

# **Aplicación de Realidad Virtual para la visualización de fósiles de Canarias**



Autor: Adrián Mesa Jaubert  
Tutora: Isabel Sánchez Berriel  
Co-tutora: Carolina Castillo Ruiz  
Fecha: 2 de Julio de 2017

Dña. **Isabel Sánchez Berriel**, con N.I.F. 42.885.838-S profesora Contratada Doctora adscrita al Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna, como tutora

Dña. **Carolina Castillo Ruiz**, con N.I.F. 26.196.871-D profesora Titular de Paleontología, adscrita al Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología de La Universidad de La Laguna, como cotutora

## **C E R T I F I C A ( N )**

Que la presente memoria titulada:

*“Aplicación de Realidad Virtual para la visualización de fósiles de Canarias ”*

ha sido realizada bajo su dirección por D. **Adrián Mesa Jaubert**, con N.I.F. 42.239.254-F.

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente y a los efectos oportunos firman la presente en La Laguna a 2 de julio de 2017

# Agradecimientos

En primer lugar agradecer a mi madre **Estela**, mi hermano **Sergio** por el apoyo diario durante los años de la carrera y en concreto por esta etapa final.

En concreto a mi madre por toda la ayuda que me ha aportado con la parte relacionada con inglés de la carrera.

A mi padre Francisco, por todo el apoyo que me ha dado desde siempre.

A mi **abuela Estela**, porque sin ella, este proyecto hubiese mucho más difícil de sacar adelante.

En especial a mis dos profesoras **Isabel** y **Carolina**, que me han acompañado durante el desarrollo de este último proyecto de la carrera.

Agradecer a mi compañero y amigo **Airam**, por prestarme el móvil con el que he realizado todas las pruebas del proyecto.

A todos los profesores de la carrera, que me han enseñado y me han hecho crecer como informático y persona.

# Licencia



© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

# Índice

<b>Introducción</b>	<b>5</b>
Objetivos	6
Alcance	6
Antecedentes	7
Destinatarios	9
<b>Problema</b>	<b>9</b>
Fósiles	10
Modelos 3D	15
Realidad virtual	17
Recomendaciones de diseño específicas para RV.	19
Interacción en RV.	21
Dispositivos de realidad virtual	22
Las gafas para equipos de altas prestaciones	22
Gafas para dispositivos móviles:	23
Entorno de desarrollo (Unity)	24
Características principales de unity	24
Lenguaje de programación	24
Assets	24
Prefabs	25
Transform	25
Colliders	25
Physics	25
Rigidbody	26
Game Loop	27
<b>Implementación</b>	<b>28</b>
Herramientas y utilidades de Unity	28
El personaje	28
La cámara	28
Agua	31
Canvas	32
Fósiles	32
Muros	32
El rendimiento	33
Interfaz	34

Descripción del sistema de información	35
<b>Conclusiones y líneas futuras</b>	<b>36</b>
Conclusiones	36
Líneas futuras	36
<b>Summary and Conclusions</b>	<b>37</b>
Summary	37
Conclusions	38
<b>Presupuesto</b>	<b>39</b>
<b>Referencias</b>	<b>40</b>

# 1. Introducción

Los yacimientos paleontológicos son un ejemplo real de los cambios climáticos acaecidos a lo largo de la Historia de la Tierra. En este contexto, el estudio científico de los fósiles adquiere una gran importancia para analizar y comprender el cambio climático global (Zachos et al., 2001, 2008). Los cambios climáticos (glaciaciones e interglaciaciones) han dejado depósitos marinos y terrestres en Canarias con fósiles, cuyo estudio permite investigar sobre cómo afectan dichos cambios en la biodiversidad.

Con el inicio del siglo XXI la ciencia de la Paleontología se ha renovado con la incorporación de las tecnologías de escaneado, digitalización, modelado 3D, etc. (Rahman et al., 2012). Los modelos digitales de fósiles generados con dichas técnicas han resultado muy eficaces en la comunicación al público general de conceptos complejos, como el cambio climático, o técnicos, convirtiéndose en recursos culturales y educativos transversales 1

A pesar de la importancia de los yacimientos paleontológicos, y de que forman parte del patrimonio canario, estos son poco conocidos para la sociedad en general. Con el objetivo de difundir el conocimiento sobre los fósiles representativos de diferentes eventos climáticos en Canarias, se propone realizar una aplicación móvil de Realidad Virtual, desarrollada con Unity 3D. Esta aplicación nos permitirá sumergirnos en un mundo virtual en el que podremos encontrar los fósiles en su hábitat natural.

## 1.1. Objetivos

El objetivo de este trabajo final de carrera consiste en realizar una aplicación de realidad virtual de bajo presupuesto, recreando una playa en la que se encontrarán diferentes fósiles representativos de la fauna que ha vivido en Canarias en diferentes periodos temporales, con un clima cálido (tropical) en el Neógeno (Mioceno superior) y Cuaternario (Pleistoceno superior); además se mostrará información sobre su modo de vida.

Los resultados de este trabajo serán útiles en el ámbito educativo y divulgativo para ayudar a entender cómo influyeron en la fauna marina los cambios climáticos ocurridos en el pasado, y por tanto predecir el futuro de la fauna actual ante un evento de calentamiento global como el ocurrido en el Mioceno. Además se contribuirá a añadir un valor sociocultural y socioeconómico a los yacimientos paleontológicos de Canarias de dicho período.

## 1.2. Alcance

1. Crear un mundo virtual en el que se encontrarán los fósiles:
  - Se tratará de realizar una playa virtual semejante a una playa de arena negra de Tenerife. Dicho mundo estará basado en un mapa topográfico transformado a un modelo tridimensional para utilizar en escenas desarrolladas en Unity 3D. Se intentará simular un entorno similar, incluyendo rocas, arena, agua, sol..
2. Importar los fósiles al entorno de Unity.
  - Los fósiles a mostrar en el mundo virtual habrá que transportarlos a Unity, insertarlos en el mundo virtual, darles color o texturas para poder, posteriormente, verlos dentro del mundo de realidad virtual. Del mismo modo se podrá interactuar con ellos y mostrar la información que tengan asociada.
3. Recopilar la información a mostrar sobre los fósiles.
  - Habrá que recopilar y estructurar toda la información sobre los fósiles para integrarla correctamente en la aplicación. . Para esto habrá que realizar una recopilación de datos relacionados con la edad en la que poblaron las islas, el tipo de ambiente en el que vivían, de qué se alimentaban o donde podemos encontrar actualmente sus fósiles.
4. Diseñar un sistema para mostrar la información sobre los fósiles en la aplicación.
  - El objetivo de la aplicación aparte de crear un mundo virtual por el cual poder pasear y ver, es además el de poder mostrar información sobre los fósiles al interactuar con ellos. Habrá que crear un sistema que permita mostrar los datos de los fósiles cuando lo solicite el usuario.
5. Desarrollar la aplicación de realidad virtual:
  - Una vez desarrollada la aplicación debería poder ejecutarse en móviles con el efecto de realidad virtual. Habrá que compilar el proyecto en versión móvil para ser utilizados con unas gafas de realidad virtual de bajo coste.
6. Crear diferentes playas para diferentes tipos de fósiles
  - Todos los fósiles no habitaban en los mismos tipos de playa, así que habrá que crear diferentes entornos/playas para poder mostrar la variedad de fósiles del catálogo considerado de forma personalizada.

### 1.3. Antecedentes

El área de Paleontología de la Universidad de la Laguna ha llevado a cabo una serie de proyectos de innovación educativa. Con la idea de crear materiales de apoyo a la docencia ha elaborado materiales para la difusión de un catálogo de fósiles marinos de Canarias utilizados en las prácticas de laboratorio, sobre los que han trabajado sus investigadores. En concreto dispone de una aplicación de realidad aumentada en la que, mediante el escaneado de un código QR, es posible ver modelos 3D de algunos fósiles y animales sobre el código y superpuesto a lo que se esté viendo a través de la cámara del móvil (Fig. 1).

También cuentan con maquetas obtenidas con impresoras 3D de los fósiles utilizados en este proyecto (Fig. 2). Estas han sido generadas a partir de estos en colaboración con el área de Expresión Gráfica. Además de las impresiones, cada fósil a su vez tiene asignado un código QR para poder visualizar información sobre sus características, hábitat, etc.

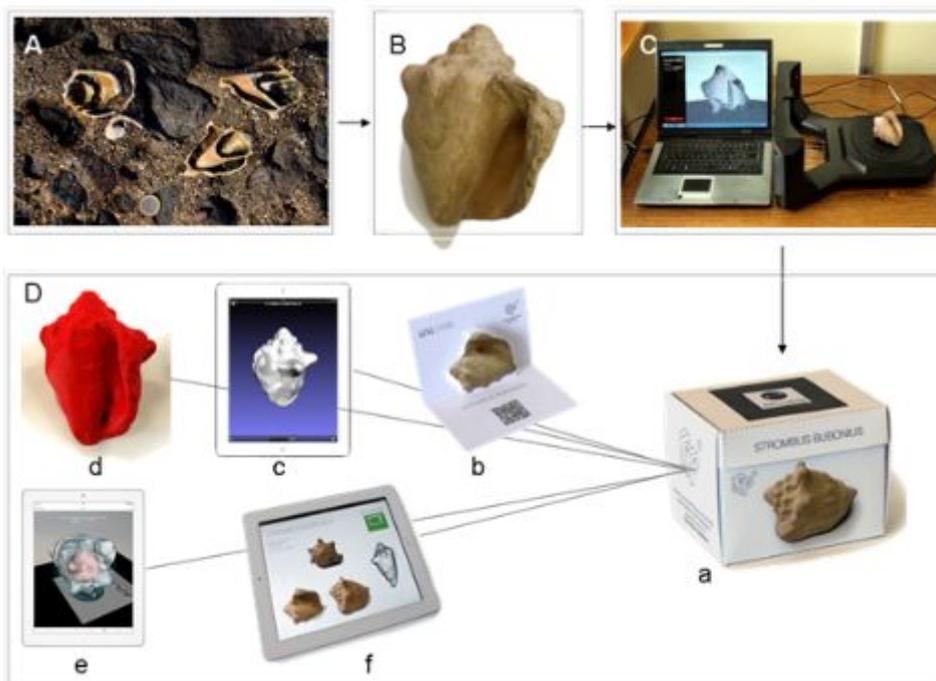


Figura 1. Proceso de obtención de la aplicación de realidad aumentada.



Figura 2. Caja de estudio y ocio con los modelos 3D y su código QR.

La realización de este proyecto contribuirá a mantener, preservar y difundir la información sobre el patrimonio paleontológico de Canarias. Además, la aplicación de realidad virtual nos permitirá acercar a las personas tanto a la vida y hábitat de los fósiles como a las nuevas tecnologías. Y potenciarán los fósiles canarios como recursos culturales y educativos transversales (Bates et al., 2009).

Este trabajo de fin de grado, en la línea de sus precursores, de forma novedosa se orienta hacia la difusión de este material mediante realidad virtual

## 1.4. Destinatarios

La aplicación creada se puede considerar como un producto cultural y educativo ya que se ha desarrollado con expectativas de que sea de utilidad para el público en general, tanto para la sociedad canaria como para los visitantes (aquellas personas que estén interesadas en el mundo de los fósiles, en este caso extraídos en yacimientos canarios del Neógeno y Cuaternario). También se espera que pueda ser de utilidad en colegios e institutos como material de apoyo en materias como Conocimiento del medio, Biología, Tecnología, Informática... con el fin de acercar a los alumnos tanto a las nuevas tecnologías como a la vida de los fósiles que, en su conjunto habitaron algunas de nuestras playas en épocas climáticas diferentes a la actual.

## 2. Problema

El Registro Fósil de Canarias más reciente, perteneciente a los períodos geológicos Neógeno y Cuaternario (Tabla. 1) (los últimos 23 millones de años de la historia de la Tierra), incluye multitud de yacimientos paleontológicos con fósiles de animales marinos que vivieron en condiciones climáticas diferentes a las actuales. En particular destacamos aquellos donde se han conservado fósiles de la fauna y flora marina de dos eventos climáticos cálidos globales, uno que se produjo al final del Mioceno, en el periodo Neógeno (en torno a los 9 millones de años) y el otro en el Pleistoceno superior (aproximadamente hace 130 mil años).

Los fósiles (junto con los yacimientos donde se encuentran) forman parte del patrimonio de la sociedad. Por ello, y al tratarse de recursos no renovables, ya que corresponden a restos de organismos que vivieron en un espacio (medio ambiente) y tiempo diferente al día de hoy, es necesario su conservación. Su recolección, estudio y depósito viene regulado por las leyes de patrimonio, que en nuestro país, estas competencias las tienen las comunidades Autónomas. Una vez que se recolecta un fósil, con los permisos pertinentes, este debe ser depositado en un Museo u otra institución pública con competencias en la materia, que se encarga de catalogarlo y divulgarlo al público. En el caso de Canarias, en Tenerife se puede ver un módulo expositivo de Paleontología donde se resume algunos de los bienes paleontológicos más representativos de las islas; entre ellos se incluye el ejemplo de especies que se instalaron en las islas en climas cálidos durante el Pleistoceno superior. Sin embargo dicho material no está disponible para la manipulación directa del público en general y de los estudiantes en particular. De igual forma ocurre con los fósiles que se estudian en las clases prácticas de la asignatura de Paleontología (y otras con contenidos del registro fósil) de Grado de Biología u otras titulaciones.

Por ello, con objeto de hacer más comprensibles los conceptos de cambio climático en el ámbito educativo, difundir los importantes valores científicos, socioeconómicos y socioculturales del patrimonio paleontológico de Canarias para su conservación y disponer de material fósil de estudio u ocio que se pudiera manipular de forma directa, el Área de Paleontología de la ULL ha desarrollado una serie de materiales tridimensionales en el seno de tres proyectos de innovación educativa, financiados por el Vicerrectorado de Docencia de la Universidad de La Laguna. En primer lugar se creó un objeto de aprendizaje tridimensional para la docencia del registro fósil (Castillo et al., 2016). Este objeto físicamente es una caja (Fig. 1) que contiene una réplica en 3D de un fósil característico del Pleistoceno superior (*Persististrombus latus*); dos códigos QR para la descarga de un visor de Realidad Aumentada (AR-Media Player) y para acceder a las instrucciones y contenidos educativos elaborados (caja, archivos para impresión 3D, prototipo de libro electrónico y modelos 3D); y un elemento de realidad aumentada que permite visualizar el fósil replicado. Este objeto está orientado a la formación y mejora de las competencias básicas del alumnado y/o del profesorado, y a favorecer el trabajo continuo del estudiante de acuerdo con el concepto de crédito ECTS. Más tarde se realizó un

libro multimedia que incluye la taxonomía y los modelos 3D de los fósiles seleccionados para reconocer en el campo los yacimientos de canarias del Neógeno y Cuaternario (Pleistoceno superior), y una caja de estudio (Fig. 2) con los fósiles replicados (a diferente escala) que incluye un código QR con los modelos 3D para que se puedan replicar en una impresora 3D.

## 2.1. Fósiles

Los 18 fósiles que hemos utilizado en el proyecto corresponden a los periodos geológicos del Neógeno y Cuaternario (Tabla 1). Estos fósiles forman parte de la colección de prácticas del área de Paleontología de la Universidad de La Laguna. Proceden de diversos yacimientos de Lanzarote e islotes (La Graciosa), Fuerteventura (Aljibe de la Cueva, Playa del Valle) y Tenerife (Iguete de San Andrés). Son especies muy abundantes en la mayoría de depósitos marinos costeros de Canarias y representativos de dos cambios de clima (Mioceno superior y Pleistoceno superior).

Eratema/Era	Sistema/Período	Serie/Época	Millones de años
Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0,0117
		Pleistoceno	2,58
	Neógeno	Plioceno	5,33
		Mioceno	23,03
	Paleógeno	Oligoceno	33,9
		Eoceno	56,0
		Paleoceno	66,0

Tabla 1. Contexto geológico temporal de los fósiles que se han utilizado en la aplicación de realidad virtual (Adaptado de *International chronostratigraphic chart - International Commission on Stratigraphy*).

En la aplicación hemos considerado el nombre de la especie (Tabla 2), su rango estratigráfico en Canarias, es decir si se ha extinguido o vive en la actualidad. Con objeto de aclarar este término, hemos utilizado el Antropoceno (se considera la etapa a partir de la revolución industrial, hace alrededor de 200 años), para designar aquellas especies que aunque se hayan encontrado en el registro fósil del Neógeno y Cuaternario, también las podemos observar en las playas actuales de Canarias. Entre las especies que se consideran extintas están el artrópodo cirrípedo del género *Tetraclita* y el bivalvo ostreido *Saccostrea cucullata* del Neógeno. Tres especies de gasterópodos de la colección trabajada (*Monoplex trigonus*, *Geomophos viverratus* y *Persististrombus latus*) son especies características del Pleistoceno

superior, y se extinguen en Canarias al final de esta época.

Taxonomía					Edad		
Reino	Filum	Clase	Familia	Género y especies	N	C	A
Animalia	Arthropoda						
			Tetraclitidae	<i>Tetraclita sp.</i>	xE		
	Mollusca	Bivalvia					
			Ostreidae	<i>Saccostrea cucullata</i>	xE		
			Veneroidea	<i>Venus verrucosa</i>		x	x
			Pectinoidea	<i>Pecten maximus</i>	x	x	x
		Gastropoda					
			Patellidae	<i>Patella crenata</i>		x	x
			Turbinidae	<i>Bolma rugosa</i>		x	x
			Certhiidae	<i>Cerithium vulgatum</i>	x	x	x
			Vermetidae	<i>Dendropoma petraeum</i>	x	x	x
			Cypraeidae	<i>Erosaria spurca</i>		x	x
			Strombidae	<i>Persististrombus latus</i>		x EC	
			Ranellidae	<i>Charonia lampas</i>		x	x
			Renellidae	<i>Monoplex trigonus</i>		x EC	
			Bursidae	<i>Bursa scrobilator</i>		x	x
			Muricidae	<i>Hexaplex trunculus</i>		x	x
			Muricidae	<i>Stramonita haemastoma</i>		x	x
			Buccinida	<i>Geomophos viverratus</i>		x EC	
			Mitridae	<i>Mitra cornea</i>	x	x	x
Plantae	Rhodophyta						
		Florideophyceae	Coralinaceae	Rodolitos(Algas calcáreas)	x	x	x

Tabla 2. Información taxonómica de las especies incluidas en la aplicación de realidad virtual realizada. N: Neógeno (Mioceno superior); C: Cuaternario (Pleistoceno superior);A:

Antropoceno; E: Extinción; EC: Extinción en Canarias ,ya que son especies tropicales que aprovecharon las condiciones climáticas propicias de final del Pleistoceno para colonizar e instalarse en nuestras costas.

Desde le punto de vista taxonómico la colección de fósiles que hemos trabajado está representada por dos reinos (Animal y Plantas), tres filos, tres clases, 16 familias y 18 especies. Los más numerosos son los gasterópodos o caracoles marinos, que presentan una gran variedad de formas. Dentro de la aplicación, también se ha hecho una clasificación de los fósiles según sus características paleoecológicas, que nos permite conocer el paleoambiente donde se desarrollaban, separándolos por sus zonificaciones batimétricas correspondientes (Tablas 3 y 4), su posición en el sustrato y su actividad trófica (Martín González, 2016). Con respecto a la zonación trófica hemos considerado dos zonas (Fig. 3):

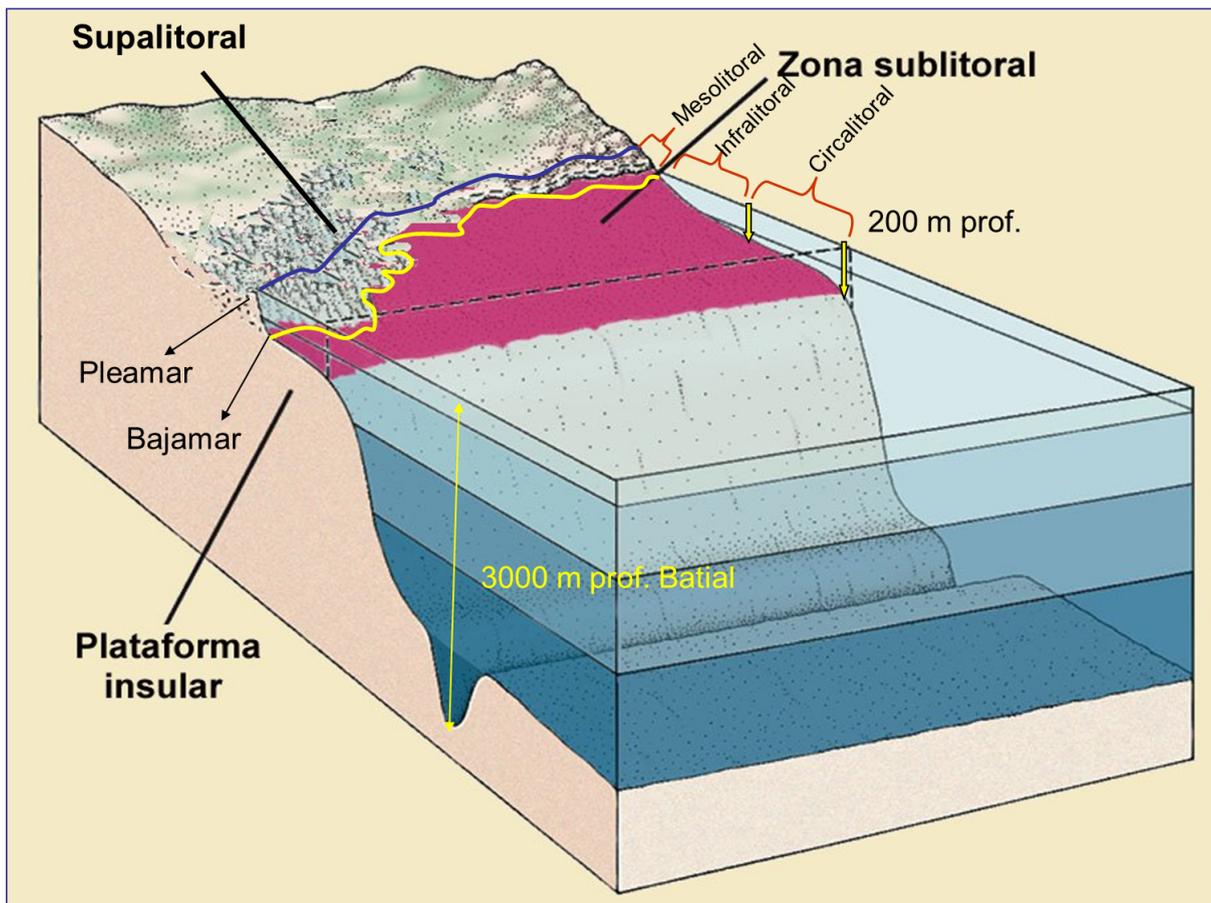


Figura 3. Bloque diagrama del medio marino donde se observa las diferentes zonaciones batimétricas. El litoral comprende el supralitoral y el mesolitoral; este último se extiende desde la pleamar a la bajamar. El infralitoral es desde 0 metros hasta 50 m en el caso de las Islas (Tomado del Grupo consolidado de innovación educativa Do-Ciencia 3D).

- Litoral o tidal, que corresponde con la zona de las mareas, desde el límite superior al inferior de la marea, que se subdivide en supralitoral y mesolitoral. El mesolitoral o intermareal, se corresponde con la zona comprendida entre la marea mínima y máxima.

- Infralitoral: Zona permanentemente sumergida, de 0 m hasta aproximadamente los 15 m de profundidad o más dependiendo de la plataforma o borde marino.

En esos dos ambientes se ha diferenciado y posicionado los fósiles según sus preferencias sobre el tipo de fondo marino (arenoso y/o rocoso) que se pueden consultar en las tablas 3 y 4.

Mesolitoral			
Fondo Arenoso		Fondo Rcoso	
<i>Hexaplex Trunculus</i>	Rodolitos	<i>Bolma rugosa</i>	<i>Dendropoma petraeum</i>
<i>Saccostrea Cuccullata</i>	<i>Tetraclita</i> sp.	<i>Erosaria spurca</i>	<i>Hexaplex Trunculus</i>
<i>Venus verrucosa</i>		<i>Mitra cornea</i>	<i>Patella crenata</i>
		Rodolitos	<i>Stramonita haemastoma</i>
		<i>Tetraclita</i> sp.	

Tabla 3: Clasificación de los fósiles según el tipo de fondo dentro del mesolitoral.

Infralitoral			
Fondo Arenoso		Fondo Rcoso	
<i>Charonia lampas</i>	<i>Cerithium vulgatum</i>	<i>Bolma rugosa</i>	<i>Bursa scrobilator</i>
<i>Cymantium trigonum</i>	<i>Hexaplex Trunculus</i>	<i>Cantharus viverratus</i>	<i>Charonia lampas</i>
<i>Pecten maximus</i>	Rodolitos	<i>Cymantium trigonum</i>	<i>Erosaria spurca</i>
<i>Saccostrea Cuccullata</i>	<i>Tetraclita</i>	<i>Hexaplex Trunculus</i>	<i>Mitra cornea</i>
<i>Venus verrucosa</i>		Rodolitos	<i>Stramonita haemastoma</i>
		<i>Tetraclita</i>	

Tabla 4: Clasificación de los fósiles del infralitoral.

Además de esta clasificación, en la aplicación también se muestra otra información

de los fósiles, como es su actividad trófica: detritívoro, sedimentívoro, carnívoro, herbívoro, fotosíntesis o fitófago; y la posición en el sustrato: Epifauna, Infauna y Bentónicos. En los siguientes ítems se definen estos términos:

- Epifaunal: organismos que viven sobre el sustrato.
- Infaunal: organismos que viven enterrados totalmente entre las partículas de sedimento del fondo. Aquí se incluye el bivalvo *Venus verrucosa*, que vive enterrada y se pone en contacto con la superficie (para alimentarse) del fondo marino a través de sifones.
- Bentónicos: Son aquellos organismos tanto vegetales como animales, que viven relacionados con el fondo marino, semienterrados, fijos o que pueden moverse sin alejarse demasiado de él, desde la marca de la pleamar hasta los fondos de las fosas más profundas.

La especie *Cerithium vulgatum* es bentónica pero también se puede encontrar semienterrada.

Con respecto a la actividad trófica o tipo de alimentación, las especies se han clasificado en:

- Fotosíntesis: organismos fotosintéticos son aquellos capaces de capturar la energía solar y usarla para la producción de compuestos orgánico. Se incluye el alga roja o rodolito.
- Fitófago: organismos herbívoros, que se alimentan de algas o fanerógamas marinas.
- Filtrador: organismos que se alimentan de las partículas en suspensión que capturan al filtrar el agua. Se encuentra los bivalvos *Saccostrea cucullata* y *Venus verrucosa*, el artrópodo *Tetraclita*
- Detritívoro o sedimentívoro: organismos que obtienen su alimento a partir de materia orgánica en descomposición.
- Carnívoro: organismo que se alimentan de otros animales. Se incluyen en esta categoría los gasterópodos *Gemophos viverratus*, *Mitra cornea*, *Charonia lampas*, *Monoplex trigonus*, *Bolma rugosa?*, *Bursa scrobilator*, *Hexaplex trunculus* y *Stramonita haemastoma*.

Algunas especies combinan más de un tipo de alimentación, como el bivalvo *Pecten maximus* y el gasterópodo *Dendropoma petraeum* que son filtradores y sedimentívoros; los gasterópodos *Cerithium vulgatum* y *Persististrombus latus* se alimentan de algas (fitófago) y de los detritos del sedimento (detritívoro). Y el gasterópodo *Erosaria spurca* es omnívoro

## 2.2. Modelos 3D

En el ámbito de la computación un modelo 3D es una colección de objetos geométricos en un espacio tridimensional. Los elementos que conforman el modelo son conjuntos de puntos del espacio 3D conectados mediante aristas, triángulos, polígonos, superficies, líneas, curvas, etc.(Fig. 4). Esta colección de datos (puntos y otro tipo de información) son capaces de representar un objeto tridimensional en un ordenador mediante mallas de triángulos de forma más o menos precisa según la cantidad de elementos que se se empleen. También se consideran parte del modelo los vectores normales a los triángulos que permiten aplicar iluminación para darles una apariencia realista. Los modelos 3D pueden generarse con software de modelado como Blender, a a través de algoritmos o escaneados mediante un escáner 3D (Fig. 5).

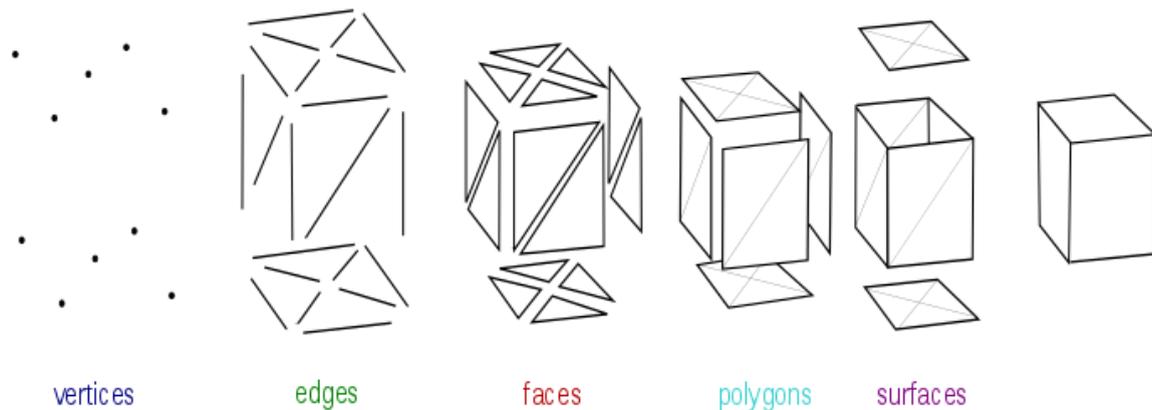


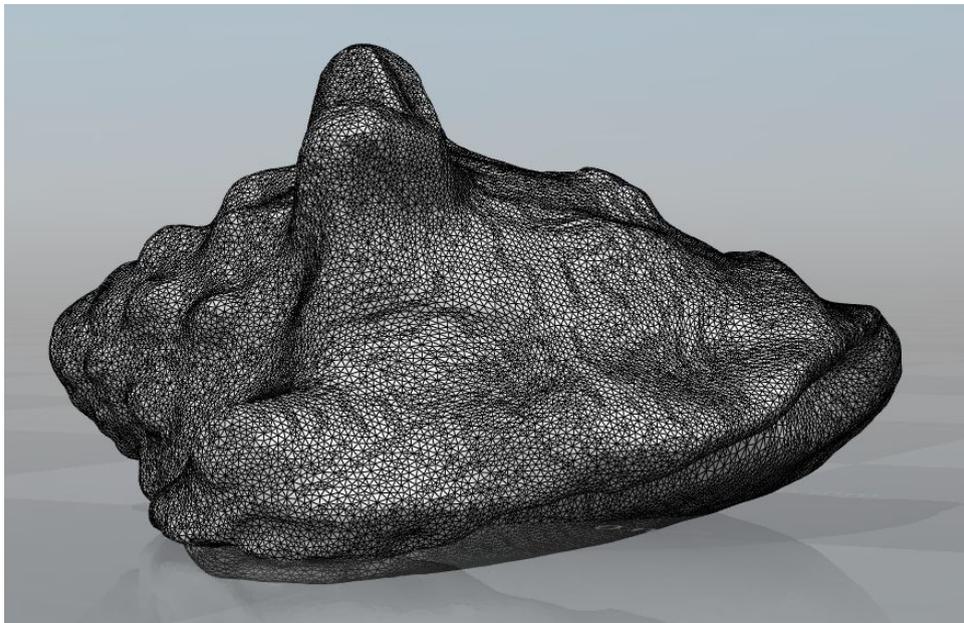
Figura 4. Elementos en un modelo 3D (Fuente: [https://en.wikipedia.org/wiki/Polygon\\_mesh](https://en.wikipedia.org/wiki/Polygon_mesh))



Figura 5. Ejemplo escaner 3D

(Fuente: <http://frax3d.com/wp-content/uploads/2015/09/escaner-3d-makerbot.jpg>)

Para incorporar los fósiles en el entorno de Unity, se proporcionaron modelos generados mediante un escaneado 3D en el formato stl utilizado para la impresión 3D, pero que Unity no es capaz de tratar directamente. Por esta razón hubo que convertirlos a un formato que sí fuese compatible, optándose por el formato de Wavefront (extensión .obj). Los modelos originales tienen una precisión muy alta, algunos de ellos con más de 200.000 polígonos o caras (Fig. 6), demasiados para una aplicación desarrollada para móviles. Esto se resolvió antes de pasarlos a Unity, optimizando el modelo (Fig. 7) reduciendo la cantidad de polígonos y haciendo posible su utilización sin pérdida de experiencia de usuario en estos dispositivos.

Figura 6. Captura del modelo *Persististrombus latus* sin optimizar

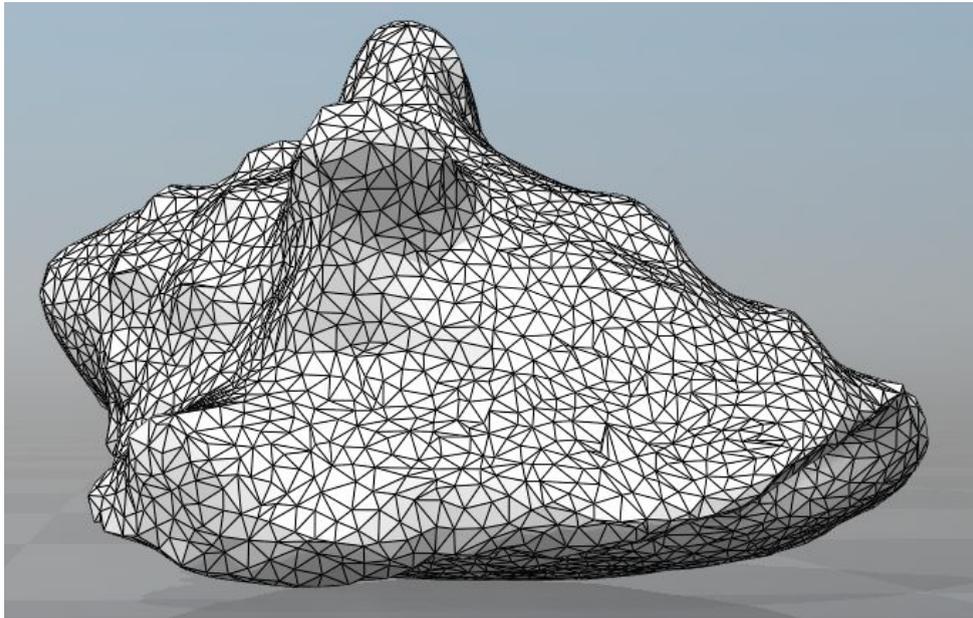


Figura 7. Captura del modelo *Persistrombus latus* optimizado

### 2.3. Realidad virtual

La realidad virtual (RV) consiste en sumergir al usuario en un mundo generado por ordenador, envolviéndolo en una historia, permitiéndole interactuar con su entorno, caminar por su interior, todo ello en tiempo real. A diferencia de las aplicaciones de realidad aumentada, que “mejoran” la realidad que vemos, en el caso de la realidad virtual todo lo que se ve en la aplicación ha sido generado mediante ordenador. La interacción con el entorno es simulada además de ser implícita, es decir, no hay una interfaz con la que interactuar directamente, sino que el sistema captura los movimientos del usuario para interactuar a través de ellos.

El usuario deja de interactuar con los sentidos en el mundo real para sumergirse en el mundo virtual y poder relacionarse con este. Gracias a la visión estereoscópica los dispositivos de realidad virtual ayudan a hacer creer al usuario que lo que está viendo está ahí, que no está proyectado en ninguna superficie. En muchos casos para lograr una mejor simulación, también se utiliza inmersión acústica.

La visión estereoscópica es la capacidad que tiene el ser humano de integrar en una sola imagen tridimensional, en relieve y con suficiente profundidad las dos imágenes que nos llegan de cada uno de nuestros ojos (Fig. 8). Para poder simular este comportamiento en realidad virtual se utilizan dos imágenes de la misma escena ligeramente diferentes, lo que permite determinar la distancia con respecto al observador. Para el uso de esta se utiliza un mapa de disparidad, que es una representación de las diferentes profundidades a las que se encuentran los objetos respecto a las cámaras (2 cámaras, una por cada ojo) (Fig. 9).

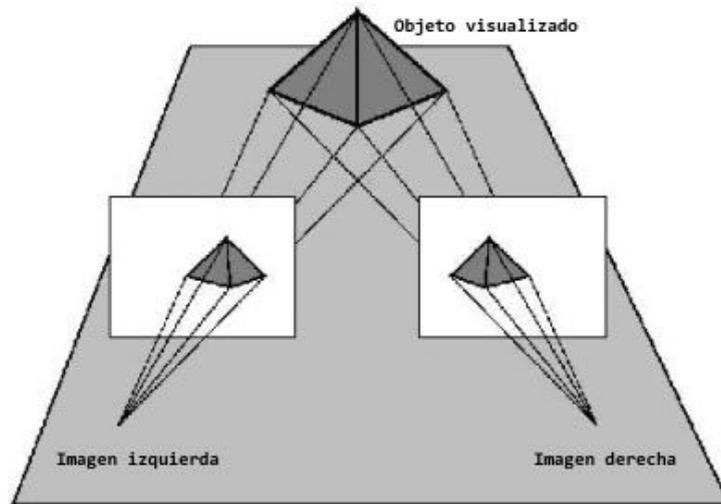


Figura 8. Funcionamiento visión estereoscópica  
(Fuente: <http://blog.panasonic.es/wp-content/uploads/2011/06/estereoscopico.jpg>)

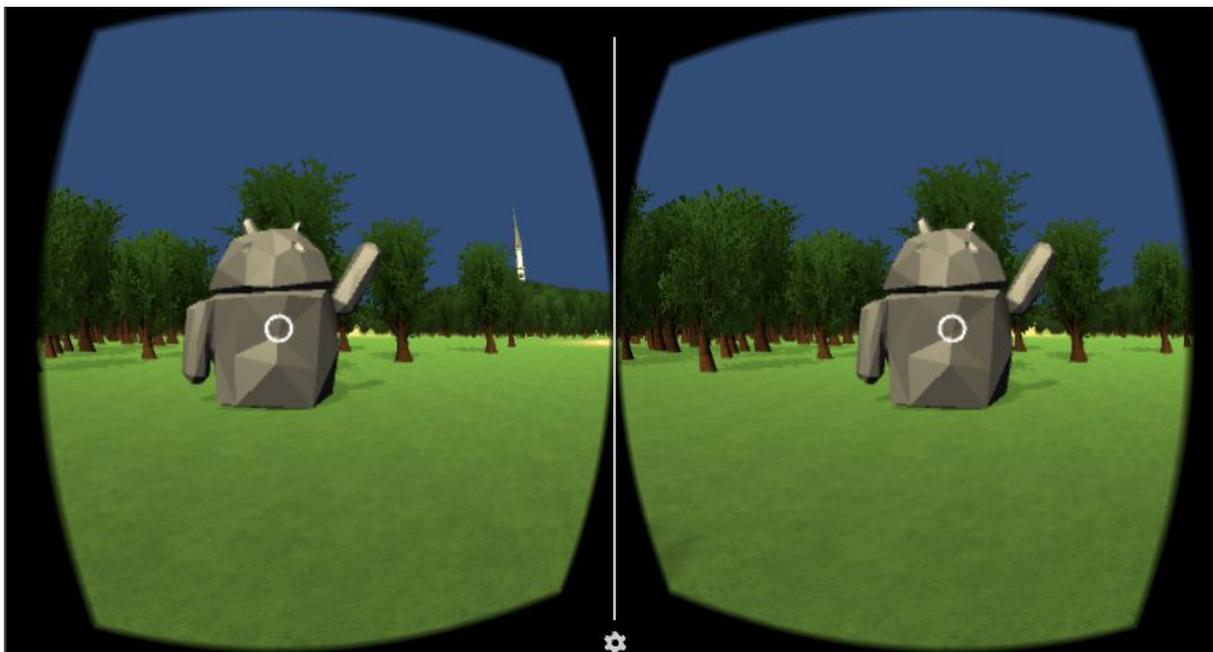


Figura 9. Ejemplo de visión estereoscópica en VR  
(Fuente: <https://i.stack.imgur.com/4M76O.png>)

Para lograr la visión estereoscópica en este proyecto se ha decidido utilizar el SDK de RV para Unity, la realidad virtual de Google. Entre sus ventajas está que admite la posibilidad de compilar tanto para Android como para iOS y está pensado para la utilización en terminales de bajo coste, en este caso para móviles Android.

### 2.3.1. Recomendaciones de diseño específicas para RV.

A la hora de desarrollar una aplicación de realidad virtual, aparte de la aplicación y su funcionamiento, es necesario tomar una serie de precauciones y cambios de diseño para evitar posibles mareos a la hora del uso de la aplicación.

El cuerpo humano consta de tres órganos del equilibrio: la vista, el oído interno y el sistema propioceptivo. Estos tres sistemas actúan como sensores. Cuando la vista percibe que nos estamos moviendo, le pasa al cerebro esa información y se la indica. El oído interno contiene unos líquidos para detectar si hay movimiento. Y por último tenemos el sistema propioceptivo, que es el sistema que le indica al cerebro la posición de los músculos, es la capacidad de sentir la posición relativa de partes corporales contigua.

Los mareos pueden darse cuando alguno de estos tres sistemas no indica lo mismo que los otros. Por ejemplo, dentro de una aplicación de realidad virtual, si el personaje está caminando hacia delante y nosotros lo percibimos mediante los ojos, pero sin embargo ni el sistema propioceptivo ni el oído interno perciben cambios, hay una disparidad de información, lo que puede causar mareos.

Recomendaciones de Google:

- Canvas infinito: El mundo que percibimos mediante la realidad virtual está diseñado en un plano que es infinito. Guiar al usuario y hacer que centre su atención puede ayudar a evitar mareos.
- Consideraciones psicológicas: Evitar la disparidad entre lo que uno siente y lo que uno espera sentir.
  - o Seguimiento de la cabeza: la cámara debe seguir siempre el movimiento de la cabeza, a la vez que se mantienen los objetos del juego estáticos con respecto a esta. Esto dará al usuario una impresión cercana a el comportamiento de los objetos en la realidad. Debe utilizarse tanto para objetos como para los textos e imágenes que queramos mostrar en 2D, que deberían renderizarse en un canvas 3D.
  - o Intentar evitar en la medida de lo posible congelaciones no controladas del seguimiento de la cabeza.
- Velocidad controlada por el usuario: el usuario no debería ser un simple pasajero de la aplicación, dotar a este del control del movimiento puede ayudar a que ellos se anticipen a lo que van a sentir.
- Mantener una velocidad constante: el cuerpo humano solo es capaz de sentir aceleraciones y desaceleraciones, si mantenemos una velocidad constante el usuario lo notará menos.

### **2.3.2. Interacción en RV.**

La interacción con el mundo de realidad virtual es una de las partes más importantes de esta. El usuario tiene que saber que está interactuando con su

entorno y este con él. En esta aplicación se ha utilizado un sistema de retícula, siempre aparecerá un punto azul (o rojo, dependiendo del estado) que hará de cursor, indicando al usuario si está seleccionando o no un objeto. Si el objeto tiene asociada alguna acción a la interacción con el usuario, responderá a ella. La retícula seguirá el movimiento de la mirada del jugador, es decir, la dirección a donde esté mirando y realizando acciones de acuerdo con el tipo de objeto que se esté mirando.

Para averiguar a donde está mirando el jugador, se genera un “Raycast”, que dibuja un rayo en la dirección elegida (en este caso su dirección es un vector que sigue la dirección de la vista) y hace colisión con el primer objeto que encuentre. En la aplicación se comprueba si el objeto con el que colisiona es un fósil para poder interactuar con él de la manera correcta.

## 2.4. Dispositivos de realidad virtual

El objetivo principal del proyecto ha sido crear una aplicación de realidad virtual para dispositivos móviles. En este campo de aplicación, en la actualidad hay dos tipos bien diferenciados de dispositivos.

### Las gafas para equipos de altas prestaciones

Son gafas/cascos desarrolladas para equipos con altas prestaciones técnicas. Actualmente hay dos grandes modelos a la venta, las gafas Oculus Rift, que se conectan a un ordenador, y las gafas de Playstation VR, que han de ser conectadas a una Playstation 4 o Playstation 4 Pro.

Estos equipos pueden acceder a juegos o simulaciones con mejor calidad debido a la gran potencia del ordenador o consola a la que se conecta. Sin embargo tienen un alto coste puesto que al precio de las gafas, del orden de 900€ (Oculus Rift), 376€ las Playstation VR y las HTC vive 1000€, hay que añadir el de una PS4 o un ordenador con unos requisitos mínimos (Tabla 5). Los requisitos recomendados se observan en la Tabla 6.

<b>Tarjeta gráfica</b>	NVIDIA GTX 1060/AMD Radeon RX 480 o superior
<b>Tarjeta gráfica alternativa</b>	NVIDIA GTX 970/AMD Radeon R9 290 o superior
<b>CPU</b>	Equivalente a Intel i5-4590 o superior
<b>Memoria</b>	8 GB de RAM o más

SO	Windows 8.1 o posterior
----	-------------------------

Tabla 5: Requisitos recomendados Oculus rift

Tarjeta gráfica	NVIDIA GTX 1050 Ti/AMD Radeon RX 470 o superior
Tarjeta gráfica alternativa	NVIDIA GTX 960 4GB/AMD Radeon R9 290 o superior
CPU	Intel i3-6100/AMD FX4350 o superior
Memoria	8 GB de RAM o más
SO	Windows 8.1 o posterior

Tabla 6: Requisitos mínimos Oculus rift

### Gafas para dispositivos móviles:

Estas gafas están diseñadas para el uso con dispositivos móviles, actualmente en el mercado hay dos distribuciones normales, las Gear VR, que son las gafas de Oculus en colaboración con Samsung, y las Daydream, que es el visor de realidad virtual desarrollado por Google. Consisten en una carcasa con lentes y a veces algunos botones, en las que se utiliza el móvil como pantalla. En las de altas prestaciones, las gafas, además de botones y lentes tienen incluida la pantalla.

Nosotros hemos decidido utilizar el modelo de dispositivos móviles (Fig. 11), puesto que en general es más asequible, tiene menor coste e incluso Google tiene un kit para fabricarte tu unas: las Google cardboard.



Figura 10. Ejemplo de gafas realidad virtual

(Fuente:<http://www.roadtovr.com/wp-content/uploads/2014/12/google-cardboard-android-virtual-reality.jpg>)

## 2.5. Entorno de desarrollo (Unity)

Unity es un motor para el desarrollo de videojuegos y simulaciones para consolas, ordenadores, dispositivos móviles y dispositivos de realidad virtual. En realidad Unity está concebido como un editor de escenas tanto 2D como 3D que nos proporciona un renderer, un motor de físicas, detección de colisiones, sonido, inteligencia artificial, la posibilidad de crear scripts y animaciones... En definitiva, todos los elementos para el desarrollo de videojuegos complejos. Una de las características más importantes de Unity es que está concebido como entorno de desarrollo multiplataforma, pudiendo generarse a partir de un proyecto versiones del juego para diferentes dispositivos.

En este trabajo se ha escogido Unity por encima de otros motores, como Unreal Engine 4, porque ya se ha trabajado previamente con él y ha dado buenos resultados, además el motor está completamente desarrollado y tiene una documentación muy completa además de un foro activo desde hace años. También ha sido determinante la posibilidad de desarrollar un mismo proyecto para una plataforma y convertirlo con facilidad a otras.

### 2.5.1. Características principales de unity

#### Lenguaje de programación

Unity está diseñado para funcionar con scripts escritos en C# o en javascript.

#### Assets

Uno de los elementos fundamentales para el desarrollo en Unity son los los assets, que por definición se trata de cualquier objeto que podamos utilizar en nuestro

proyecto, scripts, prefabs, texturas, controladores de animaciones...

Dentro de Unity podemos encontrar ya incluidos un grupo muy amplio de assets, los "Standard Assets", entre los que podemos encontrar personajes en primera persona, modelos de personaje, aviones, coches, controladores para shooters en primera persona (FPS), diferentes tipos de agua...

Además de esto desde el propio entorno podemos acceder a la tienda Unity donde podemos encontrar todo tipo de Assets, desde gratuitos hasta algunos por más de 150€. Entre ellos podemos encontrar texturas, modelos, scripts, animaciones...

## **Prefabs**

Un prefab es un tipo de asset que representa una plantilla de un tipo de objetos que se repite en las escenas. Consiste en un GameObject en el cual podemos almacenar características que sean siempre iguales para cada instancia de este en el juego. Por ejemplo, en un juego en el que tengamos muchos enemigos del mismo tipo, utilizamos el prefab con las características ya definidas y no necesitaríamos crear varios enemigos que van a ser iguales. Cualquier modificación que hagamos en uno de ellos podrá ser además guardada para todos los prefabs o solo para una instancia

## **Transform**

Transform es uno de los componente principales de cualquier elemento que se ubique en una escena de Unity. En realidad representa al sistema de referencia local a cada objeto en la escena. A través de él podemos acceder y modificar a tres características diferentes de los GameObject:

- Posición: con esta podremos colocar al objeto en la ubicación deseada.
- Rotación: podremos modificar a través de esta la orientación del objeto en cualquiera de los ejes (x,y,z)
- Escala: Permite aumentar o reducir el objeto en las direcciones posibles.

## **Colliders**

Los colliders son objetos que envuelven a lo GameObjects, que no se dibujan, pero que permiten detectar las colisiones físicas. Se dispone de varios tipos de colliders: Box Colliders, Sphere Colliders, Capsule Colliders, Mesh Colliders, Terrain Colliders... Los algoritmo de detección de colisiones trabajan con estos objetos, en lugar de con los modelos en sí, se pueden interpretar como simplificaciones del objeto al que envuelven para facilitar los cálculos. Dependiendo de la precisión o la velocidad de ejecución que queramos se debe seleccionar colliders más o menos

ajustados al modelo. Se han utilizado box colliders para los modelos de los fósiles ya que daban buenos resultados y es el que menos reduce el rendimiento..

## Physics

Para poder simular el correcto comportamiento de los objetos, estos deben tener una aceleración adecuada, deben colisionar con otros objetos, deben tener una fuerza de gravedad que actúe sobre ellos. Unity tiene un sistema de físicas que podemos utilizar y personalizar para simular estos aspectos con tan sólo modificar algunos parámetros.

## Rigidbody

Es una característica que permite dotar a los objetos la capacidad de actuar bajo el control de la física. Esta tiene unos campos que nos permiten decidir cómo actuará el sistema de físicas con el objeto. Campos tales como:

- Mass: Masa del objeto (en Kilogramos por defecto).
- Drag y angular drag: Coeficiente de rozamiento contra el viento tanto en movimiento como en girando (angular).
- Gravity: Podemos activar o desactivar si queremos que se le aplique la fuerza de la gravedad.
- Kinematic: Nos permite decidir si el objeto puede ser manipulable por el motor de físicas o no.
- Interpolate: Se suavizan los transforms si el objeto está siendo sacudido.
- Collision detection: nos permite detectar si está habiendo colisiones con este objeto contra algún objeto de la escena.
- Freeze Position: Detiene al Rigidbody que se mueva en los ejes X, Y y Z del mundo selectivamente.
- Freeze Rotation: Detiene al Rigidbody en girar alrededor del eje X, Y y Z del mundo selectivamente.

## Game Loop

El Game Loop\* es el orden en el que los componentes de Unity son llamados y las funciones son ejecutadas (Fig. 11).

- **Awake:** la función de Awake es llamada cada vez que una escena se carga, esta función es llamada una vez por cada objeto que se haya instanciado, aunque los scripts no estén habilitados para el objeto.
- **Start:** Es llamada después de completarse la función de awake, solo si el objeto tiene scripts y están habilitados.
- **Update:** Es la función más comúnmente usada en Unity, es llamada una vez por frame, si el objeto la tiene definida. Hay dos versiones de funciones:
  - **Update.** El update normal "Update()", que es llamada una vez por frame, si dicho frame tarda más tiempo en resolverse, el siguiente update se llamará más tarde.
  - **FixedUpdate()** es una variante de la función update, funciona de una forma similar al Update, con la diferencia principal de que es llamado de forma constante, se resuelva o no el frame, puede ser llamada varias veces incluso por frame

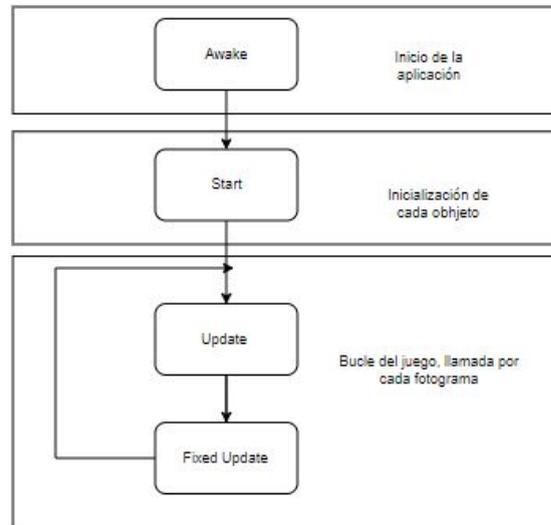


Figura 11. Diagrama de GameLoop\*.

\*El GameLoop utilizado es una versión simplificada del Game Loop completo de Unity en el que se han representado sólo los pasos utilizados ([Game Loop Oficial](#))

## 3. Implementación

### 3.1. Herramientas y utilidades de Unity

#### El personaje

Es el elemento más importante de la aplicación porque incorpora los elementos con los que veremos y caminaremos por la playa. Para su creación se ha utilizado el “prefab” de “First person Character” de los Unity standard assets, es decir, se utiliza una cámara en primera persona. Este consta de Transform Rigidbody, para poderle aplicar colisiones, movimiento, gravedad y físicas, un collider para controlar con los objetos con los que colisiona, tanto el terreno o los fósiles. Además se ha implementado un script importado de los Standard assets, para controlar el movimiento, con parámetros como velocidad, fuerza de salto, la velocidad de giro de la cabeza...

## La cámara

A través de ella veremos lo que pasa en la escena. Esta existe por defecto como uno de los GameObjects de Unity. Al igual que el personaje contiene un Transform, para poder localizarla, moverla...La característica más importante es el campo de visión, cuanto ve de cerca y de lejos y el fondo que queramos que tenga.

En la aplicaciones se utilizan dos cámaras de RV con comportamientos diferentes, una para cada uno de lo escenarios por los que nos podemos mover en el mundo virtual: por encima del nivel del mar (Fig.12) y por debajo (Fig. 13).

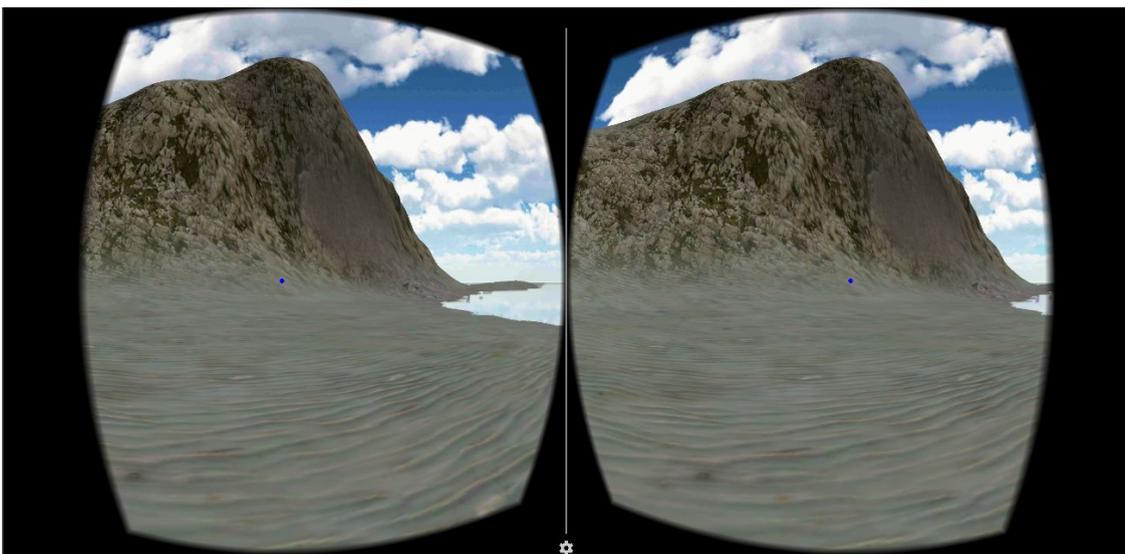


Figura 12. Visión de la cámara por encima del nivel del mar.

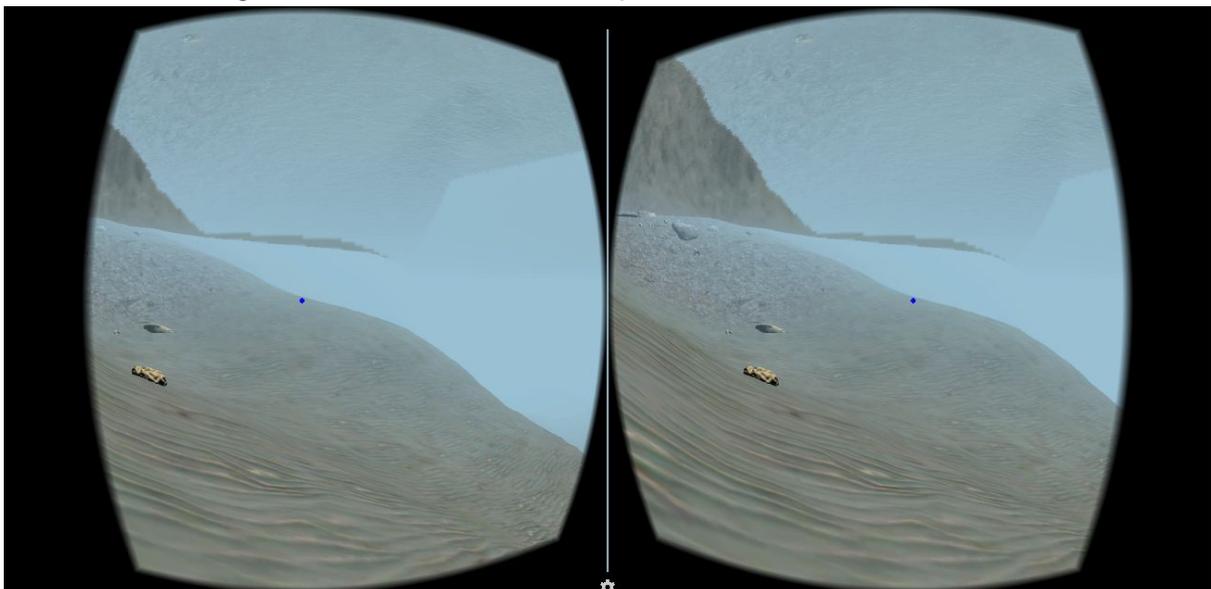


Figura 13. Visión de la cámara por debajo del nivel del mar.

La cámara por encima del agua tiene más distancia de visión y menos niebla, además de tener como fondo un cielo azul con nubes. La que se utiliza para estar por debajo del agua tiene menos profundidad, mucha más niebla y un fondo azul similar al del océano, para simular la visión debajo del agua, pues normalmente vemos con menor nitidez.

Las cámaras tienen dos scripts, uno para controlar si estamos por encima o debajo del agua ("Underwater.cs") y el script principal de la aplicación ("Selector.cs"). Este último se encarga de comprobar dentro de su función update, es decir en cada fotograma, la lógica de la aplicación. Principalmente se encarga de comprobar si la cámara activa está mirando a un fósil (dentro de un límite de distancia). Si es así nos permitirá desplegar la información sobre dicho fósil. Además el script controlará cómo ocultar la información y nos mostrará el panel del glosario.

### El terreno

El terreno es un objeto principal de Unity. En este proyecto para intentar simular una playa canaria se ha utilizado la generación de terreno a través de un mapa de alturas (heightmap), en concreto el de la playa de Antequera, en Tenerife (Fig. 14).

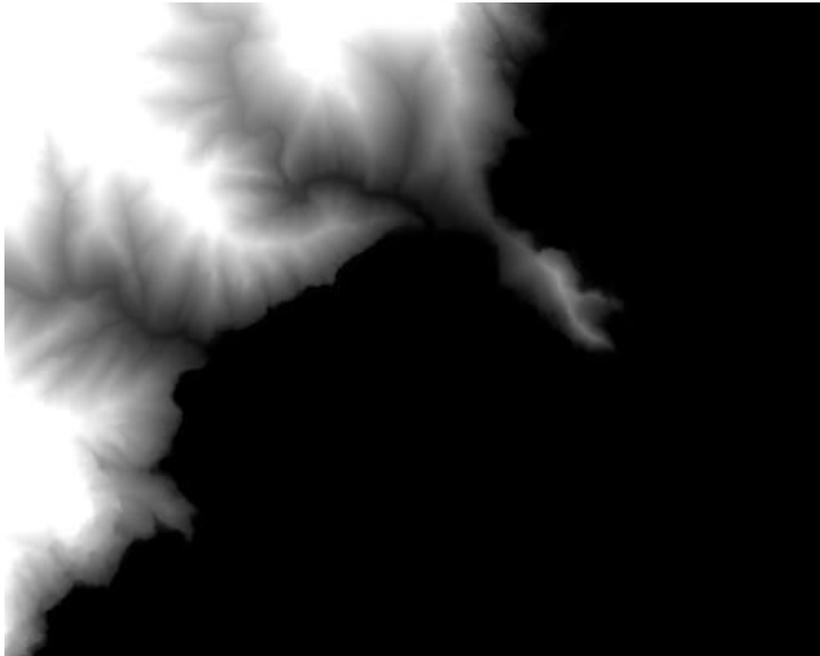


Figura 14. Heightmap Antequera sin edición.

Este mapa ha sido trabajado previamente, puesto que Unity no lo transformaba de la manera esperada. Así que fue tratado con photoshop para mejorar su integración en la escena (Fig. 15). A la imagen se le tuvo que reducir la diferencia entre los blancos y negro, pues al pasarlos al entorno de Unity las diferencias quedaban demasiado marcadas y no se asemejaba a lo que buscábamos.



Figura 15. Heightmap de Antequera con edición.

El color negro representa el fondo, por lo que a la playa se le asigna como altura cero el nivel del mar. Para poder representar los fondos con alturas por debajo del nivel del mar, y puesto que Unity no permite tener alturas negativas en un terreno, se utilizó un asset para mejorar el editor de Terreno de Unity. Este permitía considerar alturas negativas en puntos del terreno y así simular un fondo submarino.

En cuanto a la apariencia de la playa, se le ha aplicado tres texturas diferentes al terreno, una para simular las montañas, otra para la arena de la playa y una tercera para simular el entorno rocoso (Fig. 16).



Textura Montañas

Textura Arena

Textura Rocas

Figura 16. Tipos de texturas empleados.

## Agua

El agua se ha simulado con el asset estándar que provee Unity 3D para ello. También dispone de un objeto transform, un box collider y a diferencia de los anteriores consta de los componentes necesarios para su dibujo (mesh renderer y mesh filter). Para un mejor efecto del agua y su fondo, se emplean dos objetos de agua, diferenciados en un par de puntos de altura y rotación, con el mismo tamaño y escala (Fig. 17).



Figura 17. Imagen del efecto del agua dentro de Unity.

Además de esto, ambas están introducidas en un objeto agua, al que se le ha programado un script para simular las mareas ("WaveController.cs").

## Canvas

La aplicación consta de dos canvas principales, uno para la interfaz y otro a para mostrar la información. El canvas con la acción, que es un objeto hijo del personaje muestra el texto para avisar de que hay disponible una acción que activa la visualización de la información sobre los fósiles. El canvas de la información es un objeto independiente, en el que se mostrarán los datos referentes a cada fósil. La información a mostrar será controlada por el script "Selector.cs" que leerá la información sobre el fósil al que estemos mirando y la mostrará en el panel (Fig. 18).



Figura 18. Ejemplo del canvas con la información

## Fósiles

Los fósiles disponen del componente transform, un mesh filter, un mesh renderer y un box collider. El transform ha sido utilizado además de para ubicarlos en los distintos puntos de la playa, para escalarlos simulando la diferencia de tamaños que hay entre ellos. Para asemejar su apariencia lo máximo posible a los reales, se les tuvo que aplicar texturas creadas a partir de las imágenes de ejemplares de éstos. En la impresión 3D no se utilizan las texturas, por lo que no se proveían con los modelos

## Muros

Por último hay 4 muros que también disponen de transform, mesh renderer, mesh filter y box collider. Solo son necesarios para limitar al personaje y que no se salga de la escena, tienen deshabilitado el mesh renderer dado que no es necesario verlos.

## 3.2. El rendimiento

Esta aplicación está orientada al uso en dispositivos móviles, lo que ha obligado a hacer una optimización de los recursos que utiliza, no todos los móviles tendrán la misma potencia y además será bastante inferior a la de un ordenador actual. Con este propósito se ha intervenido sobre las texturas de la escena, el campo de visión de la cámara y los modelos. En primer lugar, para el desarrollo de este proyecto se han utilizadas texturas de assets de la tienda de Unity. Todas ellas ya reducidas a imágenes de baja resolución que no han causado impacto en la aplicación. En segundo lugar, se considera el mínimo ángulo de visión posible, puesto que cuantos más componentes haya en la escena dentro del rango de visión de la cámara, habría más componentes que dibujar. En tercer lugar, recordemos que los modelos resultantes del escaneado tienen un alto grado de detalle. A la hora de hacer las pruebas durante la fase de desarrollo, estos funcionaban a la perfección en el ordenador, pero al pasar el primero al móvil en la fase de prueba, los fotogramas por segundo (fps) de la aplicación estaban por debajo de los 10 fps, cuando lo recomendado son valores del orden de 60 fps. El nivel de detalles del fósil menos pesado estaba alrededor de los 200.000 vértices, cuando lo recomendado para una aplicación de móvil (dependiendo del móvil) era de 100.000, como máximo para todo el conjunto. Para resolver el problema, los fósiles tuvieron que ser trabajados para reducir la cantidad de vértices. Para ello se utilizaron dos programas de modelado 3D, el 3D Builder (programa nativo en Windows 10) y el Blender. Una

vez pasados los fósiles por un proceso de reducción, el número de vértices oscilaba en el rango de 3.000 - 10.000 vértices, haciendo que la aplicación fuese más fluida.

Finalmente, Unity a la hora de representar los puntos los dibuja desde cero porque asume que pueden haber sido modificados. Sin embargo existe la posibilidad de indicar que los modelos van a ser siempre los mismos e iguales, lo que reduce considerablemente el tiempo de renderizado de cada frame.

Cabe destacar que todas las pruebas durante el desarrollo de la aplicación se han realizado en un "Google nexus 5":

Tamaño pantalla	5 pulgadas
Resolución	1080 x1920 píxeles
Procesador	Quad-core, 2260 MHz, Krait 400
Procesador gráfico	Adreno 330
Memoria ram	2 GB

Tabla 8: Especificaciones técnicas del Google Nexus 5

### 3.3. Interfaz

La interfaz de la aplicación es bastante sencilla. Intentando sumergir lo máximo posible al usuario dentro de la experiencia. La mayor parte del tiempo el personaje solo verá la retícula en el centro de la cámara de color azul, actuando como cursor(Fig. 19). Esta cambiará a color rojo si se encuentra con un fósil con el que interactuar e indicándole como hacerlo (Fig. 20).

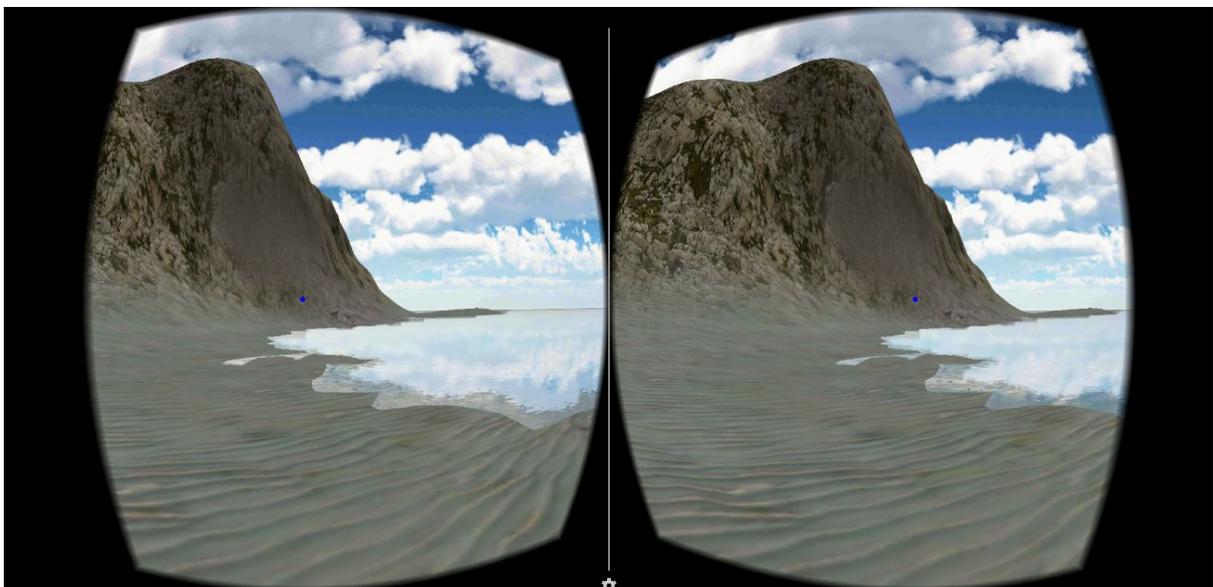


Figura 19. Interfaz sin mirar a ningún fósil

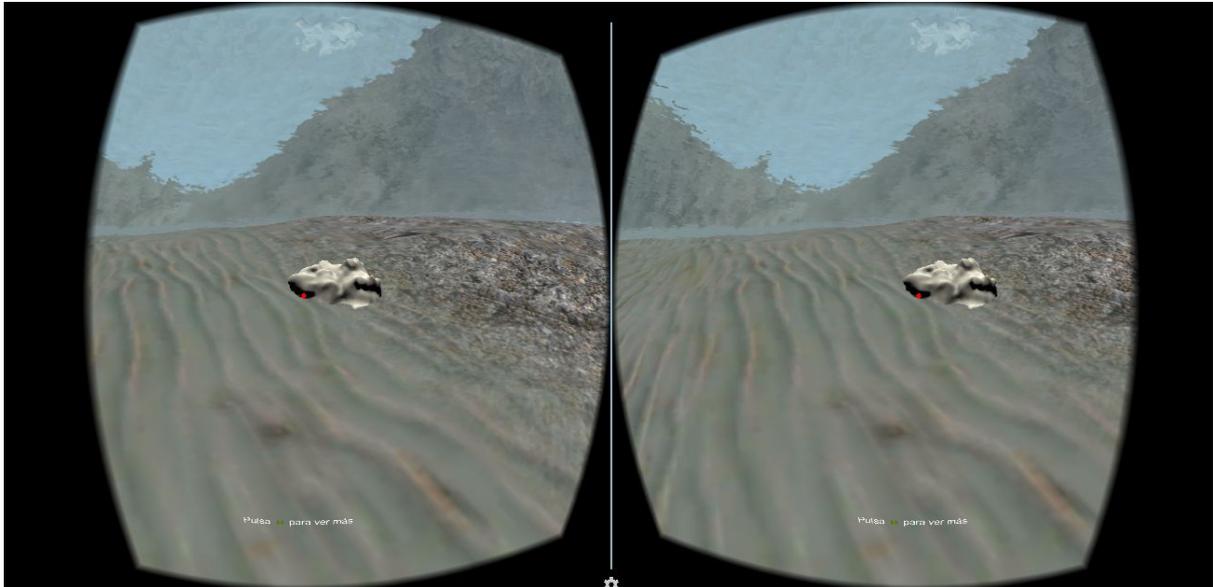


Figura 20. Cambio de la interfaz al mirar hacia un fósil

Si el usuario interactúa con un fósil de la manera indicada, se le desplegará un panel con la información sobre el fósil seleccionado (Fig 21).

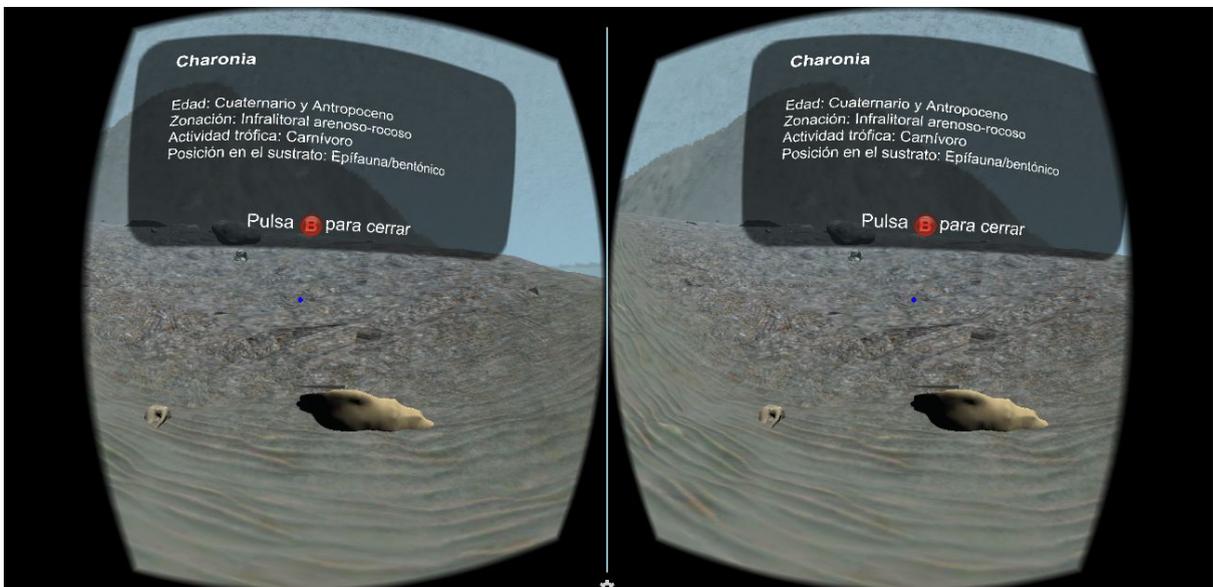


Figura 21. Ejemplo del panel de información mostrado al seleccionar un fósil

### 3.4. Descripción del sistema de información

Para mostrar la información en el panel de cada fósil, el script de “Selector.cs” accede a una carpeta en la que se encuentran ficheros de texto con su información: en la primera línea el nombre del fósil y en las restantes la información a mostrar. El límite de líneas es de siete con 39 caracteres cada una, aproximadamente 275 caracteres en total.

## **4. Conclusiones y líneas futuras**

### **4.1. Conclusiones**

Esta aplicación es una nueva vía para mostrar la vida, hábitat e información sobre fósiles canarios mediante las nuevas tecnologías, acercando a los posibles usuarios al mundo de la paleontología de Canarias y al uso de las nuevas tecnologías de realidad virtual.

La aplicación podría ser utilizada en colegios, institutos y museos para mostrarles información sobre la vida de los fósiles canarios desde un punto de vista diferente, y con una experiencia entretenida y más viva.

El desarrollo de esta aplicación nos ha dado la posibilidad de crear un mundo virtual a través de Unity, utilizando una de las tecnologías más interesantes para el ámbito educativo y cultural actualmente, la realidad virtual. A lo largo del desarrollo se han tenido que resolver diferentes problemas tanto para el uso de la tecnología de realidad virtual como a la hora de crear una aplicación de Unity. Algunos de estos aspectos son tomar conciencia y trabajar a un nivel básico en la parte artística que se requieren: la creación de modelos, texturas, de colliders, así como la generación

de terrenos a partir de mapas de alturas reales. También me ha permitido ampliar mi conocimiento del lenguaje C#, orientándolo a los elementos de Unity.

## 4.2. Líneas futuras

Por último, gracias al desarrollo de este proyecto, hemos podido acercarnos al mundo de la Paleontología canaria, conocer un poco sobre los fósiles, sobre las eras en las que vivieron, donde habitaban y como se alimentaban.

Como trabajo futuro del proyecto habría que ampliar la cantidad de fósiles que mostrar así como la información sobre estos. Deberían recrearse varios escenarios y diferentes tipos de fósiles que mostrar, no sólo fósiles marinos. Otra mejora sería optimizar de mejor manera los modelos de los fósiles y pintarlos de forma más realista con menor cantidad de polígonos para intentar que sean lo más fieles posible a como son en realidad, sin pérdida de rendimiento.

Otra propuesta sería desarrollar versiones para otros dispositivos de realidad virtual, como iOS e incluso realizar versiones para ordenadores, que permitan poder navegar por el mundo y ver información sobre los fósiles aunque no estaría presente la realidad virtual.

## 5. Summary and Conclusions

### 5.1. Summary

This application has been built with the purpose to approach the Canarian paleontology and the virtual reality to different kinds of people. It has been developed using the Unity engine. We've used c# as the main language for the scripts of the application.

We used different kinds of assets to build the application, some of them from the standard collection and the rest from the Unity Asset Store (all of them with free license).

The application tries to simulate a Canarian beach populated by the fossils that lived in our islands during the Neogene, Quaternary and Anthropocene. They are classified by their litoral and the type of seafloor where they lived.

The model of the fossils were given by the Paleontology department from the University of La Laguna. I had to optimize them because they were scanned by a 3D

scan, so they had a lot of detail and they weren't optimized for using them on a mobile phone.

In order to simulate the beach where they lived, I used a heightmap of the Antequera zone in Tenerife. I used the water asset two times to simulate the effect of the water on both sides, above the sea and under the sea.

The character is controlled by a bluetooth controller and the direction where he is looking. It has a reticle working as cursor on the center of the screen that indicates the user if he is looking to a fossil and whether he can interact with it or not, and if so, showing him how to interact with it.

When interacting with the fossil, the application enables a panel with the information of the chosen fossil.

The whole application is mainly controlled by four scripts. The first one is used to control the character's movement. It was taken from the Unity standard assets. The second script was made to control how the character interacts with the environment. It controls how the reticle works and what to do if any interaction has been made. It has the control for displaying the different canvas, the interface and the information about the fossils. The other two are used to control and improve the behavior of the sea. One of them, is for the emulation of the water tides, increasing and decreasing the height of the water. And the last one is there to make the user feel that he is underwater by swapping the two cameras, the one above the water, which is a normal camera with a long view distance and almost without fog, and the underwater one, which has a lot of fog and a reduced view distance.

## 5.2. Conclusions

This application is a new way to show the life, habitat and another kind of information about the fossils that live and lived in our islands through the new technologies approaching potential users to the world of Canarian paleontology and to the use of the new technologies as virtual reality.

The application could be used in schools, high schools and museums to show their students the information about the life of Canarian fossils from a different point of view, from a more immersive one.

The development of this application has given me the possibility to build a virtual world through Unity. I've also been able to work and develop for one of the most interesting technologies right now, virtual reality. While developing the application, I had to resolve different kinds of problems to use the virtual reality technology or to build an application with Unity. I've been able to see a little bit of the artistic work that this kind of application takes, creating models, textures, colliders.

In addition, thanks to the development of this project, I have been able to approach the world of Canarian paleontology, I've been able to know a little bit about the fossils, about the time when they lived, where they lived, how they got fed...

## 6. Presupuesto

La estimación del presupuesto se ha realizado en base a las horas necesarias por especialista.

Persona	Horas	Coste
Análisis del problema	10h	
Analista	10h	150
Jefe de proyecto	10h3	250
Diseño	20h	
Programador Junior	20h	200
Analista	20h	300
Investigación	30h	
Investigador (Paleontología)	30h	300

Arte	40h	
Diseñador gráfico	40h	480
Implementación	150h	
Programador Junior	150h	1500
Diseñador gráfico	20h	240
Analista	75h	1500
Revisión y pruebas finales	10h	
Programador Junior	10h	100
Analista	10h	150
Jefe de proyecto	10h	250
	405h	3920€

## 7. Bibliografía

[1] Bates, K.T., Falkingham, P.L., Hodgetts, D., Farlow, J.O., Breithaupt, B.H., O'Brien, ... & Manning, P.L., 2009. Digital imaging and public engagement in palaeontology. *Geology Today*, 25, 134-139.

[2] Castillo Ruiz, C, Saorín Pérez, J.L., Meier, C., García Gotera, C.M., Martín González, M.E. & Cruzado-Caballero, P. 2016. Creación de objetos de aprendizaje tridimensionales para la docencia del Registro Fósil. *In: Innovación docente para convencidos. VI jornadas de innovación educativa de la Universidad de La Laguna*. Vicerrectorado de Docencia. Formación del Profesorado e Innovación Docente de la Universidad de La Laguna (Ed.). San Cristóbal de La Laguna, Tenerife, 54-72.

[3] Community wiki de Unity ([Fuente](#))

[4] Consulta de wikipedia para información sobre las eras geológicas ([Fuente](#))

[5] Designing for Google Cardboard ([Fuente](#))

[6] Documentación de Unity ([Fuente](#))

[7] Foro de la comunidad de Unity ([Foro](#))

[8]<http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2015-01Spanish.pdf>

[9] Martín González, E. 2016. Gasterópodos (Mollusca, Gastropoda) marinos del Neógeno de Lanzarote, Fuerteventura y Gran Canaria (Islas Canarias): Revisión sistemática, paleoecología y bioestratigrafía. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna. 390 pp.

[10] Modelos 3D caja de estudio 1 con el tipo de ambiente proporcionado por el Área de Paleontología de la Universidad de la Laguna.

[11] Pdfs de la asignatura Diseño de aplicaciones interactivas: Diseño RV y RV Cardboard

[12] Rahman, I. A., Adcock, K., & Garwood, R. J. 2012. Virtual fossils: a new resource for science communication in paleontology. *Evolution: Education and Outreach*, 5(4), 635-641.

[13] Uso de la retícula ( [Youtube](#) )

[14] Zachos, J. C., Dickens, G. R. & Zeebe, R. E. 2008. An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics. *Nature*, 451(7176), 279-283.

[15] Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E. & Billups, K. 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292(5517), 686-693.