

Diseño metodológico para la caracterización de áreas potenciales para el cultivo de café (Coffea arábica L.) en la vereda San José, municipio de San Gil departamento de Santander

Carlos Gerlein Murillo Pinto

Yenny Carolina Calderón Pérez

Cristian Alberto Castro Osorio

Asesor

Oscar Andrés Toro Trochez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del medio ambiente UNAD

Programa de agronomía

2023

Resumen

En este trabajo se muestra una propuesta metodológica a un planteamiento de geoprocursos aplicando herramientas de sistemas de información geográfica para determinar la aptitud del suelo para el cultivo de café, para ello se tuvo en cuenta los siguientes criterios: componente ambiental (municipios de Colombia, páramos delimitados de Colombia, parques nacionales, drenajes dobles, humedales, áreas protegidas, reservas forestales, tejido urbano, coberturas, bosques, ríos, red vial), componente edáfico (mapa de suelos de Santander, mapa de capacidad de uso de Santander) componente climático (clasificación climática de Caldas Lang 2014, Precipitación Media Total Anual Promedio Multianual durante el Periodo 1981-210), para esta actividad se escogió el municipio de San Gil vereda San José perteneciente a Santander el cual por medio de la adquisición de información cartográfica que se obtuvo de diferentes geoportales como el IGAC, IDEAM, Colombia mapas permitirá el desarrollo de los diferentes geoprocursos los cuales se ejecutarán a través del software QGIS versión 3.30 de código libre logrando de esta manera obtener la información necesaria en la que se identificarán aquellas áreas potenciales para el cultivo de café (*Coffea arabica L.*) por medio de la metodología de geoprocursos planteados.

Palabras clave: SIG, Cultivo, café, tecnología.

Abstract

This paper shows a methodological proposal for a geoprocess approach applying geographic information system tools to determine the suitability of the soil for growing coffee, for which the following criteria were taken into account: environmental component (Colombian municipalities, páramos delimited areas of Colombia, national parks, double drainages, wetlands, protected areas, forest reserves, urban fabric, coverage, forests, rivers, road network), edaphic component (Santander soil map, Santander use capacity map) climatic component (climate classification of Caldas Lang 2014, Multiannual Average Total Annual Mean Precipitation during the Period 1981-210), for this activity the municipality of San Gil, vereda San José belonging to Santander, was chosen, which through the acquisition of cartographic information that was obtained from different geoportals such as IGAC, IDEAM, Colombia maps will allow the development of the different geoprocesses which will be executed through the free code QGIS version 3.30 software, thus obtaining the necessary information in which those potential areas will be identified for the cultivation of coffee (*Coffea arabica L.*) through the proposed geoprocess methodology.

Keywords: GIS, Cultivation, coffee, technology.

Introducción

El establecimiento de cultivos sin el conocimiento de las zonas y el potencial de adaptabilidad de los suelos ha conllevado a cometer errores que han causado problemas tanto ambiental y perdidas al agricultor, pero el desarrollo de tecnologías y herramientas está permitiendo el mejoramiento en estos aspectos para cumplir con los objetivos planteados minimizando de alguna manera los errores, producto del desconocimiento.

El presente informe tiene como objetivo caracterizar las áreas potenciales para el cultivo de café (*Coffea arábica L.*) en la vereda San José, municipio de San Gil, departamento de Santander. Para el desarrollo de la zonificación se utilizará el software QGIS que permita la realización de los geoprosos para la identificación de las zonas aptas para este cultivo.

Como primer paso se hará el diseño de un modelo entidad – relación que caracterice la problemática identificada, en este modelo se identificará aquellas entidades importantes que ayudan en el análisis de la zonificación con sus respectivos atributos y de esta manera obtener la información necesaria para el desarrollo de cada uno de los geoprosos.

El segundo paso a seguir es el planteamiento de cada uno de los geoprosos, los cuales abarcan el componente ambiental, componente edáfico, componente climático logrando obtener la aptitud de suelo para el cultivo que se ha venido hablando, con este proceso se desea identificar aquellas áreas que tengan alguna restricción para desarrollar proyectos productivos, así como la identificación de aquellas áreas que son aptas por sus características para el establecimiento del cultivo sin la presencia de obstáculos para su establecimiento.

Como medida final se busca proporcionar información detallada y precisa sobre las áreas potenciales para el cultivo de café en la vereda San José, basada en el análisis y la aplicación de geoprosos utilizando el programa ya mencionado. Esta información será de gran utilidad para

los productores y planificadores en la toma de decisiones en el ámbito agrícola, contribuyendo a un manejo eficiente y sostenible de los recursos, así como al fomento de la producción de café de calidad en esta región de Santander.

Planteamiento del problema

A nivel mundial el café (*Coffea arábica L.*) Es uno de los cultivos de gran importancia en el desarrollo económico de cada país, es el segundo producto más comercializado, por ello es de gran interés el conocimiento de aptitud del suelo y las demás variables indispensables para el establecimiento del cultivo.

Según (Quiroz, 2022), el cambio climático ha generado que las áreas aptas para este cultivo como otros hayan variado, lo cual hace necesario conseguir toda la información adecuada para obtener las mejores áreas para el establecimiento del cultivo de café para óptimos desarrollos.

Para lograr una alta productividad es clave saber las condiciones agroecológicas de la región donde se quiera establecer el cultivo, las variables climáticas, edáficas, en este contexto la zonificación agroecológica se convierte en una de las principales herramientas que permiten disminuir riesgos a los que está expuesta la agricultura. (Baltazar et.al, 2020).

En Colombia este cultivo se suma a la importancia a nivel mundial tanto para el desarrollo del país como la generación de empleos a las familias colombianas, gracias a la gran variedad de pisos térmicos lo hace un país con gran potencial para este cultivo, según (Chacon,2022) la producción de productos de forma tradicional ha causado dificultades en los cultivos debido al cambio climático al que se ha estado enfrentando drásticamente los últimos años el planeta, y el uso de herramientas tecnológicas como los SIG entre otras están permitiendo llevar a cabo una agricultura de precisión mejorando los resultados en los proyectos establecidos en estos cultivos.

Acerca de los sistemas de información geográfica se sabe que no son nuevos ya que se ha venido implementado con acelerada aplicación durante los últimos años, según (Santos, 2017)

tener información sobre el territorio es una constante de cada actividad humana, desde las actividades cotidianas hasta las labores de planificación más precisas requieren de sistemas de información los cuales también necesitan de bases de datos sin los cuales no se podría obtener ninguna información.

Dentro del contexto nacional, Santander es uno de productores de café que sobresalen, ocupando el puesto número 7 en este cultivo donde 22 de los 87 municipios reflejan la vocación cafetera ocupando más del 40% del área agroindustrial sembrada siendo el municipio más representativo de estos San Gil, resaltando características sensoriales del café “por su acidez media, sabores dulces y frutales y por una taza limpia con ligeras sensaciones cítricas”. (Muñoz 2022)

Según (Baltazar et. al 2020), aunque el cultivo de café crece y se desarrolla en una gran variedad de zonas agroecológicas existen limitantes para este cultivo, y otras zonas que pueden ser aptas por sus condiciones no se encuentra establecido, es por ello que se propone realizar un diseño metodológico para la caracterización de las áreas potenciales para el cultivo de café en la vereda San José municipio de San Gil departamento de Santander.

Para alcanzar este objetivo se realizará con datos que prestan las diferentes instituciones como IGAC, IDEAM, con el desarrollo de geoprocetos por medio del software QGIS versión 3.30 y el uso de las diferentes herramientas que presta este software libre y de código abierto que permita la identificación de las zonas aptas para el establecimiento de este cultivo, la plena identificación de áreas protegidas, bosques que no sean aptos para el cultivo, así mismo permita conocer variables como el sistema hídrico, clima, precipitación, donde de acuerdo a los resultados se lleve a cabo la mejor planificación para el cultivo de café mejorando aspectos de

gran importancia gracias a los sistemas de información geográfica que permiten almacenar estos datos y potencializar en la toma de decisiones.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar una metodología para la caracterización de áreas potenciales para el cultivo de café (*Coffea arabica L.*) en la vereda San José municipio de San Gil departamento de Santander.

Objetivos Específicos

Crear mapa entidad – relación con la problemática identificada.

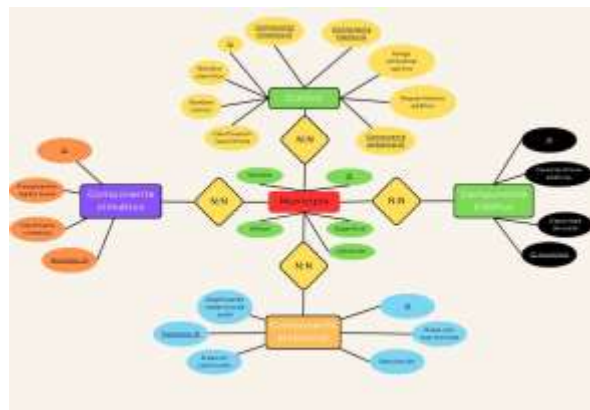
Describir una metodología de procesos espaciales a partir de herramientas de sistemas de información geográfica para determinar la aptitud del suelo para el cultivo de café.

Plantear soluciones eficaces en las áreas aptas para el cultivo de café que permitan mejorar las condiciones para su óptimo desarrollo.

Modelo lógico Entidad – Relación

Figura 1

Modelo entidad relación



Fuente: autoría propia

Identificación de los geoprocesos

Para la obtención de los resultados y las posibles soluciones a la problemática planteada, se deben llevar a cabo varios geoprocesos, los cuales se desarrollan en un el programa QGIS, previamente instalado.

Listado de requerimientos de hardware y software

- Computador (con suficiente capacidad de memoria)
- Programa QGIS versión 3.30.0
- Acceso a Internet constante

Información requerida:

Para la obtención de la información requerida, se deben utilizar las siguientes páginas, para la descarga de los archivos .shp:

Páginas a consultar:

- <https://qgis.org/es/site/forusers/download.html>

- <https://www.colombiainmapas.gov.co/>
- <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-agrologia>
- <http://www.ideam.gov.co/capas-geo>
- <https://urs.earthdata.nasa.gov/>

Archivos requeridos:

Para el componente Ambiental: Municipios de Colombia, páramos delimitados de Colombia, parques nacionales, drenajes dobles, humedales, áreas protegidas, reservas forestales, tejido urbano, coberturas, bosques, ríos, red vial.

Para el componente Edáfico: Mapa de suelos de Santander, Mapa de capacidad de uso de Santander.

Para el componente Climático: Clasificación climática de Caldas Lang 2014, Precipitación Media Total Anual Promedio Multianual durante el Periodo 1981-210.

Procesos de la información

Para la realización de los procesos de la información se utiliza el programa QGIS previamente instalado en el computador e instalados los componentes requeridos para llevar a cabo los geoprosesos.

NOTA: Al guardar las capas en el computador, se debe cerciorar la selección del Sistema de Coordenadas correspondiente a MAGNA-SIRGAS_CMT12.

Selección del municipio:

Se carga el archivo de “municipios de Colombia”, en la cual se abre la tabla de atributos y se selecciona el municipio de San Gil, cuyo código es 68679. Una vez seleccionado, se exporta indicando la opción de objetos seleccionados solamente y se obtiene una capa con el municipio delimitado, la cual se guarda con el nombre de “municipio_san_gil”.

Área de restricciones:

Fuentes hídricas: Para la obtención de las áreas de fuentes hídricas del municipio de San Gil, se carga el archivo correspondiente a “drenajes dobles”, con el cual se realiza un geoproceso de “cortar”, seleccionando como capa de entrada el archivo correspondiente a “drenajes dobles” y como capa de superposición el archivo correspondiente al “municipio_san_gil”. Una vez obtenida la nueva capa, se guarda en el computador. Seguidamente, se realiza un geoproceso para delimitar la fuente hídrica, de acuerdo con la ley 2245 del 2017 con respecto a las rondas sobre las fuentes hídricas. Para esta fase se utiliza el geoproceso “buffer”, en el cual se selecciona la capa “drenajes dobles” en la casilla correspondiente a capa de entrada; en la casilla de distancia se digitan 30 metros, según la ley mencionada y se procede a finalizar el geoproceso, guardando el archivo en el computador, con un nombre que identifique el geoproceso “buffer”. El mismo proceso se realiza con los archivos de “humedales”, y “ríos”, utilizando siempre el geoproceso “cortar” y seleccionando como capa de entrada el archivo que se quiere delimitar, y como capa de superposición, el archivo “municipio_san_gil”, para posteriormente realizar el geoproceso “buffer” y poder determinar el espacio que utilizan las fuentes hídricas en el área seleccionada, con sus respectivos límites alrededor, según la ley mencionada.

Restricciones ambientales: para la obtención de las áreas de restricciones ambientales del municipio de San Gil, se carga el archivo correspondiente a “páramos de Colombia”, con el cual se realiza un geoproceso de “cortar”, seleccionando como capa de entrada el archivo correspondiente a “drenajes dobles” y como capa de superposición la capa correspondiente al “municipio de San Gil”. Una vez obtenida la nueva capa, se guarda en el computador. El mismo proceso se realiza con los archivos de “parques nacionales”, “áreas protegidas”, “reservas forestales”, “tejido urbano”, “red vial” y “coberturas”, utilizando siempre el geoproceso “cortar”

y seleccionando como capa de entrada el archivo que se quiere delimitar, y como capa de superposición, el archivo de “municipio_san_gil”.

Área de bosques: En la capa de “coberturas” previamente delimitada, se realiza el geoproceto de “disolver”, en el cual se selecciona como capa de entrada el archivo “coberturas” y en la casilla disolver campo(s) [opcional] se debe seleccionar el campo “nivel_3”. Después de guardar la capa correspondiente al “coberturas_disol”, se ingresa a su tabla de atributos y se seleccionan las áreas correspondientes a los bosques. Posteriormente se exporta indicando la opción de objetos seleccionados solamente obteniendo de esta manera el área de “bosques” del municipio de San Gil.

Restricciones: Se realiza un geoproceto de “unir capas vectoriales” la cual se encuentra en vectorial - herramientas de gestión de datos –unir capas vectoriales, seleccionando como capas de entrada las capas delimitadas previamente correspondientes a “drenajes dobles buffer”, “humedales buffer” y ríos buffer”; igualmente las capas de “páramos”, “parques nacionales”, “áreas protegidas”, “reservas forestales”, “tejido urbano”, “red vial” y “bosques” se guarda en el computador con el nombre de restricciones_San_Gil.

Sin restricciones: Se utiliza el geoproceto de diferencia, seleccionando como capa de entrada a “municipio_San_Gil” y como capa de superposición “restricciones”; se guarda en el computador con el nombre de “sin_restricciones”.

Coberturas dentro de las áreas sin restricción: se utiliza el geoproceto “cortar”, señalando como capa de entrada a “coberturas_disol” y como capa de superposición se señala a “Sin_restricciones”. Se guarda en el computador como “coberturas_final”.

NOTA: En caso de presentarse errores en el proceso de “cortar”, se debe acudir a la caja de herramientas de procesos y utilizar la herramienta corregir geometrías, seleccionando

como capa de entrada a “coberturas” o “sin_restricciones”, guardando la nueva capa para utilizarla en el geoproceso. De igual forma se utiliza la herramienta reproyectar capa, seleccionando como capa de entrada “coberturas_disol” o “sin_restricciones”, indicando en SRC objetivo el sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS_CMT12, para posteriormente guardar en el computador y utilizarla en el geoproceso.

Calificación: en la capa “coberturas_final”, se abre la tabla de atributos y se agrega un campo denominado calificación, en el cual se da un valor de 1 a 10 a cada tipo de cobertura, teniendo en cuenta que el valor 1 o cercanos a 1 son los más desfavorables para llevar a cabo las actividades de agricultura, y el valor 10 o cercanos a 10, los más favorables para la agricultura. Seguidamente se guardan los cambios en la tabla de atributos. Para esta calificación, se tiene en cuenta la siguiente tabla:

Tabla 1

Variables coberturas suelos

Cobertura	Calificación
Arbustal	8
Cuerpos de agua artificiales	7
Cultivos permanentes arbustivos	10
Herbazal	9
Mosaico de cultivos	10
Mosaico de cultivos y espacios naturales	5
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5
Mosaico de pastos con espacios naturales	5
Mosaico de pastos y cultivos	10
Pastos arbolados	8
Pastos enmalezados	8
Pastos limpios	10
Plantación forestal	10
Tierras desnudas y degradadas	1
Vegetación secundaria o en transición	5
Zonas de extracción minera	4

Fuente: (Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2023)

Para la calificación de la capa de “sin restricciones” se realiza el mismo procedimiento, abriendo tabla de atributos, agregando campo de calificación, pero dando una calificación de **10**. Seguidamente se guardan los cambios.

Rasterización de Coberturas y Sin_restricciones:

Se utiliza el geoproceso de “rasterizar (vectorial a ráster)” que se encuentra en la herramienta de ráster - conversión, seleccionando como capa de entrada a “coberturas_final”. En la opción de campo a usar para un valor marcado [opcional] se selecciona la casilla de calificación; en la opción de unidades tamaño de ráster de salida, se selecciona la casilla de píxeles; en la opción de resolución ancho/alto se seleccionan la cantidad de píxeles con que se va a crear la capa ráster, en un rango entre 20.000 y 50.000 píxeles, teniendo en cuenta que una capa ráster con 20.000 píxeles ocupa un espacio de memoria de 1,5 gigas y una capa ráster de 50.000 píxeles ocupa un espacio de memoria de 9,5 gigas. Por lo tanto, esta elección dependerá de la capacidad del computador y la cantidad de gigas disponibles en su memoria interna. Igualmente, en la opción resolución horizontal/vertical, se asigna el mismo número de píxeles seleccionados en la casilla anterior, para mantener la homogeneidad de la imagen del mapa. Por último, se asigna el nombre de la nueva capa ráster (coberturas_raster) y se selecciona ejecutar.

Sin restricciones: el mismo procedimiento se aplica para la creación de la capa ráster de “sin restricciones”, seleccionando el mismo valor de píxeles y asignando un nombre (sin_restricciones_raster).

Componente ambiental:

Fórmula que se utiliza en la calculadora ráster:

$$\text{Fórmula [1]: } IC = \frac{(I_1 * W_1) + (I_2 * W_2) + (I_3 * W_3) \dots}{\sum_1^n w}$$

Para la obtención del componente ambiental se utiliza la calculadora ráster, en la cual se aplica la fórmula, teniendo en cuenta el porcentaje de influencia o el peso de influencia en la agricultura, para el componente Ambiental (Tabla 2):

Tabla 2

Peso de influencia dentro de cada componente

Componente	Capa vectorial	Peso (%)
Ambiental	Sin restricción	60
	Coberturas de suelo	40
Edáfico	Suelos (Características edáficas)	35
	Capacidad de suelo	35
	Altitud	30
Climático	Clasificación climática de Caldas Lang 2014	45
	Precipitación Media Total Anual periodo 1981-2010	55

Fuente: (Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2023)

En la Calculadora ráster, se debe escribir la fórmula de la siguiente manera:

$$((\text{"coberturas_raster@1"} * 40) + (\text{"sin_restricciones_raster@1"} * 60)) / 100$$

En la casilla capa de salida se asina el nombre de “componente_ambiental” y se guarda en el computador.

Reclasificación: para la reclasificación se utiliza la caja de herramientas de procesos y se selecciona el proceso reclasificar por tabla. En la casilla capa ráster se selecciona la capa “componente_ambiental” y en la casilla límites de rango se selecciona (min <= valor < máx.). Seguidamente, en la casilla tabla de reclasificación, se añaden 5 filas y se digita la siguiente tabla:

Tabla 3

Reclasificación por tabla

Mínimo	Máximo	Valor
1	3	1
3	5	2
5	6	3

6	8	4
8	11	5

Fuente: (Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2023)






Posteriormente se asigna el nombre de “componente_ambiental_reclas” y se guarda en el computador.

Poligonizar a vectorial: Se utiliza el geoproceto de poligonizar (ráster a vectorial) que se encuentra en la opción de conversión, seleccionando como capa de entrada a “Componente_ambiental_reclas” y en el nombre del campo a crear se selecciona “DN”. Se asigna el nombre de componente_ambiental_vectorial y se guarda en el computador.

Presentación: para la generación del mapa correspondiente al componente edáfico, se realiza el geoproceto de disolver, tomando como capa de entrada a “componente_ambiental_vectorial” y en el campo disolver campo(s) [opcional] se selecciona el campo “DN”; se le asigna el nombre de “componente_ambiental_vectorial_disol” y se guarda en el computador. Seguidamente se abre la tabla de atributos y se agrega un campo llamado calificación, en el cual se asignan los valores de acuerdo a la calificación cualitativa de la Tabla 4.

Tabla 4

Clasificación estandarizada

Calificación cualitativa	Rango cualitativo	Color
No apto	1 – 2,99	
Marginal	3 – 4,99	
Baja	5 – 5,99	
Moderado	6 – 7,99	
Alto	8 - 10	

Fuente: (Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2023)

Se guardan los cambios en la tabla de atributos y se ingresa a las propiedades de la capa, en el campo de simbología. Se selecciona la opción de categorizado, y en el campo valor, se

selecciona la opción de calificación. Posteriormente se ingresa al campo clasificar y se asignan los colores de acuerdo a la tabla 4, manteniendo el mismo orden de ascendencia. Una vez aplicado los cambios y aceptado, se ingresa al campo proyecto y se selecciona la opción de nueva composición de impresión; se edita el mapa de acuerdo a los requerimientos y se exporta como imagen o archivo PDF.

Componente edáfico:

Para hallar el componente edáfico, se realiza un geoproceso de “cortar” con la capa de suelos, señalando como capa de entrada el archivo “Santander suelos” y como capa de superposición el archivo de “sin_restricciones”, asignando el nombre de la capa como “suelos”.

Seguidamente se realiza el geoproceso de “disolver”, señalando como capa de entrada a “suelos” y en la casilla de disolver campo(s) [opcional] se selecciona el campo “CARACTERI”, asignando el nombre de la capa como “suelos_disol” y guardando en el computador.

Calificación: en la tabla de atributos de la capa “suelos_disol” se agrega un campo con el nombre de calificación y se realiza la asignación de un valor de 1 a 10 a cada tipo de suelo, teniendo en cuenta que el valor 10 y cercanos, son los más favorables y el valor 1 y cercanos, son los menos favorables. Este valor se asigna según el criterio del profesional, su experiencia y conocimientos adquiridos. Se guardan los cambios en la tabla de atributos.

Capacidad de uso: se realiza el mismo geoproceso de “cortar”, indicando como capa de entrada a “Santander capacidad” y como capa de superposición a “sin_restricciones” se asigna el nombre a la capa como “capacidad_suelos” y se guarda en el computador. Para su calificación, no necesita de “disolver” ya que en la tabla de atributos se agrega un nuevo campo con el nombre de calificación y se le da un valor de 10. Se guarda cambios en la tabla.

Altitud: para hallar la altitud se deben seguir los siguientes pasos:

Paso 1: se debe ingresar a la página (<https://urs.earthdata.nasa.gov/>) de la NASA y crea una cuenta de usuario, siguiendo los pasos requeridos por el portal.

Paso 2: en el programa QGIS, se toma como referencia la capa “sin_restricciones” y se aumenta con la lupa, centrado la imagen en el visualizador, hasta abarcar la mayor parte de la pantalla, teniendo precaución de visualizar el área completa.

Paso 3: se ingresa a complementos y se abre SRTM-downloader. (Se debe instalar el complemento con anterioridad, en la opción administrar e instalar complementos). Una vez se ingresa al complemento, se selecciona set canvas extent para marcar las coordenadas del polígono correspondiente al área de “Sin_restricciones”. Seguidamente se descargan las imágenes, seleccionando Down load. Al momento en que el programa solicite la autenticación, se ingresa el nombre de usuario y la contraseña que se adquirió anteriormente (Paso 1), se da aceptar y se realiza la descarga de las imágenes.

Paso 4: se realiza el geoproceso de combinar, que se encuentra en la miscelánea de ráster, y se selecciona como capa de entrada a las dos capas que se descargaron anteriormente (Paso 3); se asigna el nombre de “dem_san_gil” y se guarda en el computador. Esta capa es el modelo digital de elevación (DEM) que se utiliza para realizar los cálculos de altura.

Paso 5: se realiza el proceso de Exportar, seleccionando en la casilla SRC el sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS_CMT12 y guardando la capa como “altura_san_gil” en el computador.

Paso 6: Se realiza el geoproceso de cortar ráster por capa de máscara, que se encuentra en extracción de Ráster. Se toma como capa de entrada el ráster “altura_san_gil” y como capa de máscara “sin_restricciones”. Se dejan los demás campos por defecto y se asigna el nombre de “altura_san_gil_cortado” a la capa, se guarda en el computador y se ejecuta.

Paso 7: *reclasificación*: en la caja de herramientas de procesos se utiliza reclasificar por tabla y se toma como capa ráster a “altura_san_gil_cortado” y en el campo tabla de reclasificación, se digita la tabla 5. De igual forma se selecciona en el campo Límites de rango la opción (min<= valor < máx.). Se asigna el nombre de “altura_San_gil_reclas” y se guarda en el computador. Teniendo en cuenta que la altura máxima en el municipio de San Gil es de 2000 m.s.n.m., y la altura mínima es de 890 m.s.n.m., la tabla se inicia desde los 800 mínimo y se culmina en 2100 máximo, con cadencias de 100 metros de altura:

Tabla 5

Reclasificación por rangos

Mínimo	Máximo	Valor
800	1000	1
1000	1200	2
1000	1100	3
1100	1200	4
1200	1800	5
1800	1900	6
1900	2100	7

Fuente: (Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2023)

Paso 8: *Obtener la información*: Se utiliza el geoproceso de “poligonizar (ráster a vectorial)” que se encuentra en la opción de “Conversión”, seleccionando como capa de entrada a “altura_San_gil_reclas”. Se asigna el nombre de “altura_San_gil_vectorial” y se guarda en el computador.

Paso 9: *Calificación*: se realiza el geoproceso disolver, señalando como capa de entrada a “altura_San_gil_vectorial” y en la casilla de disolver campo(s) [opcional] se selecciona el campo “DN”, asignando el nombre de la capa como “altura_San_gil_vectorial_disol” y guardando en el computador. En la tabla de atributos, se agrega un campo con el nombre

de calificación dependiendo de la favorabilidad del rango de altura para el cultivo el café, para lo cual es importante resaltar que el rango de altura óptimo para este cultivo es de 1200 a 1800 m.s.n.m. La calificación se realiza de 1 a 10, siendo 10 el rango valor 5 (Tabla 5) y los valores más alejados de este rango, se califican con menos valor. Se guardan cambios en la Tabla de atributos.

Rasterización (componente edáfico):

Se realizan los mismos geoprocursos de “rasterizar (vectorial a ráster)” que se desarrollaron anteriormente, indicando como capa de entrada a “suelos_disol”, señalando los mismos pixeles (20.000 a 50.000), completando los mismos datos en las demás casillas; se asigna el nombre de la capa ráster como “suelos_raster” y se guarda en el computador. De la misma forma se hace la rasterización de la capa “capacidad_Suelos”, asignando el nombre de “capacidad_raster”, a la nueva capa. Igualmente se hace la rasterización con la capa “altura_San_gil_vectorial_disol”, asignando el nombre de “altura_raster” a esta capa.

Influencia: para obtener el componente edáfico se realiza el mismo proceso con la calculadora ráster, teniendo en cuenta los parámetros o valores del porcentaje asignado para el componente edáfico de la tabla 2, aplicando la misma (fórmula [1]) de la siguiente manera:

$$((\text{“Suelos_raster@1”} * 35) + (\text{“capacidad_raster@1”} * 35) + (\text{“Altura_raster@1”} * 30)) / 100$$

En la casilla capa de salida se asina el nombre de “componente_edáfico” y se guarda en el computador.

Reclasificación: para la reclasificación se utiliza la caja de herramientas de procesos y se selecciona el proceso reclasificar por tabla. En la casilla capa ráster se selecciona la capa “componente_edáfico” y en la casilla límites de rango se selecciona (min <= valor < máx.). Seguidamente, en la casilla tabla de reclasificación, se añaden 5 filas y se digita la tabla 3.

Posteriormente se asigna el nombre de “componente_edáfico_reclas” y se guarda en el computador.

Poligonizar a vectorial: Se utiliza el geoproceto de poligonizar (ráster a vectorial) que se encuentra en la opción de conversión, seleccionando como capa de entrada a “componente_edáfico_reclas” y en el nombre del campo a crear se selecciona “DN”. Se asigna el nombre de componente_edáfico_vectorial y se guarda en el computador.

Presentación: para la generación del mapa correspondiente al componente edáfico, se realiza el geoproceto de disolver, tomando como capa de entrada a “componente_edáfico_vectorial” y en el campo disolver campo(s) [opcional] se selecciona el campo “DN”; se le asigna el nombre de “componente_edáfico_vectorial_disol” y se guarda en el computador. Seguidamente se abre la tabla de atributos y se agrega un campo llamado calificación, en el cual se asignan los valores de acuerdo a la calificación cualitativa de la tabla 4.

Se guardan los cambios en la tabla de atributos y se ingresa a las propiedades de la capa, en el campo de simbología. Se selecciona la opción de categorizado, y en el campo valor, se selecciona la opción de calificación. Posteriormente se ingresa al campo clasificar y se asignan los colores de acuerdo a la tabla 4, manteniendo el mismo orden de ascendencia. Una vez aplicado los cambios y aceptado, se ingresa al campo proyecto y se selecciona la opción de nueva composición de impresión; se edita el mapa de acuerdo a los requerimientos y se exporta como imagen o archivo PDF.

Componente Climático

Para hallar el componente climático, se realiza un geoproceto de “cortar” con la capa de clima, señalando como capa de entrada el archivo “clima Caldas” y como capa de

superposición el archivo de “sin_restricciones”, asignando el nombre de la capa como “clima”. Seguidamente se realiza el geoproceto de disolver, señalando como capa de entrada a “clima” y en la casilla de disolver campo(s) [opcional] se selecciona el campo “CALDASLANG”, asignando el nombre de la capa como “clima_disol” y guardando en el computador.

Calificación: en la tabla de atributos de la capa “clima_disol” se agrega un campo con el nombre de calificación y se realiza la asignación de un valor de 1 a 10 a cada tipo de clima, teniendo en cuenta que el valor 10 y cercanos, son los más favorables y el valor 1 y cercanos, son los menos favorables. Este valor se asigna según el criterio del profesional, su experiencia y conocimientos adquiridos. Se guardan los cambios en la tabla de atributos.

Precipitación: se realiza el mismo geoproceto de cortar, indicando como capa de entrada a “Precipitación 1981” y como capa de superposición a “sin_restricciones” se asigna el nombre a la capa como “precipitación” y se guarda en el computador. Para su calificación, no necesita de disolver, ya que en la tabla de atributos se agrega un nuevo campo con el nombre de calificación y se le da un valor de 1 a 10, según el rango de precipitaciones, teniendo en cuenta que para la agricultura se requiere una importante presencia de precipitación. Los valores asignados en la calificación de los rangos, depende de la experiencia y conocimiento del profesional. Se guarda cambios en la tabla.

Rasterización (componente climático):

Se realizan los mismos geoprocetos de “rasterizar (vectorial a ráster)” que se desarrollaron anteriormente, indicando como capa de entrada a “clima_disol”, señalando los mismos pixeles (20.000 a 50.000), completando los mismos datos en las demás casillas; se asigna el nombre de la capa ráster como “clima_ráster” y se guarda en el computador. De la

misma forma se hace la rasterización de la capa “Precipitación”, asignando el nombre de “precipitación_ráster”, a la nueva capa.

Influencia: para obtener el componente climático se realiza el mismo proceso con la calculadora ráster, teniendo en cuenta los parámetros o valores del porcentaje asignado para el componente climático de la tabla 2, aplicando la misma (fórmula [1]) de la siguiente manera:

$$((\text{“Clima_raster@1”} * 45) + (\text{“Precipitacion_raster@1”} * 55)) / 100$$

En la casilla capa de salida se asigna el nombre de “componente_climático” y se guarda en el computador.

Reclasificación: para la reclasificación se utiliza la caja de herramientas de procesos y se selecciona el proceso reclasificar por tabla. En la casilla capa ráster se selecciona la capa “componente_climático” y en la casilla límites de rango se selecciona (min <= valor < máx.). Seguidamente, en la casilla tabla de reclasificación, se añaden 5 filas y se digita la tabla 3. Posteriormente se asigna el nombre de “componente_climático_reclas” y se guarda en el computador.

Poligonizar a vectorial: Se utiliza el geoproceto de poligonizar (ráster a vectorial) que se encuentra en la opción de conversión, seleccionando como capa de entrada a “componente_climático_reclas” y en el nombre del campo a crear se selecciona “DN”. Se asigna el nombre de componente_climático_vectorial y se guarda en el computador.

Presentación: para la generación del mapa correspondiente al componente climático, se realiza el geoproceto de disolver, tomando como capa de entrada a “componente_climático_vectorial” y en el campo disolver campo(s) [opcional] se selecciona el campo “DN”; se le asigna el nombre de “componente_climático_vectorial_disol” y se guarda en el computador. Seguidamente se abre la tabla de atributos y se agrega un campo

llamado calificación, en el cual se asignan los valores de acuerdo a la calificación cualitativa de la Tabla 4.

Se guardan los cambios en la tabla de atributos y se ingresa a las propiedades de la capa, en el campo de simbología. Se selecciona la opción de categorizado, y en el campo valor, se selecciona la opción de calificación. Posteriormente se ingresa al campo clasificar y se asignan los colores de acuerdo a la tabla 4, manteniendo el mismo orden de ascendencia. Una vez aplicado los cambios y aceptado, se ingresa al campo proyecto y se selecciona la opción de nueva composición de impresión; se edita el mapa de acuerdo a los requerimientos y se exporta como imagen o archivo PDF.

Aptitud del suelo:

Para hallar la Aptitud del suelo, se utiliza el proceso de calculadora ráster, utilizando para esta fase las capas de “componente_ambiental”, “componente_edáfico” y “componente_climático”, a los cuales se les asigna un valor porcentual de acuerdo a la influencia que ejerce cada componente en la agricultura. Estos valores son los siguientes:

Tabla 6

Influencia de componentes sobre agricultura

Componente	Peso (%) de influencia
Ambiental	40
Edáfico	35
Climático	25

Fuente: (Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, 2023)

Se aplica la misma fórmula de los pasos anteriores (fórmula [1]) y en la casilla expresión de la calculadora ráster, debe indicarse de la siguiente manera:

$$\frac{((\text{Componente_ambiental}@1" *40) + (\text{Componente_edafico}@1" *35) + (\text{Componente_climatico}@1" *25))}{100}$$

En la casilla capa de salida se asina el nombre de “aptitud_suelo” y se guarda en el computador.

Reclasificación: para la reclasificación se utiliza la caja de herramientas de procesos y se selecciona el proceso reclasificar por tabla. En la casilla capa ráster se selecciona la capa “aptitud_suelo” y en la casilla límites de rango se selecciona (min <= valor < máx.).

Seguidamente, en la casilla tabla de reclasificación, se añaden 5 filas y se digita la tabla 3.

Posteriormente se asigna el nombre de “aptitud_suelo_reclas” y se guarda en el computador.

Poligonizar a vectorial: Se utiliza el geoproceto de poligonizar (ráster a vectorial) que se encuentra en la opción de conversión, seleccionando como capa de entrada a “aptitud_suelo_reclas” y en el nombre del campo a crear se selecciona “DN”. Se asigna el nombre de “aptitud_suelo_vectorial” y se guarda en el computador.

Presentación: para la generación del mapa correspondiente al componente climático, se realiza el geoproceto de disolver, tomando como capa de entrada a “aptitud_suelo_vectorial” y en el campo disolver campo(s) [opcional] se selecciona el campo “DN”; se le asigna el nombre de “aptitud_suelo_vectorial_disol” y se guarda en el computador. Seguidamente se abre la tabla de atributos y se agrega un campo llamado calificación, en el cual se asignan los valores de acuerdo a la calificación cualitativa de la tabla 4.

Se guardan los cambios en la tabla de atributos y se ingresa a las propiedades de la capa, en el campo de simbología. Se selecciona la opción de categorizado, y en el campo valor, se selecciona la opción de calificación. Posteriormente se ingresa al campo clasificar y se asignan los colores de acuerdo a la tabla 4, manteniendo el mismo orden de ascendencia. Una vez aplicado los cambios y aceptado, se ingresa al campo proyecto y se selecciona la opción

de nueva composición de impresión; se edita el mapa de acuerdo a los requerimientos y se exporta como imagen o archivo PDF.

Conclusiones

El desarrollo de este trabajo permitió profundizar y aplicar las herramientas que prestan los SIG por medio del programa QGIS el cual favorece la contextualización del área de estudio para la elaboración de mapas que permitan identificar las zonas aptas para el establecimiento del cultivo en estudio como es el café (*Coffea arábica L.*).

Mediante la aplicación de estos procesos, se logrará integrar y analizar variables ambientales, climáticas y edáficas, permitiendo identificar las zonas más propicias para el establecimiento de este cultivo. Esta información es de gran interés para el diagnóstico de futuras planificaciones de productores que faciliten la toma de decisiones en el ámbito agrícola, ya que les proporcionara una base sólida para planificar de manera eficiente y sostenible el desarrollo de la actividad cafetera en la región.

Los geoprosos permitirán superar las limitaciones y restricciones geográficas presentes en el territorio de estudio. Mediante la eliminación de zonas con restricciones, como vías, bosques, ríos, páramos y áreas protegidas, se delimitarán las áreas libres de obstáculos para el cultivo de café. Esto garantiza que las zonas que se identifique como potenciales cuenten con las condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo, optimizando así los recursos y reduciendo los riesgos asociados a la actividad agrícola.

Recomendaciones

Es necesario ampliar los conocimientos de los SIG y programas como el QGIS ya que estas herramientas es una alternativa para la generación de información espacial en cualquier rama profesional sin ningún costo, de código abierto permitiendo ser más eficientes en la creación de proyectos óptimos y sostenibles.

La introducción de estos cursos en los programas profesionales no debe ser una opción sino una necesidad para que haya profesionales capacitados en el uso de estas herramientas de forma eficiente y de esta manera aportar en el desarrollo de las diferentes empresas.

Referencias Bibliográficas

Baltazar. D, Morejón. M, Díaz. A, Almeida. F, Ferreira J, & Gonçalves. V. (2020).

Caracterización agroclimática de la provincia Uigé, Angola en función del desarrollo del
Café Robusta. *Cultivos Tropicales*, 41(1),

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000100001&lng=es&tlng=es.

Chacón G. A. F. (2022). Estrategias de búsqueda y análisis de nuevas tecnologías con
aplicaciones a la Agricultura de Precisión.

<https://repository.udca.edu.co/handle/11158/4981>

MUÑOZ. O. Y. J. (2023). Caracterización de las Condiciones Adecuadas para el Proceso
Logístico Empaque, Embalaje y Transporte del Café Tostado Producido en el Municipio
de San Gil hasta la Ciudad de Bucaramanga, Santander.

<http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/11898>

Quiroz Antunez, Ulises Gildardo, Monterroso Rivas, Alejandro Ismael, Calderón Vega, María
Fernanda, & Ramírez García, Adán Guillermo. (2022). Aptitud de los cultivos de café
(*Coffea arabica* L.) y cacao (*Theobroma cacao* L.) considerando escenarios de cambio
climático. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 36(2), 60-

74. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962022000200060

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>

Enlaces

Link video de sustentación: <https://youtu.be/AktrXxRyzEo>

Link de padlet: <https://padlet.com/cristiancastro094/dise-o-metodol-gico-para-la-caracterizaci-n-de-reas-potencia-gr2ig7peclb305do>