

**ANÁLISIS DE LA APTITUD DEL SUELO PARA LA PRODUCCIÓN DE AGUACATE HASS A PARTIR DE GEOPROCESOS EN EL SOFTWARE QGIS ENFOCANDO LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL MUNICIPIO DE GARAGOA BOYACÁ**

**Autores**

Jhon Banner Cáceres Garzón\_jbcaceresg@unadvirtual.edu.co \_Estudiante de Agronomía;

Yorman Elias de Jesús Correa Toro\_ yecorreato@unadvirtual.edu.co \_Estudiante de Agronomía;

Yeny Paola Diaz Jiménez\_ ypdiazj@unadvirtual.edu.co\_ Estudiante de Zootecnia.

Docente Asesor: Nelson Enrique Zambrano Monsalve\_ nelsone.zambrano@unad.edu.co

**RESUMEN**

La cadena productiva en Colombia está conformada por los productores, comercializadores, industrias de procesamientos de material vegetal, proveedores de insumos, exportadores, universidades, centro de investigación e instituciones adscritas al gobierno nacional que acompañan el proceso como el Instituto Colombiano Agropecuario\_ ICA y el SENA.

El aguacate que se cultiva en el país corresponde a las razas antillana, guatemalteca y mexicana e híbridos entre ellas. Las variedades más cultivadas en Colombia son Lorena, Trinidad, Booth-8, Fuerte, Hass, Trapo, Santana Colinred y Ettinger. Se estima que en el país existen alrededor de 13.000 productores en cerca de 18.113 unidades productivas cuya principal actividad económica se deriva de este cultivo.

En el Valle de Tenza existe una Asociación Regional de Productores de Aguacate Hass, Gracias al trabajo articulado entre los alcaldes de Garagoa, Chinavita, Macanal, Guateque y Sutatenza, buscan generar conciencia en los productores sobre la importancia de conformar la organización para efectos de reducir costos para mantener una oferta constante del producto y ser competitivos en los mercados. (Boyaca, 95.6 fm)

El presente trabajo es una propuesta metodológica para identificar y analizar la aptitud del suelo en el Municipio de Garagoa Boyacá. Para ello, se propone un modelo lógico que permita a realizar una comparación entre la oferta y la demanda ambiental utilizando los (SIG).

---

Garagoa es un Municipio colombiano capital de la Provincia de Neira, al Suroccidente del Departamento de Boyacá sobre la cordillera Oriental, lo cual tiene una extensión de 191.75 km, una altura de 1705 msnm. El Municipio está ubicado en un plano inclinado, tiene una población aproximada de 16.195 Hab, 12.084 en el perímetro urbano y 4111 en el área rural, la temperatura media es de 19° C. El principal río de este municipio es el río Garagoa y algunas quebradas como la Quigua y la Colorada. La mayor parte de la superficie del municipio está conformada por una topografía de fuertes pendientes. El 59% es topografía quebrada, el 39% ondulada y el 2% plana. Las elevaciones más destacadas son las cuchillas del varal, las cruces, Carbonera y Mamapacha.

**PALABRAS CLAVES:** Geoprocesos- SIG  
Aptitud agrícola-Ordenamiento agroambiental.

## ABSTRACT

The productive chain in Colombia is made up of producers, marketers, plant material processing industries, input suppliers, exporters, universities, research centers and institutions attached to the national government that accompany the process such as the Colombian Agricultural Institute\_ ICA and SENA. The avocado grown in the country corresponds to the Antillean, Guatemalan and Mexican races, and hybrids between them. The most cultivated varieties in Colombia are Lorena, Trinidad, Booth-8, Fuerte, Hass, Trapo, Santana Colinred and Ettinger.

It is estimated that in the country there are around 13,000 producers in around 18,113 productive units whose main economic activity is derived from this crop.

In the Tenza Valley there is a Regional Association of Hass Avocado Producers. Thanks to the coordinated work between the mayors of Garagoa, Chinavita, Macanal, Guateque and Sutatenza, they seek to raise awareness among producers about the importance of forming the organization for the purposes of reducing costs to maintain a constant supply of the product and be competitive in the markets. (Boyaca, 95.6 FM)

The present work is a methodological proposal to identify and analyze the suitability of the soil in the Municipality of Garagoa Boyacá. To do this, a logical model is proposed that allows a comparison between environmental supply and demand using (GIS).

Garagoa is a Colombian municipality, capital of the Province of Neira, in the southwest of the Department of Boyacá on the Eastern Mountain range, which has an extension of 191.75 km, an altitude of 1705 meters above sea level. The Municipality is located on an inclined plane, it has an approximate population of 16,195 inhabitants, 12,084 in the urban perimeter and 4,111 in the rural area, the average temperature is 19° C. The main river of this municipality is the Garagoa River and some ravines like the Quigua and the Colorada. Most of the municipality's surface is made up of steeply sloping topography. 59% is broken topography, 39% undulating and 2% flat. The most notable elevations are the blades of the varal, the crosses, Carbonera and Mamapacha.

**KEYWORDS:** Geoprocesos – GIS - agricultural suitability and agro-environmental planning.

## INTRODUCCION

Este trabajo promueve el estudio de la aptitud del uso del suelo como el instrumento básico e idóneo para diagnosticar y formular propuestas en la perspectiva de uso racional y sostenido de los recursos naturales enfocados al sector de la producción de Aguacate Hass. La aptitud del suelo se basa en las limitaciones permanentes del terreno, el cual requiere continuas prácticas para superar los riesgos después que ha sido acondicionado para su uso.

En este contexto, la utilización de sistemas de información geográfica (SIG) se presenta como una herramienta fundamental para el análisis y la visualización de datos geospaciales relacionados con los suelos y el clima (Buzai y Baxendale, 2013). Los SIG permiten la integración de diferentes capas de información, como los datos edáficos, climáticos y su superposición en un único mapa temático (Winschel, 2017) Cutillas, Barberá y García (2015) estipulan que con estas herramientas se genera una representación espacial clara y precisa de las características del suelo y del clima que pueden ser aplicadas al municipio de Garagoa\_Boyaca.

Este trabajo describe los procesos llevados a cabo para obtener el modelo relación (Aptitud del Suelo), a partir de la selección de archivos shape obtenidos del IGAC, IDEAM, para efectuar los geoprocesos en el Software Qgis.

## OBJETIVOS

### Objetivo General

- Determinar la aptitud del uso del suelo para la producción de Aguacate mediante el uso de los sistemas de información Geográfica para el ordenamiento agroambiental en el municipio de Garagoa\_ Boyacá.

### Objetivos Específicos

- Identificar la aptitud del uso del suelo según las propiedades físico\_ químicas.
- Analizar la fertilidad del suelo para el cultivo de Aguacate, teniendo en cuenta los geoprocesos utilizados en Qgis.
- Clasificar el suelo según los índices de pisos térmicos y regiones climáticas.

## IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL Y CASO DE ESTUDIO

En el Municipio de Garagoa se desconocen las capacidades agrícolas para la producción de Aguacate, donde por medio de investigaciones se va a estudiar cada una de las características de los suelos aptos para este cultivo ya que la actividad agrícola en Colombia es un renglón importante para la economía donde el potencial es muy grande en este territorio lo cual se pretende establecer los componente climáticos y edáficos por medio del Software Qgis.

---

El Municipio de Garagoa es un territorio con una muy buena riqueza natural que debe ser protegida, sin afectar la parte económica ya que es la parte fundamental del desarrollo sostenible, ya que los suelos en esta zona boyacense han estado sometidos a intensas actividades agropecuarias porque presentan degradación y están siendo cubiertas por la expansión del suelo sin criterios de sostenibilidad.

### **REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL AGUACATE HASS.**

El aguacate, es el fruto de un árbol originario de México y Centroamérica. (Teliz,2000). Pertenece a la familia Lauraceae y actualmente está distribuido en gran parte de los países del mundo, donde es ampliamente cultivado y comercializado.

El cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill) pertenece a la familia de las Lauráceas, es un árbol extremadamente vigoroso (Tronco fuerte con ramificaciones fornidas, pudiendo alcanzar hasta los 30 mts de altura, con sistema radicular bastante superficial, perennifolio, hojas alternas, pedunculadas, muy brillantes, las inflorescencias se presentan en ramilletes, cada una con cientos de flores, estas son verdosas, de 1 cm de anchura y con tres verticilos de tres estambres y un ovario (Tomalá, 2002) citado por (Lavaire.2013)

Las raíces son generalmente superficiales. La raíz principal es corta y débil como la mayoría de las especies arbóreas originarias de ambientes ricos en agua durante el periodo vegetativo. Alcanza profundidades de 1.0 – 1.5 metros, pero en terrenos más sueltos puede superar esta marca. (Calíbrese, 1992) citado por (Lavaire.2013).

### **Requerimientos agroecológicos:**

#### **Suelos**

Los suelos ideales para el cultivo de aguacate son aquellos de textura media: franco, franco arenoso, franco arcillo arenoso y migajón, profundos y con buen drenaje, con un pH neutro o ligeramente ácido (5.5 a 7.0), para facilitar la absorción de los principales nutrientes garantizando así el desarrollo radicular, aunque también puede cultivarse en suelos arcillosos o franco arcillosos siempre que exista un buen drenaje (Alonzo 2008) Citado por (Laura.2021).

#### **Temperatura**

El aguacate es una planta que se puede adaptar a temperaturas desde -4°C, como la variedad Hass, siendo las ideales para esta raza las temperaturas entre los 14 y 24°. En temperaturas superiores a los 36°C, se presentan algunos problemas, principalmente en la fecundación y cuajado de fruto (Lavaira.2013). Del mismo modo, es importante tener en cuenta que de acuerdo a la temperatura se dará el proceso de floración y cosecha, extendiéndose en climas fríos de 10 a 14 meses y en climas cálidos de 5 a 8 meses.

#### **Precipitación**

El aguacate demanda regímenes pluviales de 1,000 a 2,000 mm bien distribuidos a lo largo del año. La variedad Hass requiere de 1200 a 1800 mm de lluvia anual (FHIA. 2008) citado por (Lavaira.2013). Por otro lado, es muy importante tener en cuenta que los excesos de agua en el suelo por parte de las altas precipitaciones provocan asfixia radicular, lo cual puede contribuir en el

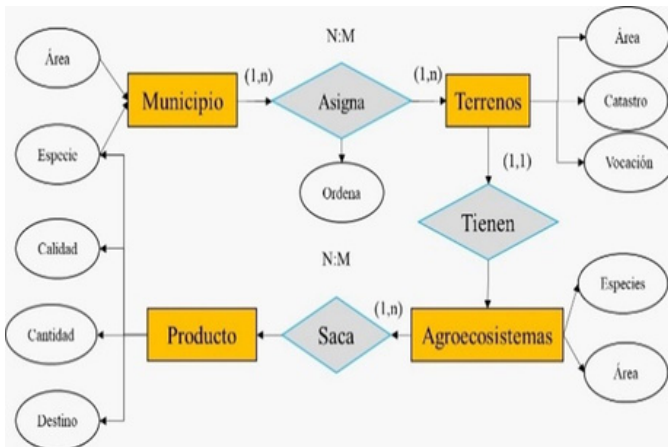
desarrollo del hongo *Phytophthora cinnamoni* que genera la pudrición de raíces, además de provocar la pérdida de flores y frutos.

## DESARROLLO Y ANÁLISIS DEL CASO DE ESTUDIO

Para desarrollar este estudio sobre la aptitud del suelo para la Producción de Aguacate Hass en el Municipio de Garagoa Boyacá se requiere recopilar información relacionada con la parte ambiental y los sistemas de información Geográfica con el objetivo principal de la vocación del uso es la determinación del uso más apropiado que puede soportar cada uno de los suelos.

### Modelo lógico entidad- relación

**Imagen 1.** Modelo lógico de entidad – relación para la asignación adecuada de la Aptitud del suelo del Municipio de Garagoa \_Boyacá.



**Nota:** Modelo Entidad – Relación (ER) Municipio de Garagoa, Boyacá (Diaz Y, 2023)

El modelo entidad relación planteado comprende como entidades el Municipio, terrenos, agroecosistemas y producto, los cuales se relacionan con los atributos (área, Catastro, vocación, especie, calidad, cantidad y destino)

Se propuso a partir de la relación en la cual los organismos municipales deben asignar a partir del Plan de Ordenamiento Territorial el uso de los suelos, sin embargo, las variables área, ID (Catastro) y vocación son fundamentales para la asignación adecuada, entendiendo que la problemática del municipio se establece en su ocupación urbana se estipulo un modelo ER documentado que a partir del diseño lógico permite identificar, analizar y determinar la asignación adecuada del suelo según sus cualidades y ubicación geográfica.

Entidad	Relación	Atributo
Municipio	Asigna	Área, ID (Catastro), vocación, Especie, calidad, cantidad y destino.
Terreno	Tiene	
Agroecosistema sistema	Saca/produce	
Producto		

**Nota:** Variables tomadas para la asignación del modelo ER en el estudio de caso para el municipio de Garagoa, Boyacá (Diaz Y, 2023)

**Planteamiento e identificación de los geoprocesos y modelamientos para lograr tanto la correcta identificación y mapificación del problema localizado geográficamente.**

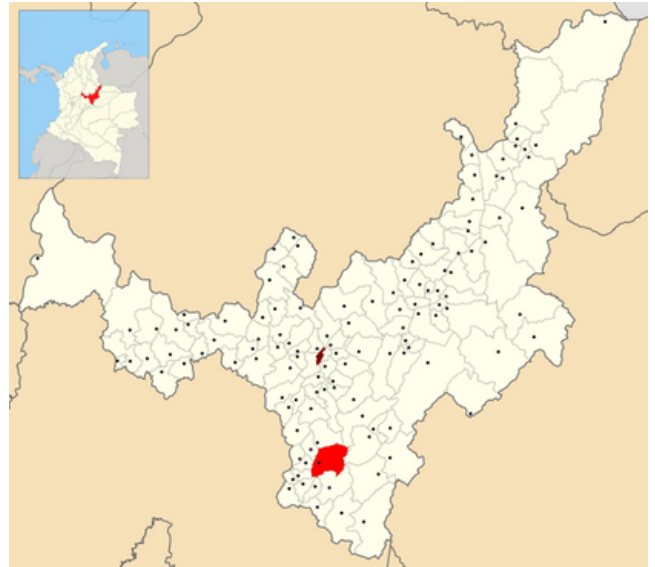
Para desarrollar este trabajo se busca recopilar administrar, visualizar y manipular la información de una manera adecuada se elabora una Geodatabase (Archivo ONEDRIVE) la cual cuenta con información base del municipio (Hidrográfica, límites, vías, Asentamientos urbanos etc.)

Nota: Para poder realizar cada uno de los mapas se hace el **CORTE** del Municipio, se guarda como archivo shape, se cargan el resto de las capas vectoriales a trabajar en este caso las restricciones, Suelos, Capacidad de Suelo, PNN(Parques Nacionales Naturales) y se realiza la **UNIÓN** y **DIFERENCIA** para poder rasterizar y vectorizar la información.

**a) Delimitación del área de interés**

Garagoa es un municipio colombiano, capital de la provincia de Neira, al suroriente del departamento de Boyacá. Distancia por la carretera de Bogotá la capital de Colombia es de 136 km y de Tunja, capital departamental, 81 km. Es el noveno municipio más poblado del Departamento. Se le conoce como la Sultana del Valle de Tenza.

Las fuentes hídricas están representadas por las cuencas de los Ríos Garagoa, Tunjita y algunas Quebradas de Importancia que pasa por el casco urbano como la Quigua, Los Manzanos, de igual manera el embalse la Esmeralda es una de las zonas protegidas.



Garagoa está delimitado por los siguientes municipios:

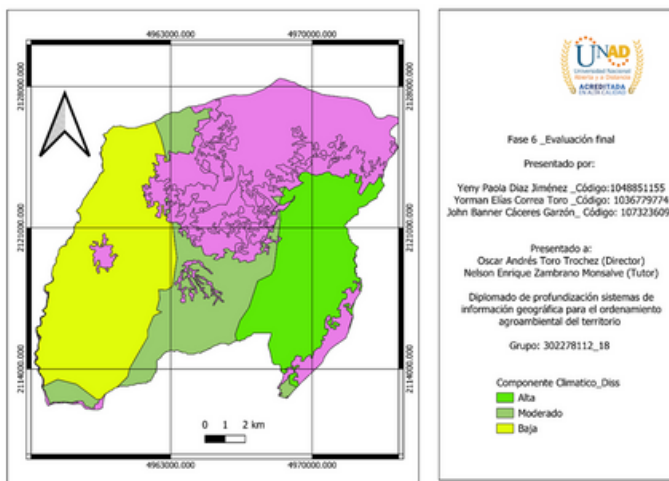
Noroeste: Pachavita\_(Río Garagoa)  
Norte: Chinavita  
Nordeste: Miraflores\_(Río Tunjita)  
Oeste: Tenza,  
Sutatenza\_(Río Garagoa)  
Este: Miraflores\_(Río Tunjita)  
Suroeste: Somondoco, Almeida\_(Embalse la Esmeralda)  
Sur: Macanal  
Sureste: Macanal, Campohermoso\_(Río Tunjita)

Por medio de la elaboración de un polígono de cobertura se observa el municipio de Garagoa Boyacá.

## b) Secuencia para el modelamiento climático del municipio de Garagoa.

Para la obtención del mapa climático del territorio de Garagoa, tenemos que determinar la capa Lang del mismo, que consiste en la relación obtenida al dividir la precipitación anual (ppm) por la temperatura media anual (°c). Este proceso se realiza rasterizando las capas de precipitación anual y temperatura anual del municipio y realizando la división a través de la calculadora ráster.

*Imagen 2. Área de aptitud climática para la producción de Aguacate en el Municipio de Garagoa Boyacá.*



**Nota:** El componente climático indica que el suelo es apto para el cultivo de aguacate Hass, ya que las condiciones del Municipio están moderadas por la temperatura y la precipitación aptas para la producción.

## c) Secuencia de geo procesos para el modelamiento.

Para realizar la relación entre el área del municipio total, el ordenamiento del territorio, la disposición del agroecosistema y la cosecha del producto como resultante. Se foto interpretó el componente edáfico del municipio de Garagoa\_ Boyacá.

*Imagen 3. Componente edáfico del municipio Garagoa\_ Boyacá.*



**Nota:** Capa ráster del componente edáfico en Garagoa\_ Boyacá a partir de QGis (Diaz Y, 2023).

Se identificó que la zona nororiental del municipio cuenta con un conglomerado de territorio apto para la agricultura la cual se observa en color verde con tonalidad oscura. La banda (color) estipulada muestra una escala desde los 8,45 a 1 donde entre más cercano es el color a 1 menor es su aptitud agrícola.

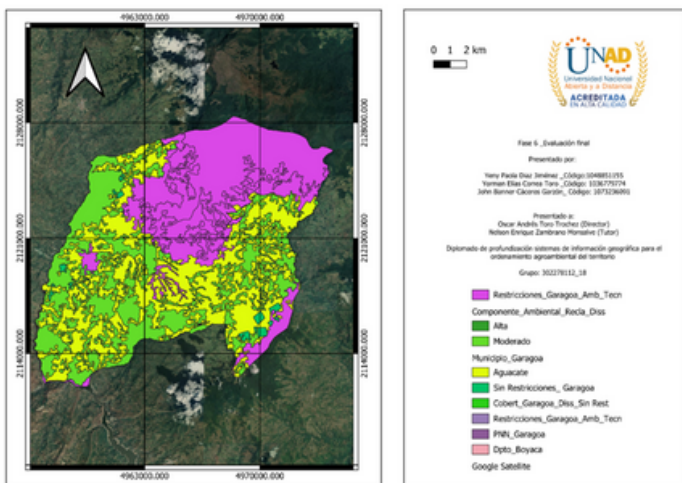


**d) Identificación de la problemática**

Se analiza que en el Municipio de Garagoa\_ Boyacá no se encuentran producciones de Aguacate sino muchas zonas de bosques que no son de utilidad para la comunidad porque no presentan ningún beneficio por eso se busca que por medio de este proyecto final se tenga en cuenta los factores de la vocación del suelo y cada una de las semillas que se van a incorporar en el estudio para el análisis real de las condiciones del agroecosistema por medio de la vocación del suelo, garantizando una adecuada elección de los terrenos que ofrezcan a las plantaciones las condiciones físicas y químicas que requieren para obtener el máximo rendimiento en sus cosechas.

Por otro lado, se hace necesario conocer las zonas más propicias para el establecimiento de los cultivos de acuerdo con la interacción que estas plantaciones puedan adquirir con los demás factores ambientales presentes en la zona de estudio, buscando mitigar posibles impactos ambientales que puedan ir en contra de la normatividad ambiental colombiana y en el deterioro de los ecosistemas presentes en el municipio de Garagoa Boyacá.

**Imagen 4. Vocación de los suelos Garagoa y áreas ocupadas para la producción de Aguacate.**

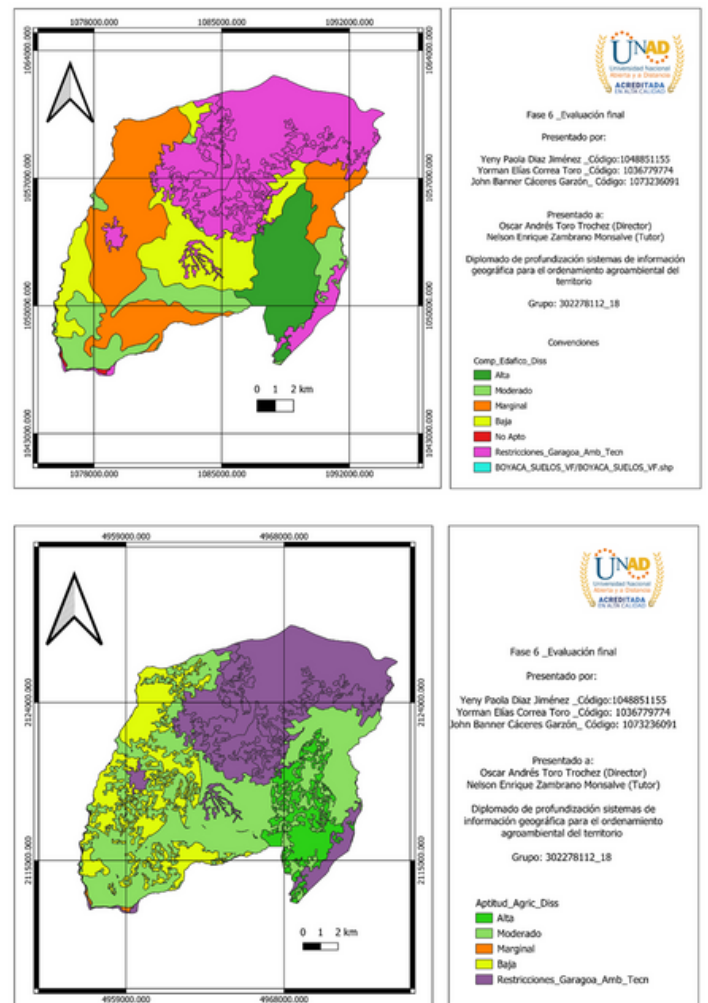


**Nota:** Mapificación de los suelos en Garagoa y área de producción actual (Díaz Y,2023).

**e) Modelamiento para ordenamiento territorial a partir de las aptitudes del suelo.**

Ya identificadas las áreas del municipio se procede a realizar un modelamiento que exponga de manera categórica las aptitudes agrícolas del territorio. Donde se va a determinar las áreas ideales para la producción de aguacate, del municipio y cuáles son las que no son permitidas para esta actividad agrícola. En el mapa que encontramos, podemos ver que los colores verdes nos indican una alta y moderada disponibilidad para la implementación de sistemas de producción agrícola aptas para el cultivo de aguacate.

**Imagen 5. Aptitud agrícola por categorías del municipio de Garagoa, Boyacá.**





## Conclusiones

- Es indispensable entonces determinar el efecto de los sistemas productivos y establecer u orientar las posibles acciones de ordenamiento y manejo encaminadas al desarrollo equilibrado y sostenible de los recursos naturales, así como promover la conservación, en procura del mantenimiento de la funcionalidad ecológica dentro de un desarrollo económico que promueva la calidad de vida en armonía con la protección del medio natural (FAO, 2021).
- Podemos determinar en que zonas del municipio de Garagoa en el departamento de Boyacá, hay una amplia aptitud del suelo y clima que nos permiten desarrollar sistemas de producción agrícola tales como Aguacate, variedad Hass. Sin embargo, el poco conocimiento en cuanto a fenología, estudios eco fisiológicos, nutrición, porta injertos, entre otros, no ha permitido que este sistema de producción agrícola tome la importancia necesaria por parte de los campesinos productores de esta región. (Bernal et al., 2017).
- Este modelo permite a los agricultores y planificadores agroambientales tomar decisiones informadas sobre el uso y gestión del suelo, lo que puede mejorar la productividad agrícola y reducir los impactos ambientales negativos. Además, el enfoque integral de evaluación de la aptitud del suelo para la agricultura presenta una oportunidad para optimizar el uso de los recursos naturales, y hacer frente a los retos ambientales y económicos a nivel local y global.
- En resumen, la aplicación de herramientas y técnicas avanzadas para el desarrollo de modelos espaciales puede ser de gran ayuda en la planificación y gestión del territorio. El enfoque integral de evaluación de la aptitud del suelo para la agricultura puede ser replicado en diferentes contextos y regiones, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones en el sector agrícola y agroambiental.

## Recomendaciones

- Es importante contar con asistencia profesional en la zona, con personal idóneo para el procesamiento, interpretación y modelación de datos e información geográfica espacial, ya que los conflictos de uso de suelos se presentan cuando la utilización actual, no corresponde a la oferta ambiental. El tratamiento de la información geográfica de la zona, se puede obtiene de bases geo portales como el IGAC, IDEAM, entre otros.
- Por parte de los entes del estado y gubernamentales del municipio de Garagoa en el departamento de Boyacá, también es importante contar con la asistencia técnica necesaria para la capacitación a los agricultores, en temas de nutrición, porta injertos, fisiología del cultivo, fenología del mismo y todo tipo de estudios eco fisiológicos, que se encuentren disponibles acerca del cultivo de Aguacate variedad Hass. Para así, lograr que este tipo de sistemas agrícolas tome gran importancia en esta zona.

## Referencias Bibliográficas

Jamaica-, DA, & Resumen, T. (s/f). Relación entre la aptitud de uso del suelo para la producción de aguacate y las áreas de la producción actual. Educa.co. Recuperado el 11 de noviembre de 2023, de [https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/4637/Jamaica\\_David\\_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/4637/Jamaica_David_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Bartoli, A., & Angel, J. (2008). Manual técnico del cultivo del aguacate Hass (Persea americana L.). Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). Recuperado de: Manual técnico del cultivo de aguacate Hass (Persea americana L.) (avocadosource.com)

Lavaire, E., & Tegucigalpa, F. M. (2013). Manual Técnico del Cultivo de Aguacate en Honduras. Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), 17-20. Recuperado de: Manual cultivo de aguacate FINAL (sag.gob.hn)

Bernal Estrada, J. A., y C. A. Díaz (Compiladores.). 2020. Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate (2.<sup>a</sup> Ed.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia. Mosquera, Colombia. 772 p.

Hernández, R. Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. McGraw-Hill Interamericana.  
<http://www.ebooks7-24.com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/?il=6443>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC (2014). Instructivo Zonificación Climática.  
<http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/UserFiles/File/procedimientos/instructivos/2014/I40100-05%20-14%20V1%20Zonificacion%20climatica.pdf>

Santos, L. D. P. (2017). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. Revista Ingeniería Agrícola, 4(3), 28-32.  
<https://revistas.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/651/652>

---

### Link del Video de Sustentación:

<https://www.youtube.com/watch?v=c2jpiUVKioC>