

---

# ZONIFICACIÓN DEL SUELO PARA CULTIVOS DE PAPA CON EL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA, EN EL MUNICIPIO DE GUASCA CUNDINAMARCA.

Claudia Patricia Beltrán Ballesteros, cpbeltranb@unadvirtual.edu.co;  
Cristian Iván Buitrago Cepeda, cibuitragoc@unadvirtual.edu.co;  
Lesly Dahanna Guzmán Calderón, ldguzmanca@unadvirtual.edu.co;  
Docente asesor: John Carlos Ruiz Caicedo, john.ruiz@unad.edu.co

## RESUMEN

Este informe presenta un estudio y análisis detallado de la zonificación del suelo para cultivos de papa en el municipio de Guasca, Cundinamarca, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). El objetivo del presente estudio es identificar las áreas con diferentes niveles de aptitud para el cultivo de papa, optimizando el uso del suelo y mejorando la eficiencia agrícola. La zonificación del suelo se realizó mediante la integración de diversas capas de información dentro de los SIG bajo el uso del software ArcGIS. Los principales factores considerados incluyen el clima; temperatura y precipitación, las características edafológicas; tipo de suelo y fertilidad, la topografía; pendiente y altitud, condiciones ambientales, y la integración de todas las capas para definir zonas de aptitud baja, media y alta para el cultivo de papa. Concluyendo que las zonas con baja aptitud son las zonas principalmente montañosas del norte y noroeste del municipio. Los suelos aptos están identificados en las partes bajas y valles.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Identificar las zonas óptimas del suelo para los cultivos de papa del municipio de Guasca (Cundinamarca) por medio de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica con la generación de mapas.

### Objetivos específicos

- Proponer un modelo lógico que contribuya a la identificación de zonas del suelo en los cultivos de papa, por medio del uso de los Sistemas de Información Geográficas (SIG).
  - Emplear los geo-procesos desarrollados mediante el software ArcGIS, tomando información relevante para la identificación de zonas del suelo en los cultivos de papa.
  - Extrapolar información perteneciente a las capas del suelo en el municipio de Guasca, Cundinamarca, generando cartografía mediante Shapes.
-

---

## INTRODUCCIÓN

Como menciona Vargas & Ramírez (2012), Guasca es un municipio situado en el departamento de Cundinamarca en Colombia, específicamente en la provincia del Guavio. Se encuentra a unos 50 kilómetros al noreste de Bogotá, la capital del país. Las coordenadas geográficas de Guasca son aproximadamente 4°52' de latitud norte y 73°52' de longitud oeste. Este municipio está enclavado en la Cordillera Oriental de los Andes, lo que le confiere una topografía variada y un paisaje montañoso característico. Guasca abarca una superficie de alrededor de 318 kilómetros cuadrados. Limita al norte con los municipios de Junín y La Calera, al este con Fómeque, al sur con Choachí y al oeste con La Calera y Sopó. Esta ubicación estratégica le permite tener una gran diversidad ecológica y climática, influenciada tanto por su altitud como por su proximidad a diferentes formaciones geográficas.

El clima de Guasca es templado de montaña, con temperaturas que oscilan entre los 10°C y los 18°C. La altitud promedio del municipio es de 2700 metros sobre el nivel del mar, aunque algunas áreas alcanzan altitudes superiores. La región experimenta dos estaciones principales: una temporada de lluvias que se extiende de abril a noviembre y una temporada seca que va de diciembre a marzo. La precipitación anual promedio es de aproximadamente 1200 milímetros, lo que contribuye a la fertilidad de sus suelos.

De acuerdo con Cruz & Gómez (2018), Guasca es rica en recursos hídricos, con varios ríos y quebradas que atraviesan su territorio. El río Bogotá es uno de los cuerpos de agua más importantes, aunque en sus etapas iniciales, antes de recibir contaminación significativa.

El presente estudio se encuentra enfocado en desarrollar una zonificación del suelo para cultivos de papa en el municipio de Guasca, utilizando técnicas avanzadas de los Sistemas de Información Geográfica. En este se busca identificar las áreas óptimas para este cultivo mediante la integración de datos espaciales y la aplicación de modelos de análisis multicriterio.

Según Cifuentes & Espinosa (2008), la zonificación del suelo es una herramienta esencial para la planificación agrícola, ya que permite identificar las áreas más adecuadas para el cultivo de diferentes tipos de cultivos. En el caso del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*), uno de los cultivos más importantes en términos de producción y consumo a nivel mundial, la selección adecuada del suelo es fundamental para maximizar el rendimiento y garantizar la sostenibilidad del cultivo.

## IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Araujo et al. (2021) afirman que en Guasca, Cundinamarca, los agricultores de papa enfrentan

---

una variabilidad significativa en la producción debido a la heterogeneidad del suelo. Esta variabilidad se debe a diferencias en la composición del suelo, la capacidad de retención de agua, la textura y los niveles de nutrientes, lo que afecta la uniformidad del crecimiento de las plantas y, en última instancia, la producción total de papa.

Algunos factores que contribuyen a estas problemáticas se encuentran en la composición del suelo, ya que algunas áreas pueden tener una variabilidad significativa en la composición del suelo, incluyendo diferencias en la cantidad de materia orgánica, minerales y pH del suelo.

La capacidad de retención de agua varía en algunas zonas, afectando la disponibilidad de agua para las plantas durante períodos secos. La textura del suelo, que puede variar entre arcilloso, limoso y arenoso, influye en la aireación, la penetración de las raíces y la capacidad del suelo para retener nutrientes.

Los niveles de nutrientes; las variaciones en los niveles de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio pueden llevar a diferencias en el crecimiento y desarrollo de las plantas de papa.

De acuerdo con Yepes (2010), algunos impactos de la variabilidad del suelo en la producción de papa se encuentran asociados con el rendimiento inconsistente; por las diferencias en las propiedades del suelo resultan en una producción desigual de papa, donde algunas áreas producen cosechas abundantes mientras

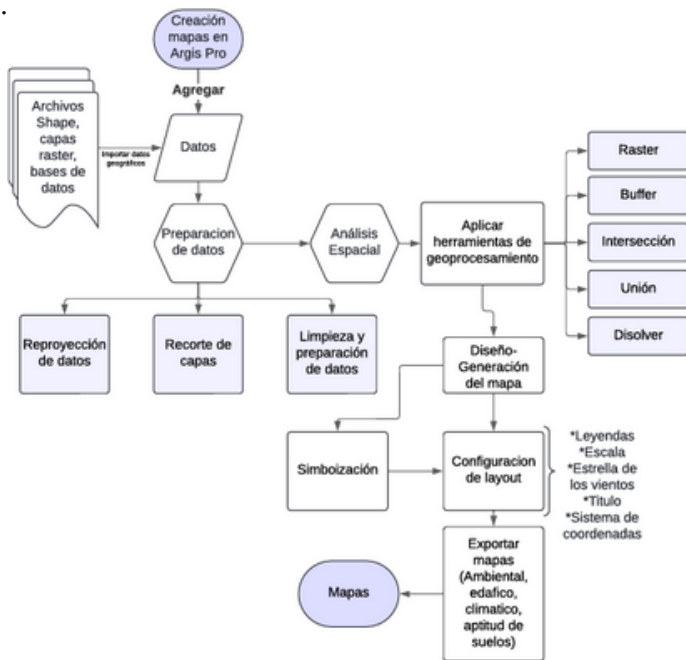
que otras tienen rendimientos bajos. La calidad del tubérculo: la variabilidad en los nutrientes y la retención de agua afecta la calidad de los tubérculos, resultando en papas de diferentes tamaños y calidades, lo que impacta la comercialización. La eficiencia de insumos agrícolas: la aplicación uniforme de fertilizantes y agua en suelos heterogéneos no es eficiente, llevando a un desperdicio de recursos y costos elevados. Los problemas de gestión: la falta de conocimiento detallado sobre las propiedades del suelo en diferentes áreas dificulta la planificación y manejo adecuado de los cultivos, afectando la toma de decisiones agronómicas.

De acuerdo con Calvo & Zúñiga, (2010), la aplicación uniforme de fertilizantes y agua en suelos heterogéneos no es eficiente, llevando a un desperdicio de recursos y costos elevados.

Los problemas de Gestión: La falta de conocimiento detallado sobre las propiedades del suelo en diferentes áreas dificulta la planificación y manejo adecuado de los cultivos, afectando la toma de decisiones agronómicas.

## METODOLOGÍA

Para la zonificación del uso del suelo, es necesario usar herramientas informáticas, que permiten extraer y extrapolar los datos a nivel ambiental, edáfico y climático, para ello se usó el software ArcGIS Pro desarrollado por ESRI y licenciado por la UNAD, debido a esto se emplearon los diferentes recursos que permite este programa en la elaboración de mapas, a continuación, se presenta el diagrama de flujo que se siguió para la elaboración de los diferentes mapas presentados en los resultados



**Figura 1.** Diagrama de flujo de elaboración de mapas  
Elaboración propia (2024)

Con los procesos anteriores y con los archivos que se han generado por organizaciones y entidades ambientales, tales como lo son para el caso de Colombia, como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), donde por medio del modelamiento, se generan datos los cuales se usaron para generar los mapas aquí presentados.

Dentro de los modelamientos y datos que mencionamos anteriormente, se usaron los que están almacenados en las páginas de Colombia, en Mapas, IGAC y del IDEAM, tales como fueron el mapa por Municipios, Cobertura de Tierras, Drenaje Doble, Paramos, Embalses, Humedales, Parques Nacionales Naturales, Precipitaciones Media Total Anual y clasificación climática.

De estos datos exportados a capas vectoriales en formas de polígonos, se realizaron los geo-procesos, aplicándose al sistema de coordenadas Magna SIRGAS- Origen Nacional.

En el componente ambiental, se realizó el geo proceso de Dissolver según la clasificación del nivel 3 de la capa de cobertura de tierras, donde posteriormente se realizó recorte, incluyendo las zonas urbanas, zonas rurales urbanizadas, ríos, embalses, humedales, bosques y demás zonas en donde no se puedan realizar las labores de cultivo, de este modo también se incluyó la zona de paramos que se encuentra el municipio de Guasca, zonas que son ambientalmente protegidas bajo la Ley 1930 de 2018, y como dice en su primer artículo su objetivo es: “establecer como ecosistemas estratégicos los páramos, así como fijar directrices que propendan por su integralidad, preservación, restauración, uso sostenible y generación de conocimiento.” De este modo se realizaron las restricciones técnicas y ambientales, realizado con el geo-proceso de Combinación.

A partir de la anterior información, se borraron las capas de restricciones técnicas y ambientales, y obtener un mapa base denominado Sin Restricciones. Posterior a eso se usaron los geo-procesos de Ráster y Reclassificar generación de tiff, para después cambiarlo con el proceso de ráster a polígono, para obtener el mapa de componente ambiental. Ver Mapa 1.

El componente edáfico, se usó el mapa Sin Restricciones generado en el anterior componente.

En este caso, se utilizó la capa de Uso de Suelos de Cundinamarca realizando el Recorte para el municipio de Guasca, Posterior a eso se usaron los geoprocursos de Ráster y Reclassificar generación de tiff, para después cambiarlo con el proceso de ráster a polígono, teniendo en cuenta en la reclasificación las condiciones óptimas del suelo para el cultivo de papa, dentro de las cuales se encuentran la profundidad del suelo, drenaje, textura del suelo, acidez, y fertilidad. Dando una clasificación para cada una obteniendo valores de bajo, marginal y no apto.

Así mismo se usó la capa de los usos recomendables del suelo, donde se le dio un valor alto a los sistemas productivos silvoagrícolas y regeneración espontánea de la vegetación y valores bajos para las áreas dedicadas para la ganadería extensiva.

De ese modo se combinan las capas restantes de Características del Suelo y Usos Recomendables del Suelo, para obtener el mapa del componente edáfico.

En el caso del componente climático se usaron datos de precipitaciones medias en la zona y la clasificación climática de Caldas-Lang 2014, donde se tuvieron en consideración las precipitaciones y el tipo de clima óptimos para el cultivo de papa, que en este caso son climas templados y con precipitaciones de 800 mm a 1200 mm. Se emplea el mismo proceso mencionados en los otros componentes para establecer el mapa del componente climático.

Por último, se realizó la unión de los tres componentes para generar el mapa de Aptitud de suelos para el cultivo de papa – Municipio de Guasca donde se destacan las zonas en donde se pueden realizar las labores de cultivo.

## RESULTADOS

### Modelo Entidad - Relación

El estudio busca identificar las zonas de suelo óptimas para el cultivo de papa en Guasca mediante la integración de diversas capas de información utilizando el software ArcGIS. Este análisis es crucial para optimizar el uso del suelo y mejorar la eficiencia agrícola en el municipio.

El modelo de entidad-relación diseñado para este proyecto es fundamental para estructurar correctamente los datos espaciales y no espaciales que se manipulan con los SIG. Los diagramas proporcionados visualizan las entidades fundamentales como Zona, Suelo, Cultivo y SIG, y las relaciones entre ellas. Por ejemplo, el modelo ilustra cómo diferentes tipos de suelo y sus características como la composición y la capacidad de retención de agua están vinculadas a zonas específicas, que a su vez están relacionadas con cultivos específicos de papa, destacando la importancia de la variabilidad edáfica en la producción agrícola.



**Figura 2.** Diagrama de modelo de entidad-relación detallando las relaciones entre las entidades Zona, Suelo, Cultivo, y SIG. Elaboración propia, (2024)

En el desarrollo de este modelo:

Se utilizan relaciones de uno a muchos para conectar una zona con múltiples registros de suelos y de suelos a cultivos, reflejando la diversidad y la especificidad de las condiciones de cada zona.

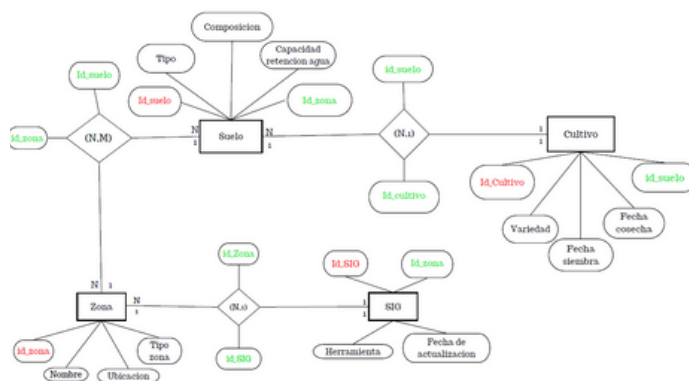
Las entidades Suelo y Cultivo están directamente relacionadas para subrayar cómo las características del suelo afectan directamente el tipo y el éxito de los cultivos plantados.

La entidad SIG se vincula a Zona a través de Zona\_SIG, demostrando la integración de los datos geográficos para el análisis espacial.

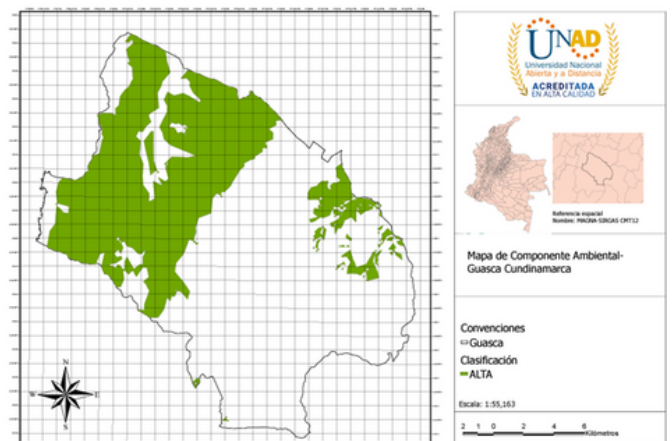
Este modelo permite un manejo sistemático y organizado de los datos, facilitando análisis complejos y la toma de decisiones informadas para la agricultura en Guasca. Su desarrollo sigue principios de diseño de bases de datos relacionales y es crucial para implementar las funcionalidades de geoprocésamiento que requiere el estudio, como la intersección, el corte y la reclasificación de capas espaciales.

Se detalla además cómo los SIG y ArcGIS se utilizan para cargar, manipular y analizar datos geoespaciales, lo que subraya la importancia de un modelo de datos bien estructurado para gestionar de manera efectiva la información en estudios de zonificación de suelos. Este modelo no solo sirve para el proyecto actual, sino que también puede adaptarse y servir de base para futuros estudios agronómicos en diferentes contextos geográficos.

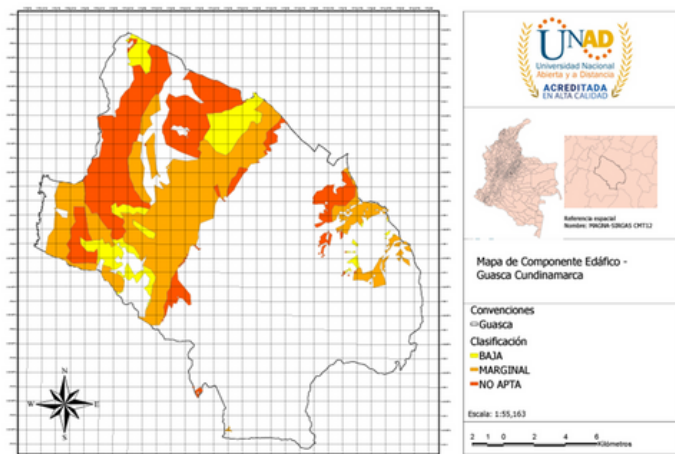
De acuerdo con el modelamiento en el software de SIG ArcGIS Pro, se emplearon las diferentes capas para hacer los diferentes mapas según sus componentes, para ver cada característica que permita construir un mapa integral para la aptitud de suelos para el cultivo de papa en el municipio de Guasca.



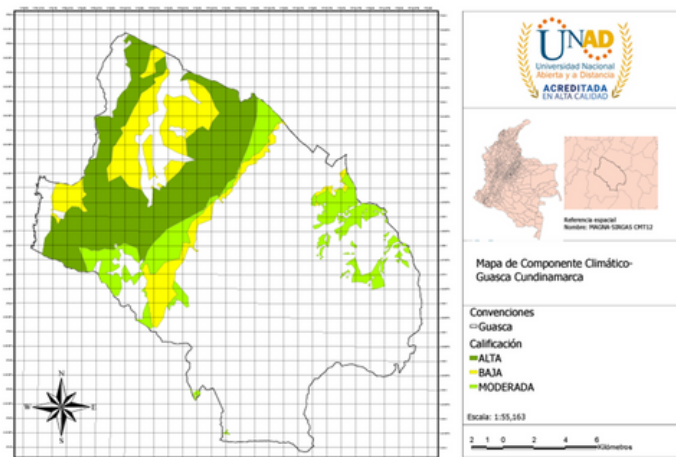
**Figura 3.** Diagrama de flujo del modelo de entidad-relación que muestra las relaciones y cardinalidades entre las entidades Zona, Suelo, Cultivo y SIG. Elaboración propia, (2024)



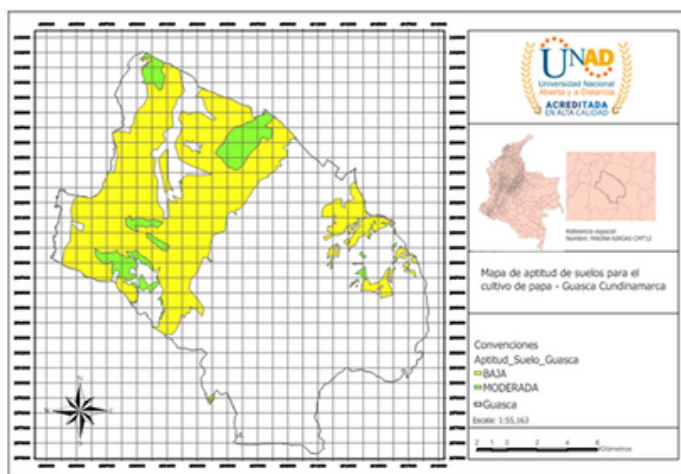
**Mapa 1.** Componente Ambiental – Municipio de Guasca. Elaboración propia, (2024)



**Mapa 2.** Componente Edáfico – Municipio de Guasca. Elaboración propia, (2024)



**Mapa 3.** Componente Climático – Municipio de Guasca. Elaboración propia (2024)



**Mapa 4.** Aptitud de suelos para el cultivo de papa – Municipio de Guasca. Elaboración propia (2024)

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el mapa 4 de aptitud de cultivo de papa para el municipio de Guasca, se pueden observar dos categorías en las que se clasifica el territorio, en aptitud baja, y aptitud moderada, donde la zona con mayor extensión es la de aptitud baja, mostrándose, así como las zonas de menor condición de tipo edáfica, climática y ambientalmente para ser destinadas a los cultivos de papa. Se puede apreciar en el mapa 3 correspondiente al componente climático, en el que se observa que la papa requiere temperaturas entre 10 y 20°C, las temperaturas fuera de este rango pueden afectar el crecimiento y desarrollo del cultivo. Por otra parte, la precipitación anual ideal para la papa está entre 800 y 1200 mm por lo que las zonas con precipitación excesiva pueden sufrir de enfermedades fungosas y problemas de drenaje. De lo anterior, también se deriva que las áreas actualmente cubiertas por bosques, pastizales, o destinadas a otros usos agrícolas, pueden ser menos disponibles o aptas para el cultivo de papa.

En el mapa 2 correspondiente al componente edáfico y con el uso de un modelo digital de elevación (DEM) han permitido identificar que los suelos arcillosos y mal drenados, comúnmente encontrados en zonas con pendientes pronunciadas principalmente en las áreas montañosas del norte y noroeste del municipio, son menos adecuados para los cultivos de papa. Estos suelos están ubicados en las partes bajas y valles del municipio y, junto con las regiones con precipitación anual excesiva y altitudes superiores a 3000 msnm, son identificados como de baja

---

aptitud para el cultivo de papa. En contraste, las regiones clasificadas con aptitud moderada presentan suelos con mejor drenaje y condiciones topográficas más favorables.

En el mapa 1 del componente ambiental, se logra observar la importancia de implementar sistemas de drenajes eficientes y adoptar prácticas de conservación del suelo, como terrazas o barreras vivas, para mejorar la retención de agua y nutrientes en el suelo y prevenir la erosión en áreas con aptitud moderada. Además, podría considerarse la transición hacia cultivos que toleren mejor las condiciones edáficas y climáticas presentes en zonas de baja aptitud, como ciertos tipos de tubérculos andinos o cultivos forestales, que además podrían contribuir a la conservación del paisaje natural. La integración continua de datos de Sistemas de Información Geográfica (SIG) puede ayudar a actualizar y refinar las zonificaciones de aptitud a medida que cambian las condiciones climáticas y se implementan nuevas tecnologías agrícolas. Esto es esencial para adaptarse a la variabilidad climática y optimizar el uso de recursos en la agricultura. Finalmente, proporcionar formación a los agricultores sobre técnicas de manejo del suelo y del agua que sean específicas para las características de las zonas donde operan es fundamental. Esto incluiría formación sobre el uso de fertilizantes apropiados, técnicas de labranza conservacionista, y estrategias de irrigación eficientes, mejorando así las prácticas de cultivo y la planificación territorial en respuesta a los desafíos identificados.

## CONCLUSIONES

El estudio ha demostrado efectivamente la utilidad de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la evaluación de la aptitud del suelo para cultivos de papa en el municipio de Guasca. La integración de capas de información geográfica y edafológica ha permitido identificar zonas con variadas aptitudes de cultivo, destacando áreas de baja y moderada aptitud basadas en factores como la composición del suelo, topografía y condiciones climáticas.

Los resultados subrayan la importancia de los factores ambientales edafológicos y climáticos en la determinación de la aptitud agrícola. Los suelos arcillosos y mal drenados, junto con áreas de alta precipitación y elevada altitud, se han identificado como menos propicios para el cultivo de papa, lo que afecta las decisiones agrícolas y la gestión del suelo.

La variabilidad en las propiedades del suelo ha mostrado tener un impacto significativo en el rendimiento y calidad del cultivo de papa, lo que resalta la necesidad de un manejo agrícola específico y adaptado a las características de cada zona para optimizar la producción.

El uso de ArcGIS ha proporcionado un marco robusto para analizar y visualizar datos espaciales, demostrando su capacidad para apoyar la planificación agrícola y la gestión del uso del suelo de manera efectiva y eficiente.

---

---

**RECOMENDACIONES**

Para áreas con aptitud moderada, es esencial implementar sistemas de drenaje avanzados y adoptar métodos de conservación del suelo que mejoren la retención de agua y nutrientes, reduciendo la erosión. La instalación de terrazas y la implementación de prácticas como la agricultura en contorno pueden ser particularmente efectivas.

En zonas de baja aptitud, donde las condiciones edáficas y climáticas limitan la producción de papa, se recomienda explorar la adopción de cultivos alternativos que sean más resistentes a estas condiciones adversas. Además, debería evaluarse la introducción de variedades de papa que toleren mejor el exceso de humedad y las bajas temperaturas.

Proveer a los agricultores formación regular en técnicas de manejo de suelo y agua adaptadas a las condiciones específicas de sus zonas de cultivo. Esto incluye educación sobre el uso eficiente de fertilizantes, estrategias de riego adecuadas, y técnicas de labranza conservacionistas que pueden aumentar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

Araujo, M. A., Cartagena, Y. E., Castillo, C. I., Cuesta, H. X., Monteros, J. C., Paula, N. R., ... & Andrade-Piedra, J. L. (2021). Manual del cultivo de papa para pequeños productores.  
<https://www.sidalc.net/search/Record/dig-cgspace-10568-111534/Description>

Cifuentes, E. L. A., & Espinosa, P. A. (2008). Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde. Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 204pp.  
[https://www.academia.edu/download/55362282/D\\_ESCRIPCION\\_DE\\_HONGOS\\_MACRO\\_Y\\_MICRO.pdf](https://www.academia.edu/download/55362282/D_ESCRIPCION_DE_HONGOS_MACRO_Y_MICRO.pdf).

Cruz Amézquita, D. E., & Gómez Quintero, S. A. (2018). Evaluación de la sustentabilidad ambiental de los sistemas productivos de la papa y ganadero en la zona de amortiguación del páramo de Chingaza, estudio de caso municipio de Guasca, Cundinamarca.  
<https://repositorio.unbosque.edu.co/items/4c148db7-42dc-4768-9772-e20a1ebc6d91>

Moyano, H. M. (2018). Guasca, Cundinamarca. Un reflejo fiel de las transformaciones de la tierra y la sociedad colombiana 1990-2016.  
<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistacyp/article/view/8428>

Reyes Contreras, J. S. (2013). Evaluación de la calidad del suelo en un agroecosistema orgánico de hortalizas y un agroecosistema convencional de papa en el municipio de Guasca, Cundinamarca.  
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/12484>

---

Vargas, D. N., & RAMIREZ, M. C. (2012). Una solución integral para la conservación del Páramo de Guasca mediante la reducción de los cultivos de papa (Doctoral dissertation, Uniandes). Esri Colombia (2020).

<https://datosabiertos.esri.co/datasets/esri-colombia::parques-nacionales-naturales-de-colombia/explore>

Yepes Martínez, L. Y. (2010). Descripción de estados inmaduros de las especies de *Clavipalpus* (Coleoptera: melolonthidae) asociadas a cultivos de papa en dos altiplanos colombianos (Doctoral dissertation).

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70361>

### **Sustentación**

#### **Enlace video de sustentación**

<https://youtu.be/EnrShNFpUn4>

---