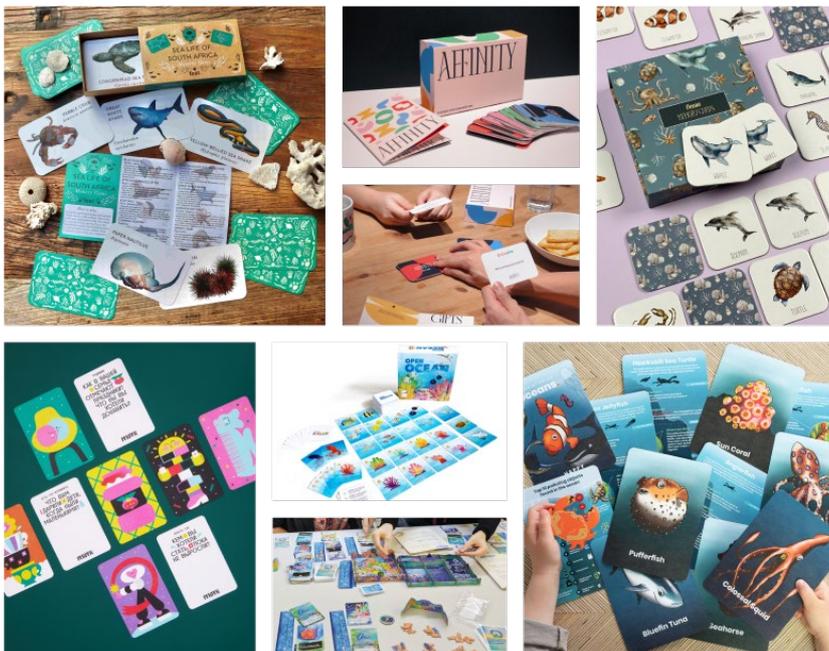


Fig. 38. Moodboard de referenciales para cartas.

La primera versión del diseño de las cartas incluyó las ilustraciones de 10 de ellas y la búsqueda de fotografías y videos para utilizar como *placeholder*. El resto de las 9 cartas se planeaba inicialmente que no iban a tener ningún tipo de animación o video.

Con este primer diseño se hizo una prueba de impresión en el laboratorio del TEC y se cortaron por medio de corte láser. Con la prueba se logró observar que los márgenes eran muy pequeños y el diseño era muy simple para ser las cartas de un juego. Algunas de las ilustraciones tenían

colores con gran cantidad de blanco de manera que el contraste era muy bajo y no se apreciaban bien. Además, no contaban con suficientes elementos identificables para facilitar el proceso de análisis de un software de realidad aumentada.

En cuanto al reverso, se colocó un fondo en degradado con ilustraciones de corales y el nombre del juego. A la hora de realizar la prueba de impresión se observó que el degradado no era la mejor opción para utilizar como fondo y que la disposición de las ilustraciones podía realizarse de una manera diferente.



Fig. 39. Primera prueba de impresión de cartas.

Con la iteración de las cartas se hicieron algunos cambios en el cuadro de preguntas y en el diseño como tal. El tamaño se hizo más grande para poder aumentar los márgenes y se disminuyó el tamaño de las tipografías, se añadió un título para la sección del dato curioso y un borde único para cada carta. En el reverso se cambió a un color plano con una única ilustración de coral, en total tres ilustraciones diferentes, y el nombre del juego.

Se realizó la impresión nuevamente en el laboratorio del TEC, se observó que la calidad no es la mejor, sin embargo, es la que se encontraba al alcance para tener el prototipo y poder realizar las pruebas del proyecto. A la hora de realizar el corte láser en algunas de las cartas se cortó el borde más adentro de lo definido por lo que quedaron algunos bordes más grandes que otros.



Fig. 40. Diseño final de cartas.

Finalmente se realizaron los últimos cambios al cuadro de las preguntas que se puede encontrar en el Apéndice 3.

## 11.2 Modelos de corales

Para la realización de los modelos primero se hizo la búsqueda de diferentes fotografías que muestran cómo es la estructura de cada coral. Con estas se busca planear la forma de las piezas y cómo se colocarían en la base para que al juntarse formen una figura parecida a la real.



Fig. 41. Moodboard de referencias para modelos de corales.

Además, se realizó un pequeño moodboard para elegir los colores para los modelos. Se sabe que los corales en Costa Rica no tienen los colores llamativos que llegan a la mente cuando se piensa en un arrecife de coral, por lo

general están en la paleta de los verdes y cafés. Sin embargo, para efectos del juego se busca que los colores sí llamen la atención por lo que no se utilizan fotografías de arrecifes en Costa Rica.



Fig. 42. Moodboard para selección de colores de modelos.

El modelado de los corales comenzó con la búsqueda de modelos existentes en la web y sorprendentemente se encontraron de los tipos que se definieron para la experiencia [41], [42], [43]. Estos se utilizaron como base y se editaron en el software de modelado 3D Fusion 360.

Se comenzó por la modificación de esos modelos para hacer las piezas individuales y se les realizó el inserto que se coloca en la base del coral. Una vez que se obtuvieron las piezas, se modeló la base circular con orificios para colocar los fragmentos del coral.

Se realizó una prueba de impresión del modelo del coral lechuga en la escuela de Diseño Industrial con la cual se determinó que las piezas individuales están bien, sin embargo, la base podía ser mucho menos alta, el alto inicial fue de 4 centímetros, y que los orificios al ser del tamaño exacto de los insertos, no entraban con facilidad.



Fig. 43. Prueba de impresión de modelo coral lechuga.

Antes de realizar los cambios en las bases de los modelos, se tomó la decisión de cambiar su forma circular a hexagonal para que al juntarlos pareciera que se forma un arrecife. Además, se definió el alto en 2 centímetros y a los orificios se les realizó un offset de 0,25 milímetros.

De nuevo se realizó una prueba de impresión, esta vez de los tres tipos de coral, sin embargo, no se realizaron las piezas del coral lechuga porque se tenían las de la impresión anterior. La prueba se realizó en el laboratorio del TEC ya que la impresora 3D de Diseño no estaba disponible. Esta prueba salió exitosa por lo que se imprimieron los siguientes tres corales. En esta última impresión se realizaron los fragmentos de los corales en la escuela de Diseño y las bases en el laboratorio del TEC. Al imprimirse los fragmentos, hubo problemas con el coral de dedos en esta ocasión. Al tener una estructura tan delgada la impresora no pudo realizarla por lo que al final sólo se tuvo un modelo con las piezas completas de este tipo de coral.

El siguiente paso fue el retiro de los soportes que va generando la impresora al sacar las piezas, este se hizo con cutter y un poco de lija. Luego, se pintaron con pintura en spray las piezas blancas y las de color no se logró conseguir los colores definidos previamente, pero se utilizó un café y rosado al ser los más cercanos que se pudieron encontrar.



Fig. 44. Modelos de corales.

### 11.3 Realidad aumentada

El prototipo de realidad aumentada se realizó solamente para una carta, de manera que se pueda observar cómo se espera que fuese la aplicación del elemento virtual. Se decidió utilizar la pregunta sobre “un ejemplo de coral blando” ya que se tenía el modelado del coral de dedos

por los modelos impresos.

Según el cuadro, Apéndice 3, a la simulación de esta carta le corresponde tener el modelo del coral desplegado sobre ella y el nombre común y científico en la pantalla.

La simulación se realizó en el software de web AR 8th Wall por lo que se comenzó por investigar cómo funciona y analizar los diferentes ejemplos que ofrece la página. Se utilizaron principalmente tres proyectos como base: Image Targets Flyer [44], Tap to Place Ground [45] y Image Target to SLAM [46].

Una vez que se logró colocar el modelo del coral satisfactoriamente sobre la carta, se realizaron unos cambios en el modelado en el programa Blender. Originalmente la base del coral era una roca pequeña y se cambia para que cubra la carta por completo y parezca que de verdad está sobre ella.

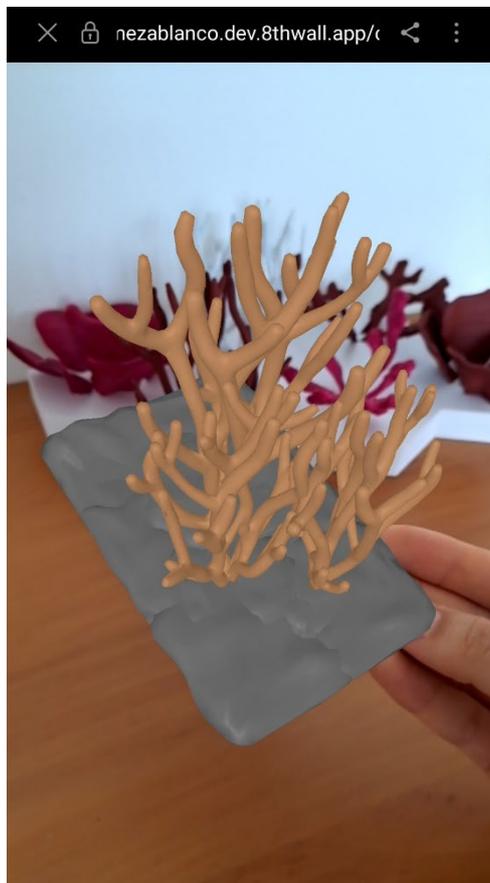


Fig. 45. Previsualización de la realidad aumentada.

Para finalizar la parte de realidad aumentada, se colocó un texto con el nombre del coral en pantalla y se le agregó un efecto a la simulación para que pareciera que se encuentra debajo del agua.

## 12. Evaluación

Se realizaron dos tipos de validaciones, una para asegurar que la dinámica y materiales creados para el juego funcionen. Y una vez validada la dinámica, se buscaba validar el aprendizaje con la experiencia. Se buscaba realizar la prueba con *testers* que sean parte de los de usuarios establecidos para la experiencia, estudiantes entre 12 y 16 años de colegios de la zona de Puerto Viejo, Limón.

### 12.1. Diseño de pruebas

Las pruebas iniciales fueron únicamente jugando el juego una persona a la vez. En este caso, se buscaba probar la dinámica y que los usuarios no tuvieran problemas a la hora de intercambiar piezas en los modelos o de comprender los textos de las cartas.

Para las pruebas con estudiantes, se buscaba realizar con usuarios de un colegio público cerca de la zona donde Coral Conservation ha estado concentrando sus esfuerzos de conservación, Puerto Viejo. Los *testers* debían tener entre 12 y 16 años, es decir debían estar en el tercer ciclo que es de sétimo a noveno año, y debían ser máximo 30.

Se propuso que esta prueba se realizara en un escenario denominado anteriormente como común ya que se deseaba probar principalmente la dinámica del juego, y este posiblemente será el escenario que se estará replicando más seguido por el contexto de la zona. Además de la charla de Coral y el juego, los estudiantes realizaron un *test* al inicio y final, el cual fue el mismo, para poder contabilizar los conocimientos previo y posterior al taller. Las preguntas de estos tests se obtuvieron de la lista de preguntas presentes en las cartas del juego. En la tabla 12 se muestran las 5 preguntas seleccionadas y en el Apéndice 4 se puede encontrar el documento a imprimir con las pruebas.

Las preguntas se eligieron tomando en cuenta cuáles

hacen referencia al propio concepto del coral para observar la evolución del conocimiento de este animal por parte de los estudiantes.

La dinámica de las pruebas propuesta fue la siguiente:

1. Se introduce el equipo.
2. Los estudiantes realizan el pretest.
3. Coral Conservation realiza su charla sobre corales.
4. Se hacen grupos para jugar Coralopolis.
5. Los estudiantes realizan el posttest.
6. Se realiza un cierre del taller.

Pregunta	Respuestas
1. ¿Qué es un coral?	a) una planta b) un animal c) una bacteria
2. ¿A qué grupo pertenecen los corales?	a) equinodermos, igual que las estrellas de mar b) moluscos, igual que los pulpos c) cnidarios, igual que las medusas
3. ¿Con quién tienen una relación los corales?	a) delfines b) algas zooxantelas c) calamares
4. ¿En qué condiciones crecen mejor los corales?	a) aguas calientes, oscuras y profundas b) aguas frías, oscuras y profundas c) aguas cálidas, claras y poco profundas
5. ¿Por qué pasa el proceso de pérdida de color de los corales?	a) los corales pierden sus zooxantelas por el estrés de estar expuestas a temperaturas extremas u otros factores b) los corales pierden su color al llegar el invierno c) los corales pierden sus zooxantelas al comenzar a reproducirse

Tabla 12. Preguntas para el test de pruebas con usuarios.

## 12.2. Pruebas con usuarios

Se realizaron 4 de las pruebas de dinámica. Dos pruebas fueron con personas entre 30 y 35 años. Uno de estos usuarios es docente de colegio de Estudios Sociales y el otro tiene un título en geología. Los otros dos usuarios son personas entre los 60 y 65 años, uno profesor de música y el otro fue estudiante de biología, sin embargo, no terminó la carrera.

Las pruebas con estudiantes se realizan con 22 personas de 12 y 13 años de sexto grado, en la escuela pública de Hone Creek, Limón. En total el taller tuvo una duración de 1 hora y 30 minutos.

Se comenzó con la introducción del equipo y la aplicación

del *pretest*. Acá se destaca que uno de los estudiantes llegó tarde al taller por lo que no pudo realizar el *test* inicial.

Seguido de esto, María Cabrera, asesora en el proyecto y fundadora de la organización, junto a Jenny Bon Tavarnese, encargada del proyecto de sensibilización, dieron la charla sobre conservación de corales.



Fig. 46. María Cabrera dando la charla del taller.

Luego de la charla se realizó la explicación del juego a cargo de Aurora Meza, diseñadora de la experiencia, para luego formar equipos de 5 estudiantes. Al ser 22 personas, se tuvo que agregar una persona más a dos de los equipos. Una vez formados los equipos, se entregaron las cartas y modelos preguntándoles a los equipos si podían identificar cuál es el tipo de coral que les tocó, y se comenzaron a realizar las primeras preguntas entre los equipos.



Fig.47. Estudiantes jugando.

Una vez que dos de los equipos ganaron el juego, se aplicó el *test* final. Al terminar no se pudo hacer el cierre porque la profesora a cargo del grupo despidió a los estudiantes sin dar la oportunidad de hacerlo.



Fig. 48. Estudiantes intercambiando piezas del coral.

## 13. Resultados finales

En el caso de las pruebas de dinámica, no se contabilizaron los resultados ya que no era el fin de esta prueba. Los usuarios sí lograron colorear el coral, a pesar de no haber recibido la charla, y se mostraban muy interesados en analizar las respuestas y sorprendidos cuando tenían la respuesta incorrecta y se les mencionaba el dato curioso. Los usuarios que lograron llenar su coral de color con más rapidez fueron el que tiene un título en geología y el que tiene conocimientos en biología. Además, se observa que ninguno de los *testers* tuvo problemas al leer las cartas o al intercambiar los fragmentos de su coral.

Para las pruebas con los estudiantes, al realizar la pregunta de identificación de los modelos de coral a cada equipo, tres lo lograron con éxito. El equipo que no lo logró estuvo muy cerca diciendo que era un cuerno de venado en vez de cuerno de alce.

Seguido, se realizó el análisis de los resultados del *pre* y *posttest*. Se colocó en un cuadro los resultados de cada estudiante para comparar la cantidad de respuestas correctas e incorrectas en ambos momentos, este se puede encontrar en el Apéndice 5.

Los resultados muestran un incremento del 41.24% en el puntaje obtenido por los participantes de *pretest* a *posttest*. Los resultados del *paired t-test* comparando los resultados del *pretest* (MD: 2.71, SD: 0.9) vs. *posttest* (MD: 4.62, SD: 0.74) muestran diferencias significativas  $t(20) = -6.92$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ .

	Promedio	Desviación estándar	Intervalo del 95% de confiabilidad		T	df	p-value
			Bajo	Alto			
Pre vs. Posttest	-1.91	1.26	-2.48	-1.33	-6.92	20	1.012e-06

Tabla 13. Resultados del paired-t-test.

Las preguntas con mayor cantidad de respuestas incorrectas en el *test* previo fueron la 1, 2 y 5 con 12, 19 y 11 respuestas malas respectivamente. En el *test* posterior se puede observar una mejora al pasar a 1, 5, y 1 respuesta incorrecta.

	Preguntas pretest					Preguntas posttest				
	pregunta 1	pregunta 2	pregunta 3	pregunta 4	pregunta 5	pregunta 1	pregunta 2	pregunta 3	pregunta 4	pregunta 5
Total correctas	9	2	19	17	10	20	16	21	20	20
Total incorrectas	12	19	2	4	11	1	5	0	1	1

Tabla 14. Total de respuestas correctas e incorrectas en *tests*.

Las preguntas con menos problemas fueron la 3 y 4 con 2 y 4 respuestas incorrectas en el pretest. En cambio, en el *posttest* tuvieron 0 y 1 respuesta incorrecta, respectivamente.

Se identificaron 2 casos de éxito para los *tester* número 17 y 19, quienes tuvieron 4 preguntas incorrectas al inicio y todas correctas al final. Solamente se observa un caso de deterioro, el *tester* 8, con 2 preguntas malas en el pretest y 3 malas en el *posttest*, que se destaca por ser el único con más de 1 incorrecta en el *posttest*.

	Preguntas pretest					Preguntas posttest				
	pregunta 1	pregunta 2	pregunta 3	pregunta 4	pregunta 5	pregunta 1	pregunta 2	pregunta 3	pregunta 4	pregunta 5
P8	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0
P17	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1
P19	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1

Tabla 15. Casos de éxito y deterioro de pruebas con estudiantes.

## 14. Discusión

Con las pruebas de dinámica se pudo observar que la logística y las piezas del juego funcionan y que estaban listas para ser aplicadas en la prueba con estudiantes. También se pudo notar que el contar con conocimientos previos sobre el tema, aunque sean muy básicos, permite fluir la experiencia con más rapidez.

En cuanto a los resultados con estudiantes, hay diferencias significativas de los resultados del *test* previo al posterior indicando que el juego tuvo un efecto positivo en el aprendizaje de los estudiantes. A su vez demuestra que el diseño basado en el fomento del aprendizaje activo tiene efectos beneficiosos en el proceso de formación de conocimiento.

Además, muestran que las preguntas 1, 2 y 5 son las más difíciles al realizar el *pretest* al no contar con conocimientos previos. Luego de la charla y el juego, con el *posttest* se observa que la segunda sigue siendo la de mayor dificultad para los estudiantes con los números más altos de incorrectas en ambos momentos, ver tabla 14.

La pregunta 1 es ¿qué es un coral? y las opciones de respuesta son una planta, un animal y una bacteria. La respuesta correcta es un animal, sin embargo, en su mayoría cuando está incorrecta los estudiantes seleccionaron una planta. Con excepción de dos que seleccionaron bacteria, uno en el *pre* y otro en el *posttest*. Es entendible que haya confusión en esta pregunta ya que no es de conocimiento común que los corales están formados por pequeños animales. Además, al no ser animales que tienen locomoción y por su morfología, por descarte se puede comprender que seleccionaran que un coral es una planta.

La pregunta 2 corresponde a ¿a qué grupo pertenecen los corales? y las opciones de respuesta son equinodermos, moluscos y cnidarios. La respuesta correcta en este caso son los cnidarios, igual que las medusas. Solamente 3 personas seleccionaron los moluscos, como los pulpos, una en su *pre* y *posttest*, otra en su *pretest* y la otra en el

*posttest*. Podría darse que la mayoría no piensa que sean moluscos ya que el ejemplo de animal que se colocó, el pulpo, es muy diferente a un coral. En el caso de las dos personas que tuvieron la pregunta buena en su *pretest*, podría haber sido por suerte que la eligieron. Se piensa esto ya que las respuestas de esta pregunta presentan conceptos que probablemente estudiantes de sexto grado no han visto en su materia, además de ser la pregunta con más respuestas incorrectas en total. Sin embargo, se sabe que para el tercer ciclo esto es materia incluida en el plan de estudios según el MEP y quedaría por probar si los estudiantes de este ciclo, a quien es dirigida la experiencia, responden con más acierto.

Por su parte, la pregunta 5 es ¿por qué pasa el proceso de blanqueamiento? y sus respuestas son los corales pierden las zooxantelas por estrés, al llegar el invierno y al comenzar a reproducirse. Al igual que la pregunta número 1, este es un tema que no es de conocimiento común por lo que se comprende que los estudiantes tuvieron problemas con él previo al taller. Sin embargo, es importante observar el mejoramiento en las respuestas de los estudiantes en sus *tests* posteriores porque el blanqueamiento es uno de los temas de mayor importancia que además refleja la comprensión de qué es un coral y cómo vive.

## 15. Conclusiones

Al analizar los resultados de las pruebas con estudiantes se determinó que el juego funciona. El *paired t-test* demuestra que los estudiantes obtuvieron resultados bastante favorables en sus *tests* posteriores a la experiencia, evidenciando que sí aprendieron y se logró cumplir con el objetivo del proyecto: “Diseñar una experiencia para el aprendizaje del tema de arrecifes coralinos para promover su conservación en estudiantes de secundaria”.

Cuando se analizan los *tests* previos, se puede observar que la mayoría de los estudiantes utilizan el método de descarte al seleccionar sus respuestas. Esto se ve reflejado en la repetición de la misma respuesta entre los *tests*.

Al comenzar el juego se observó que los estudiantes estaban teniendo dificultades en leer las cartas, no por utilizarse un vocabulario técnico o complicado, sino que no tenían un buen nivel de lectura para hacerlo con facilidad. Recordando el requisito de diseño número 1: “La experiencia debe estar dirigida a estudiantes en un rango de edad de los 12 a 16 años”, se observa que a pesar de que los estudiantes tuvieron dificultad en leer las cartas, el nivel de complejidad de los conceptos expuestos es el adecuado para que los pudieran comprender, por lo que se cumple este primer requisito.

Retomando el requisito de diseño número 2, menciona que: “El tiempo máximo de duración de la actividad debe ser de una hora”. Tiempo con el que se logró cumplir durante la prueba. En total tuvo una duración de 1 hora y media, como se mencionó anteriormente, y esto incluyó la charla de Coral Conservation y la realización de los *tests*.

El requisito 3: “Las herramientas creadas deben acompañar a los expertos en el tema de manera que puedan dirigir la clase adecuadamente”, no se pudo probar al 100% ya que para confirmar su cumplimiento se debe hacer la siguiente etapa de pruebas que involucra la realidad aumentada. Sin embargo, sin el elemento virtual se obtuvieron muy buenos resultados a la hora de

mantener a los estudiantes atentos durante todo el proceso del taller.

También, se debe hacer la observación que en el proceso de pruebas con usuarios se notó que no se depende de la realidad aumentada. Al pasar las cartas, los estudiantes no buscaron el elemento y no les hizo falta. Cumpliendo así con el requisito de diseño número 4: “El elemento físico de la experiencia debe ser independiente del virtual, no obstante, el virtual depende del físico.”

De esta manera, al llegar al final del proyecto se cumple con los objetivos de este. Los objetivos se encontraban ligados a la metodología utilizada por lo que, con las primeras etapas de definición del tema y antecedentes se cumple con el objetivo específico uno: “Relacionar las necesidades de los usuarios con las características de los contenidos y el contexto de enseñanza, para mejorar la experiencia de aprendizaje sobre el tema de corales en estudiantes de secundaria.” Al realizar las etapas de generación de ideas y prototipado, también se cumple el objetivo dos: “Elaborar un objeto de aprendizaje para mejorar la experiencia de aprendizaje sobre el tema de corales en estudiantes de secundaria.” El cual se ve reforzado en la etapa de validación y pruebas con usuarios. En esta también se termina de cumplir con el objetivo tres: “Validar el objeto de aprendizaje mediante un plan piloto de evaluación para mejorar la experiencia de aprendizaje sobre el tema de corales en estudiantes de secundaria.”

## 16. Recomendaciones

Para futuras pruebas con usuarios se recomienda llevar lápices o lapiceros para la realización de los *tests*. Durante la aplicación de la prueba realizada, algunos estudiantes se compartieron estos insumos porque no traían.

Otra recomendación para pruebas futuras es respetar el público al que se dirige la experiencia: estudiantes de colegio. Esto para no aumentar las posibilidades de que los estudiantes no puedan leer con facilidad. Aunque se sabe que es un escenario replicable, aunque se vaya a aplicar a estudiantes de tercer ciclo. Cuando se presente este escenario, una solución es que las personas a cargo del taller lean las preguntas en las cartas y en este caso se recomienda que los equipos sean máximo de 3 personas para mantener la atención de todos los involucrados.

Finalmente, se aconseja respetar el máximo de estudiantes por equipo definido en la guía de interacción. Se recomienda el máximo de 5 personas ya que, como se pudo observar en la prueba realizada, al tener 6 personas en un equipo, al menos 2 de ellas no se van a involucrar en la dinámica.

### **Producción del juego**

En cuanto a la producción de los diferentes elementos que componen la experiencia, se recomienda lo siguiente:

Las cartas deben ser impresas en un papel de ilustración de gramaje 300 o 350 gramos con un acabado plastificado. A pesar de que visualmente este acabado no es el más atractivo, ayudará a las cartas a perdurar por más tiempo tomando en cuenta que se interactuará bastante con ellas y la ubicación geográfica donde se utilizarán y almacenarán tiene altos porcentajes de humedad.

Las bases y fragmentos de los corales se pueden producir en plástico por impresión 3D, sin embargo, el precio puede llegar a ser alto por la cantidad de piezas que se

necesitan. Si se quisiera producir el juego para la venta, el proceso que se recomienda es la inyección del plástico. De esta manera, al tener los moldes, se puede reproducir cada pieza con más facilidad.

Para el desarrollo de la realidad aumentada de cada carta, se necesita de un equipo que involucre desarrolladores y artistas 3D que puedan llevar a cabo la aplicación de este elemento virtual. Una vez aplicada la realidad aumentada a las cartas, se debe hacer otra prueba con usuarios en un escenario definido anteriormente como ideal.

## 17. Trabajo futuro

En cuanto a la dinámica establecida, no se determinan cambios importantes por hacer. Los puntos donde se encuentran gradientes de mejora son los elementos de la experiencia.

Para las cartas, se considera que la tipografía es pequeña y en el caso de personas con problemas de visión se les hará difícil leer, por lo que es necesario aumentar la tipografía. Se necesitan realizar los cambios pertinentes en las imágenes e ilustraciones por las alteraciones realizadas al cuadro de preguntas, Apéndice 3, y una vez que se realicen las simulaciones de cada carta, colocar las capturas de pantalla con su diseño.

Las bases de los modelos de coral requieren de modificaciones en los orificios para los insertos. En el caso de la base del coral lechuga uno de estos orificios sigue con el tamaño inicial, le faltó el offset de 0,25 milímetros para calzar la pieza con facilidad. La base del cuerno de alce se puede mantener igual, sin embargo, se podrían separar los orificios ya que algunos casi se fusionan con otro. El coral de dedos sí necesita cambios en los orificios y sus piezas en sí. Se propone hacer todos los orificios iguales o diferenciarlos más ya que el nivel de similitud es bastante y se puede confundir en donde va cada pieza. En cuanto a sus piezas o fragmentos, se debe buscar engruesarlas para evitar problemas a la hora de producir el juego en el futuro.

Además, para todas las bases, se propone hacer la grabación de sus nombres común y científico en la cara superior de cada una, así como el nombre del juego en alguna cara lateral.

## 18. Bibliografía

- [1] D. Souter, S. Planes, J. Wicquart, D. Obura y F. Staub, Eds., "Status of Coral Reefs of the World: 2020", International Coral Reef Initiative, octubre de 2021. Consultado el 26 de julio de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.59387/wotj9184>
- [2] "Sobre nosotros". Coral Conservation. <https://coral-conservation.org/sobre-nosotros/> (Consultado el 26 de julio de 2023)
- [3] A. Maria. "¿Qué es una experiencia de aprendizaje significativa?". Edu Labs, tu aliado en proyectos de eLearning. [En línea]. Disponible: <https://www.edulabs.co/blogs/post/que-es-una-experiencia-de-aprendizaje-significativa#:~:text=Una%20experiencia%20de%20aprendizaje%20es,que%20cada%20experiencia%20es%20única>.
- [4] "Teorías del aprendizaje: Definición y características que todo educador debe conocer". Learningbp. [En línea]. Disponible: <https://www.learningbp.com/es/teorias-de-aprendizaje-definicion-y-caracteristicas-que-todo-educador-debe-conocer/>
- [5] M. J. Ochoa Caiza, "Los métodos de enseñanza-aprendizaje", Illari, vol. 4, pp. 20–24.
- [6] "Aprendizaje Activo". Centro de Desarrollo Docente UC. [En línea]. Disponible: <https://desarrollodocente.uc.cl/recursos/tematicas-docentes/aprendizaje-activo/>
- [7] "¿Qué es una experiencia inmersiva?" Ditec Group. [En línea]. Disponible: <https://ditec.es/blog/2022/05/06/que-es-una-experiencia-inmersiva/>
- [8] "¿Qué es la realidad mixta?" Microsoft Learn. [En línea]. Disponible: <https://learn.microsoft.com/es-es/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality>
- [9] "What is augmented reality? (AR)" SAP. [En línea]. Disponible: <https://www.sap.com/products/scm/industry-4->

0/what-is-augmented-reality.html#:~:text=Augmented%20reality%20definition,real%20life%20environments%20and%20objects.

[10] L. Mesén Mora, Teorías de aprendizaje y su relación en la educación ambiental costarricense, rep, vol. 14, n.º 1, pp. 187-202, may. 2019.

[11] J. C. Medina Uribe, G. J. Calla Colana y P. A. Romero Sánchez, “Las teorías de aprendizaje y su evolución adecuada a la necesidad de la conectividad”, LEX, vol. 17, n.º 23, p. 377, may. 2019.

[12] “Estructura del sistema educativo costarricense”. [En línea]. Disponible:  
[http://cse.go.cr/sites/default/files/documentos/estructura\\_sist\\_educ\\_costarr.pdf](http://cse.go.cr/sites/default/files/documentos/estructura_sist_educ_costarr.pdf)

[13] (1923, 21 de septiembre). Ley n.º 15, Ley General de Educación Común.

[14] “Programa de Estudio de Ciencias Tercer Ciclo de Educación General Básica” Ministerio de Educación Pública. [En línea] Disponible:  
<https://www.mep.go.cr/sites/default/files/programadeestudio/programas/ciencias3ciclo.pdf>

[15] “Informe de investigación Abandono (deserción) escolar en la enseñanza secundaria en Costa Rica, 2009-2010” Ministerio de Educación Pública, 2010. [En línea] Disponible:  
<https://www.mep.go.cr/sites/default/files/DesercionSecundaria.pdf>

[16] C. Freitas, A. Bellgrove, P. Venzo y P. Francis, “Towards a 2025 National Ocean Literacy Strategy: Current Status and Future Needs in Primary Education”, Frontiers Mar. Sci. doi: 10.3389/fmars.2022.883524.

[17] F. Santoro, A. Tereza de Magalhães, F. Middleton y J. Buchanan, “A new blue curriculum: a toolkit for policy-makers”, UNDESDOC digital library. [En línea] Disponible:  
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380544>

[18] “Diagnóstico/caracterización de la Educación Ambiental del SINAC. San José-Costa Rica”, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2019. [En línea] Disponible:  
<https://www.sinac.go.cr/ES/partciudygober/Informacin%20Educacin%20Ambiental/Diagn%C3%B3stico-Caracterizaci%C3%B3n%20de%20la%20Educaci%C3%B3n%20Ambiental%20del%20SINAC.pdfv>

[19] M. Carvajal Oses, E. Valerio-Carranza, C. Moreira-Segura y Á. Herrera-Ulloa, “Hacia un proceso de educación ambiental no formal y contextualizado en la comunidad de Chacarita, Puntarenas, Costa Rica”,

Revista Educación. doi: 10.15517/revedu.v47i1.49962.

[20] “Resumen Estado de la Educación” Consejo Nacional de Rectores, 2021. [En línea] Disponible:

[https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2021/09/resumen\\_ee.pdf](https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2021/09/resumen_ee.pdf)

[21] “Estado de la Nación” Consejo Nacional de Rectores, 2021. [En línea] Disponible: <https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2021/11/estado-nacion2021.pdf>

[22] “MEGA LAB AR App”. Alex Spengler. [En línea]. Disponible: <https://www.alexspengler.com/app>

[23] “AR REEF”. THE HYDROUS. [En línea]. Disponible: <https://thehydro.us/arreef>

[24] “The Plastic Cycle”. Ocean School: Dive into learning. [En línea]. Disponible: <https://oceanschool.nfb.ca/student/media/the-plastic-cycle#media>

[25] “Anatomy of a cod”. Ocean School: Dive into learning. [En línea]. Disponible: <https://oceanschool.nfb.ca/media/anatomy-of-a-cod>

[26] “Mapmaker: Global Bleaching Alerts”. National Geographic. [En línea]. Disponible: <https://mapmaker.nationalgeographic.org/map/f39528de78de42d9b789e03b653d285f>

[27] “Interactive books from the underwater world”. Innoceana. [En línea]. Disponible: <https://innotales.com/>

[28] “Coral anatomy”. Khaled bin Sultan Living Oceans Foundation. [En línea]. Disponible: <https://www.livingoceansfoundation.org/education/portal/course/coral-anatomy/#coral-anatomy>

[29] “Secrets of the Sea”. Smithsonian. [En línea]. Disponible: <https://smithsonianeducation.org/interactives/secretsofthesea/index.html>

[30] “Interactive exploration of Coral Bleaching”. Biointeractive. [En línea]. Disponible: <https://www.biointeractive.org/classroom-resources/interactive-exploration-coral-bleaching>

[31] “Coral City Camera”. Coral morphologic. [En línea]. Disponible: <https://www.coralcitycamera.com/>

[32] “Corals”. National Geographic. [En línea]. Disponible: <https://www.nationalgeographic.com/animals/invertebrates/facts/corals-1>

[33] “3D Coral models”. The Hydrous. [En línea]. Disponible: <https://thehydro.us/3d-models>

[34] “Immerse 360°”. The Hydrous. [En línea]. Disponible: <https://thehydro.us/immerse-vr>

- [35] “Simulating the Sea”. Ocean School. [En línea]. Disponible: <https://oceanschool.nfb.ca/media/simulating-the-sea>
- [36] “The Hydrous presents: EXPLORE on Oculus Quest 2”. Meta Quest. [En línea]. Disponible: <https://www.oculus.com/experiences/quest/5049813315030922/>
- [37] “Krill Smackdown”. Games. [En línea]. Disponible: <https://kids.nationalgeographic.com/games/action-adventure/article/krill-smackdown>
- [38] “3D Printed Coral Polyp Model Brings Coral Education to Life”. NOAA Coral Reef Conservation Program (CRCP). [En línea]. Disponible: <https://coralreef.noaa.gov/education/polypmodel.html>
- [39] “Coral”. What's Eric Playing? [En línea]. Disponible: <https://whatsericplaying.com/2023/05/15/coral/>
- [40] S. Martínez Pérez, B. Fernández Robles y J. Barroso Osuna, “La realidad aumentada como recurso para la formación en la educación superior”, Campus Virtuales, vol. 10, n.º 1, pp. 9–19, 2021.
- [41] “Coral”. Cults 3D. [En línea]. Disponible: [https://cults3d.com/en/3d-model/home/coral-alex\\_boem](https://cults3d.com/en/3d-model/home/coral-alex_boem)
- [42] “Yellow coral”. Turbosquid. [En línea]. Disponible: <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/3d-model-yellow-coral/928281>
- [43] “Coral elkhorn”. Free 3D. [En línea]. Disponible: <https://free3d.com/3d-model/coral-elkhorn-9252.html>
- [44] A-Frame: Image Targets Flyer. 8th Wall. [En línea]. Disponible: <https://www.8thwall.com/8thwall/flyer-aframe>
- [45] A-Frame: Tap to Place Ground. 8th Wall. [En línea]. Disponible: <https://www.8thwall.com/8thwall/placeground-aframe>
- [46] Image Target to SLAM. 8th Wall. [En línea]. Disponible: <https://www.8thwall.com/8thwall/image-target-to-slam-aframe>

## **19. Anexos**

### **Anexo 1. Documento con material didáctico**

<https://drive.google.com/file/d/1M-EmiYJnDQjBjcJGqjqrmi-Tn9vehZzK/view?usp=sharing>

## 20. Apéndices

### **Apéndice 1: Entrevista inicial con la asesora en la organización, María Cabrera**

#### **Sobre los talleres actuales**

1. ¿Cuál es la edad de los estudiantes?

Los estudiantes se encuentran entre los 5 a 6 años y los 12 a 14. Según estos rangos adaptan los juegos, dando más o menos información, así como el lenguaje que utilizan.

2. ¿Cuántos estudiantes atienden?

Al hacer la actividad en una escuela, los grupos se componen de 15 a 25 niños. En el caso de hacer un taller fuera de una escuela, la cantidad de niños disminuye, 6 a 12.

3. ¿Cuál medio de transporte utilizan para llegar a la escuela o lugar del taller?

Al ser un lugar cerca utilizan bicicletas, si es lejos van en carro.

4. ¿Cuántas personas del equipo van a dar del taller?

Por lo general van 3 personas, pero siempre son mínimo 2.

5. ¿Qué cosas llevan? ¿Llevan algún equipo tecnológico?

De momento sólo los juegos que han creado, están impresos en papel.

6. ¿Cómo son las escuelas? ¿Tienen televisor/proyector/..?

Por lo general, las escuelas tienen proyectores, si no es en escuela tienen la posibilidad de conseguir.

7. ¿De cuánto tiempo disponen para las actividades?

Están pensadas para 1h, pero siempre duran 1h 30.

9. ¿Podrían enseñarme lo que ya tienen creado?

1 rompecabezas. anatomía del coral, imprimen nombres, pegan lo que creen que es cada parte. 2 amenazas. fotos

con nombre cada uno es un pólipo, si es algo beneficioso aplauden, si es una amenaza se esconden. 3 poderes. cartas verdes poder, rojas problemas. Según cada problema tienen que entregar una carta verde de poder. Después de cada actividad preguntan qué aprendieron.

10. ¿Todo fue creado por Coral? ¿Han pensado utilizar material existente?

Todo fue creado por ellas. Hay un juego de matchit de vida marina.

11. ¿Han tenido estudiantes con alguna discapacidad? ¿Cambiaron el proceso de la actividad? ¿Qué hicieron?

Tuvieron un niño autismo. No cambiaron las actividades, estuvieron pendientes de que participara activamente en las actividades.

### **Sobre la experiencia futura**

12. Edad estudiantes.

Estudiantes de colegio de 12-16 años

13. ¿Qué dificultades hay al enseñar o aprender del tema?

Enseñar: la dinámica de grupo, tratar de que todos los estudiantes participen, cuando tienen dudas explicar de una forma simple y no entrar en detalles con palabras técnicas.

Aprender: entender qué es un coral (la colonia), amenazas y poderes sí lo explican pero no les queda claro qué es un coral en sí.

14. ¿Han visto algo que les gusta?

La organización innoceana está más avanzada con tecnología y su programa de educación. Quisieran poder ver el mar desde afuera, traerles el mar a los estudiantes.

15. ¿El material va a estar disponible para todo público? ¿Es algo sólo para sus workshops?

Tal vez sí, quieren poner sus juegos ya creados en la página web.

### **Apéndice 2: Guía de interacción**

<https://drive.google.com/file/d/1gKcwLTIFalhfPvc6brVM4erpHtrLLES2/view?usp=sharing>

### **Apéndice 3: Cuadro preguntas de cartas**

[https://drive.google.com/file/d/1S6f7RTfVHuKOE3a\\_bBi1-ciksstChJ/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1S6f7RTfVHuKOE3a_bBi1-ciksstChJ/view?usp=sharing)

### **Apéndice 4: Tests para pruebas con usuarios**

[https://drive.google.com/file/d/1OSwSdAo84VwcAaek-I\\_HRzXF7Yzkt4qU/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1OSwSdAo84VwcAaek-I_HRzXF7Yzkt4qU/view?usp=sharing)

### **Apéndice 5: Cuadro de respuestas de tests**

<https://drive.google.com/file/d/1s4av6sofurJn5qQ9sZHJXgrwpXaGiyvl/view?usp=sharing>