



De mina de azufre a turismo sostenible: realidad aumentada y conservación ambiental en Puracé.

From sulfur mine to sustainable tourism: augmented reality and environmental conservation in Puracé.

Alan Fernando Muñoz Velasco¹

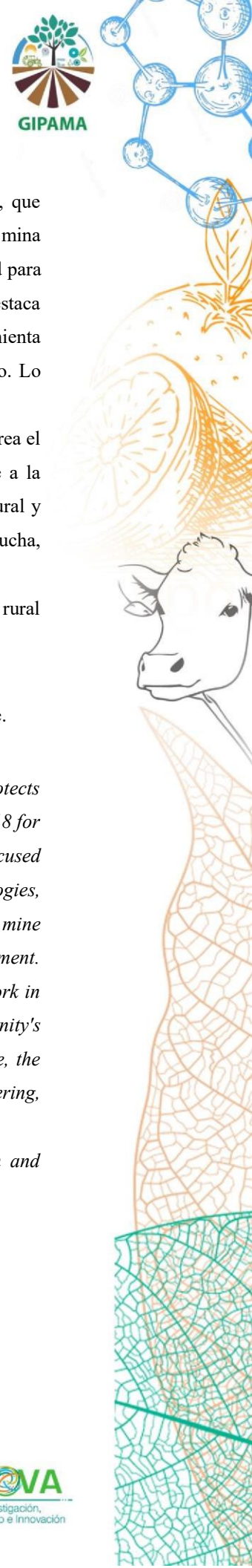
*¹Semillero Industrias Creativas
Centro de comercial y servicios, Cauca,
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia.
Correo electrónico: afmunoz418@misena.edu.co
ORCID 0000-0002-1099-3347*

Jhonatan Isaac Tumbo Ruiz²

*²Semillero Industrias Creativas
Centro de comercial y servicios, Cauca,
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia.
Correo electrónico: jitumbo@sena.edu.co
ORCID 0000-0001-5505-3108*

María Paula Fernández³

*³Semillero de Turismo y Gastronomía.
Centro de comercial y servicios, Cauca,
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia.
Correo electrónico : mpfernandez@unicauca.edu.co
ORCID 0000-0002-2853-3816*



Resumen— El turismo es una fuente económica clave y un impulsor del desarrollo rural, que también protege las manifestaciones culturales locales. En el caso de Puracé, Cauca, la antigua mina de azufre, cerrada en 2018 por razones económicas y ambientales, representa una oportunidad para el turismo de experiencia, centrado en la espeleología y la gastronomía local. Este artículo destaca la implementación de tecnologías 4.0, particularmente la realidad aumentada, como una herramienta innovadora para revitalizar este espacio y transformar la mina en un atractivo turístico único. Lo anterior como una experiencia significativa para el desarrollo comunitario.

Mediante la realidad aumentada, los visitantes pueden vivir una experiencia inmersiva que recrea el trabajo en las minas y resalta la historia y geología de la región. Esto no solo contribuye a la recuperación económica de la comunidad, sino que también promueve la conservación cultural y ambiental. Además, se explora la integración de la gastronomía local, particularmente la trucha, como parte de la oferta turística, aumentando la atracción de visitantes.

El proyecto propone un enfoque sostenible, utilizando la tecnología para enriquecer el turismo rural y fomentar un modelo de desarrollo regenerativo en Puracé.

Palabras clave: Turismo 4.0, realidad aumentada, mina de azufre, Puracé, desarrollo sostenible.

Abstract: *Tourism is a key economic source and a driver of rural development that also protects local cultural expressions. In the case of Puracé, Cauca, the former sulfur mine, closed in 2018 for economic and environmental reasons, represents an opportunity for experiential tourism, focused on speleology and local gastronomy. This article highlights the implementation of 4.0 technologies, particularly augmented reality, as an innovative tool to revitalize this space and transform the mine into a unique tourist attraction. This serves as a meaningful experience for community development. Through augmented reality, visitors can enjoy an immersive experience that recreates the work in the mines emphasizes the region's history and geology. This not only contributes to the community's economic recovery but also promotes cultural and environmental conservation. Furthermore, the integration of local gastronomy, particularly trout, is explored as part of the tourism offering, enhancing visitor attraction.*

The project proposes a sustainable approach, utilizing technology to enrich rural tourism and promote a regenerative development model in Puracé National Natural Park (PNN).

Keywords: Tourism 4.0, augmented Reality, sulfur Mine, Puracé, touristic development.



1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Puracé, en el departamento del Cauca, se encuentra dentro de uno de los corredores biológicos más importantes de Colombia, formando parte del Complejo de Páramos GuanacasPuracé-Coconuco. Este corredor es vital para la conservación de especies endémicas y la conectividad entre los ecosistemas andinos y amazónicos. A través de la implementación de tecnologías 4.0, como la realidad aumentada, se busca transformar la antigua mina de azufre en un destino turístico sostenible que promueva tanto la conservación de la biodiversidad como el desarrollo económico local.

El corredor biológico de Puracé garantiza la movilidad de especies clave como el oso de anteojos, el puma y la danta, fundamentales para mantener la resiliencia ecológica y los procesos naturales. Al mismo tiempo, estos ecosistemas son esenciales para la regulación del ciclo hídrico, protegiendo cuencas fluviales que abastecen a comunidades cercanas.

2. METODOLOGÍA

El enfoque usado para el desarrollo del software fue el de prototipado (Muñoz Segura , 2016) (Tacero Pasamontes, 2017), el cual permite una realización en poco tiempo y retroalimentación, debido a que se centra en la experiencia con el usuario, en cuanto a la usabilidad y anidación de las interacciones de realidad aumentada. Este sistema permite generar una evaluación y retroalimentación del aplicativo y realizar ajustes, permitiendo ver en corto plazo el avance progresivo de las etapas, esta metodología conocida como scrum fomenta el trabajo en equipo, costos de desarrollo, funcionalidad adaptada al usuario, tiempos de entrega (Navarro Cadavid, Fernandez Martinez, & Morales Velez, 2013) (Victoriano Aja Graña, 2019) Por otro lado, se desarrollaron las animaciones con software libre como blender, se usó el motor de Unity para desarrollo de las animaciones, esta aplicación se direcciono para operar con el sistema android y dado su carácter de prototipo se descarga mediante una carpeta de drive donde se encuentra alojada.



Se implemento inteligencia artificial con el propósito de buscar acelerar el proceso de generación de imágenes de base o animaciones cortas que permitieran visibilizar los procesos de la mina mediante construcciones a partir de prompts usando stable difusión y su programa deforum. Esto permitió interactuar con tecnologías emergentes y su implementación en turismo rural.

Fases para el desarrollo de la aplicación, basado en metodología ágil scrum:

- Definición de roles, es decir: se plantea el scrum master o product owner
- Desarrollo del producto backlog: se plantea y ordena la lista de funcionalidades requeridas
- Planeación del sprint: definir plan de trabajo, es decir las características y condiciones de entrega del trabajo.
- Realización de iteración o spring: corresponde a una ventana de tiempo donde se crea una versión utilizable del producto.
- Revisión del sprint: el producto owner desarrolla revisiones periódicas,
- Retrospectiva del sprint: comunicación del proceso para el desarrollo de herramientas.
- Incremento

La metodología del proyecto integra la creación de rutas educativas apoyadas por realidad aumentada, donde los visitantes podrán aprender sobre la historia de la mina de azufre y la función ecológica del corredor biológico de Puracé. Las rutas incluirán información detallada sobre la migración de especies, la conservación de flora endémica, y los efectos del cambio climático en los ecosistemas locales.

Además, se realizarán recorridos guiados que combinen el avistamiento de fauna y recorridos por los bosques altoandinos, enseñando a los visitantes sobre la interacción entre biodiversidad y paisaje. Estas actividades no solo contribuirán a la educación ambiental, sino también a fortalecer la gestión comunitaria del entorno.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se mostrará los pantallazos de cada una de las secciones de la aplicación, junto con los activadores de realidad aumentada y las animaciones.



Figura 1: Pantalla de bienvenida de la app

Fuente: elaboración propia.

La imagen 1, muestra la primera pantalla, en la cual se evidencia la forma de navegación, en el centro se encuentra el acceso a las animaciones de cada uno de contenidos. (ver imagen 5)

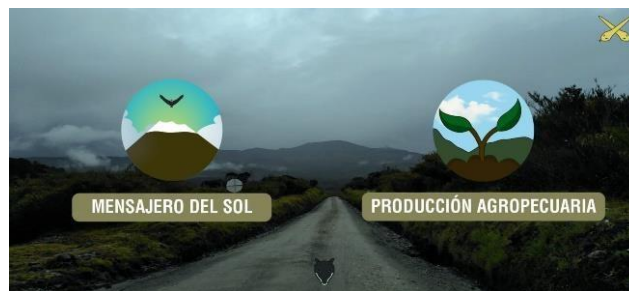


Figura 2: Enlace a otras aplicaciones desarrolladas.

Fuente: elaboración propia.

En esta imagen se muestra el acceso a otro contenido desarrollado, al clickear en la esquina inferior izquierda de la imagen 1, se ingresa a esta pantalla, donde el usuario podrá ingresar a la información de rutas turísticas como mensajero del sol, encaminada a la observación en realidad aumentada del cóndor en la piedra. En cuanto a la producción agropecuaria, su contenido es enfocado a la ruta d turismo comunitario basada en la producción agropecuaria del municipio de Puracé.





Figura 3: Enlace a la ruta mensajero del sol.

Fuente: elaboración propia.

La imagen 3, muestra el ingreso y el modo de uso para recorrer la ruta mensajero del sol.



Figura 4: Enlace a la ruta producción agropecuaria.

Fuente: elaboración propia.

En la imagen 4 se muestra el ingreso y modo de uso para recorrer la ruta de turismo comunitario y su modo de navegación.



Figura 5: Enlace para ingresar a la ruta de la mina de Azufre.

Fuente: elaboración propia.



Esta imagen muestra las 3 posibilidades de ingresar a cada una de las rutas, la cual redirecciona hacia la activación de la cámara la cual podrá tomar los activadores (imagen 7,8,9) para mostrar su contenido.



Figura: Pantalla de información sobre la aplicación.

Fuente: elaboración propia.

En esta imagen se muestra los integrantes, tanto personal técnico como los semilleros de investigación que tuvieron actividades en el desarrollo del proyecto y específicamente en la ejecución y construcción de la información y rutas.

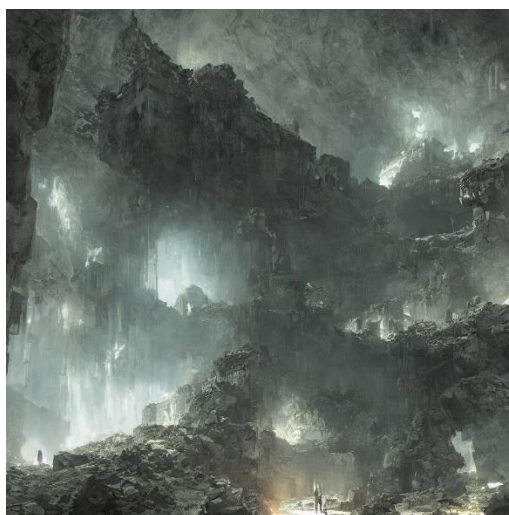


Figura: Activador de la ruta mitos y leyendas

Fuente: elaboración propia.

Este activador muestra algo de oscuridad y luz, rememorando estar dentro de una mina oscura y lúgubre, la cual es similar a la mina de azufre vista desde dentro. Este activador, muestra una

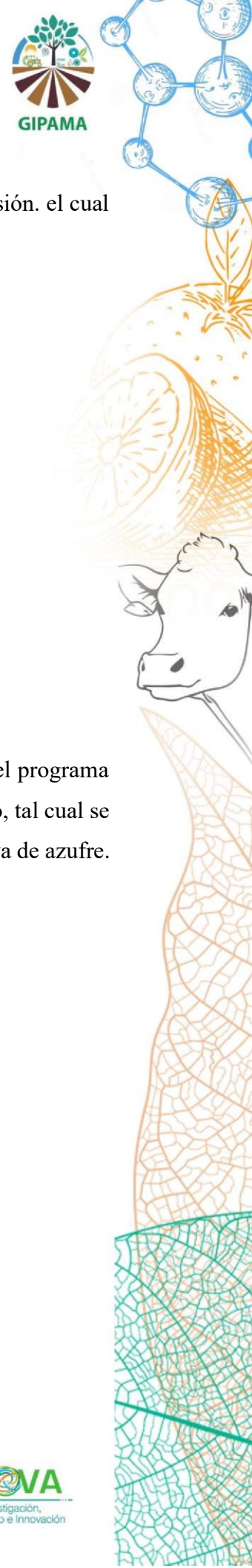


imagen elaborada por inteligencia artificial, realizada en el programa libre stable difusión. el cual una vez el celular enfoque, direcciona a una animación de 2 minutos y 13 segundos.



Figura 4: Activador de la ruta de minería. Fuente: elaboración propia.

Este activador muestra una imagen elaborada por inteligencia artificial, realizada en el programa libre stable difusión. muestra una especie de equipamiento algo deteriorado y oxidado, tal cual se observa en la actualidad las ruinas de la mina de azufre, se muestra dentro de una cueva de azufre. Esta imagen direcciona a una animación de 2 minutos y 6 segundos.

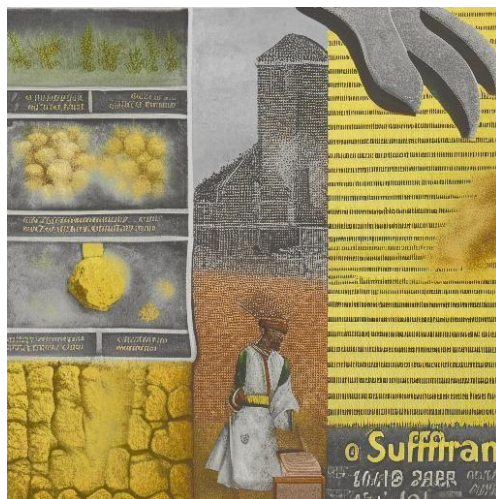
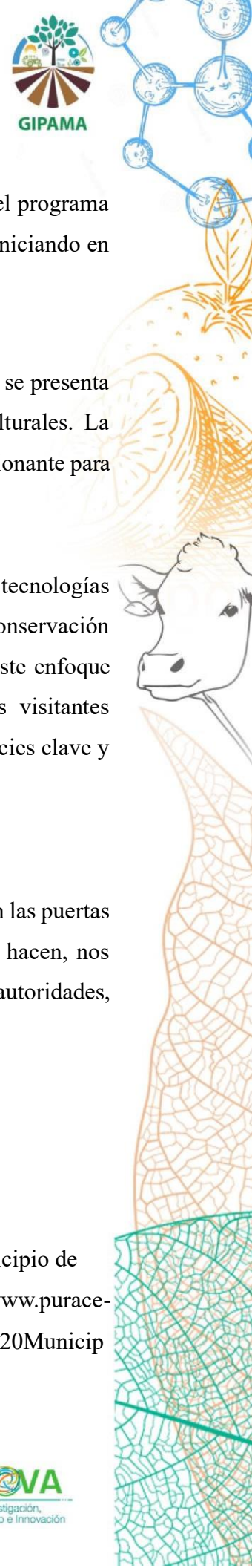


Figura 5: Activador de la ruta minerales y fósiles.

Fuente: elaboración propia.



Este activador muestra una imagen elaborada por inteligencia artificial, realizada en el programa libre stable difusión y direcciona a una animación relacionada con el uso del azufre, iniciando en su extracción y terminando con usos bélicos en la guerra

CONCLUSIONES

El proyecto de implementación de realidad aumentada en la mina de azufre de Puracé se presenta como una oportunidad valiosa para preservar y reutilizar recursos históricos y culturales. La integración de tecnologías avanzadas no solo ofrece una experiencia educativa y emocionante para los visitantes, sino que también contribuye al desarrollo sostenible de la región.

La implementación de un modelo de turismo sostenible en Puracé, utilizando tecnologías avanzadas, no solo revitalizará la economía local, sino que también contribuirá a la conservación de la biodiversidad y al fortalecimiento de la conectividad ecológica en la región. Este enfoque combina la realidad aumentada con la educación ambiental, asegurando que los visitantes comprendan la importancia del corredor biológico de Puracé en la protección de especies clave y en la regulación de los ecosistemas.

4. AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a todo el personal de la mina de azufre de Puracé, quienes nos abrieron las puertas para la implementación del presente proyecto, el compromiso y el amor por lo que hacen, nos transmite un fuerte valor de la responsabilidad. Al Resguardo Indígena de Puracé y sus autoridades, por su acompañamiento vital para que se cumplieran los objetivos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldia de Puracé Coconuco. (2020). *Plan de desarrollo municipal 2020-2023*. Municipio de Purace.: disponible desde internet en: <https://www.purace-cauca.gov.co/MiMunicipio/ProgramadeGobierno/Plan%20de%20Desarrollo%20Municipio%20Purac%C3%A9%20Coconuco%202020%20-%202023.pdf>.



Betancourt Bustamante, M. (2018). *Desarrollo de una aplicacion movil que brinde informacion turistica de la cuenca media rural y alta del rio otun en el departamento de Risaralda.*

Pereira: disponible desde internet en:
<https://repositorio.ucp.edu.co/bitstream/10785/5012/9/DDMIST31.pdf>: Universidad Catolica de Pereira.

Cerpa, J., Chala, M., & Gomez, B. (2020). *Diseño e implementacion de una aplicacion movil para impulsar el turismo en el Caribe Colombiano.* Universidad del Norte Barranquilla, Colombia.

Corporacion Quiliparza. (2020). *Informe de ingreso de Turistas 2018-2020.*

Ferrer, S. (28 de 11 de 2023). *Tecnologias asociadas al turismo 4.0.* Obtenido de IEBS Business School: <https://www.iebschool.com/blog/tecnologias-asociadas-al-turismo-4-0/>

Gambarota, D., & Lorda, M. (2017). *El turismo como estrategia de desarrollo local*. Caracas, disponible desde internet en:
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/3477/347753793006/html/index.html>: Revista geografica venezolana, universidad de los andes.

Gañan Sanchez, C., & Nieto Zuluaga, C. (2018). *Construccion de la marca turistica para el resguardo indigena de Puracé, ubicado en el departamento del Cauca, Colombia.* Manizales: Universidad Catolica de Manizales, disponible desde internet en:
<https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/2088/1/Camila%20Ga%20c3%b1an.pdf>.

Hernandez Rojas, R., & Dancausa Millan, M. (2018). Turismo Gastronomico, la gastronomia tradicional de Cordoba (España). *Estudio y perspectivas en turismo*, pp -.

Ley 1930. (2018). *Ley 1930 de 2018, disposiciones para la proteccion de paramos en Colombia.* Disponible desde internet en:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87764>: Bogota.

Ministerio de comercio industria y turismo. (s.f). *Politica de Turismo sostenible.* disponible desde



internet en: <https://www.mincit.gov.co/minturismo/calidad-y-desarrollosostenible/politicas-del-sector-turismo/politica-de-turismo-sostenible/documento-depolitica-politica-de-turismo-sostenib.aspx>: mincomercio .

Muñoz Saba, Y., Baptiste , L. G., & German , A. I. (1999). reseña historica de la espeleologia en Colombia . *revista academinca de colombia ciencias*, disponible desde internet en https://www.accefyn.com/revista/Vol_23/supl/527-530.pdf.

Muñoz Segura , C. (2016). DIseño y desarrollo de un aplicativo movil en la plataforma android studio para la empresa allied electronics and service (servicios electronicos aliados) Perú. *Repositorio acadademico de la universidad Tecnologica de Pereira*, pp. 48, disponible desde internet en: <https://core.ac.uk/download/pdf/84108432.pdf>.

Navarro Cadavid, A., Fernandez Martinez, J., & Morales Velez, J. (2013). Revision de metodologias agiles para el desarrollo de software. *Prospectiva, una nueva vision para la ingenieria*, 2-11. disponible desde internet en: <https://www.redalyc.org/pdf/4962/496250736004.pdf>.

Nieto Mejia, A., Muñoz Vergara, J., Felix Mendoza, A., Barra Hernandez, V., & Perez Martinez, S. (2020). *Gatromonia y turismo una reflexion cultural* . Bogota D.C.: disponible desde internet: <https://repositorio.unitec.edu.co/bitstream/handle/20.500.12962/2144/Gastronomia%20y%20turismo%2C%20una%20reflexion%20cultural.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Quimic Cañarte, X. (2019). *Desarrollo de una aplicacion movil de turismo para impulsar y recuperar la memoria cultural de la ciudad de Guayaquil*. disponible desde internet en: <http://dspace.casagrande.edu.ec:8080/bitstream/ucasagrande/1894/1/Tesis2071QUIId.pdf>: Universidad Casa grande.

Salcedo Briceño, A. (5 de enero de 2023). *Explorar cuevas y cavernas, un viaje para el ser interior y los sentidos*. Obtenido de Caracol Radio, el sabor de Colombia: <https://caracol.com.co/2023/02/05/explorar-cuevas-y-cavernas-un-viaje-para-el-serinterior-y-los-sentidos/>

- Servicio Nacional de Turismo SERNATUR. (2016). *Manual de destinos, elementos para la gestion de destunos turisticos.* disponible desde internet en: <https://www.sernatur.cl/wpcontent/uploads/2018/11/Manual-de-Destinos-Elementos-para-la-gestio%CC%81n-dedestinos-turisticos-1.pdf>: Subdireccion de desarrollo Sernatur, universidad de San Sebastian.
- Tacero Pasamontes, I. (2017). *Desarrollo de una aplicacion de guia turistico avanzado par dispositivos moviles android.* disponible desde internet en: https://earchivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/28276/TFG_Ivan_Tacero_Pasamonte_s.pdf?sequence=1&isAllowed=y: Universidad Carlos III de Madrid.
- Triana Antorveza, A. (s.f.). *El caso del resguardo de Puracé.*, fragmenteo del libro: dispnible desde internet en https://www.myriamjimeno.com/wp-content/uploads/2009/10/cap_6.pdf.
- Victoriano Aja Graña, J. (2019). *Diseño y desarrollo de una aplicacion movil turistica a partir de datos abiertos - guia Santander.* disponible desde internet en: <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/95667/6/ajajvTFM0619memoria.pdf>: Universidad abierta de Cataluña.