
IDENTIFICACIÓN APTITUD DEL SUELO PARA IMPLEMENTAR SISTEMA SILVOPASTORIL EN MUNICIPIO CÚCUTA UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER CON LA APLICACIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO.

Maria Isabel Rios Vasco, Código: 1039761525, miriosv@unadvirtual.edu.co

Daniel Pinzón Gómez, Código: 71748049, dpinzong@unadvirtual.edu.co

Docente asesor: Yetfersson Arley Serrato Velosa, yetfersson.serrato@unad.edu.co

Resumen.

El estudio presentado busca evaluar la aptitud del suelo para implementar un sistema silvopastoril en el municipio de Cúcuta, Norte de Santander, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). En primer lugar se recopila la información vectorial proveniente de los diferentes geoportales como el IDEAM, IGAC y Colombia en mapas obteniendo capas de cobertura de suelos, coberturas vegetales, clima, precipitación y temperatura. Se realizaron análisis estadísticos y espaciales para identificar patrones y relaciones entre las diferentes entidades en busca de conocer la vocación de usos y las condiciones agroambiental del municipio. Se aplicó el modelo de aptitud del suelo para sistemas silvopastoriles (FAO, 2005), considerando factores como la vocación de uso del suelo, la capacidad de retención de agua, la pendiente y la erosión para el análisis espacial se utilizaron herramientas SIG para generar mapas de aptitud del suelo, superponiendo los resultados de la evaluación con la información espacial de la zona de estudio. Se identificaron áreas con alta, media y baja aptitud para la implementación de sistemas silvopastoriles.

Las áreas con alta aptitud se encuentran principalmente en la zona oriental del municipio, caracterizadas por suelos profundos, buen drenaje y pendientes moderadas. Las áreas con baja aptitud se ubican en zonas montañosas con pendientes pronunciadas y suelos poco profundos.

Palabras claves: silvopastoriles, SIG, suelo, cultivos, cultivos

Introducción

La búsqueda de alternativas sostenibles para la producción agropecuaria ha impulsado el interés en los sistemas silvopastoriles, que combinan la producción forestal con la ganadería. En este contexto, el municipio de Cúcuta, ubicado en el departamento de Norte de Santander, Colombia, presenta un potencial para la implementación de estos sistemas, debido a sus condiciones agroecológicas y a la necesidad de diversificar la producción agrícola. Este estudio tiene como objetivo evaluar la aptitud del suelo para implementar un sistema silvopastoril en el municipio de Cúcuta, Norte de Santander, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). La evaluación de la aptitud del suelo es fundamental para garantizar el éxito de los sistemas silvopastoriles, ya que permite identificar las

áreas con mayor potencial para su implementación. Los SIG ofrecen una herramienta poderosa para realizar esta evaluación, integrando y analizando información espacial de diversas fuentes.

Se utilizarán herramientas SIG para generar mapas de aptitud del suelo, superponiendo los resultados de la evaluación con la información espacial de la zona de estudio. Estos mapas permitirán visualizar las áreas con alta, media y baja aptitud para la implementación de sistemas silvopastoriles. Estos mapas servirán como herramienta para la planificación y el establecimiento de sistemas silvopastoriles sostenibles en la región. El estudio tendrá un impacto positivo en la gestión ambiental y el desarrollo rural del municipio de Cúcuta. La información obtenida permitirá:

- Orientar la toma de decisiones para la implementación de sistemas silvopastoriles en áreas con mayor aptitud.
- Promover la producción agropecuaria sostenible y la conservación de los recursos naturales.
- Contribuir al bienestar de las comunidades rurales y a la seguridad alimentaria de la región.

Objetivo General

Evaluar la aptitud del suelo para implementar un sistema silvopastoril en el municipio de Cúcuta, Norte de Santander, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Objetivo Específico.

Ø Recopilar y procesar datos espaciales sobre suelos, clima, vocación de usos y coberturas.

Ø Generar mapas temáticos que representen la distribución espacial de cada variable.

☒ Analizar las relaciones espaciales entre las variables para identificar zonas de aptitud para la implementación de sistema silvopastoriles.

☒ Generar mapa de rangos de aptitud para sistema silvopastoriles

Planteamiento Problema

La expansión agrícola y la tala de bosques para obtener tierras cultivables han llevado a la deforestación y la consecuente degradación del suelo. La pérdida de cobertura forestal reduce la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, lo que disminuye su fertilidad y aumenta la vulnerabilidad a la erosión (Fuentes, 2018).

La erosión del suelo es un problema crítico en las áreas agrícolas de Cúcuta, exacerbado por prácticas agrícolas inapropiadas como el monocultivo y el arado intensivo en pendientes. Esto lleva a la pérdida de la capa fértil del suelo, disminuyendo la productividad agrícola y aumentando la sedimentación en cuerpos de agua cercanos (García, 2019).

La utilización excesiva de agroquímicos, incluyendo fertilizantes y pesticidas, contaminan los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Esta contaminación afecta tanto a la fauna acuática como a la calidad del agua para consumo humano y riego (Martínez y Rojas, 2020). La conversión de ecosistemas naturales en tierras agrícolas ha reducido la biodiversidad en la región.

La pérdida de hábitats naturales afecta a numerosas especies de flora y fauna, algunas de las cuales pueden estar en peligro de extinción (Vargas y Hernández 2017).

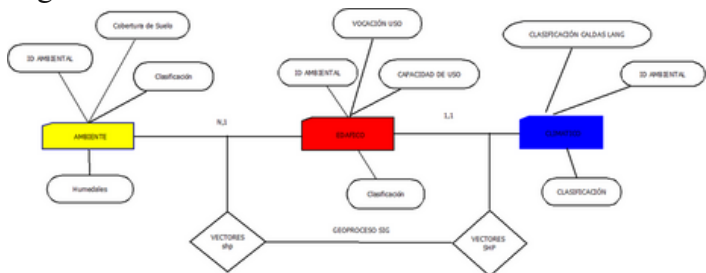
Las condiciones climáticas extremas, como sequías prolongadas y lluvias intensas, afectan la productividad agrícola. La variabilidad climática, exacerbada por el cambio climático, genera incertidumbre para los agricultores y puede provocar pérdidas significativas de cultivos (Pérez y López, 2021)

Modelo entidad relación

Explicación del Modelo

- Ambiental tiene una relación de uno a muchos con Edáfico y Climático. Esto significa que una entidad Ambiental puede tener múltiples registros relacionados en Edáfico y Climático, reflejando que un área ambiental puede ser influenciada por varias características del suelo y el clima.
- Las claves primarias (ID Ambiental, ID Edáfico, ID Climático) aseguran que cada registro en las entidades sea único.
- Las relaciones se representan mediante líneas que conectan las entidades, indicando la multiplicidad (uno a muchos).
- Su relación entre entidades es el formato vectorial shp para ser procesado por el SIG

Figura 1. Modelo Entidad Relación



Fuente: autoría propia, 2024

Etapas de la Metodología.

a) Recopilación y análisis de información:

- Datos espaciales:
 - o Mapas de cobertura y uso del suelo
 - o Mapas climáticos.
 - o Mapas de aptas para establecer sistema silvopastoril

a) Identificación de usos del suelo:

- Clasificar la cobertura del suelo del municipio de Santander en diferentes categorías, utilizando sistemas de clasificación de la tierra como CORINE Land Cover, Coberturas del Suelo de Colombia.
- Generar mapas de cobertura del suelo

b) Identificación de áreas para los sistema silvopastoril

- Superponer los mapas de cobertura del suelo con el de vocación de usos
- Identificar las áreas donde se apto para establecer sistemas silvopastoriles.

c) Generación de un mapa de aptitud de usos:

- Integrar la información sobre la cobertura y uso del suelo, la compatibilidad de usos con los sistemas silvopastoriles
- Generar un mapa de aptitud de usos que indique la idoneidad del territorio para el uso propuesto tomando en cuenta las áreas de restricciones.

• Capas componente Ambiental a utilizada.

Componente Ambiental	Capas vectoriales • Humedales • Cobertura del Suelo
----------------------	---

• Capas del componente Edáfico

Componente Edáfico	Capas vectoriales Capacidad de usos Vocación de uso
--------------------	---

• Capas de componente Climático

Componente Climático	Capas vectoriales Clasificación Climática de Caldas - Lang 2014 4 Precipitación Media Total Anual Promedio Multianual durante el periodo 1981-2010
----------------------	--

Análisis de las relaciones Espacial.

El análisis de las relaciones espaciales entre variables ambientales y socioeconómicas es fundamental para identificar zonas con aptitud para la implementación de sistemas silvopastoriles.

Este tipo de análisis permite comprender cómo se distribuyen estas variables en el territorio y cómo interactúan entre sí, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones informadas sobre la ubicación y el diseño de sistemas silvopastoriles sostenibles.

Existen diversas herramientas y metodologías para analizar las relaciones espaciales entre variables, la que este trabajo desarrollará es apoyado con sistemas de información geográfica estos permiten visualizar, almacenar, analizar y manipular datos espaciales, facilitando la identificación de patrones y relaciones espaciales entre variables (Olaya, 2020).

Análisis estadístico espacial: El análisis estadístico espacial permite cuantificar las relaciones espaciales entre variables, identificando áreas con auto correlación espacial positiva o negativa.

Modelos de aptitud: Los modelos de aptitud se utilizan para identificar áreas con características adecuadas para la implementación de sistemas silvopastoriles, considerando múltiples variables ambientales y socioeconómicas.

Planteamiento, identificación y desarrollo de los geoprocesos y modelamientos para lograr tanto la correcta identificación y mapificación del problema localizado geográficamente

Componente Cobertura del suelo.

1. **Bosques:** Cubren aproximadamente el 22% del territorio municipal, principalmente en zonas montañosas y áreas de reserva natural. Los bosques son importantes para la conservación de la biodiversidad, la regulación del clima y la provisión de servicios ecosistémicos.

2. **Pastos:** Ocupan alrededor del 53% del área municipal, principalmente en zonas planas y onduladas. Los pastos se utilizan para la ganadería, una actividad económica importante en la región.

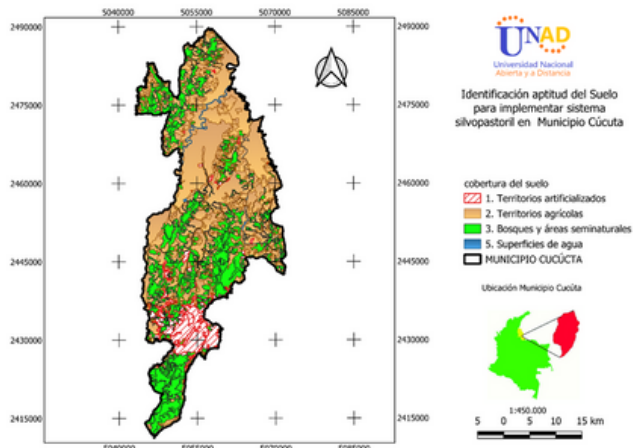
3. **Tierras agrícolas:** Representan aproximadamente el 11% del territorio y se dedican al cultivo de diversos productos agrícolas, como café, cacao, caña de azúcar y arroz. La agricultura es otro sector económico fundamental para Cúcuta.

4. **Territorio Artificializado:** Abarcan el 6% del área municipal y se concentran en la ciudad de Cúcuta y sus alrededores. Los suelos urbanos incluyen viviendas, comercios, industrias e infraestructuras.

5. **Áreas de protección:** Representan el 1% del territorio y comprenden parques naturales, reservas forestales y zonas de amortiguación ambiental. Estas áreas son esenciales para la conservación del medio ambiente y la protección de recursos naturales.

6. **Cuerpos de agua:** Cubren una superficie muy pequeña del municipio, principalmente ríos y quebradas. Los cuerpos de agua son importantes para el suministro de agua potable, la regulación del ciclo hidrológico y la biodiversidad. Plan de Ordenamiento Territorial (POT, 2022).

Figura 2. Mapa de Cobertura del Suelo.



Fuente: autoría propia, 2024

Componente Climático

Cúcuta se caracteriza por un clima cálido seco, según la clasificación climática de Köppen, representado por la sigla Aw. Este tipo de clima se define por las siguientes características:

Temperatura:

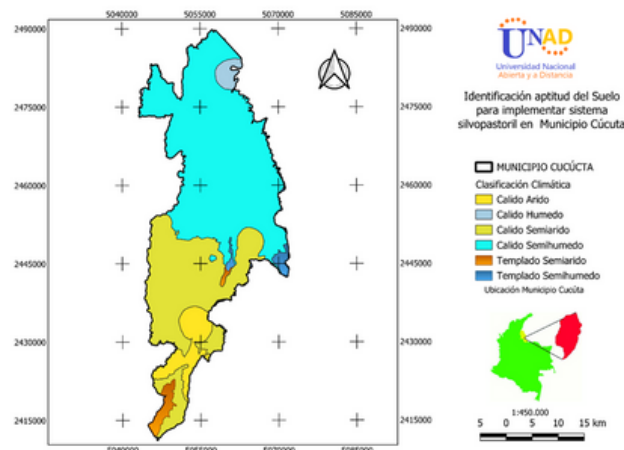
- Temperaturas medias anuales: Entre 22°C y 28°C.
- Estaciones: No hay estaciones definidas por temperatura. Los meses más cálidos son de agosto a octubre, con temperaturas promedio superiores a 32°C, y los meses más frescos son de diciembre a febrero, con temperaturas promedio alrededor de los 25°C.
- Rango de temperatura: La diferencia entre las temperaturas medias del mes más cálido y el mes más fresco es de alrededor de 7°C.

Precipitación:

- Precipitación anual: Entre 800 y 1.200 mm.
- Estacionalidad: La precipitación se distribuye a lo largo del año, con una ligera disminución durante los meses más secos (diciembre a febrero).
- Humedad: La humedad relativa promedio es alta, alrededor del 75%.

El clima cálido seco de Cúcuta condiciona en gran medida las actividades agrícolas, la disponibilidad de recursos hídricos, por esta razón se quiere establecer sistema silvopastoril que son más tolerables a las sequías en busca de mejorar la productividad y el aprovechamiento de los suelos y la calidad de vida de la población

Figura 3. Mapa Clima.



Fuente: autoría propia, 2024

Componente Edáfico. (Vocación de usos)

Según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Cúcuta, aprobado en 2022, las principales vocaciones de uso del suelo en el municipio son:

1. Suelos aptos para la agricultura:

- Cultivos permanentes: Café, cacao, frutales y otros cultivos que requieren condiciones climáticas estables y suelos con buena fertilidad y drenaje.
- Cultivos transitorios: Maíz, arroz, sorgo, yuca y otros cultivos que se adaptan a diferentes condiciones climáticas y de suelo.

2. Suelos aptos para la ganadería:

- Ganadería extensiva: Pastoreo de ganado en áreas con pastos naturales o artificiales, principalmente en zonas planas y onduladas.
- Ganadería semi-intensiva: Sistemas de producción que combinan el pastoreo con la suplementación alimenticia y el manejo rotacional de pasturas.

3. Suelos aptos para la silvicultura

- a) Plantaciones forestales comerciales: Cultivo de especies maderables para la producción de madera y otros productos forestales.
- b) Bosques protectores: Áreas con cobertura boscosa natural o artificial destinadas a la conservación de los recursos naturales y la protección del medio ambiente.

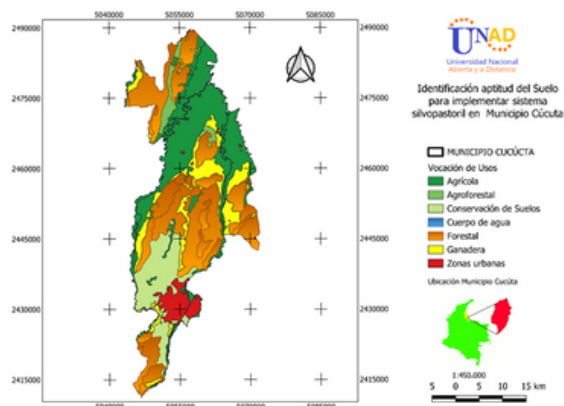
4. Suelos aptos para la conservación ambiental:

- a) Parques naturales: Áreas protegidas con alto valor ecológico y paisajístico destinadas a la conservación de la biodiversidad y el disfrute de la naturaleza.
- b) Reservas forestales: Áreas boscosas con alto valor ecológico destinadas a la protección de los recursos naturales y la regulación del ciclo hidrológico.

5. Suelos aptos para el desarrollo urbano:

- a) Zonas urbanas: Áreas destinadas al desarrollo de viviendas, comercios, industrias e infraestructuras.
- b) Zonas de expansión urbana: Áreas con potencial para el crecimiento urbano futuro, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y sociales del territorio.

Figura 4. Mapa de Vocación de uso



Fuente: autoría propia, 2024

Componente de aptitud para cultivos silvopastoril.

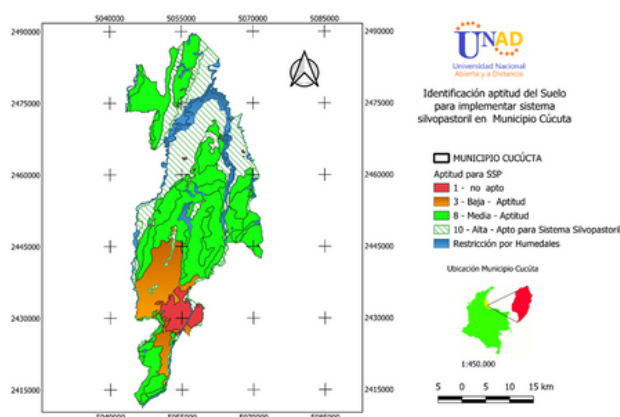
Correspondiente y evaluados dentro de un análisis de jerarquías analíticas. Para este modelo, se propone que las variables correspondientes a la información de los indicadores sean calificadas dentro de un rango numérico comprendido entre uno (1) a diez (10), siendo los valores cercanos a diez, los correspondientes a una calificación deseable para desarrollar actividades silvopastoriles y los valores cercanos a uno, a una situación desfavorable o limitante para desarrollar dichas actividades.

Tabla 1. Análisis Jerarquías.

ID	Vocación	Clasificación
1	Silvopastoril	10
2	Cuerpo de agua	1
3	Silvopastoril	10
4	Conservación de Suelos	3
5	Silvopastoril	10
6	Silvopastoril	10
7	Forestal	8
8	Forestal	8
9	Forestal	8
10	Silvopastoril	10
11	Silvopastoril	10
12	Zonas urbanas	1

Fuente: autoría propia, 2024

Figura 5. Mapa de Aptitud de sistema Silvopastoril.



Fuente: autoría propia, 2024

Clasificación de aptitud

Las zonas más aptas para los sistemas silvopastoriles en Cúcuta son aquellas que presentan las siguientes características:

Clima: Precipitación anual de 800 a 1.200 mm, con una distribución bimodal, es decir, dos temporadas de lluvias al año. Temperatura media anual de 22 a 24 °C.

Suelos: Suelos profundos, bien drenados y con buena fertilidad. Los suelos franco arenosos y franco arcillosos son los más adecuados.

Topografía: Zonas con pendientes moderadas, de hasta el 30%.

Altitud: Altitud entre 300 y 1.000 metros sobre el nivel del mar.

En Cúcuta, las zonas que cumplen con estas características se encuentran principalmente en las siguientes áreas:

La Cordillera Oriental: En la ladera oriental de la Cordillera Oriental, en municipios como El Carmen, Chinácota, Pamplonita y Cácuta.

El Piedemonte: En el Piedemonte llanero, en municipios como Villa del Rosario, Los Patios y Hacarí.

La Depresión Momboy: En la Depresión Momboy, en municipios como Tibú, Sardinata y Convención.

En estas zonas, los sistemas silvopastoriles pueden ser implementados con éxito, ya que las condiciones climáticas, edáficas y topográficas son favorables para el desarrollo de los árboles, pastos y ganado.

Los resultados en cuantos áreas se dividen en:

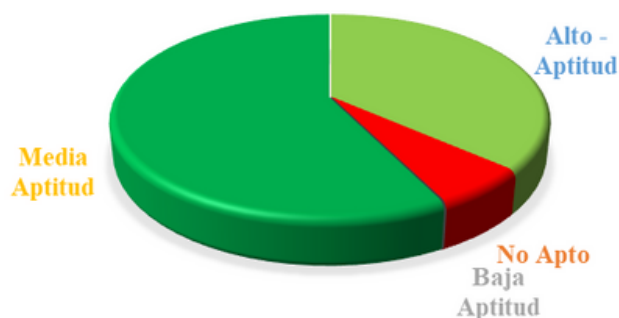
Tabla 2. Clasificación de aptitud .

<i>Alto - Aptitud</i>	357331282,6
<i>No Apto</i>	60513136,83
<i>Baja Aptitud</i>	13683,8
<i>Media Aptitud</i>	563033302,5

Fuente: autoría propia, 2024

Figura N° 5. Grafica de Distribución de la aptitud para el uso silvopastoril.

DIVISIÓN DE LA APTITUD PARA USOS SILVOPASTORIL



Fuente: autoría propia, 2024

Conclusiones

La identificación de la aptitud del suelo para la implementación de sistemas silvopastoriles en el municipio de Cúcuta, ubicado en el departamento de Norte de Santander, mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG), ha demostrado ser una herramienta poderosa y eficaz. A través de la integración y análisis de datos edáficos, climáticos y ambientales, los SIG han permitido una evaluación detallada y precisa de las condiciones del suelo y las áreas más adecuadas para la adopción de prácticas silvopastoriles.

Los resultados del análisis indican que existen áreas con alta aptitud para sistemas silvopastoriles que pueden contribuir significativamente a la sostenibilidad agroambiental del municipio. La implementación de estos sistemas puede mejorar la fertilidad del suelo, reducir la erosión, aumentar la biodiversidad y proporcionar beneficios económicos a los agricultores locales. Sin embargo, también se identificaron zonas con limitaciones que requerirán intervenciones específicas para mejorar su aptitud.

Recomendaciones

1. Desarrollo de Programas de Capacitación y Asistencia Técnica: Es fundamental desarrollar programas de capacitación para agricultores y ganaderos locales sobre las técnicas y beneficios de los sistemas silvopastoriles. La asistencia técnica debe incluir orientación sobre la selección de especies de árboles adecuadas, prácticas de manejo del suelo y estrategias de integración de ganado y árboles.

2. Monitoreo y Evaluación Continuos: Implementar un sistema de monitoreo continuo utilizando SIG para evaluar el impacto de los sistemas silvopastoriles en la calidad del suelo, la biodiversidad y la productividad agrícola. Esto permitirá realizar ajustes y mejoras en las prácticas adoptadas, asegurando su sostenibilidad a largo plazo.

3. Promoción de Incentivos y Políticas de Apoyo: Promover políticas y programas gubernamentales que ofrezcan incentivos económicos y apoyo técnico a los agricultores que adopten sistemas silvopastoriles. Esto puede incluir subsidios, créditos blandos y asistencia técnica gratuita.

4. Restauración de Áreas Degradadas: Utilizar los sistemas silvopastoriles como una estrategia de restauración de áreas degradadas. La plantación de árboles y la cobertura vegetal pueden mejorar la estructura del suelo y aumentar su capacidad para retener agua y nutrientes.

Link del video de sustentación

<https://www.youtube.com/watch?v=J0NW-hkwYRU&feature=youtu.be>

Bibliografía.

- FAO. (2005). Evaluación de la aptitud del suelo para sistemas silvopastoriles. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6768/1/IAD-2020-T017.pdf>
- Fuentes, L. P. (2018). Impacto de la deforestación en la calidad del suelo en el municipio de Cúcuta". Revista de Estudios Ambientales, 14(2), 45-60.
- García, J. C. (2019). Erosión del suelo en zonas agrícolas de Cúcuta y su impacto en la producción. Agricultura y Medio Ambiente, 7(3), 103-120.
- Instituto Agustín Codazzi (IGAC). (2024). Datos de Agrología. <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>
- Martínez, A., & Rojas, M. (2020). Contaminación de cuerpos de agua por agroquímicos en Cúcuta. Journal of Environmental Protection, 8(4), 217-232.
- Pérez, S., & López, E. (2021). Efectos del cambio climático en la agricultura de Cúcuta. Clima y Agricultura, 9(2), 143-159.
- Municipio San José de Cúcuta. (2022). Plan de Ordenamiento Territorial de Cúcuta. https://cucuta.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/33303_producto-21_i_diagnostico_componente-general_gestion-riesgo-urbano_tomo-i_a_compressed.pdf
- SIAC. (2020). Sistema de Información Ambiental de Colombia. <http://www.siac.gov.co>.
- Vargas, F., & Hernández, C. (2017). Impacto de la agricultura en la biodiversidad de Cúcuta. Ecología y Conservación, 11(1), 89-105.
- Olaya, V. (2020). Sistema de Información Geográfica. <https://volaya.github.io/libro-sig/>