



# Realidad aumentada para la educación ambiental. Innovación tecnológica para la enseñanza de la biodiversidad y la conservación en La Dorada, Caldas

- Augmented Reality for Environmental Education: Innovating Biodiversity and Conservation Teaching in La Dorada, Caldas
- Realidade aumentada para educação ambiental. Inovação tecnológica para o ensino da biodiversidade e conservação em La Dorada, Caldas

## Forma de citar este artículo

Guzmán-Ruiz, C. A., Useche-Toledo, S. y Urueña-Berón, J. C. (2026). Realidad aumentada para la educación ambiental. Innovación tecnológica para la enseñanza de la biodiversidad y la conservación en La Dorada, Caldas. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (59), 354 - 372, <https://doi.org/10.17227/ted.num59-22591>

## Resumen

En respuesta al deterioro ambiental y la creciente desconexión entre las nuevas generaciones y su entorno natural, este trabajo propone el desarrollo de una aplicación educativa basada en Realidad Aumentada (RA) que promueva la educación ambiental y la identidad cultural y territorial en La Dorada, Caldas, a través del reconocimiento de la biodiversidad local y su relevancia ecológica, cultural y económica desde contextos educativos diversos. La metodología incluyó el levantamiento de información sobre fauna vertebrada local mediante entrevistas semiestructuradas a los habitantes del municipio, el diseño gráfico de elementos visuales 2D y 3D, la implementación técnica de software y componentes como Unity y ARCore para crear una experiencia inmersiva accesible a través de dispositivos Android, y el uso del lenguaje C# para programar las funcionalidades del aplicativo. Entre los resultados se destaca una experiencia

Carlos Alberto Guzmán-Ruiz\*    
Santiago Useche-Toledo\*\*    
Juan Camilo Urueña-Berón\*\*\*  

\* Biólogo. Investigador SENNOVA-SENA, Tunja, Colombia. Centro Pecuario y Agroempresarial, La Dorada (Caldas, Colombia). [caguzman@sena.edu.co](mailto:caguzman@sena.edu.co)

\*\* Tecnólogo en Gestión de Recursos Naturales. Investigador junior SENNOVA-SENA, Tunja, Colombia. Centro Pecuario y Agroempresarial, La Dorada (Caldas, Colombia). [suseche@sena.edu.co](mailto:suseche@sena.edu.co)

\*\*\* Biólogo. Investigador SENNOVA-SENA, Tunja, Colombia. Centro Pecuario y Agroempresarial, La Dorada (Caldas, Colombia). [juruena@sena.edu.co](mailto:juruena@sena.edu.co)

Reporte de caso educativo

Fecha de recepción: 16/12/2024  
Fecha de aprobación: 03/09/2025  
Fecha de publicación: 01/01/2026



interactiva que combina información científica y cultural, promoviendo el aprendizaje significativo sobre usos tradicionales, los servicios ecosistémicos y los estados de conservación de las especies de fauna silvestre local. La aplicación basada en RA resulta ser una herramienta educativa eficaz para sensibilizar a la comunidad sobre la relevancia de la biodiversidad y estimular actitudes positivas relacionadas con su conservación, ofreciendo un modelo replicable para otras regiones.

Palabras clave

fauna; tecnología educacional; aprendizaje activo; servicios ecosistémicos; identidad cultural; educación para el desarrollo sostenible

### Abstract

In response to environmental degradation and the growing disconnection between younger generations and their natural surroundings, this study proposes the development of an educational application utilizing augmented reality (AR) to promote environmental education and foster cultural and territorial identity in La Dorada, Caldas. The application aims to achieve this by showcasing local biodiversity and emphasizing its ecological, cultural, and economic significance across diverse educational contexts. The methodology involved gathering information on local vertebrate fauna through semi-structured interviews with municipal residents, designing 2D and 3D visual elements, and implementing software using tools such as Unity and ARCore to create an immersive experience accessible via Android devices. The application's functionalities were programmed using the C# language. Key results include an interactive experience that integrates scientific and cultural information, facilitating meaningful learning about traditional uses, ecosystem services, and the conservation status of local wildlife species. The AR-based application proves to be an effective educational tool for raising community awareness about biodiversity's importance and fostering positive attitudes toward its conservation, offering a model that can be replicated in other regions.

Keywords

fauna; educational technology; active learning; ecosystem services; cultural identity; education for sustainable development

### Resumo

Em resposta à deterioração ambiental e à crescente desconexão entre as novas gerações e seu ambiente natural, este trabalho propõe o desenvolvimento de uma aplicação educacional baseada em realidade aumentada (RA) que promove a educação ambiental e fortalece a identidade cultural e territorial em La Dorada, Caldas. A proposta se baseia no reconhecimento da biodiversidade local e na valorização de sua relevância ecológica, cultural e econômica em diversos contextos educacionais. A metodologia incluiu a coleta de informações sobre a fauna vertebrada local por meio de entrevistas semiestruturadas com os moradores do município, o design gráfico de elementos visuais 2D e 3D, a implementação técnica de softwares e componentes como Unity e ARCore para criar uma experiência imersiva acessível em dispositivos Android, além do uso da linguagem C# para programar as funcionalidades do aplicativo. Os resultados apresentam uma experiência interativa que combina informações científicas e culturais, promovendo um aprendizado significativo sobre usos tradicionais, serviços ecossistêmicos e o estado de conservação das espécies selvagens locais. O aplicativo baseado em RA demonstra ser uma ferramenta educacional eficaz para conscientizar a comunidade sobre a importância da biodiversidade, estimulando atitudes positivas relacionadas à sua conservação e oferecendo um modelo replicável para outras regiões.

Palavras-chave

fauna; tecnologia educacional; aprendizagem ativa; serviços ecossistêmicos; identidade cultural; educação para o desenvolvimento sustentável

## Introducción

En el actual contexto de creciente deterioro ambiental, la educación se convierte en un pilar esencial para generar conciencia sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad (Santos *et al.*, 2022). En la región de La Dorada, Caldas, la fauna local representa un patrimonio natural invaluable. No solo cumple una función ecológica crucial en los ecosistemas, sino que también brinda servicios ecosistémicos como la regulación del clima, la polinización y el control biológico (Lobo-Valverde, 2019). Además, muchas de estas especies poseen usos tradicionales que forman parte del conocimiento cultural transmitido entre generaciones en la comunidad doradense. Sin embargo, la desconexión entre las nuevas generaciones y su entorno natural plantea un reto para la conservación de estos recursos (Nahuat *et al.*, 2021; Gómez *et al.*, 2023).

En este sentido, el uso de tecnologías emergentes como la realidad aumentada (RA) se presenta como una oportunidad innovadora para fortalecer la educación ambiental y transformar el aprendizaje, haciéndolo más accesible, interactivo y efectivo. La RA permite superponer información digital interactiva sobre el entorno físico, enriqueciendo la experiencia de los usuarios y facilitando la comprensión de conceptos complejos de ecología y biodiversidad (Azuma, 1997; Radu, 2014). Mediante esta tecnología, los habitantes de La Dorada pueden explorar de forma inmersiva el mundo natural, visualizar en tiempo real especies animales locales, conocer sus interacciones ecológicas y los servicios que prestan al ecosistema. La integración de RA en procesos educativos fomenta un aprendizaje significativo, estimulando tanto la curiosidad como el compromiso con la conservación ambiental (Carrizo *et al.*, 2022).

Una aplicación educativa basada en RA puede enfocarse en la enseñanza de la biodiversidad local, abordando especies características de la región y resaltando su importancia ecológica. Mediante dispositivos móviles, los usuarios pueden explorar en detalle la fauna de su entorno y comprender las complejas interrelaciones que sustentan el ecosistema regional. En este sentido, los peces de los ríos y quebradas representan un componente fundamental que trasciende su valor ecológico como reguladores de sistemas acuáticos, pues constituyen también un pilar para la subsistencia y la cultura local (Córdoba, 2015; Jiménez-Segura y Lasso, 2020). De manera complementaria, las aves, tanto residentes como migratorias, desempeñan funciones ecosistémicas esenciales en la dispersión de semillas y el control de plagas, estableciendo conexiones vitales entre diferentes hábitats; paralelamente, reptiles y anfibios contribuyen al delicado equilibrio de las redes tróficas mediante el control de poblaciones de insectos (Cortéz-Gómez *et al.*, 2015; Gaston, 2022). Los mamíferos, por su parte, ejercen una influencia determinante en la estructura de los hábitats a través de sus diversas interacciones con la vegetación y otros componentes de la fauna (Lacher *et al.*, 2019). Esta experiencia inmersiva no solo permitiría a los usuarios apreciar la riqueza de la biodiversidad local, sino también visibilizar las amenazas que enfrentan estas especies, como la deforestación y la contaminación, fomentando así una actitud más consciente y responsable hacia la conservación del patrimonio natural.

Además de promover el conocimiento ecológico, la aplicación puede incluir aspectos culturales relacionados con los usos tradicionales de la fauna, integrando historias y saberes locales. Esta perspectiva holística permite conectar los aprendizajes ambientales con las dinámicas socioculturales de la

comunidad (Ibarra-Vázquez *et al.*, 2024; Velarde-Camaqui *et al.*, 2024), reforzando la identidad doradense y motivando acciones colectivas a favor de la conservación.

El impacto potencial de esta herramienta se extiende más allá del ámbito educativo, pues al facilitar la sensibilización de la comunidad sobre los beneficios que ofrece la fauna local, se fortalece la corresponsabilidad en la protección del ambiente. A largo plazo, este tipo de educación ambiental basada en RA puede contribuir al cambio de actitudes y prácticas que favorezcan la sostenibilidad de los recursos naturales en La Dorada (Álvarez y Vega, 2009).

En este contexto, el propósito central de la investigación es diseñar y desarrollar una aplicación educativa de realidad aumentada que permita a los habitantes de La Dorada, Caldas, explorar de manera inmersiva la biodiversidad local. Esta herramienta busca integrar de forma articulada el conocimiento ecológico, los servicios ecosistémicos y los usos tradicionales de la fauna mediante un entorno interactivo que combine información científica con saberes culturales. De este modo, la propuesta no solo pretende enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, sino también fortalecer la identidad territorial y cultural de la comunidad. A largo plazo, se espera que la aplicación contribuya a la formación de ciudadanos más conscientes y corresponsables con la conservación del patrimonio natural, ofreciendo además un modelo replicable para otros contextos educativos y sociales que enfrentan desafíos similares en materia de sostenibilidad ambiental (Carrizo *et al.*, 2022; Michel-Acosta y Chaljub-Hasbún, 2023).

## Metodología

### Levantamiento de información biológica y cultural

El desarrollo de la aplicación de RA comenzó con la indagación sobre la fauna silvestre que integra la biodiversidad del municipio, centrada en cinco grupos focales: peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Para tal fin, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas, complementadas con imágenes e ilustraciones de fauna empleadas como estímulos visuales; esto permitió identificar y validar las especies referidas en las entrevistas (Albuquerque *et al.*, 2014; Costa-Neto *et al.*, 2009). Asimismo, se compararon las especies identificadas con listas de especies potenciales para el municipio de La Dorada, lo que garantizó registros más precisos.

Las entrevistas se realizaron a personas mayores de treinta años y con un mínimo de cinco años de residencia permanente en el municipio. Tras identificar líderes comunitarios, se utilizó un muestreo no probabilístico de tipo *bola de nieve* (Patton, 2015) para seleccionar a los entrevistados. Los líderes facilitaron la conexión y la relación con los pobladores de La Dorada, lo que, a su

vez, posibilitó una recolección de datos más extensa y precisa (García-Flores *et al.*, 2021; Gómez *et al.*, 2023). Antes de cada entrevista, se informó a los participantes sobre los objetivos de la investigación y se garantizó la confidencialidad de sus respuestas, manteniendo el carácter anónimo del entrevistado. Asimismo, se solicitó consentimiento informado siguiendo las directrices éticas de la International Society of Ethnobiology (2006).

Las entrevistas se estructuraron en dos partes. La primera se centró en describir la situación socioeconómica del entrevistado, recolectando información fundamental para comprender su contexto de vida. Se registraron datos personales como la edad, el nombre, el género, el sitio de nacimiento y la procedencia étnica (campesina, indígena, afrocolombiana u otra). Asimismo, se indagó si residía en zona rural, periurbana o urbana, su nivel educativo y su principal actividad económica. La segunda parte, mediante preguntas abiertas, se centró en examinar el conocimiento de los entrevistados sobre las especies silvestres locales y su relación con estas (relaciones etnobiológicas); se preguntó qué animales conocen en la zona, los modos de interacción humano-animal y sus percepciones hacia ellos.

Adicionalmente, para fundamentar teóricamente el trabajo y abordar aspectos de la biología y ecología de la fauna registrada, se realizó una revisión bibliográfica sistemática entre 2010 y 2024 en bases de datos como Scopus, ScienceDirect, Google Scholar, SciELO y Redalyc, complementada con literatura gris del Instituto Humboldt, el SiB-Colombia, The IUCN Red List of Threatened Species, entre otros. Los criterios de inclusión consideraron la pertinencia temática, el respaldo académico y la actualidad de las fuentes.

## Diseño y desarrollo del aplicativo en RA

Seguidamente, mediante los softwares Adobe Illustrator versión 23.0.5 y Adobe Photoshop CC versión 20.0.4 (Adobe Inc., 2019a, 2019b), se procedió a crear los elementos gráficos que conformarían la interfaz visual y el contenido interactivo de la aplicación de RA.

Para el desarrollo del aplicativo se empleó el motor de desarrollo de videojuegos y contenido 3D interactivo Unity, versión 2021.3.39 (Unity Software Inc., 2024). Unity proporciona una interfaz de programación de aplicaciones (API) robusta, un sistema de desarrollo flexible y la capacidad de crear experiencias inmersivas de alta calidad. Es compatible con múltiples plataformas, entre ellas Android, lo cual permite una amplia distribución de la aplicación. Asimismo, ofrece herramientas para la integración de RA debido a su compatibilidad con bibliotecas como ARCore y un motor gráfico potente que facilita la incorporación de elementos detallados, efectos de luz, sombras y texturas, mejorando la experiencia visual y logrando una inmersión más profunda (Cañellas, 2015).

Unity cuenta además con una amplia comunidad de desarrolladores y abundante documentación, lo que agiliza el proceso de desarrollo y la resolución de problemas. La Unity Asset Store ofrece una gran variedad de activos —desde modelos 3D hasta scripts y paquetes de RA— que aceleran el desarrollo. Su interfaz amigable y estructura intuitiva permiten realizar ajustes de manera eficiente. Del mismo modo, Unity posibilita simular entornos de RA y probar la aplicación en tiempo real, facilitando la detección y resolución de errores antes del lanzamiento de la versión final (Cañellas, 2015), lo que contribuye a un desarrollo más eficiente y a la optimización del producto final.

Se integró ARCore (Google LLC, 2024) a Unity como tecnología para desarrollar la experiencia de RA en dispositivos Android, dado que permite crear aplicaciones que combinan elementos virtuales con el entorno real del usuario mediante la cámara y otros sensores del dispositivo. ARCore detecta planos horizontales como mesas y pisos, lo que permite colocar objetos virtuales sobre superficies planas del mundo real; ajusta los objetos virtuales a las condiciones de iluminación del entorno, mejorando su apariencia realista; y rastrea el movimiento mediante la cámara y los sensores del dispositivo para estimar su posición y orientación, lo cual posibilita colocar objetos virtuales de manera estable y coherente en el espacio físico (Malca-Yumi, 2021).

Respecto al lenguaje de programación, C# (C-Sharp) es ampliamente utilizado para desarrollar una amplia variedad de aplicaciones y es el lenguaje principal en Unity para la creación de scripts. Entre sus características principales destacan: 1) organiza el código en *objetos* que representan datos y funcionalidades, lo que facilita su organización y reutilización; 2) hereda características de lenguajes como C++ y Java, pero simplifica diversas tareas e incorpora mecanismos de seguridad de tipos que reducen errores comunes; 3) gracias a la plataforma .NET, el código escrito en C# puede ejecutarse en diferentes sistemas operativos; 4) se utiliza en proyectos de escritorio, aplicaciones web, videojuegos, móviles y servicios en la nube; y 5) su recolector de basura (Garbage Collector) gestiona la memoria de forma automática, liberando recursos cuando ya no se necesitan, lo cual minimiza errores comunes en la gestión de memoria en lenguajes como C++ (Wagner, 2024).

## Resultados

### Caracterización biocultural de la fauna local

Se realizaron 94 entrevistas en la cabecera municipal y en 12 veredas de La Dorada: Guarinocito, Horizontes, La Habana, Doña Juana, Camelias, Brisas, El Japón, Santa Helena, Purnio, Prosocial La Humareda y La Atarraya. Con una ligera predominancia masculina (57 %), los participantes se dividieron equitativamente entre nativos de La Dorada y migrantes de departamentos cercanos como Tolima, Cundinamarca y Boyacá. La población entrevistada se caracterizó por ser mayoritariamente campesina y de residencia rural. Las actividades económicas principales incluyeron labores del hogar, explotación primaria y extractiva, y servicios comerciales, todas estrechamente relacionadas con la pesca, la ganadería y la agricultura, lo que evidencia una economía local basada en el aprovechamiento de recursos naturales y en actividades agropecuarias tradicionales.

Las entrevistas reportaron un total de 57 especies de vertebrados con las que los participantes mantienen interacciones etnobiológicas: 21 peces, 15 aves, 13 mamíferos, 7 reptiles y 1 anfibio. A partir de este listado y de la revisión bibliográfica sistemática, se construyó una matriz de información que incluyó, para cada espe-



cie, su clasificación taxonómica (clase, orden, familia, género, especie y nombre común), datos sobre tamaño, peso, longevidad, tiempo de incubación o gestación, rango de distribución altitudinal y descripción morfológica. Además, se registraron los usos y conocimientos tradicionales asociados a cada especie en La Dorada, su patrón de actividad, hábito estructural, alimentación, función ecológica o servicio ecosistémico, distribución y hábitat. También se consignaron datos curiosos, estado de conservación, nivel de amenaza y las referencias que respaldan esta información.

Por ejemplo, para el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) se registró que es un pez de cuerpo fusiforme y talla mediana, que alcanza hasta 45 cm de longitud, habita aguas dulces entre 0 y 400 m s. n. m., presenta hábitos migratorios reproductivos, se alimenta de detritos y perifiton, y cumple una función ecológica de limpieza y reciclaje de materia orgánica en descomposición en los ecosistemas acuáticos. Localmente se consume como alimento y, en la actualidad, presenta un estado de conservación vulnerable debido a la amenaza de sobrepesca.

Esta información biológica y ecológica fue seleccionada para su consulta desde la aplicación por su interés para pobladores locales y turistas que desean conocer la fauna regional,

así como por su utilidad para la academia en futuras investigaciones de conservación y manejo. Adicionalmente, los conocimientos tradicionales documentados enriquecen el diálogo de saberes y orientan iniciativas de turismo rural y educación ambiental.

## Desarrollo visual y artístico del aplicativo

Se optó por representar las especies mediante dos imágenes bidimensionales: una fotografía in vivo y otra intervenida con efectos artísticos, unidas en una tarjeta 3D. Ambas caras de la tarjeta fueron diseñadas de manera similar, con un marco oscuro y elementos informativos distribuidos uniformemente. El anverso presenta la imagen artística de la especie, acompañada del nombre científico y la familia a la que pertenece. En la esquina superior izquierda se incluyeron las siglas correspondientes al estado de conservación de la especie (iguales para ambas caras). En la parte inferior se registraron datos como el tiempo de gestación y el rango altitudinal. El reverso, con la imagen in vivo, utiliza el nombre común de la especie y muestra información como el tamaño, el peso y la longevidad. En ambas caras se añadieron al final los créditos de las fotografías empleadas (Figura 1a).

### Figura 1.

Elementos gráficos diseñados. a. Caras de la tarjeta 3D: reverso y anverso; b. Fondos y botones de funcionamiento



Fuente: elaboración propia.

Este proceso incluyó la selección cuidadosa de las fotografías más representativas y la edición detallada de las imágenes correspondientes a las 57 especies. Asimismo, se llevó a cabo un diseño meticuloso de las tarjetas, junto con la creación de iconos (para los botones de funcionamiento), fondos y animaciones que facilitaban la interacción del usuario con las tarjetas 3D de fauna virtual (Figura 1b). Cada elemento gráfico fue elaborado con el propósito de garantizar la precisión científica y la calidad estética, optimizándolo para que fuera visualmente atractivo y fácilmente reconocible en el entorno de RA. Una vez completados, todos los componentes fueron integrados y configurados en la aplicación, asegurando su correcta visualización y funcionalidad.

## Desarrollo tecnológico del aplicativo

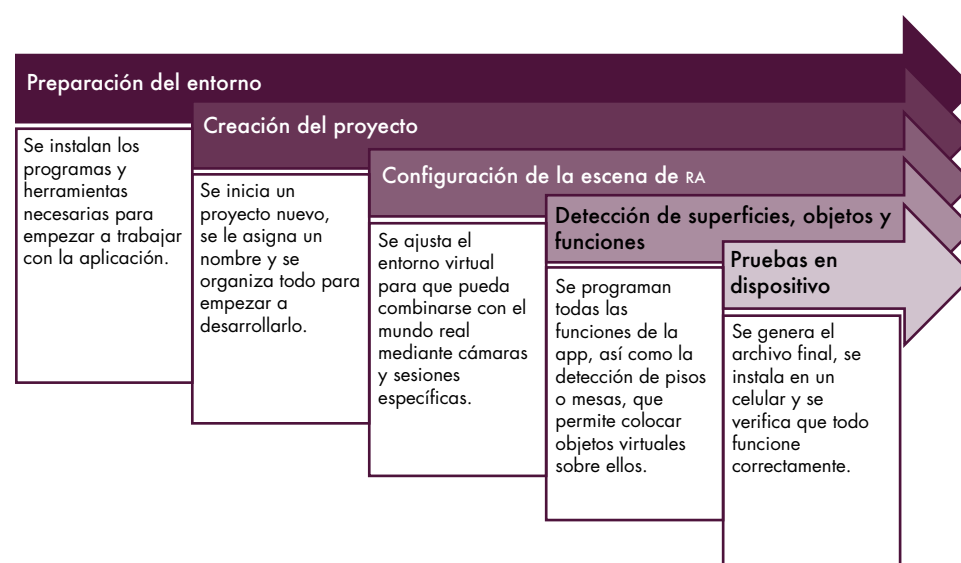
El establecimiento de la aplicación de RA se realizó en las siguientes cinco fases (Figura 2).

### Fase 1. Preparación del entorno de desarrollo

Esta fase consistió en la instalación de todos los softwares y paquetes necesarios para el desarrollo de la aplicación. Se instaló la versión compatible de Unity mediante Unity Hub, que gestiona las diferentes versiones del programa. Se configuró el paquete de ARCore, instalando el ARCore SDK compatible con Unity, y desde el Unity Package Manager se añadieron las librerías necesarias para trabajar con esta tecnología. También se instaló Visual Studio para elaborar los scripts en C#, que se exportaron directamente a Unity.

**Figura 2.**

*Fases para el desarrollo de la aplicación*



Fuente: elaboración propia.



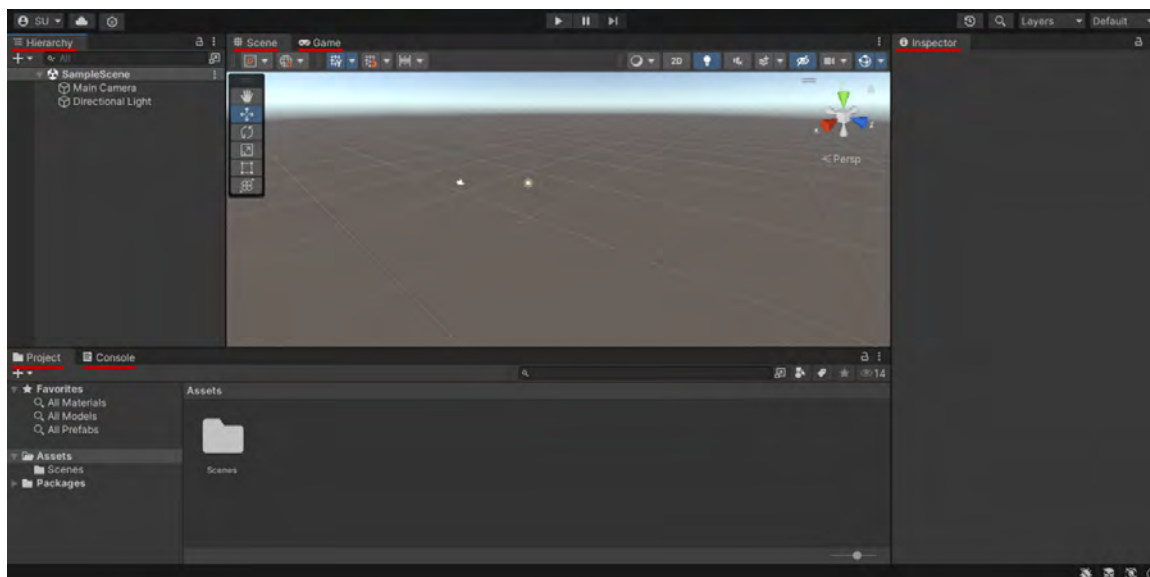
## Fase 2. Creación del proyecto

Se asignó un nombre al proyecto y se creó una carpeta para su almacenamiento. En Unity Hub se seleccionó “Nuevo proyecto” y se eligió la plantilla 3D. Una vez configurados

estos detalles, se inició el proyecto haciendo clic en “Create”. Unity Hub abrió el Editor de Unity con el nuevo proyecto, donde se observan las ventanas “Hierarchy”, “Scene”, “Game”, “Inspector”, “Project” y “Console” (Figura 3).

**Figura 3.**

*Interfaz inicial y ventanas de trabajo de Unity*



**Fuente:** elaboración propia.

## Fase 3. Configuración de la escena para RA

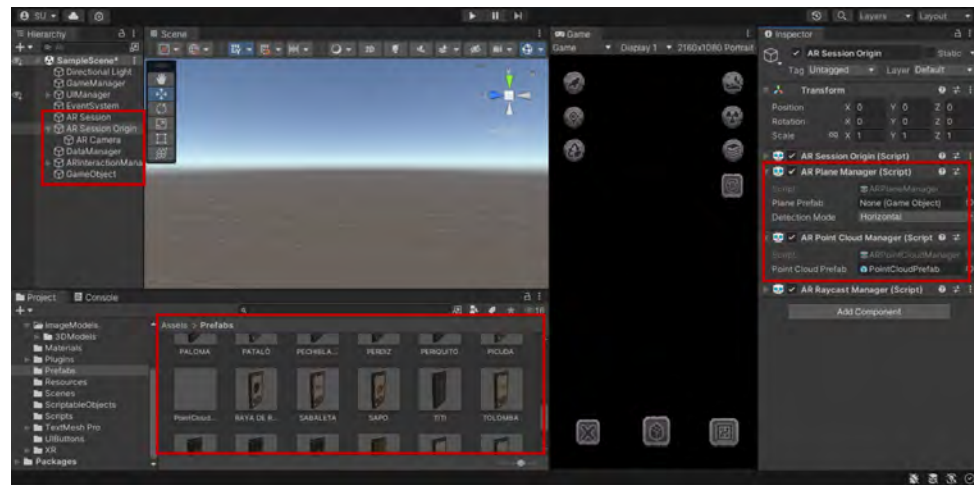
1. Se creó una escena AR; se añadió un objeto vacío llamado “AR Session” y se agregó el componente AR Session para gestionar la sesión de RA, incluido el seguimiento del entorno y la colocación de objetos virtuales en el mundo real (Figura 4).
2. Se creó un objeto llamado “AR Session Origin” y se le agregó el componente AR Session Origin (Figura 4), encargado de controlar el origen, la escala y

la correcta alineación de los objetos virtuales con el espacio físico.

3. Se añadió una cámara de RA, fundamental para este tipo de proyectos, ya que se encarga de capturar el entorno físico y mostrar los elementos virtuales superpuestos en él. Dentro de “AR Session Origin”, se añadió una cámara, que reemplazó a la cámara principal de Unity. Se configuró con la etiqueta MainCamera y se incorporó el componente AR Camera Manager (Figura 4).

**Figura 4.**

Componentes utilizados en Unity para la configuración de escena, la detección de superficies y colocación de objetos virtuales



Fuente: elaboración propia.

#### *Fase 4. Detección de superficies, colocar objetos virtuales y función general de la app*

1. Se añadió el componente de detección de planos: en el objeto “AR Session Origin” se agregó el componente AR Plane Manager para habilitar la detección de superficies planas en el entorno real —como mesas, pisos o paredes— y utilizarlas como referencia para colocar los objetos virtuales. Una vez añadido el AR Plane Manager, se habilitan varias opciones configurables, como *Detection mode*, donde se seleccionó el plano horizontal para detección de superficies planas.

También se incorporó el componente AR Point Cloud Manager, que asigna un *prefab* visual que actúa como marcador, permitiendo a los usuarios observar las áreas donde se han reconocido planos en el entorno (Figura 4).

Para garantizar su funcionamiento adecuado, se verificó que AR Session Origin tuviera configurado correctamente el AR Camera Manager, ya que este componente procesa la información capturada por la cámara del dispositivo.

2. Se crearon los *prefabs* para los objetos 3D (las tarjetas 3D) que se deseaban colocar en el mundo real (Figura 4).
3. Se escribieron seis *scripts*, que funcionan como el motor que permite el funcionamiento total de la aplicación y organizan todos los objetos virtuales que la componen:

- a. Script “GameManager”: se creó para actuar como torre de control de la aplicación; desde allí se ejecutan las funciones del MENU, ITEMS y ARPOSICION. También definió las funciones asignadas a los botones de la pantalla de inicio de la app, y que activan los eventos antes mencionados. Por último, GameManager también definió la función que permite salir y cerrar el aplicativo.
  - b. Script “ARInteractionsManager”: controla la interacción con los objetos 3D, denominados ITEMS. El script definió la posición inicial del ITEM y su lugar de almacenamiento. Agregó funciones *touch* para la manipulación e interacción. Una vez seleccionado el ITEM, a través de un clic sostenido, se puede mover el objeto 3D por el plano del espacio físico que ha detectado previamente la aplicación. Con dos clics sostenidos sobre el objeto se puede girar 360° para observarlo por ambas caras. Por último, permitió aceptar si se quiere cargar el ITEM a la pantalla de inicio de la app o, por el contrario, si se quiere eliminar para cargar un nuevo objeto.
  - c. Script “ITEM”: compiló toda la información asociada a cada objeto 3D (nombre, imagen, descripción, modelo 3D, información biológica, ecológica y usos de cada especie). Este script se replicó para cada uno de los objetos 3D diseñados.
  - d. Script “ItemButtonManager”: definió los objetos 3D dentro del *scroll* de la “caja” o lugar de almacenamiento; separa cada objeto, muestra su información, su nombre y su imagen.
  - e. Script “UIManager”: controla el menú, los ítems y la posición del AR. Además, definió el funcionamiento de los botones informativos asociados a cada uno de los ÍTEMS, así como las ventanas emergentes donde se observa la información sobre biología, ecología y usos de las especies para cada objeto. También definió la función del botón de cerrar las ventanas emergentes y el botón de instrucciones.
  - f. Script “DataManager”: organizó la lógica de la información cargada en los ITEM, separándola para cada botón y asignándola a su correspondiente objeto. Además, permitió la gestión de los *prefabs*, del GameManager y del UIManager.
4. Integración de los scripts a Unity. Esta integración se realizó de manera ordenada y estratégica para asegurar el correcto funcionamiento de la aplicación. A continuación, se detalla cómo se integraron los diferentes scripts:
    - a. Script “GameManager”: se creó un objeto vacío en la escena y se le asignó el script. Este objeto se convirtió en el núcleo de la gestión del flujo general de la aplicación.
    - b. Script “ARInteractionsManager”: se creó un objeto vacío con este script y se configuró con el componente ARCameraManager, necesario para mostrar la realidad aumentada correctamente.
    - c. Script “ITEM”: se cargó en Unity dentro de la carpeta *ScriptableObjects*, lo que permitió crear múltiples ítems con diferentes características gestionados centralmente.

- d. Script “ItemButtonManager”: se asignó al canvas de la interfaz de usuario, permitiendo que los botones interactuaran con los ítems cargados.
- e. Script “UIManager”: nuevamente se creó un objeto vacío al que se le asignó el script. Este objeto referencia todos los elementos UI, garantizando una gestión centralizada y eficiente de la interfaz.
- f. Script “DataManager”: se cargó en un objeto vacío adicional. Este objeto gestiona prefabs, botones e ítems y coordina con *UIManager* e *ItemButtonManager*, centralizando toda la administración de datos.

### *Fase 5. Probar la aplicación en dispositivo*

Finalizado el proceso, se exportó el proyecto obteniendo un archivo en formato .apk, el cual se puede instalar y ejecutar en un dispositivo Android compatible con ARCore. Una vez instalada la aplicación, en su pantalla de inicio se observa el espacio físico real. Desde allí, mediante el botón *caja*, se pueden seleccionar los diferentes objetos 3D (tarjetas), que se muestran sobre el plano detectado por la cámara de la aplicación.

Al pulsar la tarjeta 3D con el dedo, es posible modificar su posición, moviéndola por el espacio físico real, acercándola, alejándola o colocándola sobre una mesa o en el piso. Asimismo, se puede explorar la información asociada a cada tarjeta 3D al pulsar los botones que la acompañan en la pantalla (Figura 5).

#### **Figura 5.**

*Interfase de la aplicación de realidad aumentada. a. Pantalla de inicio con el botón caja al centro; b. Selección y ajuste de posición en el plano de la tarjeta 3D; c. Visualización y exploración de la tarjeta 3D; d. Ventana emergente con la información asociada a la tarjeta*



**Fuente:** elaboración propia.

Al escanear el código QR (Figura 6), se accede directamente a la aplicación desarrollada en este trabajo, denominada *Fauna La Dorada RA*. Esta innovadora

herramienta educativa permite descubrir y aprender sobre las especies características de La Dorada, mientras se disfruta de una interacción única entre la tecnología y el entorno natural.

#### Figura 6.

Código QR de descarga directa de la aplicación *Fauna La Dorada* RA



Fuente: elaboración propia.

## Discusión

La aplicación *Fauna La Dorada* RA representa una contribución al campo de las tecnologías inmersivas aplicadas a la educación ambiental en Colombia. Materializa la convergencia entre tecnología, ciencia y cultura local para demostrar que es posible combinar la RA con el conocimiento etnobiológico y generar experiencias de aprendizaje innovadoras sobre la biodiversidad. Esto corrobora la perspectiva de Safitri *et al.* (2025), para quienes la RA transforma el aprendizaje al potenciar la comprensión de conceptos complejos mediante experiencias dinámicas e interactivas. Este enfoque hace que el proceso sea más atractivo y efectivo, redefiniendo la experiencia educativa y fomentando una conexión profunda con los temas ambientales, lo que promueve la conciencia y comportamientos proambientales en los usuarios.

Sumado a esto, la aplicación trasciende la mera educación ambiental al articular el conocimiento científico con los saberes tradicionales. Este enfoque es crucial, pues, como demuestran los estudios de McMahon *et al.* (2019) y Kleftodimos *et al.* (2023), tecnologías inmersivas como la RA tienen el potencial de revitalizar y poner en valor los conocimientos locales, a menudo marginados en las esferas de la educación formal. Así, la aplicación funciona como un puente digital que valida y difunde el etnoconocimiento de la comunidad campesina doradense, fortaleciendo su identidad cultural y fomentando un sentido de corresponsabilidad en la conservación de la biodiversidad. De este modo, se configura no solo como una herramienta educativa, sino también como un mecanismo de empoderamiento comunitario y preservación cultural.

Para contextualizar esta innovación en el panorama regional, en el ámbito latinoamericano diversas investigaciones han implementado tecnologías inmersivas con fines de educación ambiental y conservación de la biodiversidad. En México, Pérez-López *et al.* (2016) desarrollaron una solución que integra RA y realidad virtual para visualizar flora y fauna de Querétaro mediante dispositivos móviles. Por su parte, Rodríguez-Peña *et al.* (2023) emplearon realidad virtual para representar flora semidesértica en un jardín botánico, incorporando datos de plataformas digitales como iNaturalist. Frente a estas aproximaciones, la aplicación *Fauna La Dorada* RA se distingue por su enfoque exclusivo en RA mediante tarjetas con contenido biocultural, priorizando la accesibilidad tecnológica sobre la inmersión multimodal.

En Ecuador, las iniciativas en RA muestran diversidad de aplicaciones: Mármol-Córdova (2018) implementó un cómic interactivo con RA sobre anfibios amazónicos, mientras que

Asanza-Orozco y Loachamin-Changoluisa (2024) desarrollaron una aplicación con funcionalidades de geolocalización y portales virtuales para la promoción turística del Parque Nacional Cotopaxi. Por su parte, Anchundia-Anchundia (2025) empleó la RA para la enseñanza de estructuras biológicas abstractas en educación secundaria. En contraste con estas iniciativas, *Fauna La Dorada* RA se distingue por articular un enfoque pedagógico regionalista centrado en fauna vertebrada y saberes locales.

En Colombia, estudios como los de Torres-Parra *et al.* (2019) y Pinto-Chiquito y Vanegas-Flórez (2021) han incorporado gamificación y marcadores físicos en aplicaciones de RA para la conservación ambiental. A diferencia de estos enfoques, *Fauna La Dorada* RA optó por una implementación técnica alternativa, prescindiendo de elementos de gamificación y de marcadores físicos. En su lugar, la aplicación emplea detección de planos mediante ARCore.

A diferencia de los trabajos mencionados, *Fauna La Dorada* RA se distingue en el panorama regional por articular la RA, el saber popular y la educación ambiental territorial mediante un modelo tecnopedagógico que valoriza el conocimiento local. Esta aplicación se caracteriza además por una metodología basada en trabajo de campo y revisión documental que recopila contenido etnobiológico, con especial enfoque en vertebrados de La Dorada y en las dimensiones identitarias y territoriales de la región.

No obstante, el desarrollo de la aplicación enfrentó limitaciones técnicas inherentes a la RA móvil. La dependencia de ARCore restringió su uso a dispositivos Android, excluyendo a iOS y a dispositivos de baja gama, lo que representa una barrera de accesibilidad. Para garantizar el rendimiento del hardware, y dada la limitación de tiempo y presupuesto disponible para el desarrollo, se optó por emplear tarjetas 3D con imágenes bidimensionales en lugar de modelos 3D animados. Esta decisión, si bien optimizó el rendimiento y permitió cumplir los plazos establecidos, redujo el nivel de inmersión y el potencial pedagógico de la aplicación. Asimismo, la experiencia de RA mostró sensibilidad a condiciones ambientales adversas, como iluminación variable o superficies uniformes, lo que afectó la estabilidad del *tracking* de planos. Por otra parte, la aplicación fue diseñada como un producto autocontenido, de modo que cualquier actualización requiere una nueva instalación, una solución poco práctica para el mantenimiento a largo plazo.

A pesar de las limitaciones anteriores, la aplicación *Fauna La Dorada* RA constituye una herramienta educativa replicable, ofreciendo un recurso pedagógico innovador para contextos escolares y comunitarios. Su diseño modular —que le confiere escalabilidad y mantenimiento eficiente— y el uso de tecnologías accesibles (Unity/ARCore) facilitan su adaptación institucional. Más allá del ámbito educativo, la herramienta presenta implicaciones significativas para la conservación ambiental y el turismo sostenible, permitiendo experiencias interactivas de divulgación científica.



Con miras a superar las limitaciones actuales y potenciar su impacto, se plantea la siguiente prospectiva: expandir la aplicación a otras regiones de Colombia, optimizando su accesibilidad mediante el desarrollo de formatos ligeros y versiones *offline* para dispositivos de gama baja. Técnicamente, se recomienda superar las limitaciones actuales mediante una versión multiplataforma con modelos 3D animados y optimizados, conectados a una base de datos en línea que permita actualizaciones remotas en tiempo real. También se sugiere replicar el modelo metodológico que combina investigación etnobiológica y RA en diferentes contextos regionales, facilitando estudios comparativos, así como crear redes colaborativas de aplicaciones similares que conformen un ecosistema digital para la educación ambiental nacional, incorporando inteligencia artificial para la personalización de contenidos.

## Conclusiones

La aplicación de RA desarrollada es una herramienta educativa innovadora que integra información científica y cultural sobre 57 especies de fauna local, funcionando como apoyo para el aprendizaje de conceptos ecológicos y resaltando el valor de los usos tradicionales, los servicios ecosistémicos y los riesgos ambientales que enfrenta la biodiversidad en el municipio.

El uso de Unity y ARCore permitió diseñar y desarrollar una plataforma capaz de integrar elementos visuales, informativos y funcionales de calidad, creando una experiencia inmersiva adaptada a dispositivos móviles. La elección de C# como lenguaje de programación garantizó eficiencia y flexibilidad en el desarrollo de scripts que aseguraron la ejecución fluida e interactiva de las tareas del aplicativo, permitiendo la manipulación y exploración de

las tarjetas 3D y de los botones informativos. De este modo se optimizó la experiencia del usuario, logrando un equilibrio entre rigor científico —a través de la información ecológica incorporada en cada botón— y atractivo visual —mediante las tarjetas—.

En relación con este último aspecto, se diseñó un componente gráfico para las tarjetas 3D en el que se representó la fauna tanto en su versión artística como in vivo, lo que permite a los usuarios explorar el aspecto físico real de cada especie y agudizar su capacidad para observar detalles específicos, además de estimular la imaginación al visualizar los animales en contextos creativos.

La aplicación se desarrolló con el propósito de facilitar la comprensión de conceptos complejos de ecología y biodiversidad mediante la superposición de elementos virtuales en el entorno real. Asimismo, a través de la RA y del estímulo de la creatividad, los usuarios pueden generar una conexión inmersiva con la naturaleza y sensibilizarse sobre la importancia de conservar la biodiversidad mediante la toma de decisiones informadas. En este sentido, el aplicativo contribuye a incrementar la conciencia colectiva sobre los beneficios que aporta la fauna local, promoviendo la corresponsabilidad hacia su protección. Este enfoque tiene el potencial de transformar actitudes y fomentar prácticas sostenibles en el municipio.

Además, al incluir datos sobre usos tradicionales y saberes locales, la aplicación promueve una perspectiva holística de la biodiversidad, fortaleciendo la identidad cultural y motivando acciones colectivas a favor de la conservación.

Finalmente, el diseño modular de la aplicación y el uso de herramientas tecnológicas ampliamente disponibles, como los dispositivos móviles Android, garantizan su accesibilidad y potencial de replicación en



otras regiones con características similares. Esto posiciona el proyecto como un modelo para promover la educación ambiental en contextos diversos.

## Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el proyecto “Evaluación de saberes etnozoológicos y aplicación de la tecnología de realidad aumentada para fomentar la conservación de la fauna silvestre en el municipio de La Dorada, Caldas”, código SGPS-12335-2024, vinculado al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación – SENNOVA del Centro Pecuario y Agroempresarial del SENA, Regional Caldas.

Agradecemos profundamente a los habitantes de La Dorada por su valiosa participación en el proceso de entrevistas y por compartir generosamente sus saberes en torno a la fauna local.

## Referencias

- Adobe Inc. (2019a). *Adobe Illustrator*. <https://adobe.com/products/illustrator>
- Adobe Inc. (2019b). *Adobe Photoshop*. <https://www.adobe.com/products/photoshop.html>
- Albuquerque, U., Cruz da Cunha, L., de Lucena, R. y Alves, R. (Eds). (2014). *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology. Springer Protocols Handbooks*. Humana Press.
- Álvarez, P. y Vega, P. (2009). Actitudes ambientales y conductas sostenibles. Implicaciones para la educación ambiental. *Revista de Psicodidáctica*, 14(2), 245-260. <https://www.redalyc.org/pdf/175/17512724006.pdf>
- Anchundia-Anchundia, J. (2025). *Aplicativo informático con realidad aumentada como estrategia didáctica en la asignatura de biología para los estudiantes del bachillerato del Colegio Americano de Manta* [Trabajo de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/7891>
- Asanza-Orozco, C. y Loachamin-Changoluisa, W. (2024). *Propuesta tecnológica: desarrollar una app con realidad aumentada para ilustrar de forma interactiva la flora y fauna del Parque Nacional Cotopaxi* [Trabajo de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/12069>
- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Cañellas, A. (2015). Formaciones de introducción a la realidad virtual inmersiva y de creación de contenidos VR con Unity 3D. Algunas experiencias. *Comunicación y Pedagogía: Nuevas Tecnologías y Recursos Didácticos*, (287-288), 82-86. <https://tinyurl.com/2c2jmy2z>

- Carrizo, M., Barutti, M. y Soto, S. (2022). Incorporación de realidad aumentada como propuesta didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de ciencias. *Educación en la Química*, 28(1), 63-73. <https://tinyurl.com/yw6agcs9>
- Córdoba, E. (2015). La pesca en Amazonía, un servicio ecosistémico en riesgo. *Revista Colombia Amazónica*, (8), 181-188. <https://tinyurl.com/27jr6xk5>
- Cortéz-Gómez, A., Ruiz-Agudelo, C., Valencia-Aguilar, A. y Ladle, R. (2015). Ecological Functions of Neotropical Amphibians and Reptiles: A Review. *Universitas Scientiarum*, 20(2), 229-245. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC20-2.efna>
- Costa-Neto E., Vargas-Clavijo, M. y Santos-Fita, D. (Eds.). (2009). *Manual de etnozología. Una guía teórico-práctica para investigar la interconexión del ser humano con los animales*. Tundra Ediciones.
- García-Flores, A., Valle-Marquina, R., Monroy-Martínez, R., Barreto-Sánchez, S. y Pino-Moreno, J. (2021). Estudio etnozoológico y valor nutricional del venado cola blanca *Odocoileus virginianus* en la comunidad de Pitzotlán, Tepalcingo, Morelos, México. *Caldasia*, 43(1), 105-116. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n1.83336>
- Gaston, K. (2022). Birds and Ecosystem Services. *Current Biology*, 32(20), R1163-R1166. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.07.053>
- Gómez, R., Racero-Casarrubia, J. y Ballesteros-Correa, J. (2023). Uso de fauna silvestre por comunidades campesinas en Plato, Magdalena, región caribe colombiana. *Acta Biológica Colombiana*, 28(1), 49-56. <https://doi.org/10.15446/abc.v28n1.94140>
- Google LLC. (2024). *Google Play Services for AR*. <https://www.apkmirror.com/apk/google-inc/arcore/>
- Ibarra-Vázquez, A., Soto-Karass, J. e Ibarra-Michel, J. (2024). Realidad aumentada para la mejora de la experiencia del turismo cultural. *Revista Ra Ximhai*, 20(2), 107-124. <https://doi.org/10.35197/rx.20.02.2024.05.ai>
- International Society of Ethnobiology. (2006). *International Society of Ethnobiology Code of Ethics* (with 2008 additions). <https://www.ethnobiology.net/code-of-ethics/>
- Jiménez-Segura, L. y Lasso, C. (Eds.). (2020). XIX. Peces de la cuenca del río Magdalena, Colombia: diversidad, conservación y uso sostenible. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://tinyurl.com/23b6om6c>
- Kleftodimos, A., Evagelou, A., Triantafyllidou, A., Grigoriou, M. y Lappas, G. (2023). Location-Based Augmented Reality for Cultural Heritage Communication and Education: The Doltso District Application. *Sensors*, 23(10), 4963. <https://doi.org/10.3390/s23104963>
- Lacher, T., Davidson, A., Fleming, T., Gómez-Ruiz, E., McCracken, G., Owen-Smith, N., Peres, C. y Vander-Wall, S. (2019). The Functional Roles of Mammals in Ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 100(3), 942-964. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy183>
- Lobo-Valverde, S. (2019). Servicios ecosistémicos y contribuciones de la naturaleza al bienestar humano: Su vínculo con los servicios ecosistémicos urbanos. *Ambientico*, (272), 35-44. [https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/taianacan-items/5/29869/272\\_35-44.pdf](https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/taianacan-items/5/29869/272_35-44.pdf)
- Malca-Yumi, J. (2021). *Aplicación móvil con realidad aumentada aplicando la tecnología ARCORE para la Casa Museo de Riobamba*

[Trabajo de grado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <https://tinyurl.com/27rshm34>

Mármol-Córdova, D. (2018). *Elaboración de un cómic interactivo que integre realidad aumentada sobre la protección de especies de anfibios con mayor amenaza de extinción para la conservación de la biodiversidad de la Amazonía ecuatoriana* [Trabajo de grado, Universidad de Las Américas]. <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8751>

McMahon, R., Almond, A., Whistance-Smith, G., Steinhauer, D., Steinhauer, S. y Janes, D. (2019). Sweetgrass AR: Exploring Augmented Reality as a Resource for Indigenous-Settler Relations. *International Journal of Communication*, (13), 4530-4552. <https://ijoc.org/index.php/ijoc/article/view/11778>

Michel-Acosta, P. y Chaljub-Hasbún, J. (2023). Realidad aumentada: tecnología inmersiva para la educación ambiental. *Congreso Internacional Ideice*, (13), 4-9. <https://doi.org/10.47554/cii.vol13.2022.pp4-9>

Nahuat, P., Estrada-Riaño, I., Peraza-Romero, F., Uitzil-Colli, M., Basora-Dorantes, R. y Buenfil-Morales, S. de los Ángeles. (2021). Conocimiento y aprovechamiento tradicional de vertebrados silvestres en la comunidad maya de Zavala, municipio de Sotuta, Yucatán, México. *Estudios De Cultura Maya*, (57), 275-304. <https://revistas-filologicas.unam.mx/estudios-cultura-maya/index.php/ecm/article/view/1064>

Patton, M. (2015). *Qualitative research and evaluation methods*. (4.ª ed.). Sage.

Pérez-López, L., Flores-Muñoz, C., Tovar-Arriaga, S., Sánchez-Ramos, M. y Ayala-Martínez, I. (2016). Técnicas aplicadas de realidad virtual y realidad aumentada para el fomento de la biodiversidad de áreas naturales protegidas de Querétaro. *La Mecatrónica en México*, 5(1), 10-15. <https://tinyurl.com/27ujacvq>

Pinto-Chiquito, H. y Vanegas-Flórez, J. (2021). *Propuesta mediada por realidad aumentada para la potencialización de la conciencia ambiental referente al cuidado de la fauna en estudiantes de secundaria* [Tesis de maestría, Universidad de Santander]. <https://tinyurl.com/25punz5t>

Radu, I. (2014). Augmented Reality in Education: A meta-review and cross-media Analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, (18), 1533-1543. <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>

Rodríguez-Peña, J., González-Barbosa, J., Hernández-Zavala, A., Gómez-Ramírez, M., Sanchis-Castillo, A. y Rojas-Avelizapa, N. (2023). Aplicación móvil para la visualización de un Jardín Botánico con Realidad Virtual. En REDINE (ed.), *Conference Proceedings CIVINEDU 2023. 7th International Virtual Conference on Educational Research and Innovation* (pp. 249-254). Adaya Press. <https://doi.org/10.58909/ad23314866>

- Safitri, D., Marini, A., Irwansyah, P., Sudrajat, A. (2025). Transforming Environmental Education with Augmented Reality: A Model for Learning Outcome. *Social Sciences & Humanities Open*, (12), 101796. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101796>
- Santos, F. de los, Villamarín, F. y Clavijo, C. (2022). El rol de la educación ambiental en la conservación de la biodiversidad. *Revista de Educación Ambiental Y Sostenibilidad*, 4(2), 2302. [https://doi.org/10.25267/rev\\_educ\\_ambient\\_sostenibilidad.2022.v4.i2.2302](https://doi.org/10.25267/rev_educ_ambient_sostenibilidad.2022.v4.i2.2302)
- Torres-Parra, E., Linares-Gómez, I., Martínez-Bejarano, F. (2019). LAGOON HERO: gamificación y realidad aumentada como recurso didáctico para promover actitudes de cuidado y preservación de la biodiversidad en humedales cundiboyacenses [Tesis de maestría, Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://tinyurl.com/22phchff>
- Unity Software Inc. (2024). *Unity 2021.3.39*. <https://unity.com/es/releases/editor/whats-new/2021.3.39>
- Velarde-Camaqui, D., Celaya-Ramírez, R., Contreras-Fuentes, Y. y Sanabria, J. (2024). Enhancing STEAM Education through Augmented Reality: the EduAR Open Platform Experience. *Fronteras en la Educación*, (9), 1391803. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1391803>
- Wagner, B. (2024, 5 de agosto). *A tour of the C# language*. Microsoft Ignite. <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/tour-of-csharp/overview>