
APTITUD DEL SUELO PARA EL CULTIVO DE AGUACATE HASS EN EL MUNICIPIO DE NEIRA, CALDAS A TRAVÉS DEL USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS.

Augusto Rondón Roldan, arondonro@unadvirtual.edu.co;

Eurípides Hinestroza Mosquera, ehinestrozam@unadvirtual.edu.co;

Yan Carlos Rios Zapata, ycriosz@unadvirtual.edu.co;

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

RESUMEN.

Este estudio analiza la aptitud del suelo para el cultivo de aguacate Hass en el municipio de Neira, Caldas, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). El aumento de la demanda de aguacate ha impulsado su producción en Neira, generando desafíos ambientales, agrícolas y sociales. Para abordar estos desafíos, se propone utilizar un modelado espacial hacia un enfoque que integrará el análisis de datos geoespaciales, centrándose en tres aspectos cruciales que afectan el cultivo: climático, edáfico y ambiental; obteniendo como resultado un mapa de aptitud del suelo el cual identifica las áreas óptimas para la expansión del cultivo sin poner en riesgo factores ambientales y sociales de la región. El caso de estudio utiliza un modelo entidad-relación y análisis geoespacial para proporcionar una herramienta efectiva en la gestión agrícola, optimizando el uso de la tierra y promoviendo la sostenibilidad.

Palabras clave:

Sistemas de Información Geográfica, Cultivo de aguacate Hass, Aptitud del suelo, Sostenibilidad agrícola, Neira.

INTRODUCCIÓN.

A lo largo de la última década, el cultivo de aguacate Hass ha experimentado un notable crecimiento en el municipio de Neira, ubicado en el departamento de Caldas, debido a su alta demanda tanto en mercados nacionales como internacionales. Este incremento en la producción agrícola ha traído consigo desafíos ambientales significativos, ya que la expansión de los cultivos a menudo implica la conversión de áreas naturales y el uso intensivo de recursos. Caracol Radio (2020) resalta que para enfrentar estos desafíos y fomentar la sostenibilidad, varias entidades locales

han suscrito un acuerdo de colaboración para la adopción de buenas prácticas agrícolas.

El acuerdo, en el que participan diferentes entidades públicas según Caracol Radio (2020) “El ICA, la Secretaría de Agricultura de Caldas, la Alcaldía de Neira, la Jefatura de Gestión del Riesgo, Corpocaldas, el Comité Departamental de Cafeteros y diversas empresas productoras”, tiene como objetivo minimizar el impacto medioambiental del cultivo de aguacate Hass. Caracol Radio (2020) indica que estas organizaciones se comprometen a mejorar la asistencia técnica y la asesoría ambiental para los agricultores, ofreciendo apoyo para abordar dudas y preocupaciones sobre el uso eficiente y sostenible de los recursos naturales renovables.

Uno de los componentes clave de este esfuerzo es la creación de un mapa en donde se identifique la aptitud del suelo del municipio de Neira para el cultivo del aguacate Hass, utilizando los SIG como herramienta principal para este proceso. Este mapa permitirá identificar las áreas más adecuadas para el cultivo, considerando factores ambientales, climáticos y edáficos. La incorporación de estos elementos en el análisis permitirá optimizar el uso de la tierra, aumentar la productividad agrícola y minimizar los efectos adversos en el medio ambiente.

El presente artículo tiene como objetivo general establecer la aptitud del suelo del municipio de

Neira para el cultivo de aguacate Hass mediante el uso de SIG. A través del modelo entidad-relación desarrollado y el análisis detallado de los componentes ambientales, climáticos y edáficos, es requerido proporcionar una herramienta eficaz para la toma de decisiones en la gestión agrícola. Este enfoque no solo busca aumentar la eficiencia productiva, sino también promover prácticas agrícolas sostenibles que protejan los recursos naturales y beneficien a la comunidad local.

OBJETIVO GENERAL.

Establecer la aptitud del suelo para el cultivo de aguacate Hass en el municipio de Neira, Caldas a través del uso de sistemas de información geográfica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Crear un modelo entidad-relación (ER) que structure y represente de manera detallada las relaciones entre las entidades clave involucradas en el cultivo de aguacate Hass en el municipio de Neira, Caldas.

Modelar los componentes ambiental, edáfico y climático del municipio de Neira mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Definir la aptitud del uso del suelo del municipio de Neira para el cultivo de aguacate Hass,

integrando los datos obtenidos del modelo ER y el análisis SIG.

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

El VI congreso latinoamericano de aguacate (2021) señala que “Colombia es el cuarto productor de aguacate a nivel mundial y el tercero en términos de área cosechada, con una participación del 6% del área mundial” (p. 316). El aumento significativo de este sector implica un desarrollo inminente para la agricultura colombiana, con la consiguiente generación de nuevos empleos y desarrollo rural.

Sin embargo, estas expansiones también presentan desafíos, ya que implican un aumento en las áreas de explotación agrícola. Esto conlleva al uso intensivo de fertilizantes, que incrementa las emisiones de gases de efecto invernadero, y de pesticidas químicos, que deterioran la salud de los operarios y afectan negativamente a la fauna y flora. Además, no se puede ignorar la expansión en áreas no aptas para el desarrollo del cultivo. El contexto anterior refleja la precariedad de los datos utilizados en la planificación agrícola, especialmente cuando se trata de un cultivo con altos requerimientos edáficos y climáticos como lo es el aguacate Hass.

Por consiguiente, la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) se plantea con el

propósito de generar información relevante que facilite la identificación de la aptitud de los suelos en el municipio de Neira, Caldas. Esto permite identificar las áreas propensas a la expansión de cultivos, que se han convertido en un modelo productivo significativo en esta región, anteriormente dedicada al cultivo de café.

Para abordar este desafío, se propone utilizar un modelado espacial basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este enfoque integrará el análisis de datos geospaciales, centrándose en tres aspectos cruciales que afectan el cultivo: climático, edáfico y ambiental.

Según Anguiano-Contreras et al. (2003), "Existe la necesidad de practicar una agricultura más productiva y con un menor nivel de riesgo; la estrategia más clara es aquella que implica la producción de cultivos en ambientes que provean condiciones que satisfagan los requerimientos agroecológicos de las plantas" (p. 324). Y son precisamente estas condiciones agroecológicas, que resultan de la combinación del enfoque de análisis (climático, edáfico y ambiental), las que se buscan establecer para identificar las posibles áreas de expansión del cultivo de aguacate Hass en el municipio de Neira, Caldas.

La finalidad de este estudio es que mediante la utilización de herramientas SIG se pueda promover prácticas agrícolas sostenibles, proteger los ecosistemas naturales, conservar el agua y

fomentar una productividad responsable. Además, busca proporcionar una visión general del municipio, identificando posibles escenarios que faciliten la determinación de acciones.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

La evaluación de la aptitud del suelo para el cultivo de aguacate Hass en Neira, Caldas, posibilitará mejorar las prácticas agrícolas y garantizar una utilización óptima del suelo y los recursos naturales en la región.

JUSTIFICACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.

La escasa información acerca de la aptitud del suelo limita la eficiencia en la planificación agrícola y puede resultar en un uso ineficiente de los recursos naturales. La implementación de herramientas de software SIG ofrece una solución efectiva para ampliar los criterios de selección de cultivos adecuados y optimizar el aprovechamiento de las áreas productivas. Este caso de estudio se enfoca en determinar la aptitud de estos suelos para evaluar la idoneidad de los mismos ubicados específicamente en el municipio de Neira, Caldas enfocados en el cultivo de Aguacate Hass utilizando software de Sistemas de Información Geográfica (SIG); con el propósito de proporcionar recomendaciones precisas y decisiones fundamentadas en la zona de estudio.

Figura 1.

Área de estudio, perímetro del municipio de Neira



Fuente: Elaboración propia, 2024.

MODELO ENTIDAD RELACIÓN.

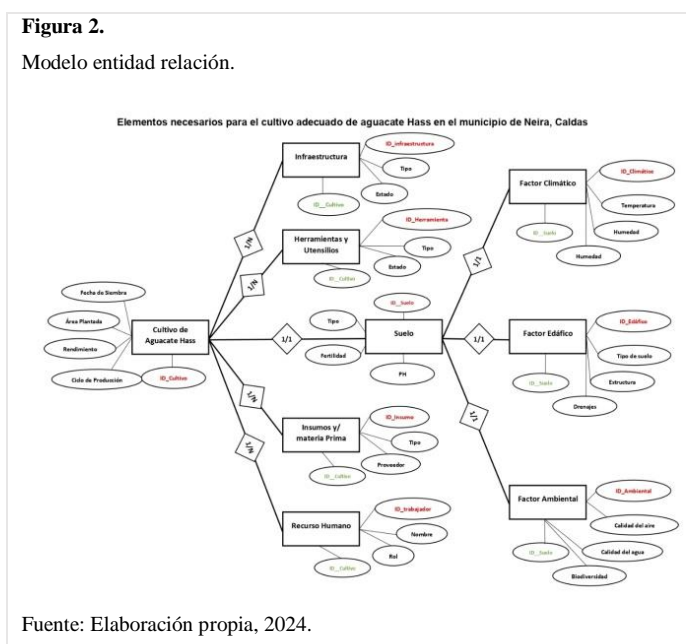
Interpretación de la relación entre la entidad "Cultivo de Aguacate Hass" y las entidades "Tipo de Cultivo" y "Tipo de Cobertura del Suelo". El cultivo de aguacate Hass, caracterizado por atributos como identificación del cultivo, área plantada, rendimiento y ciclo de producción, se relaciona de manera multifacética con varios elementos del entorno agrícola y ambiental:

- Tipo de Cultivo: El cultivo de aguacate Hass puede establecer una relación de 1 a muchos con diferentes tipos de cultivos que coexisten en la misma zona agrícola, reflejando una diversificación en la producción agrícola.
- Tipo de Cobertura del Suelo: La expansión del cultivo de aguacate también se relaciona con la conversión de áreas ganaderas o bosques terciarios, destacando

cambios en la cobertura del suelo y el impacto ambiental asociado.

Figura 2.

Modelo entidad relación.



GEOPROCESOS APLICADOS.

Un mapa en si es una serie de información compilada en un solo lugar, su observación detallada puede resultar en la identificación de patrones o tendencias importantes que ayudan a la toma de decisiones informadas, técnicamente este aspecto es denominado “Análisis espacial” (Madrid Soto, A y Ortiz López, L. 2005, pp, 17).

En el análisis espacial se puede recopilar diferentes fuentes de información y con base en estos datos generar un nuevo conjunto de datos que serán interpretados para dar respuesta a preguntas específicas.

A través del uso del software ArcGIS y sus diferentes herramientas de modelado se llevaran a

cabo los respectivos análisis que determinaran la aptitud del suelo para el cultivo de aguacate Hass en el municipio de Neira, Caldas.

Una vez se concluya este trabajo, el producto será un mapa de aptitud del suelo para el cultivo de aguacate Hass.

En este análisis se llevaron a cabo una secuencia de pasos los cuales se describen aquí: Crear un repositorio o base de datos principal donde se alojaran todos los archivos (Con extensiones .shp) correspondientes a trabajar en el software ArcGIS, por ejemplo; Clasificación climática de caldas Lang – 2014, Cobertura tierras, Drenajes, Embalses, Municipios, entre otros. Estos formatos .shp serán obtenidos del sitio web del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Se procede a hacer el cargue de todas las capas al programa ArcGIS y seguido de esto hacer los cortes (Geoproceso Clip) enfocados en el municipio de Neira, Caldas.

Adicional a esto, siempre se configura el sistema de coordenadas del programa a “MAGNA-SIRGAS Origen-Nacional” así como todos las capas a trabajar en este.

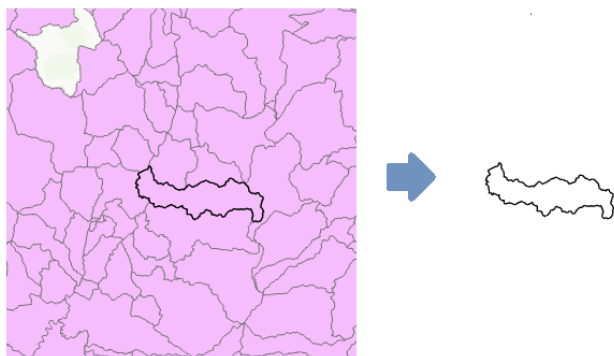
GEOPROCESO CORTE.

Se llevará a cabo el geoproceso de Corte en todas las capas y formatos .shp pertenecientes al área

geográfica de estudio, que para este caso sería Neira, Caldas. Según Benayas, R (2016) “Esta herramienta resulta de gran utilidad cuando queremos acotar la información espacial a un área concreta” (Ver Figura 3). Se aplicará el corte en todos los formatos .shp que formarán parte del área de estudio y del modelado de datos en cuestión, considerando las restricciones de uso del suelo (Ver Figura 4). Estas restricciones son cruciales, ya que indican áreas donde no se efectuará ningún análisis espacial.

Figura 3.

Geoproceso corte

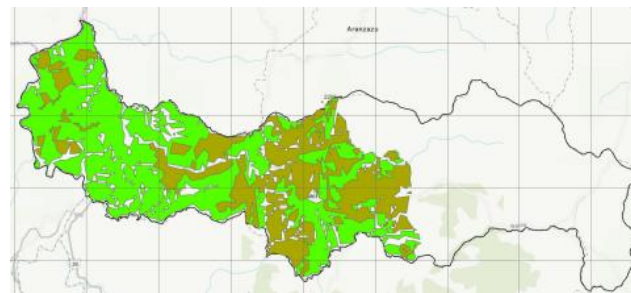


Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la Figura 4, se muestra un mapa poligonal con diferentes colores. Sin embargo, lo más relevante en este contexto de geoprocesos es identificar la zona a la derecha del mapa, que aparece sin color. Esto indica, como se mencionó anteriormente, que estas áreas no serán sometidas a ningún análisis espacial.

Figura 4.

Áreas (Color blanco) que no serán sometidas a ningún análisis espacial



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Es importante resaltar que, para obtener el producto mostrado en la Figura 4, fue necesario calificar previamente las coberturas del suelo aptas para el cultivo de aguacate Hass. Esto implicó asignar una calificación (de 1 a 10) a las variables del indicador o capa "Cobertura del suelo" (ver Tabla 1), con el fin de agrupar los diferentes usos del suelo y así realizar un modelado más preciso de los datos.

Tabla 1.

Calificación (de 1 a 10) de las variables del indicador o capa "Cobertura del suelo"

Cobertura	Calificación
Arbustal	7
Cuerpos de agua artificiales	4
Cultivos permanentes arbustivos	10
Herbazal	8
Mosaico de cultivos	10
Mosaico de cultivos y espacios naturales	3
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3
Mosaico de pastos con espacios naturales	3
Mosaico de pastos y cultivos	10
Pastos arbolados	7
Pastos enmalezados	7
Pastos limpios	9
Plantación forestal	2
Tierras desnudas degradadas	1

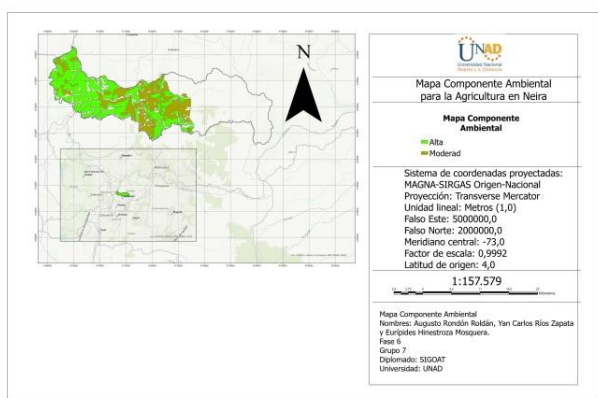
Vegetación secundaria o en transición	3
Zonas de extracción minera	2

Fuente: Adaptado de Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2014.

Aplicando las capas vectoriales “Sin restricción” y “Coberturas del suelo” con sus diferentes pesos porcentuales de influencia (Ver Tabla 2) se obtiene lo que al final denominaría el mapa con el componente “Ambiental” (Ver Figura 5).

Figura 5.

Mapa componente ambiental para el cultivo de Aguacate en Neira



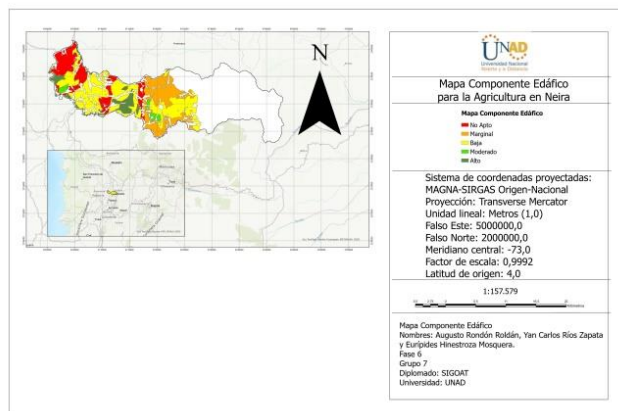
Fuente: Elaboración propia, 2024.

El siguiente paso, después de los procesos previamente mencionados, consiste en utilizar las capas obtenidas de los geoprocursos (Sin restricción y Coberturas de suelo) como base para modelar el componente Edáfico.

Para este proceso se usarán las capas vectoriales de suelos (Características edáficas) y capacidad de uso igualmente cada una con su peso porcentual de influencia (Ver Tabla 2), lo que nos arrojaría como resultado el mapa con el componente “Edáfico” (Ver Figura 6).

Figura 6.

Mapa componente edáfico para el cultivo de Aguacate en Neira

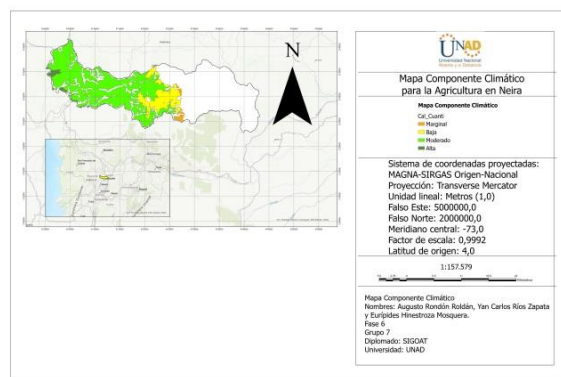


Fuente: Elaboración propia, 2024.

Ahora se emplearán las capas vectoriales de la clasificación climática de Caldas - Lang 2014, la precipitación media total anual y el promedio multianual durante el período 1981-2010 para crear el raster del componente climático, además teniendo en cuenta sus pesos porcentuales de influencia (Ver Tabla 2). Posteriormente, después de los geoprocursos, este se convertirá en un formato poligonal denominado mapa con el componente “Climático” (Ver Figura 7).

Figura 7.

Mapa componente climático para el cultivo de Aguacate en Neira



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla 2.

Propuesta peso de influencia de indicadores dentro de cada componente.

Compon.	Capa vectorial	Peso (%) Influencia sobre el cultivo de aguacate
Ambiental	Sin restricción	60
	Coberturas de suelo	40
Edáfico	Suelos (Características edáficas)	45
	Capacidad de uso	55
	Clasificación Climática de Caldas – Lang 2014	45
Climático	Precipitación Media Total Anual	55
	Promedio Multianual durante el periodo 1981-2010	

Fuente: Adaptado de Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2014.

Fórmula 1.

Formula Indicador Compuesto.

$$IC = \frac{(I_1 * W_1 + I_2 * W_2 + I_n * W_n \dots)}{\sum_1^n W}$$

“IC” es el indicador compuesto del pixel (media aritmética)

“I” es el indicador individual de cada componente (valores comprendidos entre 1 a 10)

“W” es el peso porcentual asignado al indicador

Fuente: Adaptado de Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2014.

Tabla 3.

Propuesta peso de influencia sobre el cultivo de Aguacate Hass

Componente	Peso (%) Influencia sobre el cultivo
Ambiental	40
Edáfico	35
Climático	25

Fuente: Adaptado de Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2014.

VECTORIZACIÓN DE CAPAS.

Una vez se realicen los geoprocursos para cada capa vectorial obteniendo 3 raster (Ambiental, Edáfico y Climático) con sus respectivas calificaciones y pesos porcentuales de influencia (Ver Tabla 2) se procederá a estructurar el modelo de Aptitud de Suelo para el cultivo de aguacate Hass en el municipio de Neira, Caldas. Cada componente recibirá un peso porcentual de influencia (ver Tabla 3). Se llevará a cabo un análisis ráster utilizando una evaluación de diferentes criterios. Usando la herramienta de calculadora ráster y aplicando una fórmula matemática (Ver Formula 1), se calculará un valor del 100% para la generación del modelo, según la influencia de cada uno de los componentes determinados en la Tabla 3.

RESULTADOS.

Una vez terminados los pasos anteriores con cada uno de los componentes, el producto final serán formatos tipo raster cada uno con una clasificación media, clasificación que se utilizará en la conversión de estos raster a polígonos o vectores los cuales quedaran encasillados en rangos previamente estandarizados (Ver Tabla 4).

Tabla 4.

Clasificación estandarizada, modelo aptitud para el cultivo de Aguacate Hass

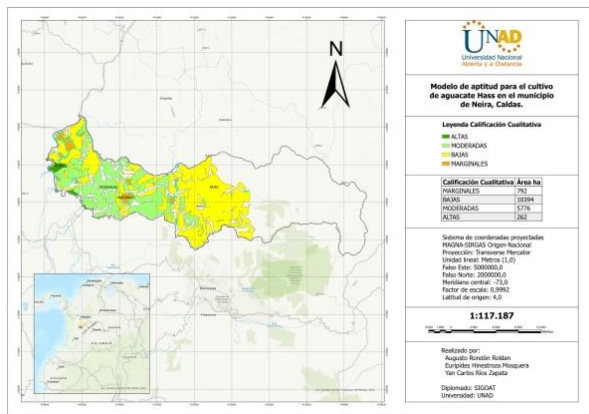
Calificación Cualitativa	Rango Cuantitativo	Color
No Apto	1 – 2,99	Rojo
Marginal	3 – 4,99	Naranja
Baja	5 – 5,99	Amarillo
Moderado	6 – 7,99	Verde claro
Alta	8 - 10	Verde oscuro

Fuente: Adaptado de Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, 2014.

Con esta metodología, se podrá generar el último mapa y el más relevante para el presente trabajo, denominado el "Mapa de Aptitud del Suelo para el cultivo de Aguacate Hass en Neira" (Ver Figura 8).

Figura 8.

Mapa aptitud del suelo para el cultivo de Aguacate en Neira

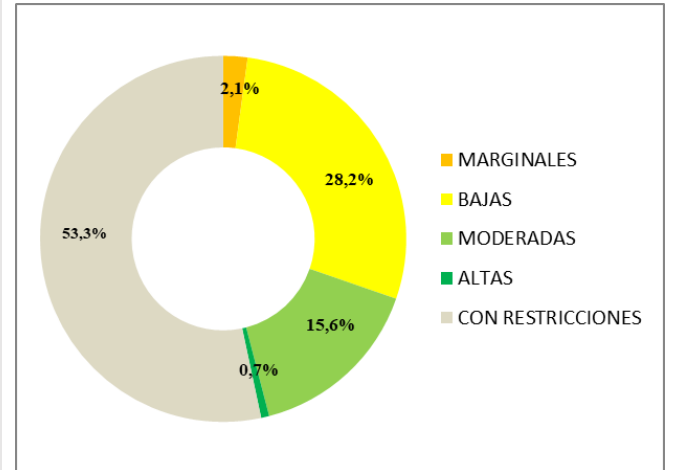


Fuente: Elaboración propia, 2024.

El municipio de Neira, Caldas tiene una extensión aproximada de 36.911 hectáreas de las cuales un 53,3% se encuentra clasificado con restricciones de uso del suelo (Área en donde no se efectuó ningún análisis espacial), seguido de un 28,2% según la clasificación en el modelo de aptitud para el cultivo de aguacate como áreas **Bajas** para la producción, después se tiene un 15,6% como áreas **Moderadas** para el cultivo, un 2,1% como áreas **Marginales** y solo un 0,7% como áreas **Altas** para el establecimiento de cultivos de Aguacate Hass (Ver Figura 9).

Figura 9.

Áreas de aptitud agrícola municipio de Neira, Caldas



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Este análisis presenta de manera clara los datos relevantes sobre la viabilidad del cultivo de Aguacate Hass en el territorio municipal. Se destaca que el 71% del área no es adecuada para este cultivo debido a restricciones, marginalidad y condiciones desfavorables. El 15,6% restante, catalogado como área Moderada, plantea dudas sobre su idoneidad, ya que podría requerir inversiones significativas y prácticas agronómicas precisas para ser productivo. Solo el 0,7% del territorio se considera apto, lo que equivale a unas 262 hectáreas, una cifra insuficiente dada la alta densidad de siembra requerida y las preferencias de las empresas que buscan parcelas grandes para garantizar la rentabilidad dada la naturaleza costosa del cultivo.

CONCLUSIONES.

El caso de estudio logró identificar las áreas más adecuadas para el cultivo de aguacate Hass en Neira, integrando factores ambientales, climáticos y edáficos. Esto permitirá una mejor planificación y uso de los recursos agrícolas, optimizando la producción y minimizando el impacto ambiental.

El uso de Sistemas de Información Geográfica demostró ser una herramienta eficaz para evaluar la aptitud del suelo y planificar el uso de la tierra. La metodología aplicada puede ser replicada en otras regiones para mejorar la sostenibilidad y eficiencia de la agricultura.

El municipio de Neira ha alcanzado su límite de expansión para el cultivo de aguacate Hass, dado que únicamente 262 hectáreas poseen las condiciones adecuadas para su desarrollo, esto implica tener mayor atención con la entrada de multinacionales productoras a la zona.

RECOMENDACIONES.

Se recomienda continuar y fortalecer la capacitación técnica y la asesoría ambiental para los agricultores en Neira, asegurando la implementación de prácticas agrícolas sostenibles y el uso eficiente de los recursos naturales.

Promover el uso de Sistemas de Información Geográfica en otras regiones agrícolas de

Colombia. Esta herramienta puede mejorar significativamente la planificación y gestión de cultivos, contribuyendo a una agricultura más sostenible y productiva.

Utilizando los SIG se puede establecer no solo un mapeo de la zona, sino un monitoreo mucho más eficiente para identificar problemas de erosión en los suelos, plagas en el cultivo y así realizar una mejora continua para asegurar la sostenibilidad de la producción de aguacate Hass.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Anguiano-Contreras, J., Coria-Avalos, V. M., Ruíz-Corral, J. A., Chávez-León, G., & Alcántar-Rocillo, J. J. (2003). *Caracterización edáfica y climática del área productora de aguacate persea americana cv. "hass" en Michoacán, México*. *Proceedings V World Avocado Congress*, pp. 323-328.

http://avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p323.pdf

Benayas, R. (2016, 13 de julio). *Geoprocesamiento con ArcGIS: Clip, Intersect y Dissolve*. GEASIG.

<https://www.geasig.com/geoprocesamiento-con-arcgis/#:~:text=Esta%20herramienta%20resulta%20de,cualquier%20operaci%C3%B3n%20que%20realicemos.&text=Esta%20herramienta,que%20re>

[alicemos.&text=resulta%20de,cualquier%20operaci%C3%B3n](#)

Caracol Radio. (2020, septiembre 9). *Manizales: Acuerdo de voluntades para la implementación de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de aguacate Hass en Neira*. Caracol Radio.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). *Panorama actual del aguacate 'Hass' en Colombia. Retos y oportunidades. En Memorias del VI Congreso Latinoamericano de Aguacate* (pp. 316-326).

https://www.avocadosource.com/journals/memorias_vcla/2021/Memorias_VI_CLA_2021_PG_316-326.pdf

Madrid Soto, A y Ortiz López, L. (2005). *Análisis y síntesis en cartografía: algunos procedimientos*. Universidad Nacional de Colombia.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2864>

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (2014). *Metodología de Evaluación de tierras 1:25.000*. UPRA. Vol. 10.

<https://repositorio.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36445>

LINK VIDEO SUSTENTACIÓN.

<https://youtu.be/pu2w-E9ZGDg>
