

# **Desarrollo de un Recurso Educativo Digital basado en Realidad Aumentada para promover el Agroturismo**

Julián Arboleda, Steven Rúa

## **Resumen**

La Realidad Aumentada (RA) es una tecnología que permite vincular elementos virtuales al mundo real. El desarrollo de aplicaciones móviles y los avances en la tecnología celular han permitido que este tipo de sistemas sea ampliamente difundido y que permee múltiples áreas del conocimiento. Este artículo presenta el desarrollo de un recurso educativo digital basado en RA, el cual ha sido denominado “ARtour” y cuya finalidad es promover el agroturismo, a la vez que fomenta el comportamiento ambientalmente responsable. Para la implementación de la aplicación se utilizó la plataforma Unity, en complemento con el kit de desarrollo de software Vuforia para generar las experiencias de RA. Adicionalmente, se utilizó el editor de gráficos vectoriales Inkscape para la creación de la versión en 2D del personaje principal, que posteriormente facilitó el diseño de la versión 3D a través del software Blender. A través de la experiencia presentada por ARtour, los usuarios tienen la oportunidad de expandir sus conocimientos relacionados con el agroturismo, específicamente en el contexto de un sistema acuapónico, mediante actividades de aprendizaje a través de la RA donde se despliega el contenido temático, por otro lado, los usuarios pueden realizar actividades en las cuales afianzan los conocimientos adquiridos y simultáneamente se divierten mediante juegos como el ahorcado, y rompecabezas. Finalmente, y de manera opcional, en cada experiencia se puede realizar una actividad evaluativa para identificar falencias por parte del usuario en la unidad temática seleccionada. La evaluación preliminar del recurso indica que el diseño de la aplicación es llamativo y la forma en la que se presenta el contenido es acertado. Se plantea, por lo tanto, que futuros trabajos incluyan escenarios de aprendizaje adicionales, para ampliar las bondades de este sistema a otras áreas relacionadas con el agroturismo y la educación ambiental.

**Palabras clave:** acuaponía, agroturismo, educación ambiental, realidad aumentada, Unity, Vuforia

## **Abstract**

Augmented Reality is a technology that allows virtual elements to be linked to the real world. The development of mobile applications and advances in cellular technology have allowed this type of technology to be widely disseminated and to permeate multiple areas of knowledge. This article presents the development of a digital educational resource based on RA, which has been called “ARtour” and whose purpose is to promote agrotourism, while promoting environmentally responsible behavior. For the development of the application, the Unity development engine was used, in addition to the Vuforia software development kit to generate the Augmented Reality experiences. Additionally, the Inkscape vector graphics editor was used to create the 2D version of the main character, which subsequently facilitated the design of the 3D version of the character through the Blender software. Through the experience presented by ARtour, users have the opportunity to expand their knowledge related to agrotourism, specifically in the context of an aquaponic system, through learning activities through the Augmented Reality where the thematic content is displayed, by On the other hand, users can carry out activities in which they consolidate the acquired knowledge and simultaneously have fun through games such as the hanged man, and puzzle, finally and optionally in each experience an evaluation activity can be carried out to identify flaws by the user in the selected thematic unit. The preliminary evaluation of the resource indicates that the design of the application is striking and the way in which the content is presented is correct. It is proposed, therefore, that future work include additional learning scenarios, to extend the benefits of this system to other areas related to agrotourism and environmental education.

**Keywords:** agrotourism, aquaponics, augmented reality, environmental education, Unity, Vuforia

# 1 Introducción

El cuidado del medio ambiente es un tema de suma importancia que con el paso del tiempo ha generado mayor conciencia en la sociedad, actividades como el agroturismo permiten a las personas tener mayor cercanía con la naturaleza a través de actividades agrícolas y sus buenas prácticas ambientales. Así pues, el concepto de agroturismo pasa de ser una simple actividad de ocio que involucra a las personas en las labores diarias agrícolas, ganaderas y demás, a adquirir un interés real por el sitio que se está visitando con una conciencia ambientalmente responsable (McGehee & Kim, 2004).

La tecnología se convierte en una buena oportunidad para presentar de forma atractiva estas temáticas como un esfuerzo a la contribución del cuidado ambiental. Tal es el caso de la Realidad Aumentada (RA), la cual es una tecnología emergente que, si bien no es nueva, ha adquirido fuerza con el auge del desarrollo de dispositivos móviles (Garzón, Pavón, & Baldiris, 2019). La RA se puede definir como una tecnología que permite presentar elementos del mundo virtual en el mundo real, con ayuda de dispositivos inteligentes (Azuma, 1997). Los dispositivos añaden estos elementos en tiempo real, creando de esta forma una visión mixta a través del dispositivo. Y para poder saber dónde superponer el contenido virtual se utiliza el reconocimiento de puntos de interés (o tracking) para, posteriormente, reconstruir (reconstruct/recognize) un sistema de coordenadas en el mundo real, necesario para posicionar los objetos virtuales. Los puntos de interés se pueden identificar mediante marcadores, como imágenes y códigos BIDI o QR, texto, objetos 3D simples como cilindros o cubos, hasta objetos 3D complejos con geometría conocida (Caro-Martínez, Hernando-Hernández, & Jiménez-Díaz, 2015). El concepto de RA está relacionado con el modo en como la tecnología puede ayudar a enriquecer la percepción de la realidad logrando así, añadir información virtual (en forma de imagen, sonido, video, entre otros) a la realidad física y tangible. Según Caudell (2014) esta tecnología aumenta la percepción sensorial humana (visual, auditiva, olfativa, etc.) con información auxiliar que puede mejorar

potencialmente el rendimiento en la realización de una tarea o experiencia. Los usos de la RA en el ámbito educativo son extensos ya que pueden ser adaptados al entorno y a las necesidades de docentes y estudiantes. Esta tecnología agrega valor a los procesos educativos convirtiendo ambientes pasivos en ambientes activos que son más llamativos para los estudiantes. Entre otras ventajas que la RA agrega a la educación están: motivación, trabajo colaborativo, construcción del conocimiento por parte del estudiante, mayor información, tecnología gratuita, y mayor accesibilidad (Akçayır & Akçayır, 2017).

Como menciona Blázquez (2017) la mayoría de áreas de estudio poseen una parte experimental, la cual puede realizarse a través de la RA, facilitando de esta manera el aprendizaje y el desarrollo de destrezas. Existen múltiples trabajos destacados de RA en el ámbito de las ciencias naturales y la educación ambiental relacionados con el desarrollo del presente trabajo. Quizás uno de los primeros trabajos que involucraba la RA con la agricultura fue el presentado por Nigam y Doke (2011) bajo el título “Augmented Reality in Agriculture”. Dicho trabajo consiste en un sistema de RA desarrollado con la finalidad de ayudar a los agricultores de la India en la identificación de insectos y manejo de plagas, como solución a la problemática de erradicar todos los insectos de los campos, lo que a veces resulta necesario para el bienestar del ecosistema. Uno de los trabajos más relevantes en el campo ha sido el propuesto por Chen, y Chou, (2016) el cual presenta la tecnología como una estrategia de aprendizaje innovadora para la educación ambiental y el aprovechamiento de entornos ecológicos en la creación de experiencias positivas, realizando un experimento de campo en un jardín botánico con un grupo de estudiantes de secundaria. Ou, Yu, y Liou (2015) presentaron un trabajo con la intención de transmitir en los estudiantes conceptos ecológicos. Mediante este trabajo, los estudiantes crearon un sistema ecológico virtual de mariposas aprendiendo su ciclo de vida. Dicho trabajo tuvo resultados muy prometedores en aspectos como la motivación, las ganancias de aprendizaje y el interés de los estudiantes en seguir aprendiendo, puesto que se realizó una encuesta para analizar las actitudes del grupo experimental después de usar el sistema, en preguntas que se dividieron en tres categorías:

contenidos de aprendizaje, diseño de interfaz y aplicaciones, obteniendo resultados favorables para los contenidos de aprendizaje y diseño de interfaz, generando mayor interés en el uso de este tipo de metodología. Laguna, Perona, y Contero (2013) demostraron la pertinencia del uso de sistemas de RA con niños, presentando una aplicación de RA que permite a los estudiantes de preescolar identificar y clasificar los animales vertebrados, su tipo de reproducción, y otras características de interés. Finalmente, Editya (2017) presentó una aplicación de la RA para el monitoreo de las variables ambientales involucradas en un sistema hidropónico. Dicho sistema permitió la visualización de los valores de los sensores de humedad y pH los cuales eran obtenidos en tiempo real mediante comunicación inalámbrica con el protocolo Zigbee.

## 2 Metodología

Para el desarrollo del recurso digital “*ARtour*” (Augmented Reality for Tourism) se empleó el modelo de diseño instruccional ADDIE el cual sugiere 5 etapas: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación, para la etapa de evaluación se empleó la herramienta LORI que fue desarrollada como un modelo de participación que permite evaluar recursos educativos digitales a través de 9 ítems mediante los cuales los usuarios pueden dar sus opiniones acerca de un recurso educativo, al expresar por medio de una escala de 5 estrellas el acuerdo o desacuerdo con el recurso educativo desarrollado (Adame, 2013)..

### 2.1 Análisis

ARtour, se desarrolló teniendo en cuenta algunas consideraciones como la elección del sistema operativo sobre el cual se ejecutaría la aplicación teniendo en cuenta las múltiples opciones que se presentan en la actualidad como Android, IOS y Windows iPhone. Con el fin de lograr un impacto en la mayor parte de la población, se optó por el desarrollo para la plataforma Android ya que es el sistema

operativo más utilizado a nivel mundial, y en Colombia, corresponde alrededor del 86% de los teléfonos móviles del país (Tamayo, 2015).

Para la construcción de la aplicación se consideraron las dos principales herramientas de desarrollo de videojuegos en la actualidad que son *Unity* y *Unreal Engine*. A continuación, se presenta una comparativa de algunos de los puntos en los cuales se diferencian ambos entornos:

**Precio:** ambos softwares presentan licencias libres y de pago. Unity basa los costos de licenciamiento de acuerdo con los ingresos que se generen de la aplicación; así pues, si estos son menores a 100.000 USD anuales se podrá utilizar la versión Personal de Unity la cual es gratuita. En el caso de Unreal Engine, no se tendrá que pagar absolutamente nada, siempre y cuando las ganancias no superen los 3.000 USD al trimestre, ya que a partir de esta cifra se deberá pagar un 5% de los ingresos generados.

**Documentación:** en la web de Unity se puede consultar el manual de usuario desglosado por cada uno de los módulos con ejemplos de código, ejemplos de uso, y como utilizar las herramientas proporcionadas de forma avanzada. También cuenta con la documentación de la API donde se desglosa toda la interfaz de programación de Unity. La documentación de Unreal es igualmente buena, aunque quizás estructurada de una forma más compleja para manejar y buscar.

**Plataformas Soportadas:** Unity soporta más de 25 plataformas desde dispositivos móviles, plataformas de Realidad Virtual y RA, plataformas de escritorio como Windows, Mac, Facebook y las principales consolas de videojuegos. Por su parte, Unreal soporta alrededor de 18 plataformas, entre las cuales se encuentran las mencionadas para Unity.

**Curva de Aprendizaje:** gracias a su interfaz, sus conceptos y la forma de funcionar, la curva de aprendizaje en Unity es baja-media, siendo quizás un poco más sencillo a la hora de introducirse al uso de la plataforma con respecto a Unreal, ya que este último es famoso por tener una curva de aprendizaje más pronunciada (Erosa García, 2019).

Con respecto al componente de RA (librerías que habilitan la interacción con el mundo real agregando información virtual) se reconocieron dos herramientas específicas según el motor de videojuego elegido. Para Unity corresponde el SDK de Vuforia el cual a la fecha de realización del proyecto es gratuito para desarrollos con fines no comerciales, mientras que para Unreal se tiene el plugin Unreal4AR el cual es un kit de desarrollo de código abierto llamado ARToolKit (OpenSource ARToolkit framework, 2015) .

El análisis de las condiciones anteriores sugirió que la mejor opción para el desarrollo del proyecto era el motor de videojuegos Unity, el cual facilitó el renderizado 2D y 3D, la simulación de las leyes físicas de colisiones, animación, scripting, sonidos etc.

## 2.2 Diseño

El principal objetivo de ARtour es promover las buenas prácticas eco-agroturísticas. De igual modo, se busca aprovechar las múltiples ventajas de la tecnología de RA para presentar los contenidos a los usuarios potenciales. A continuación, se describe la estructura general del recurso educativo, la cual es resumida en la Figura 1.

### 2.2.1 Registro de usuario

En esta sección el usuario crea una cuenta eligiendo un nombre de usuario y una contraseña que son almacenados en una base de datos local y le permitirán navegar a través del recurso. Así mismo, si el usuario ya está registrado, puede acceder a su cuenta digitando su nombre de usuario y contraseña. En esta sección los usuarios registrados pueden retomar los datos previamente guardados, con la cual no es necesario comenzar la experiencia desde el principio cada vez que se ingresa a la aplicación.

### 2.2.2 Escena de bienvenida

Cuando el usuario ingresa a la aplicación, aparece una escena de bienvenida en la cual se presenta el objetivo principal del recurso, algunos conceptos sobre la acuaponía, y una frase motivadora que invita al usuario a continuar con la experiencia de aprendizaje.

### 2.2.3 Selección de tipo de experiencia

Finalizada la bienvenida al usuario, éste puede seleccionar dos tipos de experiencias: “Experiencia en casa” y “Experiencia en el campo”. Si el usuario elige la Experiencia en casa, el usuario es invitado a dirigirse al sitio web <http://artour.uco.edu.co/>. En dicho sitio el usuario encuentra los distintos marcadores dispuestos para el escenario de aprendizaje y se proporcionan todas las indicaciones necesarias para llevar a cabo la experiencia. Si el usuario elige la Experiencia en el campo, la aplicación le indica que debe apuntar la cámara de su dispositivo hacia los diversos marcadores ubicados en el sistema acuapónico.



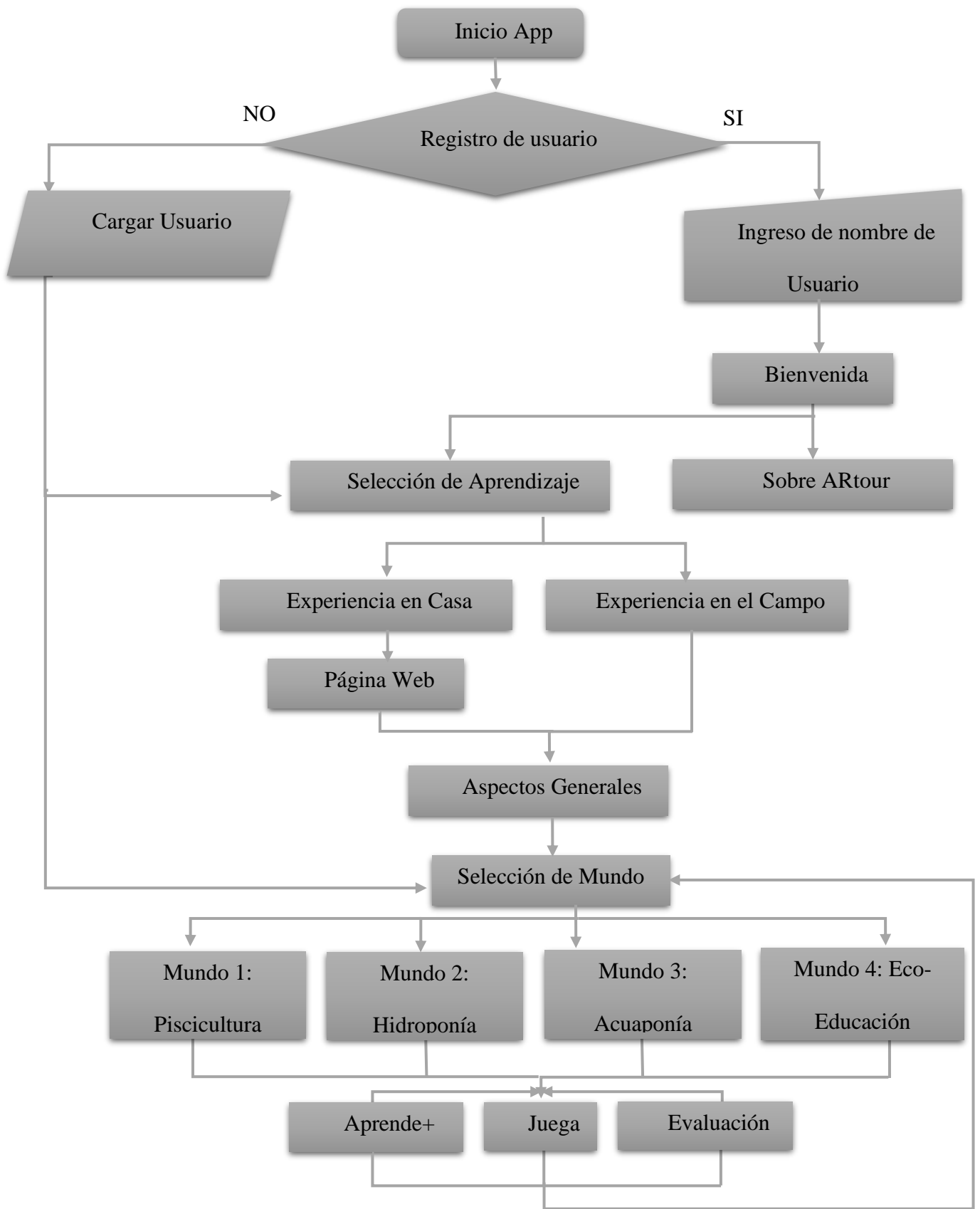


Figura 1. Diagrama de flujo de la aplicación.

## 2.2.4 Escenario de aprendizaje

Tras elegir el tipo de experiencia, el usuario será dirigido a una escena en la cual se le presenta una breve introducción sobre la acuaponía. De igual manera, la escena contiene un menú en el cual se proporcionan las instrucciones de la aplicación, e información adicional acerca del proyecto ARtour como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Menú desplegable en la Escena Bienvenida Acuaponía.

## 2.2.5 Selección de mundo

Posteriormente se presentan los mundos que componen el escenario de aprendizaje. La experiencia cuenta con cuatro mundos en los cuales se explican diversos aspectos de los sistemas acuapónicos. El primer mundo es llamado “Piscicultura”, el segundo “Hidroponía”, el tercero “Acuaponía”, y el cuarto “Eco-Educación”. Por cada uno de estos mundos se cuenta con tres actividades extras (Aprende+, juega, evaluación), las cuales reforzarán en el usuario el contenido visto a través de la experiencia.

Además, el recurso educativo cuenta con una sección de “Ayuda” que permite al usuario identificar algunos elementos para el uso adecuado de la aplicación. Dicha ayuda se presenta en forma

de menú desplegable y está presente en cada una de las escenas de RA. Este menú cuenta con las secciones de Generalidades, Objetivos, Navegación, y ARtour. En la sección de Generalidades se explica a grandes rasgos el contenido educativo sobre el que tratará la aplicación y especifica los ejes temáticos a tratar en la experiencia de aprendizaje seleccionada. En la sección de Objetivos se trazan los propósitos educativos del recurso. La sección de Navegación es quizás la de mayor utilidad para usuarios que inician la aplicación por primera vez, o simplemente para aquellos que no conocen los diferentes escenarios de interacción disponibles en la aplicación, ya que brinda el soporte acerca de los objetos que permiten interactuar dentro de cada escena de RA, o las respectivas secciones de Juego y Evaluación junto con la funcionalidad de cada uno de ellos a lo largo de la aplicación. En la sección de navegación se encuentra de manera detalla la funcionalidad de cada uno de los botones y finalmente, la sección de ARtour se refiere a una descripción del personaje de características humanoides (Figura 3), el cual junto con el usuario son los personajes principales de la experiencia.



Figura 3. Menú desplegable ARtour.

## 2.2.6 Estructura general de las escenas de RA

El recurso cuenta con una estructura general para todas las escenas de RA que se ha denominado como “Mundos” y se describe a continuación. Una vez seleccionado el escenario de aprendizaje deseado, el usuario observará en pantalla la activación de la cámara y un mensaje indicándole apuntar a un marcador en específico. Adicionalmente, se encuentran 2 botones denominados modo día y modo noche, tal como se observa en la Figura 4, los cuales activan y desactivan el flash del Teléfono Inteligente. Dicha función tiene el fin de facilitar el reconocimiento del marcador encargado de presentar los elementos virtuales, ante las diversas condiciones de luminosidad en las que se encuentre el usuario.



Figura 4. Despliegue de Cámara de Realidad Aumentada.

La Figura 5 presenta una escena aumentada en el mundo de Hidroponía. Los componentes de RA sobresalen de la aplicación y pueden incluir múltiples escenas de aprendizaje. El usuario puede interactuar con dichos elementos aprendiendo a su propio ritmo, pues es él mismo quien controla cuando se ha apropiado de la información presentada. Al final de cada escenario el usuario encontrará un botón “Continuar” que le permitirá profundizar los conocimientos en la temática, y desplegará una nueva

escena de RA que podrá activar con las instrucciones mencionadas anteriormente, o bien si el usuario desea cambiar de escenario o modalidad de aprendizaje, lo puede realizar a través de los botones presentes en el menú desplegable.



Figura 5. Escena 1 de Realidad Aumentada para la experiencia de Hidroponía.

Un ejemplo de ello podría ser que el usuario ingrese a la modalidad de juegos en el que tendrá la posibilidad de elegir ya sea rompecabezas, crucigrama, o el tradicional juego del ahorcado, cada uno de ellos relacionados con las temáticas seleccionadas tal y como se observa en la Figura 6.



Figura 6. Escenario Juega selección de juego.

En la sección de “Aprende +” (Figura 7) el usuario tiene la posibilidad de manipular a través de un Joystick virtual a ARtour, para realizar las acciones de desplazar, saltar, y colisionar con elementos específicos como un ícono con forma de video y otro en forma de libro, los cuales despliegan contenido adicional del escenario.



Figura 7. Sección Aprende + Escenario de Hidroponía.

Finalmente, una vez el usuario haya completado las demás experiencias puede ingresar a la sección de Evaluación que se puede observar en la Figura 8. En esta evaluación el usuario pondrá a prueba los conocimientos adquiridos en el mundo correspondiente, obteniendo una calificación que será simbólica y permitirá al usuario reforzar las falencias sobre la temática. Cabe resaltar que todas las secciones y acciones que puede realizar el usuario son comunes a los mundos Piscicultura, Acuaponía, Hidroponía, y Eco-educación descritos con anterioridad.

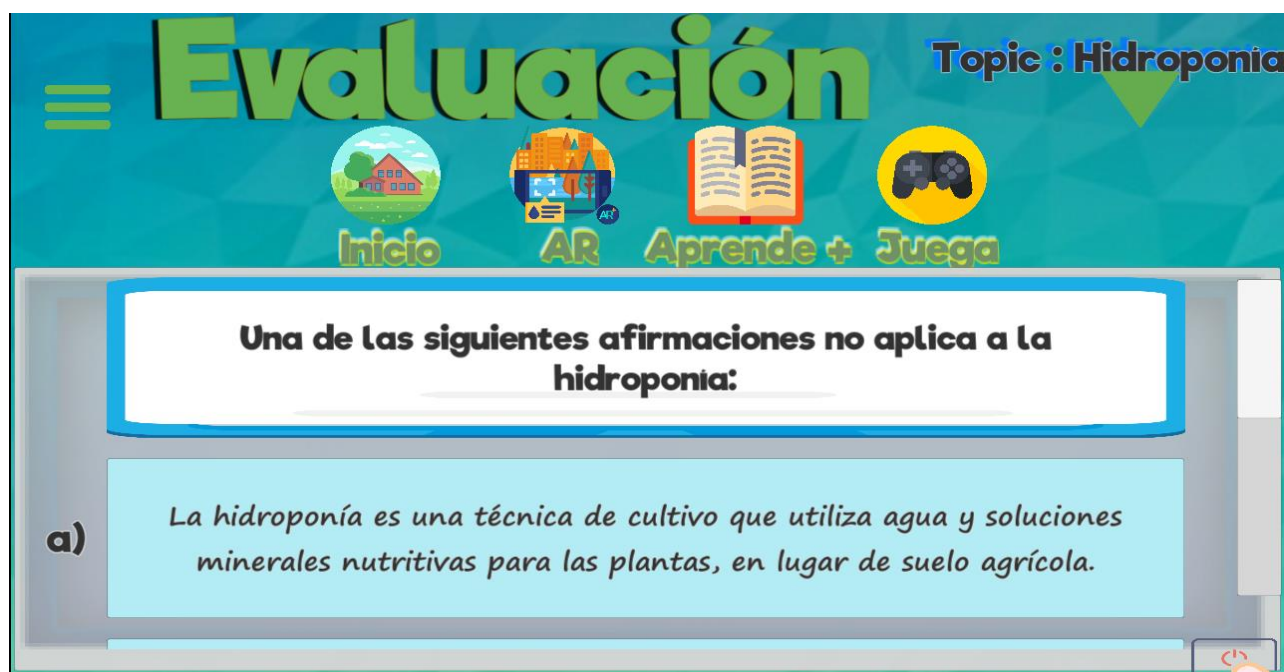


Figura 8. Sección Evaluación Temática Hidroponía.

### 2.3 Desarrollo

Para el desarrollo del recurso digital se usaron básicamente 3 herramientas, las cuales se describen a continuación.

### 2.3.1 Unity

Se usó Unity 3D en su versión 2017.4.2.f2 como motor de desarrollo. La Figura 9 presenta una sección de trabajo en el motor de desarrollo Unity 3D.

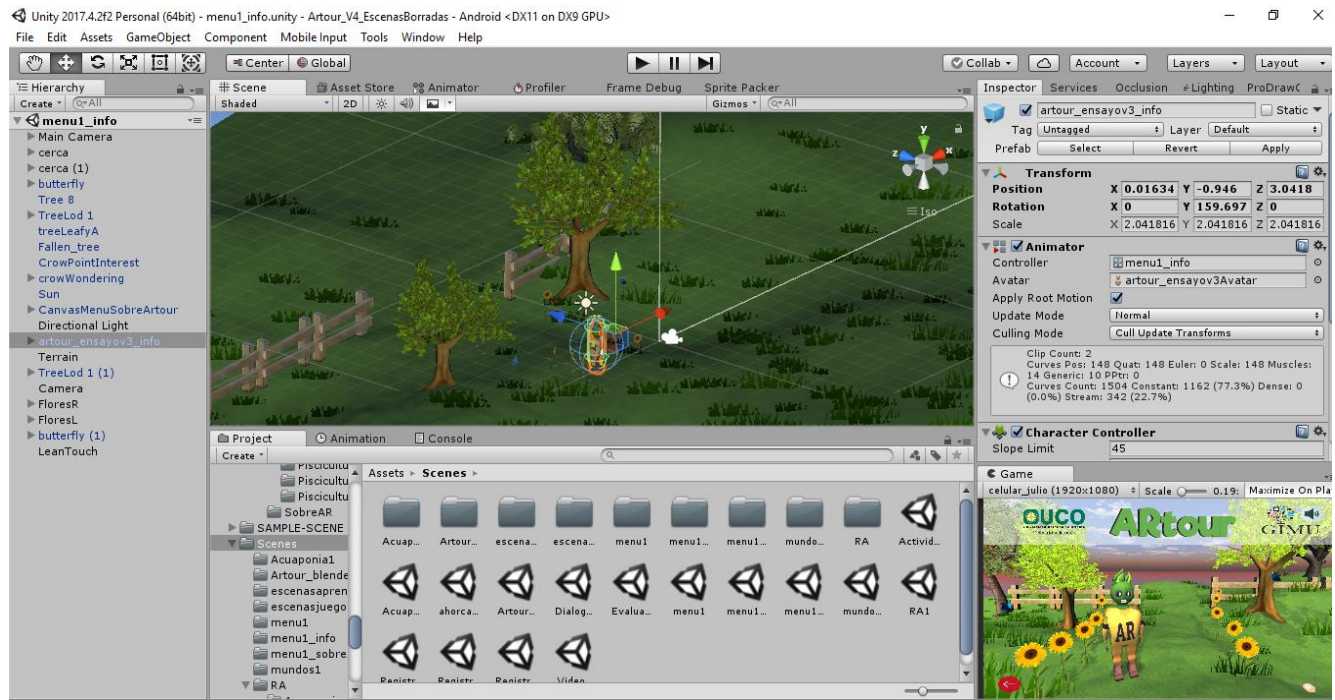


Figura 9. Unity como motor de desarrollo.

Con Unity se crearon los escenarios que fueron utilizados alrededor de la experiencia, tal y como se presenta Figura 9; en la pestaña jerarquía se encuentran los objetos que componen la escena, adicionalmente en la parte superior derecha en la pestaña inspector se puede visualizar las propiedades o atributos que posee cada objeto, las cuales varían de acuerdo a la clase.

De igual manera, para las escenas de RA se utilizó Vuforia en su versión 2017.4.2.f2, la cual hizo posible el reconocimiento del marcador y por ende mostrar el contenido deseado.

Para la codificación, Unity cuenta con el soporte de los entornos de desarrollo MonoDevelop y VisualStudio. Para el presente caso, el entorno de desarrollo seleccionado fue VisualStudio 2017, con el cual se realizó la programación de los scripts de control de animaciones de ARtour, colisiones, conexión con la base de datos, registro de usuario, entre otros.





Figura 10. Reconocimiento del marcador por parte de Vuforia.

### 2.3.2 Blender

Fue utilizado para el modelado 3D del personaje y de las texturas y las animaciones necesarias para cada escena. Se utilizó la versión 2.79 debido a su curva de aprendizaje baja, el bajo peso de los archivos modelados, y la velocidad de desarrollo de los modelos que a través de esta herramienta es relativamente baja. Las Figuras 11 y 12 presentan secciones de trabajo en el programa informático Blender.



Figura 111. Modelado 3D de ARtour.



Figura 122. Animación ARtour.

Para el desarrollo de la animación del personaje principal en Blender tal y como se observa en las Figuras 11 y 12, el modelado orgánico del objeto (modelado de personajes humanoides) se recomienda estar en su fase final es decir, colores, texturas y detalles finales aplicados al personaje, seguidamente se agrega una armadura o huesos al modelo y se enlazan cada uno de estos a las partes específicas a las que se quiere dar movimiento para finalmente se crear fotogramas donde se modifican las posiciones del personaje, generando la sensación de movimiento.

### 2.3.3 InkScape

El editor de gráficos vectoriales Inkscape fue usado para realizar los primeros bocetos en 2D del personaje principal, por otro lado el uso de esta herramienta fue fundamental al inicio del proyecto ya que las primeras versiones de la aplicación eran exclusivamente en 2D a excepción de algunas escenas de RA, sin embargo las versiones posteriores hicieron que los elementos 3D predominaran y el componente 2D fue pasando a segundo plano; siendo utilizado para cualquier material 2D requerido en la aplicación. La Figura 13 presenta una imagen del primer prototipo de la aplicación, la cual fue desarrollada en el editor InkScape.

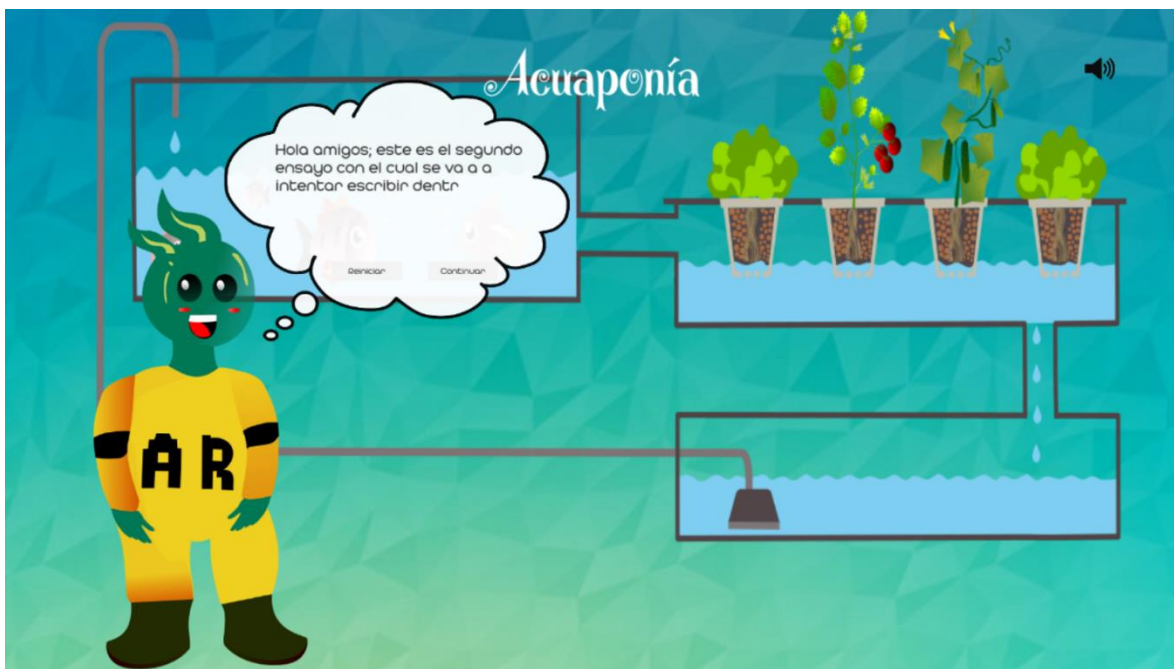


Figura 13. Primeras versiones de la Aplicación en contenido 2D desarrollado en Inkscape.

## 3 Implementación y Evaluación

Para validar el funcionamiento del recurso educativo se realizó una prueba preliminar con 5 personas, las cuales de manera voluntaria aceptaron colaborar en el proceso con el único beneficio de la adquisición de conocimiento. El nivel de escolaridad de las personas que evaluaron la aplicación

corresponde a tres estudiantes de bachillerato, un tecnólogo y un universitario. La diversidad académica de la población seleccionada es ideal, ya que poseen más afinidad con las tecnologías de la información, y pueden explorar más a fondo los contenidos del recurso digital. Así pues, las opiniones entregadas por cada uno de estos evaluadores pueden ser de gran relevancia al momento de realizar modificaciones futuras.

La aplicación cuenta con dos tipos de experiencia, Experiencia en casa y Experiencia en campo (desplazamiento a los sistemas acuapónicos implementados en la vida real). El proceso de validación se llevó a cabo en la experiencia en casa por motivos de comodidad en la logística ya que en esta modalidad los usuarios pueden acceder en todo momento a la aplicación sin la necesidad de desplazarse hasta un sistema acuapónico real.

El proceso de validación se llevó a cabo de la siguiente manera. Los evaluadores (usuarios) fueron reunidos en un aula adecuada con los elementos necesarios, con el fin de brindarles información relevante del proceso y una breve capacitación sobre el uso de la aplicación. Posteriormente, cada usuario fue dotado con un teléfono inteligente en el cual se había descargado previamente la aplicación. Los usuarios procedieron a crear una cuenta con el fin de tener control de la experiencia, el progreso de la exploración, entre otros. Adicionalmente se les informó sobre la importancia de hacer uso de las ayudas audiovisuales, las cuales contienen información acerca del uso de la aplicación. Por otro lado, se hizo énfasis en que, al ser una aplicación de RA, el contenido de algunas escenas solo será desplegado una vez que sea enfocado un marcador específico (imagen o elemento disparador del contenido) con la cámara del dispositivo.

Cada usuario exploró de manera independiente el recurso educativo por un intervalo aproximado de 1.5 horas. Durante el proceso, dos supervisores del proceso observaban la interacción de los usuarios con el recurso y estaban prestos a resolver cualquier inquietud. Una vez finalizado el proceso de

exploración de los contenidos de la aplicación, a cada uno se les hizo entrega del instrumento LORI (Learning Object Review Instrument), para realizar la evaluación del recurso. El formato se divide en dos secciones: contenido disciplinar y diseño. La Tabla 1 presenta los resultados promedio de la valoración de cada ítem por parte de los evaluadores.

Tabla 1. Valoración de ARtour a través de la herramienta LORI.

ÍTEM	VALORACIÓN
<b>Contenido Disciplinar</b>	
Calidad de los contenidos	4.8
Adecuación	4.4
Motivación	4.2
<b>Diseño</b>	
Diseño y presentación	4.6
Usabilidad e interacción	3.4
Accesibilidad	4.0
Reusabilidad	4.6
TOTAL	4.3

### **Contenido Disciplinar**

La calificación promedio que los usuarios dieron a esta sección fue de 4.5. El 60% de los usuarios encuentra que la interfaz es llamativa y no presentan comentarios de mejora, el 40% restante, manifiesta que, el proceso de espera de ciertas escenas se vuelve molesto, lo que en ocasiones lleva a la desmotivación.

### **Diseño**

La calificación obtenida en esta sección fue de 4.1. El 100% de los usuarios reportaron lentitud en la aplicación, adicionalmente, el 20% reportó el cierre inesperado de la aplicación, lo cual se debe a la falta de memoria del teléfono inteligente provisto. El 40% de los encuestados opinaron que falta por mejorar la accesibilidad para las personas discapacitadas.

La calificación total de la aplicación arroja como resultado que el 80% de los usuarios manifestaron que los contenidos mostrados están diseñados acorde a la temática presentada. Lo que más les agradó de la aplicación fue las escenas de RA, en especial la experiencia de Aprende+, el hecho de poder visualizar contenido que un momento no estaba, les parece algo muy novedoso.

## 4 Discusión y Conclusiones

Como se puede observar en la Tabla 1 la calificación total de la aplicación fue de 4.3, lo que corresponde a una valoración alta en la escala de LORI. Los aspectos mejor calificados fueron, *Calidad de los contenidos, reusabilidad, Diseño y Presentación* los cuales indican que el diseño realizado para presentar la herramienta fue acertado, lo cual se convierte en un factor motivante para los estudiantes tal como propone Akçayır & Akçayır (2017). Por otro lado, la valoración más baja que se obtuvo fue en *Usabilidad e interacción* con una nota de 3.4. Esta nota baja se debe a que la aplicación en muchas de las escenas se torna lenta, debido al compromiso visual que se requería en la aplicación, en donde se sacrificó rendimiento a cambio de apariencia. Se propone trabajar en este aspecto en futuras versiones de la aplicación para mejorar el rendimiento sin perder el atractivo visual de la misma.

Los resultados positivos de la evaluación del recurso parecen indicar que la tecnología de RA puede convertirse en una herramienta poderosa para fomentar el interés en las personas por el cuidado del medio ambiente.

### 4.1 Limitaciones y Trabajos Futuros

Con la finalidad de desarrollar una aplicación que fuese llamativa para el usuario, se utilizaron gráficos en alta definición con alto contenido de polígonos 3D y texturas en alta calidad, se recomienda el uso de un teléfono inteligente de gama alta para una mejor experiencia.

Un aspecto para tener en cuenta es que existe contenido adicional, el cual será descargado solo si el dispositivo cuenta con conexión a Internet. Otra limitante es que el dispositivo debe contar con el

almacenamiento suficiente para guardar el contenido descargado (conexión a Internet y almacenamiento en memoria al menos una vez).

Como recomendaciones para trabajos futuros, se sugiere limitar la cantidad de polígonos de los objetos en 3D, con estrategias de optimización las cuales deben iniciar desde el modelado. Además si se desea reducir el tamaño de la aplicación y la cantidad de texturas o gráficos, se recomienda usar una textura Atlas, la cual es una imagen que posee un conjunto de imágenes más pequeñas.

Dado que el recurso educativo tuvo buena acogida se recomienda ampliar las temáticas de aprendizaje siendo apropiado temas como agricultura urbana, horticultura, entre otros, ya que se demostró que el uso de la RA relacionado a temas ambientales puede llegar a ser más atractivo y cause mayor impacto que métodos tradicionales.

## 5 Referencias

Adame, S. (2013). Instrumento para evaluar Recursos Educativos Digitales, LORI - AD. *Revista CERTUS*, 4(12), 56–67. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4020.0164>

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>

Azuma, T. R. (1997). Survey of Augmented Reality. *Presence :Volume 6, N°4*, 6(4), 355–385.

Blázquez, A. (2017). Realidad Aumentada en la Educación. *The British Journal of Psychiatry*, 112(483), 211–212. <https://doi.org/10.1192/bjp.112.483.211-a>

Caro-Martínez, M., Hernando-Hernández, D., & Jiménez-Díaz, G. (2015). RACMA o cómo dar vida a un mapa mudo en el Museo de América. *CEUR Workshop Proceedings*, 1394(January), 80–89.

Cascales, A., Laguna, I., Pérez-López, D., Perona, P., & Contero, M. (2013). An experience on natural

sciences augmented reality contents for preschoolers. *Lecture Notes in Computer Science* (Including Subseries *Lecture Notes in Artificial Intelligence* and *Lecture Notes in Bioinformatics*), 8022 LNCS(PART 2), 103–112. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-39420-1-12>

Editya, A. S. (2017). Real Time Augmented Reality Monitoring System Pada Media Tanam Hidroponik Berbasis Wireless Sensor Network Untuk Smart Agriculture, 71. Retrieved from <http://repository.its.ac.id/2062/>

Erosa García, D. (2019). Cuáles son las ventajas y diferencias entre Unity, Unreal Engine y Godot. Retrieved August 7, 2019, from <https://openwebinars.net/blog/ventajas-diferencias-unity-unreal-engine-godot/>

Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23(4), 447-459. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>

Huang, T. C., Chen, C. C., & Chou, Y. W. (2016). Animating eco-education: To see, feel, and discover in an augmented reality-based experiential learning environment. *Computers and Education*, 96, 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.008>

McGehee, N. G., & Kim, K. (2004). Motivation for agri-tourism entrepreneurship. *Journal of Travel Research*, 43(2), 161–170. <https://doi.org/10.1177/0047287504268245>

Nigam, A., Kabra, P., & Doke, P. (2011). Augmented Reality in agriculture. *International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications*, 445–448. <https://doi.org/10.1109/WiMOB.2011.6085361>

OpenSource ARToolkit framework. (2015). UNREAL4AR Augmented Reality plugin for Unreal Engine 4. Retrieved September 12, 2019, from <http://ar.uplugins.com>



Preston Caudell, T. (2014). Entrevista a Thomas Preston Caudell. *Comunicación y Pedagogía Monográfico Realidad Aumentada*, 277–278, 82–84. Retrieved from <https://es.calameo.com/read/003500657724f3dd104d9>

Tamayo, J. (2015). El 86,6% de los colombianos usan Android y solo el 7,9% usa iOS. Retrieved August 7, 2019, from <https://www.xataka.com.co/investigacion/el-86-6-de-los-colombianos-usan-android-y-solo-el-7-9-usa-ios>

Tarng, W., Ou, K. L., Yu, C. S., Liou, F. L., & Liou, H. H. (2015). Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Virtual Reality*, 19(3–4), 253–266. <https://doi.org/10.1007/s10055-015-0265-5>