

Zonificación de áreas óptimas para cultivos de café, vereda el porvenir municipio de Rioblanco en el periodo 2015-2020

Johanna Paola Rodriguez Gutierrez

Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Director (a):

Título (Ph.D., M.Sc., etc.) y nombre del director(a)

Codirector (a):

Título (Ph.D., M.Sc., etc.) y nombre del codirector(a)

Modelamiento Espacial

Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Manizales, 2024

Resumen

Las técnicas de cultivos de café han sido transmitidas de generación en generación desconociendo las ventajas que se obtienen al utilizar información obtenida con nuevas tecnologías que generen una caracterización o identificación de las condiciones puntuales de las zonas para cultivos que permitan automatizar procesos e identificar necesidades agronómicas, ecológicas y de producción para la toma efectiva y oportuna de decisiones. La utilización de abonos o sistemas de riego se realiza de manera artesanal y asumiendo que en general todos los cultivos presentan características similares, mayor tiempo de cuidado y monitoreo y menores valores de rentabilidad para el pequeño y mediano caficultor. Este trabajo se centra en la identificación de zonas óptimas de cultivos de café para la vereda de Porvenir ubicada en el municipio de Rioblanco departamento del Tolima para el periodo comprendido entre 2015 y 2020 con el uso de datos de estaciones meteorológica, modelo digital de terreno y análisis geoestadístico que facilite la generación de un mapa temático de zonas óptimas para cultivos de café, que permita a la comunidad Rioblancuna caficultora tomar decisiones acordes a las necesidades puntuales del cultivo de café para mejorar su eficiencia en la producción y la comercialización del grano.

Palabras clave: Agro climatología, café, zonificación agrológica, mapa de pendientes, Isoyetas, isotermas, estaciones climatológicas.

Abstract

Coffee cultivation techniques have been transmitted from generation to generation, ignoring the advantages obtained by using information obtained with new technologies that generate a characterization or identification of the specific conditions of the areas for crops that allow automating processes and identifying agronomic needs. ecological and production strategies for effective and timely decision-making. The use of fertilizers or irrigation systems is carried out in an artisanal manner and assuming that in general all crops have similar characteristics, longer care and monitoring time and lower profitability values for the small and medium coffee grower. This work focuses on the identification of optimal areas for coffee crops for the Porvenir village located in the municipality of Rio Blanco, department of Tolima for the period between 2015 and 2020 with the use of data from meteorological stations, digital terrain model and geostatistical analysis that facilitates the generation of a thematic map of optimal areas for coffee crops, which allows the Rioblancuna coffee-growing community to make decisions according to the specific needs of coffee cultivation to improve its profitability and grain production.

Keywords: Agroclimatology, coffee, agrolological zoning, slope map, isohyets, isotherms, climatological stations.

Contenido

	Pág.
1. LISTA DE TABLAS	V
2. LISTA DE MAPAS.....	V
3. LISTA DE IMÁGENES	VI
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN.....	7
4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA	7
4.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
4.3 JUSTIFICACIÓN	10
5. OBJETIVOS.....	12
5.1 OBJETIVO GENERAL	12
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
6. ANTECEDENTES	14
7. REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL	19
8. METODOLOGÍA.....	20
8.1 ENFOQUE METODOLÓGICO.....	20
8.2 PROCEDIMIENTO	20
9. RESULTADOS	24
10. CONCLUSIONES	41
11. RECOMENDACIONES	42
12. REFERENCIAS.....	43

1. Lista de tablas

	Pág.
<i>Tabla 1 Datos anuales de temperatura mínima absoluta anual para cada una de las estaciones climatológicas seleccionadas.</i>	26
<i>Tabla 2 Datos anuales de temperatura mínima absoluta anual para cada una de las estaciones climatológicas seleccionadas.</i>	26
<i>Tabla 3 Temperatura promedio para estaciones climatológicas para cada año comprendido entre 2015-2020</i>	27
<i>Tabla 4 Valores anuales de precipitación periodo 2015-2020</i>	27
<i>Tabla 5 Base de Datos consolidada.</i>	37

2. Lista de Mapas

	Pág
<i>Mapa 1 localización Estaciones Climatológicas</i>	24
<i>Mapa 2 Localización estaciones Pluviométricas</i>	25
<i>Mapa 3 Limite Veredal IGAC.....</i>	28
<i>Mapa 4 Malla predial IGAC vereda Porvenir</i>	29
<i>Mapa 5 Centroides Malla predial vereda Porvenir</i>	30
<i>Mapa 6 Isoyetas (curvas de interpolación de precipitación).....</i>	31
<i>Mapa 7 Mapa Isotermas (curvas de interpolación de temperatura).....</i>	32
<i>Mapa 8 Curvas de nivel cada 10 metros a partir de modelo geoidal de Google Earth Pro</i>	33
<i>Mapa 9 Curvas de nivel zona de estudio.</i>	34
<i>Mapa 10 Zonificación áreas óptimas para cultivos de café vereda El porvenir, municipio de Rioblanco año 2015</i>	38
<i>Mapa 11 Zonificación áreas óptimas para cultivos de café vereda El porvenir, municipio de Rioblanco año 2016</i>	39
<i>Mapa 12 Zonificación áreas óptimas para cultivos de café vereda El porvenir, municipio de Rioblanco año 2017</i>	39
<i>Mapa 13 Zonificación áreas óptimas para cultivos de café vereda El porvenir, municipio de Rioblanco año 2018</i>	40
<i>Mapa 14 Zonificación áreas óptimas para cultivos de café vereda El porvenir, municipio de Rioblanco año 2019</i>	40
<i>Mapa 15 Zonificación áreas óptimas para cultivos de café vereda El porvenir, municipio de Rioblanco año 2020</i>	41

3. Lista de Imágenes

	Pág
<i>imagen 1 Promedio de ponderacion a variables de estudio para el año 2016.....</i>	<i>36</i>
<i>imagen 2 Valores máximos y mínimos después de la ponderación.....</i>	<i>37</i>
<i>imagen 3 Determinación de rangos para clasificación de zonas óptimas</i>	<i>38</i>

4. Planteamiento del problema de investigación y su justificación

4.1 Descripción del área problemática

Colombia es el tercer país productor de café a nivel mundial y el primero en producción de café suave en el mundo, En Colombia, la industria cafetera tiene gran influencia en la estabilidad económica y social del país (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia). En los últimos años, algunos de los principales departamentos cafeteros presentan transformaciones importantes por los retos que enfrentan no sólo por los cambios en el mercado, sino también por situaciones como el cambio climático, la geografía y los escenarios sociopolíticos locales y territoriales que han evolucionado y definen el entorno para la producción (Ocampo López & Álvarez Herrera, 2017)

En este entorno climático cambiante es relevante comprender el comportamiento de variables que influyen en la producción del café, no solo en el ámbito nacional, sino generar alertas para la producción departamental en Colombia, de tal manera que puedan ser consideradas para la toma de decisiones en el sector y en los planes y programas de gestión del riesgo y adaptación.

La región Tolimense se encuentra localizada en el centro de Colombia y representa el tercer productor de café del país. El café del Tolima se cultiva en pequeñas parcelas por comunidades campesinas, indígenas y afrodescendientes, en 38 municipios, los cuales albergan

más de 61.849 familias que cultivan 107.027 hectáreas de café arábico de las variedades Castillo, Colombia, Caturra, Típica, Borbón y Tabí (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2022). El municipio de Rioblanco está situado al sur del departamento de Tolima, en plena cordillera central, el municipio forma parte de la región del macizo colombiano y tiene un ecosistema estratégico, integra un corredor biológico de gran importancia como lo son los Parques nacionales naturales: Nevado del Huila, Páramo de las Herosas, Volcán Puracé, Laguna Carota (Gobernación del Tolima, 2023).

La vereda El Porvenir está ubicada en la zona nororiental del Municipio, tiene una extensión de 416,8458 ha, presenta clima templado ya que sus alturas van desde los 1000 msnm hasta los 2000msnm (Castro Méndez, Agualimpia Dualiby, & Sánchez, 2016), sus actividades económicas se basan principalmente Cultivo Café/bosque secundario – Cultivo tecnificado / bosque productor según el PBOT Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Rioblanco 2000-2009.

Esta región estuvo marcada por el conflicto armado, los conflictos por la tierra y el territorio en Rioblanco se remontan a las primeras décadas del siglo XX, en el marco del posicionamiento de las haciendas cafeteras en la región andina. (González, 2019-06, pág. 71). Esto generó un estancamiento o rezago en el desarrollo socio económico de la región, en cuanto optimización de técnicas de cultivo y distribución del grano a causa de la desarticulación institucional, mantenimiento de vías de acceso, pues cuenta solo con vía terciaria que brinda servicio de transporte (tipo campero) por parte de la empresa local, accidentes naturales como deslizamientos dada la generalidad de terreno.

De esta manera, la falta de vías de acceso adecuadas puede limitar la capacidad de los agricultores para llevar sus productos al mercado local, departamental y nacional, la disminución de costos de transporte para los insumos y luego para la logística de comercialización es clave para el progreso del agro en el país (Agudelo, Juanita, 2022), Además, el mantenimiento deficiente de las carreteras existentes dificulta el transporte y aumenta los costos de distribución; ahora bien, como la única opción de transporte es a través de vehículos tipo campero se proporciona por una empresa local, los costos de transporte son altos y la disponibilidad es limitada. Esto puede afectar negativamente la rentabilidad de la agricultura en la región.

También la falta de coordinación y apoyo institucional puede retrasar la implementación de políticas agrícolas efectivas y programas que fomenten el desarrollo rural. La interrelación entre el gobierno, las organizaciones locales y los agricultores es esencial para impulsar el crecimiento económico sostenible.

De esta manera se deben tener en cuenta situaciones como “el cambio climático, la geografía y los escenarios sociopolíticos locales y territoriales definen el entorno para la producción.

4.2 Formulación del problema

La vereda El Porvenir del municipio de Rioblanco, en el departamento del Tolima hace parte de la región sur conocida por las altas afectaciones del conflicto armado durante los últimos 30 años. Así, para esta región sur -tolimense, el desplazamiento forzado, conflicto armado ha traído a la zona un atraso en cuanto a la economía y métodos de producción de café (Muñoz Mora, pág. 35), la falta de transporte y distribución a vías en mal estado sin intervención por estar en zonas de conflicto y abandono de estado y falta de inversión social disminuyen la

visibilidad de este grupo económico, ya que no hay comercialización efectiva del producto e infraestructura ineficiente agrícola. Esto afecta directamente el acceso a la información a la que se pueda acceder por falta de densificación de las redes meteorológicas, mantenimiento de la red existente, actualización de información predial entre otros. También implica poca intervención de entidades para el estudio y fortalecimiento de nuevas tecnologías en la industria cafetera que permitan optimizar los procesos y generar mayor rentabilidad al pequeño y mediano caficultor. Se pretende con este estudio realizar un mapa de zonificación que represente las características del suelo durante el periodo 2015-2020 con información recolectada en sensores climatológicos e información física de fuentes primarias ¿Permitirá entonces este insumo de modelado de información cartográfica temática o espacial dar información más precisa de las condiciones del suelo y así, optimizar las prácticas de los caficultores que les permita la oportuna toma de decisiones para mejorar la productividad o rentabilidad de su cultivo?

4.3 Justificación

Este estudio surge de la necesidad de optimizar el uso información recolectada por una red de sensores climatológicos, pluviales y físicos de la zona específica de estudio, para realizar una clasificación a una escala local de zonas con mejores condiciones ambientales y físicas para cultivos de café, a partir de la generación de un insumo cartográfico que permita la visualización de características del área seleccionada. Permitirá que desde la academia se fomente la articulación con el sector agropecuario con el uso de nuevas tecnologías de la información como los sistemas de información geográficas, ciencias humanas y de la tierra, caracterizando no solo un lugar físico, sino toda una estructura económica dinamizada por actores sociales y culturales alrededor de un producto específico: el café.

El municipio ha sido afectado por el conflicto armado (Angie Garay), falta de acceso al territorio, las condiciones de seguridad pública que han atrasado la investigación de procesos productivos en la región para la optimización del agro. El área seleccionada no tiene información de zonas óptimas para cultivo de café con el uso de información de análisis espacial y geoestadístico, por lo que generaríamos insumos innovadores, con información y tecnología actualizada que generan valor agregado a prácticas tradicionales de producción de café

El modelo beneficiara primero: al sector cafetero de la vereda El Porvenir al tener información actualizada de nuevas tecnologías que permiten la visualización e integración de nuevas tecnologías combinadas con las prácticas tradicionales para el aprovechamiento sostenible y eficiente de los recursos naturales, insumos (fertilizantes, plaguicidas) y factor humano; segundo a las entidades territoriales pues estas, tendrán información que permita capacitar al caficultor en las buenas prácticas de producción que aumenten la producción y disminución de niveles de contaminación ambiental asociados a los cultivos de café; La practica, capacitación e investigación generaran valor agregado al PIB y la producción del café a nivel nacional para el desarrollo y reactivación económica de la región.

Valores de temperatura, precipitaciones, brillo solar y pendiente del suelo afectan directamente el cultivo de café, su producción y rentabilidad, caracterizarlos permite tener a la mano información actualizada y puntual de la zona para realizar acciones oportunas que mejoren el proceso agrícola.

5. Objetivos

Deben mostrar una relación clara y consistente con la descripción del problema y, específicamente, con las preguntas o hipótesis que se quieren resolver. La formulación de objetivos claros y viables constituye una base importante para juzgar el resto de la propuesta y, además, facilita la estructuración de la metodología.

5.1 Objetivo general

Generar una zonificación para delimitar áreas óptimas de cultivo de café a partir de bases de datos de estaciones climatológicas y pluviales y Modelo digital de terreno en la vereda de El Porvenir, municipio de Rioblanco, Departamento de Tolima.

5.2 Objetivos específicos

1. Obtener valores de temperatura, precipitación y brillo solar para cada uno de los predios que componen la vereda el Porvenir a partir de bases de datos históricas anuales De las estaciones meteorológicas y climatológicas seleccionadas durante el periodo 2015-2020.
2. Se Extraen los valores de pendiente, temperatura, brillo solar y precipitación para cada uno de los predios que componen la vereda El Porvenir.
3. Generar base de datos correspondiente a los valores obtenidos para las variables necesarias del estudio, determinando valores de pendiente, temperatura, brillo solar y precipitación anuales para cada uno de los predios que componen la vereda El Porvenir.

4. Generación de mapas temáticos correspondiente a zonas óptimas para cultivos de café durante el periodo comprendido entre los años 2015 al 2020.

6. Antecedentes

1. Pruebas Internacionales y nacionales.

Los estudios de referencia enmarcan la identificación y mapeo de áreas de manejo específicas que permitan evaluar la calidad del grano de café, en este caso a partir de los atributos del suelo y sus relaciones con el relieve, El área de estudio se ubicó en la región de Alta Paulista, en el estado de São Paulo, distribuidos en los municipios de Marília, Garça, Gália, Vera Cruz, Pompéia, Herculândia, Iacri, Bastos y Sagres para determinar los atributos físicos y climáticos de la zona, la mayoría de los estudios se basan en el análisis de estos tres componentes: atributos del suelo, el clima y el manejo de las plantas del café. Como: desarrollar un modelo multivariado simple, identificar los principales factores limitantes que representa la productividad del café durante el período 1984-1989. (WEILL, ARRUDA, OLIVEIRA, DONZELI, & RAIJ, 1999);

El artículo nos muestra como poder interpretar información en este caso de la topografía, estudio de relieve y tipos de suelo, para tener una base de datos en la cual podamos identificar, por ejemplo los tipos de vegetación los cuales son similares en la región por el tipo de topografía ondulada y escarpada que comparten en características este tipo de regiones, más los grandes caudales de agua por ser zonas en las cuales tienen temporadas de lluvias largas y relativamente fuertes, estudiando las distintas características que permiten que un suelo sea óptimo para el cultivo del café.

Como conclusiones de este estudio:

Los resultados de análisis de componentes principales en combinación con datos geoestadísticos mostraron el contenido de arcilla y el hierro disponible como las mejores opciones para identificar cuatro cultivos de producción efectiva.

El análisis multivariado, geoestadístico y las relaciones suelo-relieve contenidas en el digital modelo de elevación (DEM) se puede utilizar eficazmente en combinación para el mapeo híbrido de áreas de variada idoneidad para la producción de café. (Sanchez, Jr, & Siqueira, 2012)

Los estudios de referencia enmarcan la identificación y mapeo de áreas de manejo específicas que permitan evaluar la calidad del grano de café, en este caso a partir de los atributos del suelo y sus relaciones con el relieve. (Martínez-Salvador, 2018)

3.2 Zonificaciones de riesgo.

Uno de los atributos importantes que debemos tener en cuenta es la calidad del suelo que podemos ver allí, fallas, riesgos, caracterización del área de estudio, utilizando herramientas de uso libre, para el estudio de este tipo de casos, así mismo poder evidenciar los problemas a causa de la erosión, ya sea en las costas, provincias, o cualquier zona que sea objetivo de estudio, para ya poder obtener productos como mapas, zonificaciones del riesgo, riesgos de erosión y como hacer usos adecuados del mismo.

Productos: elaborando un mapa de pendientes a partir del MDE ASTER o programas de uso libre, cobertura vegetal, identificando el uso del suelo o coberturas, a través de interpretación de orto fotos y levantamiento de campo, y capacidad de infiltración, considerando la textura del suelo.

Factores, Riesgo de erosión del suelo, el riesgo de erosión del suelo se estima empleando una combinación de precipitación, el factor R, topografía con un mapa de pendientes del DEM ASTER, cobertura vegetal usando NDVI, uso del suelo y variables de capacidad de infiltración del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP] (2016). Las variables se reclasifican en cinco clases de riesgo de erosión del suelo, de la siguiente manera: 1 (muy bajo), 2 (bajo), 3 (moderado), 4 (alto) y 5 (muy alto).

Factores, como la frecuencia hidrológica, como ejemplo la captura de factores los hipsométricos, obtener la frecuencia altimétrica y curva de pendientes medias de áreas de la superficie terrestre, en especial de cuencas hidrográficas, a partir de modelos digitales del terreno.

Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, es un índice de gran aplicación para determinar la vegetación, ya que es eficiente para el análisis y monitoreo de las condiciones vegetativas y su dinámica en la cobertura terrestre, la variable relacionada con la vegetación se puede obtener a partir de cálculos del NDVI utilizando imágenes de satélite Landsat, La imagen tiene que ser procesada con correcciones atmosféricas y geométricas.

otros métodos topográficos para índices de erosión del suelo utilizados por otros autores:

1) Interpolación (Distancia Inversa Ponderada-IDW) a partir del levantamiento de coordenadas x, y, z de una cuadrícula de puntos mediante el uso de una estación total. Los modelos de elevación digital fueron creados y delimitados con polígono en forma de huella de camino en el área evaluada.

2) Fotogrametría con el uso de imágenes aéreas tomadas con un dron marca DJI modelo Mavic Pro Fly, los vuelos se configuran a una altura de 20 m sobre la superficie y se hacen levantamientos de modelos de elevación digital mediante fotogrametría.

Estos análisis permiten, el procesamiento de información útil, oportuna, actual, precisa y abundante sobre características geoespaciales. En este caso en particular, se permite zonificar el riesgo de erosión del suelo ya sea en las costas, provincias, o cualquier zona que sea objetivo de estudio.

3.3 Estimaciones del coeficiente de cultivo usando una Cámara multispectral en un vehículo aéreo no tripulado.

Los drones tienen un enorme potencial en la agricultura para apoyar en la recopilación de datos espaciales y la planificación de acciones que mejoren la gestión de los recursos naturales, estudios que se basan en un modelo con vehículo aéreo no tripulado (UAV): técnica basada en la estimación de k_c a nivel de una sola vid con el fin de capturar la variabilidad espacial de las necesidades de agua en un viñedo comercial ubicado en Australia del Sur.(El coeficiente de cultivo K_c es la relación que existe entre la Evapotranspiración real (ETC) de cada cultivo específico y la evapotranspiración de referencia ET_0 en esas mismas condiciones, y en ese mismo microclima) Un UAV que lleva un El sensor multispectral se utiliza para extraer la información espectral y estructural de Cabernet, Vides Sauvignon. La información

espectral y estructural, adquirida en los distintos fenológicos, etapas de la vida a través de dos estaciones de control.

Para que: generar modelos de balance energético, las necesidades de agua de cualquier proyecto agropecuario se pueden calcular de forma semanal o sub-semanal, base para riego de precisión, La caracterización de kc basada en UAV puede mejorar aún más el agua zonificación de la gestión y el riego haciendo coincidir la infraestructura con la variabilidad espacial de la demanda de riego.

En los últimos años se ha especializado la fabricación de drones para la agricultura, creándose así diversas plataformas no solo para adquirir imágenes, sino también para aplicar productos químicos. Además, diversas empresas privadas e instituciones del mundo se están interesando desde hace algunos años en la aplicación de esta tecnología para mejorar y eficientar los procesos agrícolas para reducir costos y aumentar la producción. Gracias a estos estudios se han comenzado a crear herramientas denominadas Smart Agro que sirven para el análisis de datos obtenidas de drones para la agricultura de precisión, en nuestro caso cultivos de precisión en el café. (Deepak Gautam, 2021)

7. Referente normativo y legal

Haciendo puntualidad en la constitución política en sus artículos 79 y 80 que establece la protección de la diversidad e integridad del ambiente, para así conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación ambiental para así llegar a la garantía del derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución, debiendo prevenir y controlar los factores propicios al deterioro ambiental. (CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA 1991)

capítulo 4 Autoridades ambientales competentes. Son las Corporaciones Autónomas Regionales, las Corporaciones para el Desarrollo Sostenible, los Grandes Centros Urbanos a los que se refiere el artículo 66 de la Ley 99 de 1993, los establecimientos públicos ambientales creados en virtud del artículo 13 de la Ley 768 de 2002, y Parques Nacionales Naturales de Colombia, creada por el Decreto-Ley 3572 de 2011, siempre y cuando corresponda a los usos permitidos en las áreas que integran el Sistema de Parques Nacionales Naturales.

Dentro del PNGIRH se propone que la disponibilidad nacional de agua es teórica en términos de acceso para su aprovechamiento y cierta en cuanto a los impactos causados por eventos extraordinarios expresados en sequías e inundaciones y otros fenómenos asociados como deslizamientos y lahares. Esta situación se debe, por un lado, al régimen natural espacial y temporal del recurso; y por el otro, a la falta de actividades organizadas, coherentes y coordinadas de gestión del agua.

La proporción en la extracción de agua de los usos consuntivos es similar a la del resto del mundo. La agricultura consume cerca del 40 %, el uso doméstico el 9 % y otros usos, entre ellos el industrial, el 3 %. El 48 % restante se emplea en usos no consuntivos, principalmente hidroelectricidad. Aún no se han estimado las demandas de agua para fines turísticos ni caudales ecológicos.

8. Metodología

En el siguiente estudio se va a realizar una investigación aplicada que permita generar zonas óptimas para el cultivo de café con el uso de datos sólidos tanto de fuentes de estaciones meteorológicas, geostatística espacial para la obtención valores específicos de temperatura, precipitaciones, brillo solar, así como de información física del suelo del suelo. Iniciando con la obtención de datos crudos de las estaciones Meteorológica con los valores climatológicos, siguiendo con estaciones Pluviométrica con valores de precipitación, luego, con la obtención de valores de pendiente del modelo digital de terreno, siguiendo con la clasificación de la información útil para el estudio y el procesamiento de la información mediante software especializado y operaciones de estadística espacial, luego realizando análisis de resultados y finalmente la generación de mapas temáticos de zonas óptimas para cultivos de café para los años comprendidos entre el 2020.

8.1 Enfoque metodológico

Este es un estudio cuantitativo que permite medir las variables de interés mediante análisis geostatístico, a partir de un proceso secuencial que permite describir detalladamente el área seleccionada y generar un producto puntual para el estudio que es el mapa de zonificación de áreas óptimas para cultivos de café en la zona seleccionada

8.2 Procedimiento

Para este estudio se van a realizar las siguientes Fases:

Fase 1. Obtener valores de temperatura, precipitación y brillo solar para cada uno de los predios que componen la vereda el Porvenir a partir de bases de datos históricas anuales De las estaciones meteorológicas y climatológicas seleccionadas durante el periodo 2015-2020.

Identificación de Estaciones Climatológicas.

Se inicia con la identificación de estaciones meteorológicas cerca de la zona, disponibilidad de información y canales de obtención de datos necesario para el estudio; para ello se utiliza la red geográfica de estaciones disponibles para Colombia por parte del IDEAM. Es esta capa geográfica se seleccionan primero las estaciones más cercanas a la zona que permitan generar una red de curvas isotérmicas e isoyetas para realizar la posterior interpolación a cada uno de los predios que conforman la vereda en estudio. Luego se realiza la selección de las estaciones que tengan información disponible durante el periodo de estudio, este punto se realizaron dos actividades: la primera en la identificación de estaciones Climatológicas para obtención de variables como brillo solar, humedad, para la variable de temperatura, las estaciones almacenan varios tipos entre ellos Temperatura seca de las 24 horas, Temperatura seca de las 700, 1300, 1800, Temperatura seca máxima diaria, temperatura del aire a 2 metros mínima diaria, entre otras; para nuestro estudio se hizo un promedio entre las temperaturas mínima absoluta anual y temperatura máxima absoluta anual para cada año correspondiente al periodo de estudio y la segunda en la identificación de estaciones pluviométricas para obtener registros históricos de precipitaciones.

FASE 2. Se Extraen los valores de pendiente, temperatura, brillo solar y precipitación para cada uno de los predios que componen la vereda El Porvenir.

Se obtiene de información física de la zona. Se utiliza información consignada en Datos abiertos del instituto geográfico Agustín Codazzi malla Veredal y malla predial rural con información de identificación catastral puntual para cada predio. Estos son archivos en formato shapefile. También se obtienen los valores de pendientes para cada uno de los polígonos que componen la vereda, de esta manera primero se obtiene desde el modelo geoidal que tiene el software Google Earth Pro, determinando puntos aleatorios sobre la zona de estudio, y luego generando el mapa de curvas de nivel cada 10 metros. A partir de esta capa generada se extrae la información de pendiente para cada uno de los predios correspondientes.

Se interpolan datos de precipitación y temperatura durante el periodo descrito. Con el inicio de la búsqueda y selección de la información útil para la zona de estudio se establecen inicialmente los valores anuales de las variables seleccionadas para periodo comprendido entre 2015-2020 obtenidos de la estación Climatológica, luego se interpolan los valores de la precipitación generando mapa de Isoyetas y los valores de temperatura generando mapa de Isotermas Estos valores se extraen para cada uno de los puntos (Centroides) correspondientes a los polígonos de la malla predial de la vereda.

Fase 3. Se genera base de datos correspondiente a los valores obtenidos para las variables necesarias del estudio, determinando valores de pendiente, temperatura, brillo solar y precipitación anuales para cada uno de los predios que componen la vereda El Porvenir.

En esta fase se obtiene una base de datos espacial con información relacionada climatológica y pluviométrica por ubicación geográfica. Esta permite la visualización de dicha información en mapas temáticos generados a partir de ponderaciones para clasificar las zonas óptimas, por año durante el periodo en estudio. Esta ponderación se basó en los valores máximos y mínimos de las variables estudiadas, y determinando 3 grupos de zonas.

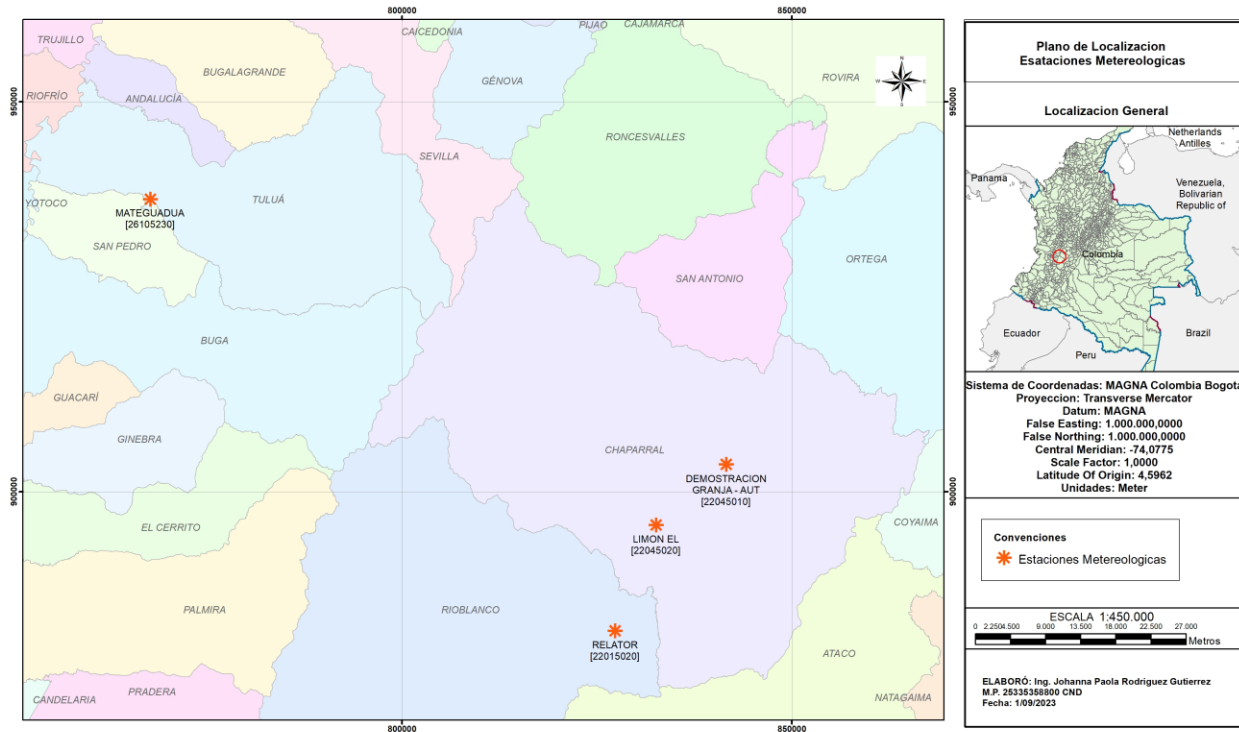
De esta manera se obtienen tres rangos para clasificar las zonas óptimas por año. Esto quiere decir que basados en la tabla de rangos agro-climatológicos y su clasificación presentados en el artículo Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila. (Stephan Andrés Salazar Arias, Salazar Arias, Hoyos Arango, Quiroga Mosquera, & García López)

Fase 4. Generación de mapas temáticos correspondiente a zonas óptimas para cultivos de café durante el periodo comprendido entre los años 2015 al 2020.

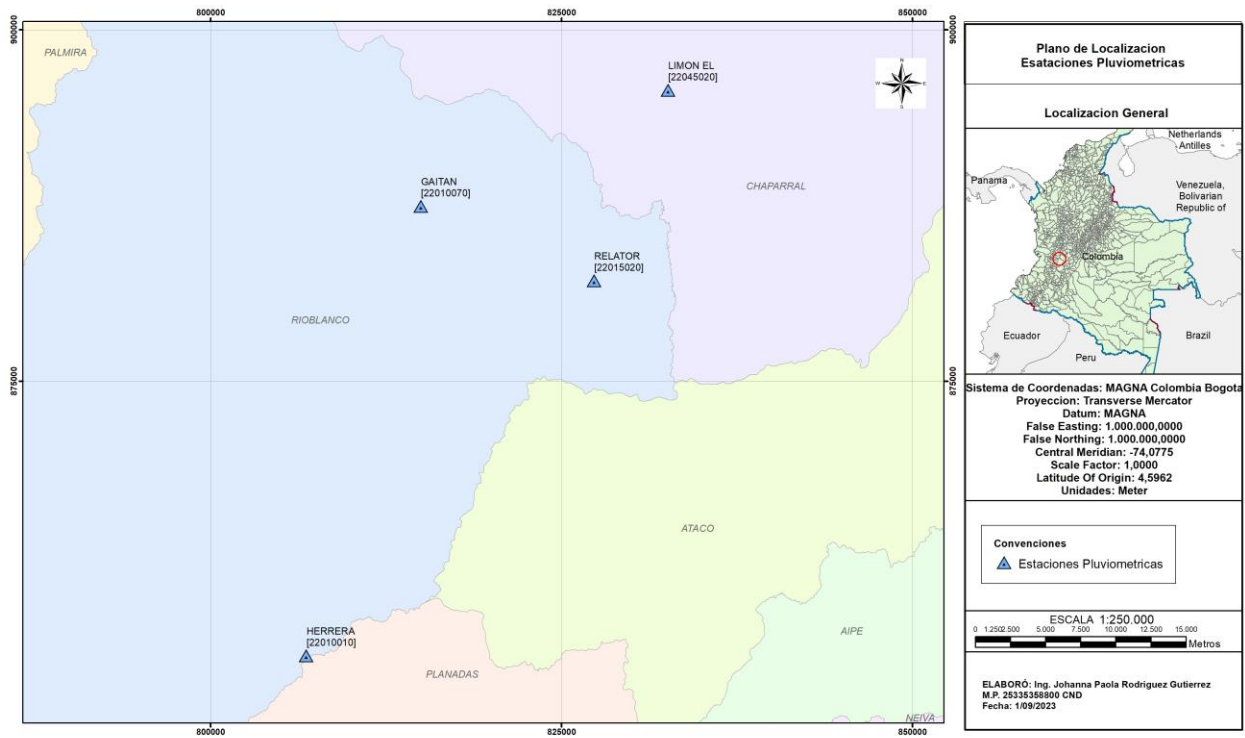
Finalmente se realizan mapeo de información ponderada que genera la zonificación de la vereda El Porvenir para cada uno de los años correspondientes al estudio utilizando Software ArcGIS.

9. Resultados

Localización de 4 estaciones Meteorológicas seleccionadas localizadas en los municipios de Tuluá, Rioblanco y Chaparral mapa y las 3 pluviométricas localizadas en los municipios de Chaparral y Rioblanco como se muestra en el siguiente mapa



Mapa 1 localización Estaciones Climatológicas



Mapa 2 Localización estaciones Pluviométricas

De la obtención de la información climatológica se obtuvieron registros correspondientes al periodo de estudio correspondientes a las variables requeridas para el estudio de las estaciones climatológicas, para nuestro estudio se hizo un promedio entre las temperaturas mínima absoluta anual (tabla 1) y temperatura máxima absoluta anual (tabla 2) para cada año correspondiente al periodo de estudio consignada como se muestra en la tabla 3. Así, se obtiene base de datos con información de temperatura y brillo solar para cada estación Climatológica seleccionada.

CodigoEstacion	NombreEstacion	IdParametro	Etiqueta	DescripcionSerie	Frecuencia	Fecha	Valor	Grado	Calificador	NivelAprobacion
22045010	ION GRANJA - AU	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2015	17.8	4	2204501042005	900
22045010	ION GRANJA - AU	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2016	18	4	2204501042370	900
22045010	ION GRANJA - AU	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2017	17.6	4	2204501042736	900
22045010	ION GRANJA - AU	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2018	18	4	2204501043101	900
22045010	ION GRANJA - AU	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2019	17.8	4	2204501043466	900
22045010	ION GRANJA - AU	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2020	17.8	4	2204501043831	900
22045020	MON EL [2204502	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2015	16.2	4	2204502042005	900
22045020	MON EL [2204502	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2016	17.4	4	2204502042370	900
22045020	MON EL [2204502	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2017	17	4	2204502042736	900
22045020	MON EL [2204502	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2018	16.4	4	2204502043101	900
22045020	MON EL [2204502	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2019	17	4	2204502043466	900
22045020	MON EL [2204502	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2020	17.2	4	2204502043831	900
26105230	EGUADUA [26105	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2015	14	50	2610523042005	900
26105230	EGUADUA [26105	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2016	16.4	4	2610523042370	900
26105230	EGUADUA [26105	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2018	13.4	4	2610523043101	900
26105230	EGUADUA [26105	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2019	15.4	4	2610523043466	900
22015020	ELATOR [2201502	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2015	15.4	4	2201502042005	900
22015020	ELATOR [2201502	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2016	17	4	2201502042370	900
22015020	ELATOR [2201502	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2018	16.4	4	2201502043101	900
22015020	ELATOR [2201502	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2019	17	4	2201502043466	900
22015020	ELATOR [2201502	TEMPERATURA	TMN_MN_A	ura mÃ-nima abso	Annual	1/01/2020	16.4	4	2201502043831	900

Tabla 1 Datos anuales de temperatura mínima absoluta anual para cada una de las estaciones climatológicas seleccionadas.

CodigoEstacio	NombreEstacion	IdParametro	Etiqueta	DescripcionSerie	Frecuenci	Fecha	Valor	Grado	Calificador	NivelAprobacion
22045010	EMOSTRACION GRANJA - AUT [2204501	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2015	36.6	4	2204501042005	900
22045010	EMOSTRACION GRANJA - AUT [2204501	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2016	35.4	4	2204501042370	900
22045010	EMOSTRACION GRANJA - AUT [2204501	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2017	34.2	4	2204501042736	900
22045010	EMOSTRACION GRANJA - AUT [2204501	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2018	35	4	2204501043101	900
22045010	EMOSTRACION GRANJA - AUT [2204501	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2019	37	4	2204501043466	900
22045010	EMOSTRACION GRANJA - AUT [2204501	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2020	34.2	4	2204501043831	900
22045020	LIMON EL [22045020]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2015	35.2	4	2204502042005	900
22045020	LIMON EL [22045020]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2016	33.4	4	2204502042370	900
22045020	LIMON EL [22045020]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2019	34.4	4	2204502043466	900
22045020	LIMON EL [22045020]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2020	33	4	2204502043831	900
26105230	MATEGUADUA [26105230]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2015	33	4	2610523042005	900
26105230	MATEGUADUA [26105230]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2016	34.3	4	2610523042370	900
26105230	MATEGUADUA [26105230]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2017	33.4	4	2610523042736	900
26105230	MATEGUADUA [26105230]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2018	33.2	4	2610523043101	900
26105230	MATEGUADUA [26105230]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2019	34.2	4	2610523043466	900
22015020	RELATOR [22015020]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2015	33.4	4	2201502042005	900
22015020	RELATOR [22015020]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2016	32.6	4	2201502042370	900
22015020	RELATOR [22015020]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2018	32.2	4	2201502043101	900
22015020	RELATOR [22015020]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2019	32	4	2201502043466	900
22015020	RELATOR [22015020]	TEMPERATURA	TMX_MX_A	ura mÃjxima abs	Annual	1/01/2020	31	4	2201502043831	900

Tabla 2 Datos anuales de temperatura mínima absoluta anual para cada una de las estaciones climatológicas seleccionadas.

CodigoEstacion	NombreEstacion	Tmax	fecha	CodigoEstacion	NombreEstacion	Tmin	fehca	TAPROMEDIO
22045010	DEMOSTRACION GRANJA - AUT [22045010]	36,6	1/01/2015	22045010	ACION GRANJA - AUT [22045010]	17,8	1/01/2015	27,2
22045020	LIMON EL [22045020]	35,2	1/01/2015	22045020	LIMON EL [22045020]	16,2	1/01/2015	25,7
26105230	MATEGUADUA [26105230]	33	1/01/2015	26105230	ATEGUADUA [26105230]	14	1/01/2015	23,5
22015020	RELATOR [22015020]	33,4	1/01/2015	22015020	RELATOR [22015020]	15,4	1/01/2015	24,4
22045010	DEMOSTRACION GRANJA - AUT [22045010]	35,4	1/01/2016	22045010	ACION GRANJA - AUT [22045010]	18	1/01/2016	26,7
22045020	LIMON EL [22045020]	33,4	1/01/2016	22045020	LIMON EL [22045020]	17,4	1/01/2016	25,4
26105230	MATEGUADUA [26105230]	34,3	1/01/2016	26105230	ATEGUADUA [26105230]	16,4	1/01/2016	25,35
22015020	RELATOR [22015020]	32,6	1/01/2016	22015020	RELATOR [22015020]	17	1/01/2016	24,8
22015020	RELATOR [22015020]	32,6	1/01/2017	22015020	RELATOR [22015020]	17	1/01/2017	24,8
22045010	DEMOSTRACION GRANJA - AUT [22045010]	34,2	1/01/2017	22045010	ACION GRANJA - AUT [22045010]	17,6	1/01/2017	25,9
22045020	LIMON EL [22045020]	34,4	1/01/2017	22045020	LIMON EL [22045020]	17	1/01/2017	25,7
26105230	MATEGUADUA [26105230]	33,4	1/01/2017	26105230	ATEGUADUA [26105230]	14	1/01/2017	23,7
22045010	DEMOSTRACION GRANJA - AUT [22045010]	35	1/01/2018	22045010	ACION GRANJA - AUT [22045010]	18	1/01/2018	26,5
26105230	MATEGUADUA [26105230]	33,2	1/01/2018	26105230	ATEGUADUA [26105230]	13,4	1/01/2018	23,3
22015020	RELATOR [22015020]	32,2	1/01/2018	22015020	RELATOR [22015020]	16,4	1/01/2018	24,3
22045020	LIMON EL [22045020]	33	1/01/2018	22045020	LIMON EL [22045020]	17	1/01/2018	25
22045010	DEMOSTRACION GRANJA - AUT [22045010]	37	1/01/2019	22045010	ACION GRANJA - AUT [22045010]	17,8	1/01/2019	27,4
22045020	LIMON EL [22045020]	34,4	1/01/2019	22045020	LIMON EL [22045020]	17	1/01/2019	25,7
26105230	MATEGUADUA [26105230]	34,2	1/01/2019	26105230	ATEGUADUA [26105230]	15,4	1/01/2019	24,8
26105230	MATEGUADUA [26105230]	34,2	1/01/2019	26105230	ATEGUADUA [26105230]	14	1/01/2020	24,1
22015020	RELATOR [22015020]	32	1/01/2019	22015020	RELATOR [22015020]	17	1/01/2019	24,5
22045010	DEMOSTRACION GRANJA - AUT [22045010]	34,2	1/01/2020	22045010	ACION GRANJA - AUT [22045010]	17,8	1/01/2020	26
22045020	LIMON EL [22045020]	33	1/01/2020	22045020	LIMON EL [22045020]	17,2	1/01/2020	25,1
22015020	RELATOR [22015020]	31	1/01/2020	22015020	RELATOR [22015020]	16,4	1/01/2020	23,7

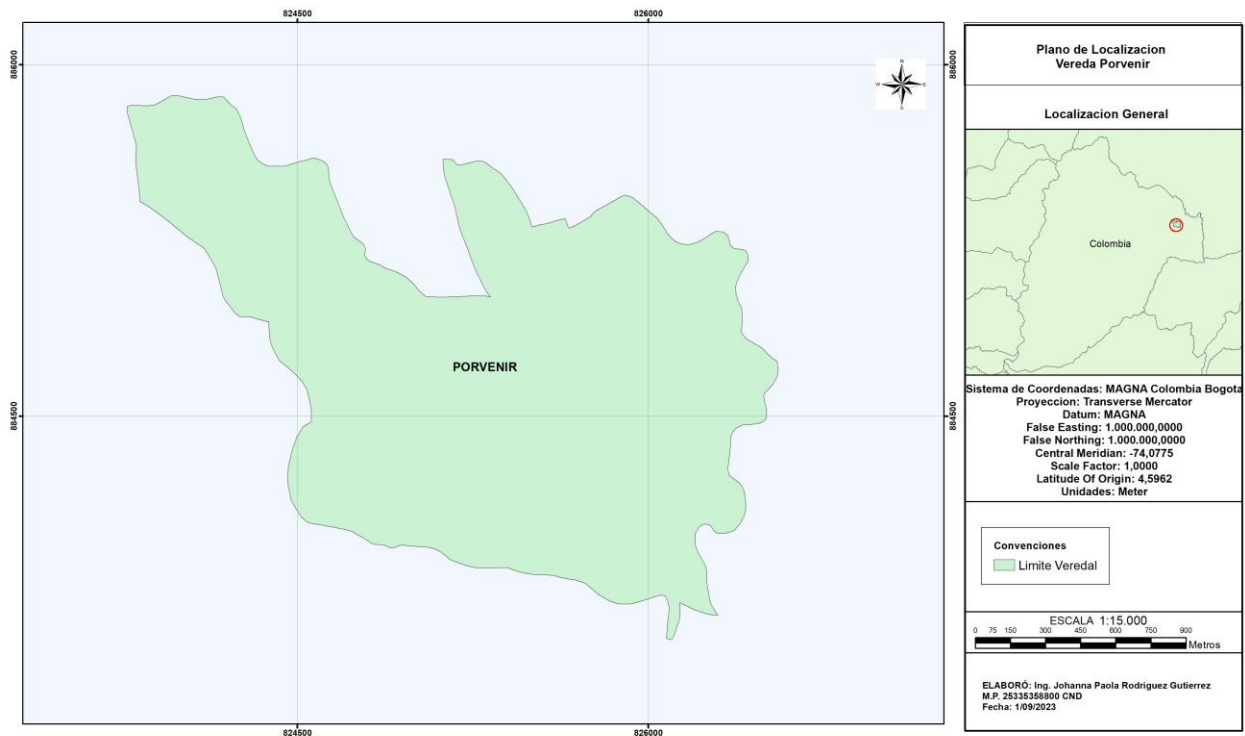
Tabla 3 Temperatura promedio para estaciones climatológicas para cada año comprendido entre 2015-2020

De la obtención de la información pluviométricas se obtuvieron registros correspondientes al periodo de estudio correspondientes a las variables requeridas para el estudio de las estaciones de precipitación, para nuestro estudio se obtiene datos de precipitaciones anuales para cada una de las estaciones pluviométricas seleccionadas que se consignan en tabla como se muestra a continuación:

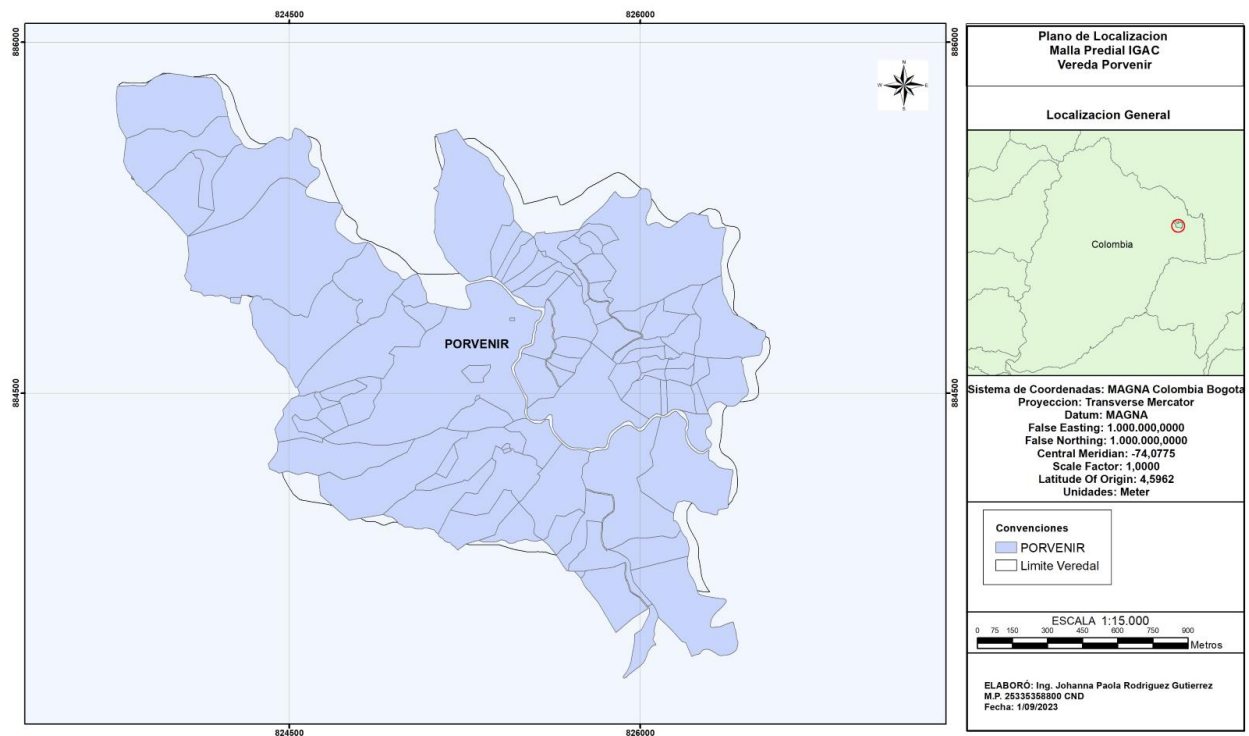
AñoOperativa	Departamento	NombreEstacion	Municipio	Fechainstalacion	IdParametro	Etiqueta	DescripcionSerie	Frecuencia	Fecha	Valor	Grado	Calificador	NivelAprobacion
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	GAITAN [22010070]	Roblenco	15/11/80	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2015	1106	4		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	HERERIA [22010010]	Roblenco	15/03/73	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2015	815,1	4		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	RELATOR [22015020]	Roblenco	15/12/86	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2015	1380,4	50		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	GAITAN [22010070]	Roblenco	15/11/80	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2016	1108	4		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	HERERIA [22010010]	Roblenco	15/03/73	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2016	1006,8	4	ESTIMADO	900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	RELATOR [22015020]	Roblenco	15/12/86	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2016	2349,8	4		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	GAITAN [22010070]	Roblenco	15/11/80	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2017	1116,1	4		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	HERERIA [22010010]	Roblenco	15/03/73	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2017	1015,5	50	ESTIMADO	900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	RELATOR [22015020]	Roblenco	15/12/86	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2017	2610,2	4		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	GAITAN [22010070]	Roblenco	15/11/80	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2018	1421	4	ESTIMADO	900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	HERERIA [22010010]	Roblenco	15/03/73	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2018	1016,6	50	ESTIMADO	900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	RELATOR [22015020]	Roblenco	15/12/86	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2018	1648,3	4	ESTIMADO	900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	GAITAN [22010070]	Roblenco	15/11/80	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2019	1723	50		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	HERERIA [22010010]	Roblenco	15/03/73	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2019	1027,1	50		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	RELATOR [22015020]	Roblenco	15/12/86	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2019	1194	4		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	GAITAN [22010070]	Roblenco	15/11/80	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2020	1460	50		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	HERERIA [22010010]	Roblenco	15/03/73	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2020	1198	50		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	RELATOR [22015020]	Roblenco	15/12/86	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2020	2364,3	4		900
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	LIMON EL [22045020]	Chaparral	15/10/86	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2016 0:00	2013,4	50	ESTIMADO	1.200
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	LIMON EL [22045020]	Chaparral	15/10/86	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2017 0:00	3305,4	50	ESTIMADO	1.200
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	LIMON EL [22045020]	Chaparral	15/10/86	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2018 0:00	2023,8	4	ESTIMADO	1.200
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	LIMON EL [22045020]	Chaparral	15/10/86	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2019 0:00	3083,1	50	ESTIMADO	1.200
AñoOperativa 3D - T clima	T clima	LIMON EL [22045020]	Chaparral	15/10/86	PRECIPITACION	PI PM TT A	Precipitacion mensual anual	Anual	1/01/2020 0:00	3097,7	50		1.200

Tabla 4 Valores anuales de precipitación periodo 2015-2020

La información consignada en Datos abiertos del instituto geográfico Agustín Codazzi malla Veredal (mapa 3) y malla predial rural (mapa 4) con información de identificación catastral puntual para cada predio. Estos son archivos en formato shapefile.

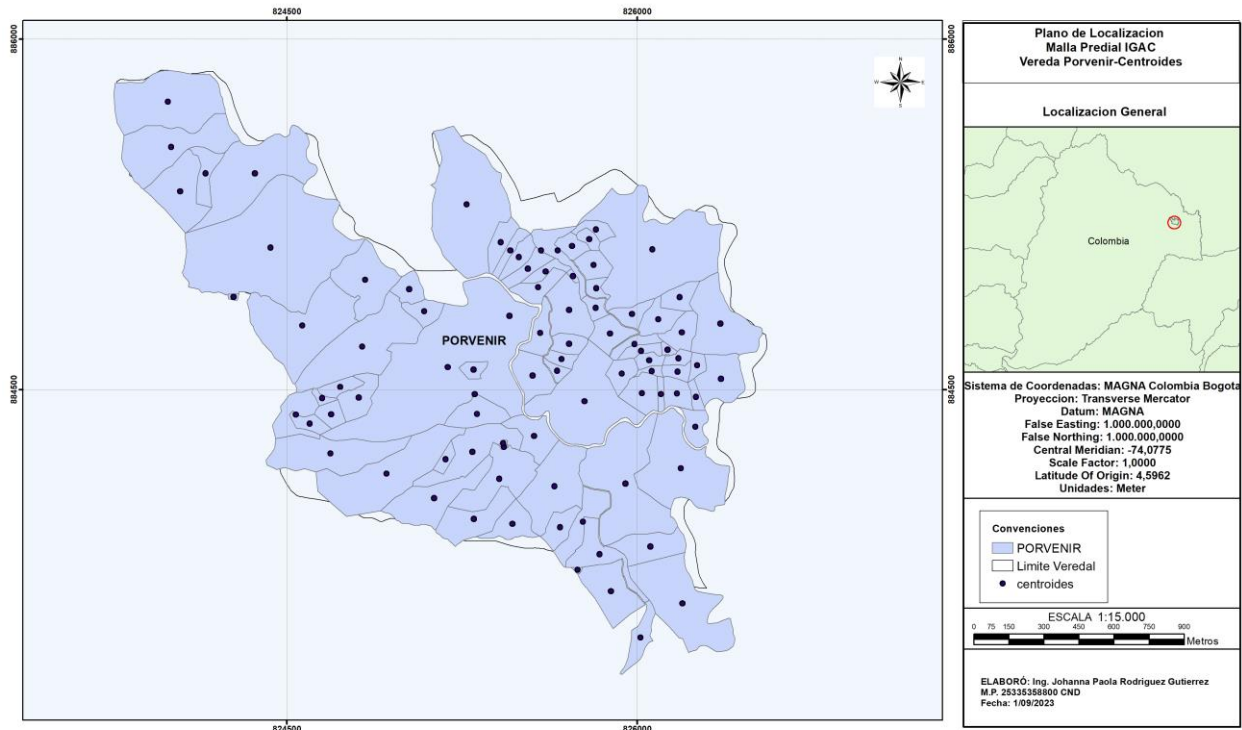


Mapa 3 Limite Veredal IGAC



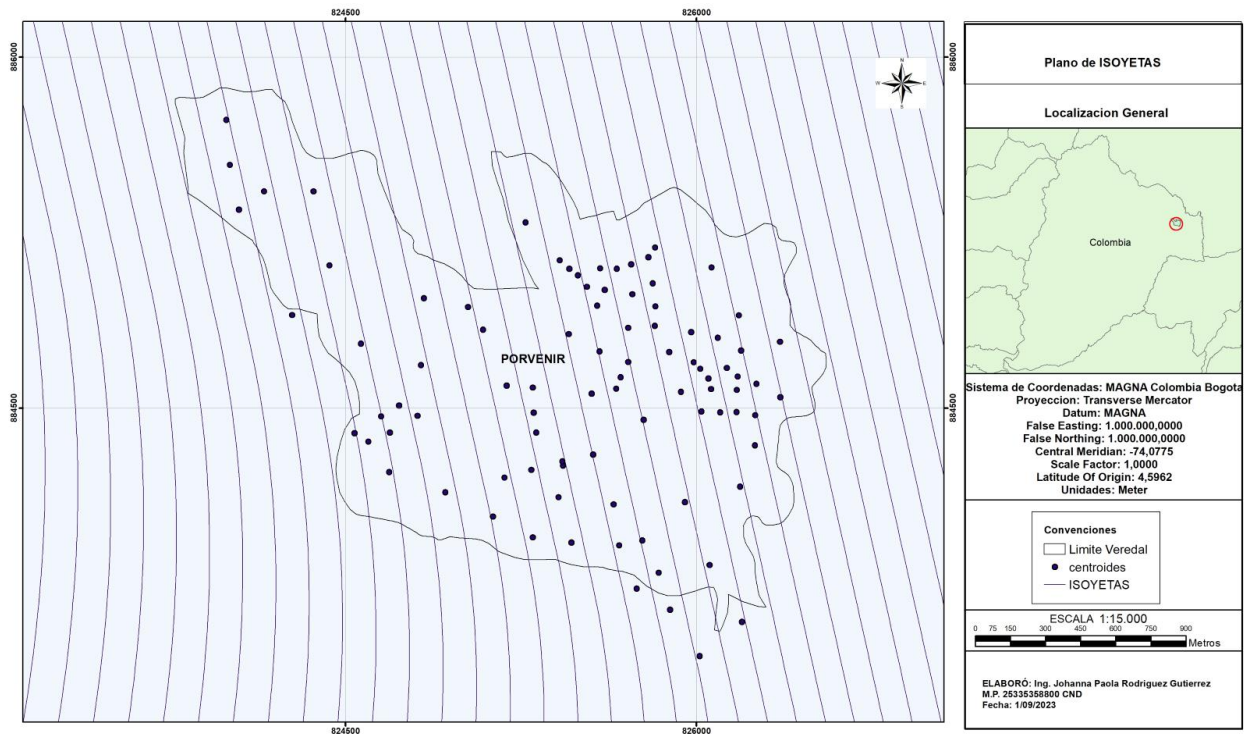
Mapa 4 Malla predial IGAC vereda Porvenir

Se generaron generan los cancroides de cada polígono correspondientes a los predios que componen la vereda Porvenir, localizada en el municipio de Rioblanco. (mapa 5)

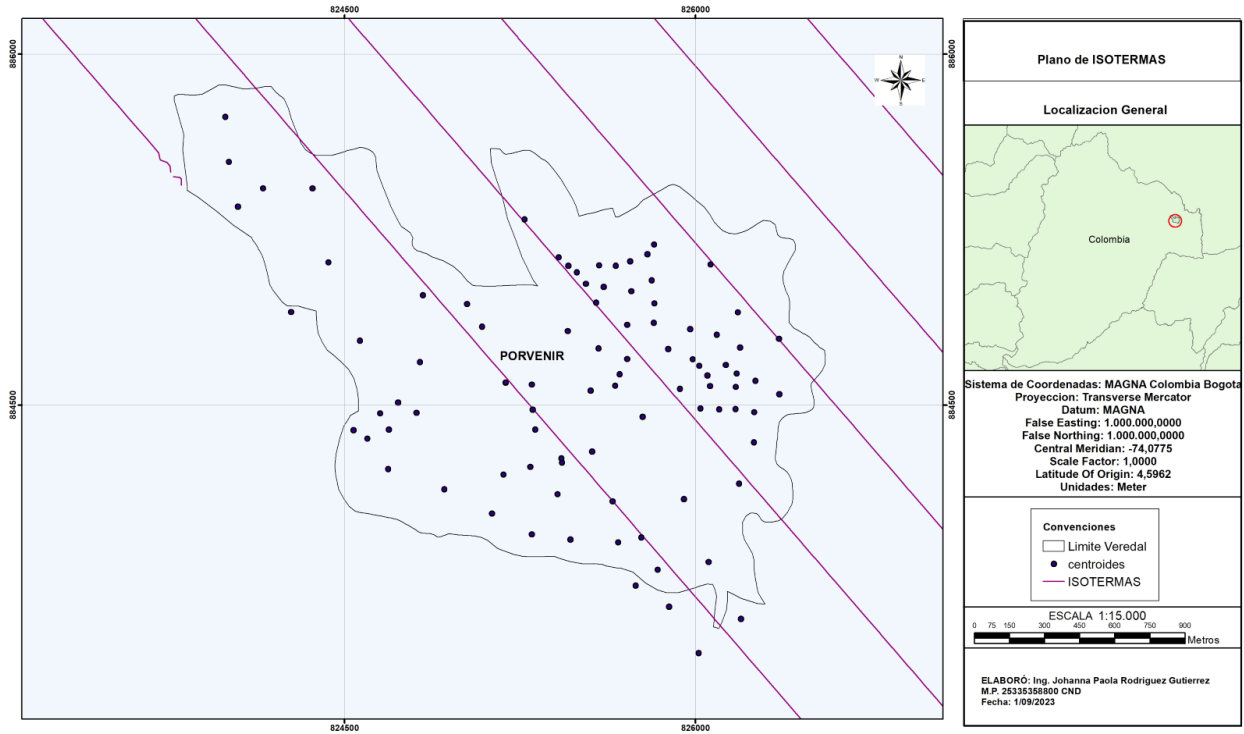


Mapa 5 Centroides Malla predial vereda Porvenir

La interpolación de datos de precipitación y temperatura durante el periodo descrito comprendido entre 2015-2020, los valores de la precipitación generando mapa de Isoyetas (mapa 6) y los valores de temperatura generando mapa de Isotermas (mapa 7). Estos valores se extrajeron para cada uno de los puntos (Centroides) correspondientes a los polígonos de la malla predial de la vereda.

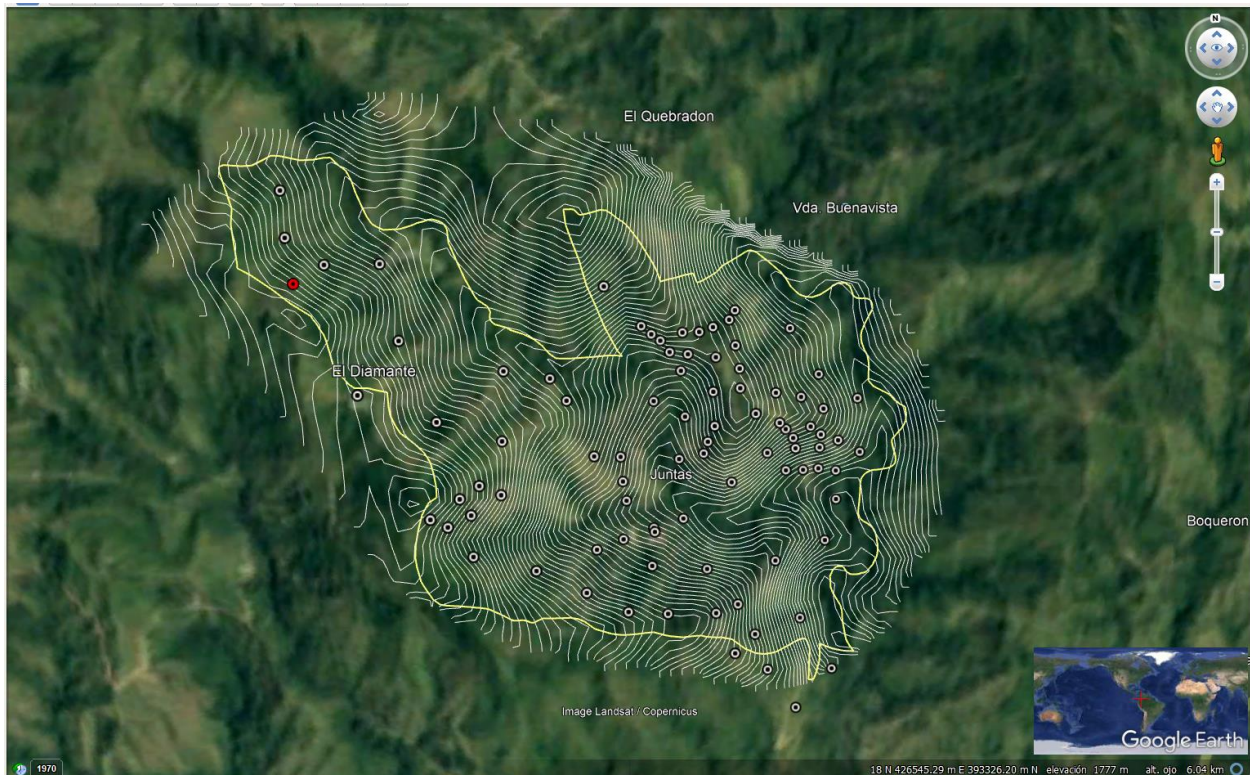


Mapa 6 Isoyetas (curvas de interpolación de precipitación)

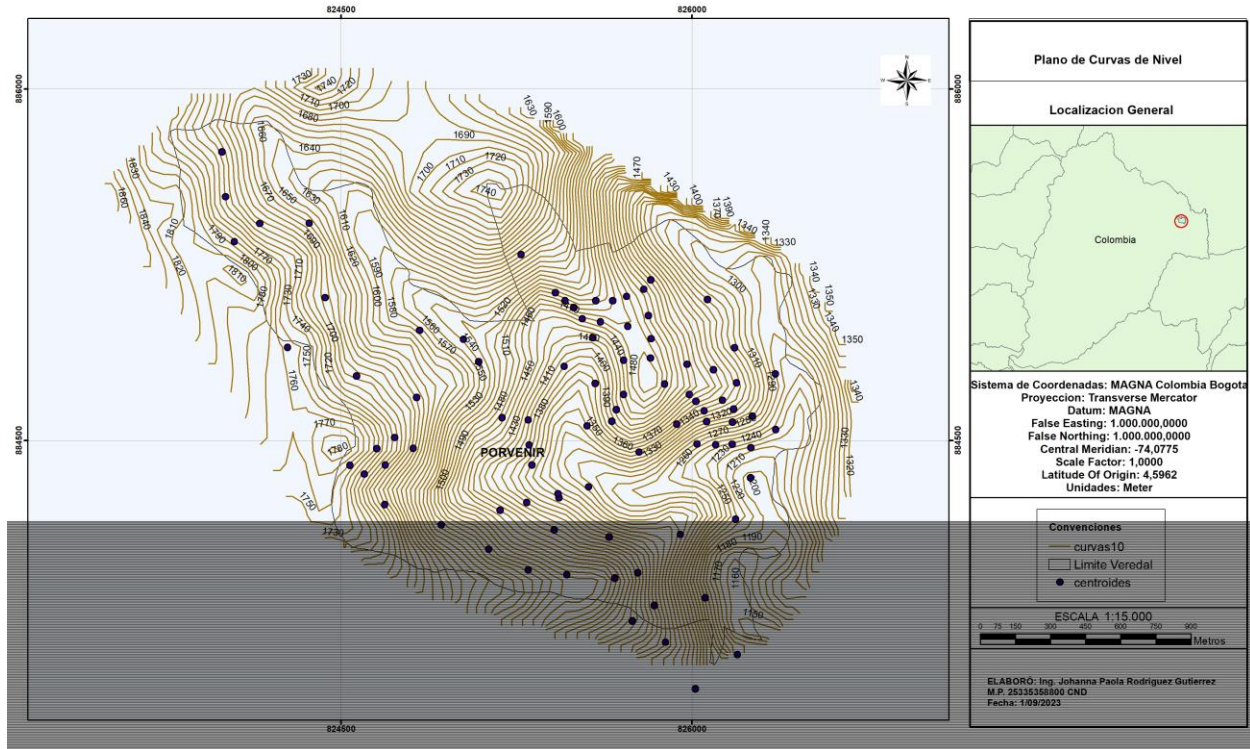


Mapa 7 Mapa Isothermas (curvas de interpolación de temperatura)

los valores de pendientes para cada uno de los polígonos que componen la vereda, se obtiene desde el modelo geoidal que tiene el software Google Earth Pro, determinando puntos aleatorios sobre la zona de estudio (mapa 8)



Mapa 8 Curvas de nivel cada 10 metros a partir de modelo geoidal de Google Earth Pro



Mapa 9 Curvas de nivel zona de estudio.

La base de datos espacial con información relacionada climatológica y pluviométrica permitió generar una ponderación para clasificar las zonas optimas, por año durante el periodo en estudio. Esta ponderación se basó en los valores máximos y mínimos de las variables estudiadas, y determinando 3 grupos de zonas. De esta manera se obtienen tres rangos para clasificar las zonas optimas por año. Esto quiere decir que basados en la tabla de rangos agro-climatológicos y su clasificación presentados en el artículo *Aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila* que se muestra a continuación:

Tabla 1. Rangos agroclimáticos y su clasificación.

Indicadores Agroclimáticos	Unidad	Bajo	Adecuado	Alto
Precipitación anual	mm	Menor que 1.400	Entre 1.400 y 2.900	Mayor que 2.900
Brillo solar	horas/año	Menor que 1.400	Entre 1.400 y 1.800	Mayor que 1.800
Amplitud térmica:	°C	Menor que 8	Entre 8 y 11	Mayor que 11
Tiempo térmico (prefloración)	Grados-día	Menor que 1.000	Entre 1.000 y 1.400	Mayor que 1.400
Tiempo térmico (desarrollo del fruto)	Grados-día	Menor que 2.200	Entre 2.200 y 2.800	Mayor que 2.800
Déficit hídrico (prefloración)	Días	Menor que 20	Entre 20 y 80	Mayor que 80
Déficit hídrico (desarrollo del fruto)	Días	Igual a 0	Entre 0 y 90	Mayor que 90
Pendiente del terreno	Grados	Menor que 10	Entre 10 y 40	Mayor 40

Entorno de las zonas agroecológicas cafeteras (ZAE)

(Stephan Andrés Salazar Arias, Salazar Arias, Hoyos Arango, Quiroga Mosquera, & García López)

Así, para cada año se tomaron los valores máximos y mínimos de cada variable para determinar el rango, y luego se dividió en tres para determinar las zonas óptimas y se le da un peso ponderado de acuerdo a la cercanía del valor óptimo. Luego se definirían tres zonas (óptima, media y no tan óptima). A continuación, se muestra un ejemplo de este proceso para el año 2016:

PRECIPITACION 2016 ml	
VALOR MAX	2353,97
VALOR MIN	2243,54
RANGO	110,43
ANCHO DE SUB-	36,81

ZONA	RANGO		PONDERACION
OPTIMA	2317,16	2353,97217	1
MEDIA	2280,35	2317,16	2
NO TAN OPTIMA	2243,54	2280,35	3

TEMPERATURA 2016 °C	
VALOR MAX	24,87
VALOR MIN	24,81
RANGO	0,06
ANCHO DE SUB-	0,02

ZONA	RANGO		PONDERACION
OPTIMA	24,85	24,87	1
MEDIA	24,83	24,85	2
NO TAN OPTIMA	24,81	24,83	3

PENDIENTE %	
VALOR MAX	33,97
VALOR MIN	7,42
RANGO	26,55
ANCHO DE SUB-	8,85

ZONA	RANGO		PONDERACION
MEDIA	25,12	25,12	2
OPTIMA	16,27	25,12	3
NO TAN OPTIMA	7,4211402	16,27	1

imagen 1 Promedio de ponderacion a variables de estudio para el año 2016

Se realizo la consolidación de la base de datos con la clasificación de las zonas (tabla 5), se suman los valores ponderados y se realiza el mismo procedimiento anterior para determinar los rangos correspondientes a las zonas óptimas iniciando por la identificación de los pesos acumulados máximos y mínimos, se dividen en 3 para obtener la zonificación. Como se muestra a continuación.

Predio n 2	Predio n 3	Predio n 4	AREA Ha	preci 2015	temp 2015	pendiente	brillo sol	F14	F15	F16	total 1
736160001000000200053000000000	73616000100200053000	EL TRIANGULO	1,712491	1562,620068	24,495703	22,096465	1700	1	3	2	6
736160001000000200009000000000	73616000100200009000	LA MONTAÑA	0,50991	1539,488648	24,476913	25,549618	1700	1	3	3	7
736160001000000200016000000000	73616000100200016000	LA PRIMAVERA 1	2,122834	1446,339966	24,520557	19,727562	1700	3	2	2	7
736160001000000200017000000000	73616000100200017000	CASA LOTE	0,027911	1479,643186	24,502157	25,549618	1700	2	3	3	8
736160001000000200062000000000	73616000100200062000	EL EDEN	0,571718	1576,499268	24,532261	22,840038	1700	1	2	2	5
736160001000000200016000000000	73616000100200016000	EL LIMON	0,964081	1445,649117	24,528095	22,646406	1700	3	2	2	7
7361600010000002000440000000000	73616000100200044000	LA PORFIA	0,39609	1531,057495	24,480303	30,631241	1700	2	3	3	8
7361600010000002000590000000000	73616000100200059000	EL LAUREL	0,868886	1549,998535	24,536781	27,302284	1700	1	2	3	6
7361600010000002000090000000000	73616000100200009000	LA ALBANIA	0,606737	1550,95459	24,488339	30,631241	1700	1	3	3	7
7361600010000002000030000000000	73616000100200003000	LA CORREA	1,234576	1549,594605	24,536781	30,677618	1700	1	2	3	6
7361600010000002000020000000000	73616000100200002000	LA SOLEDAD	1,496748	1550,84021	24,54254	30,677618	1700	1	2	3	6
7361600010000002000170000000000	73616000100200017000	CASA LOTE	0,025298	1522,246826	24,518995	24,399906	1700	2	2	2	6
7361600010000002000090000000000	73616000100200009000	PEDREGAL	1,327672	1528,919434	24,490879	30,631241	1700	2	3	3	8
7361600010000002000160000000000	73616000100200016000	EL MANGO	1,015791	1431,667358	24,522018	27,302284	1700	3	2	3	8
7361600010000002000150000000000	73616000100200015000	ESPERANZA	1,309719	1500,673462	24,53368	22,729668	1700	2	2	2	6
7361600010000002000010000000000	73616000100200001000	EL CARMEN	14,476483	1557,330566	24,560345	30,770643	1700	1	2	3	6
7361600010000002000140000000000	73616000100200014000	EL PORTUGAL	10,568565	1461,06665	24,545618	27,302284	1700	3	2	3	8
7361600010000002000150000000000	73616000100200015000	EL PARAISO	1,330645	1505,910889	24,539337	25,549618	1700	2	2	3	7
7361600010000002000150000000000	73616000100200015000	EL MIRADOR	9,744416	1469,649536	24,5334	7,42114	1700	3	2	1	6
7361600010000002000140000000000	73616000100200014000	LOS MANGOS	5,330009	1497,594849	24,551196	30,631241	1700	2	2	3	7
7361600010000002000160000000000	73616000100200016000	EL AGUACATE	0,917584	1422,319092	24,523712	22,646406	1700	3	2	2	7
7361600010000002000160000000000	73616000100200016000	LA PRIMAVERA 2	2,378338	1422,164673	24,528064	27,302284	1700	3	2	3	8
7361600010000002000090000000000	73616000100200009000	LOS CAMBULOS	0,674735	1542,09375	24,491791	22,646406	1700	1	3	2	6
7361600010000002000290000000000	73616000100200029000	EL DIVISO	1,647974	1423,022461	24,434919	33,972229	1700	3	3	3	9
7361600010000002000270000000000	73616000100200027000	LA ESPERANZA	9,990544	1505,319824	24,459753	20,143452	1700	2	3	2	7
7361600010000002000230000000000	73616000100200023000	POLIDEPORTIVO MUNICIPIO DE RIOBLANCO	0,050577	1465,60083	24,486484	8,575834	1700	3	3	1	7
7361600010000002000090000000000	73616000100200009000	TESORITO	0,342932	1538,307983	24,488283	25,549618	1700	1	3	3	7
7361600010000002000320000000000	73616000100200032000	ESCUELA RURAL MIXTA EL PORVENIR	0,061014	1467,024536	24,486484	21,296674	1700	3	3	2	8
7361600010000002000410000000000	73616000100200041000	EL MIRADOR	0,709455	1545,101929	24,485903	28,109945	1700	1	3	3	7
7361600010000002000490000000000	73616000100200049000	VISTA HERMOSA	1,603738	1447,319214	24,463819	28,109945	1700	3	3	3	9
7361600010000002000600000000000	73616000100200060000	EL MIRADOR	0,078557	1434,133911	24,45377	27,302284	1700	3	3	3	9
7361600010000002000400000000000	73616000100200040000	LAS BRISAS	2,107339	1526,27356	24,481544	22,646406	1700	2	3	2	7

Tabla 5 Base de Datos consolidada.

Statistics of R2015

Field
total_1

Statistics:
 Count: 90
 Minimum: 5
 Maximum: 9
 Sum: 629
 Mean: 6,988889
 Standard Deviation: 1,242707
 Nulls: 0

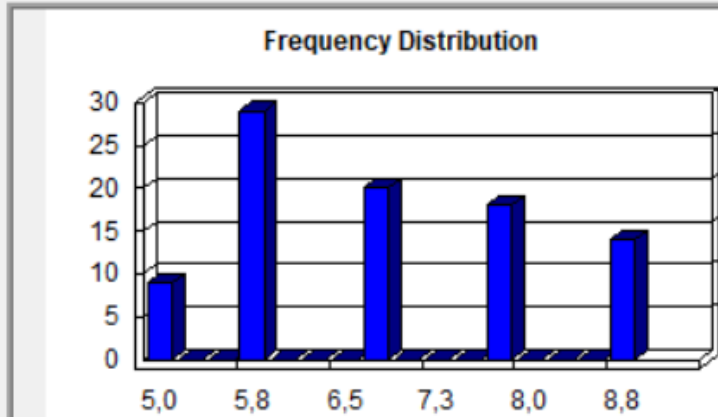


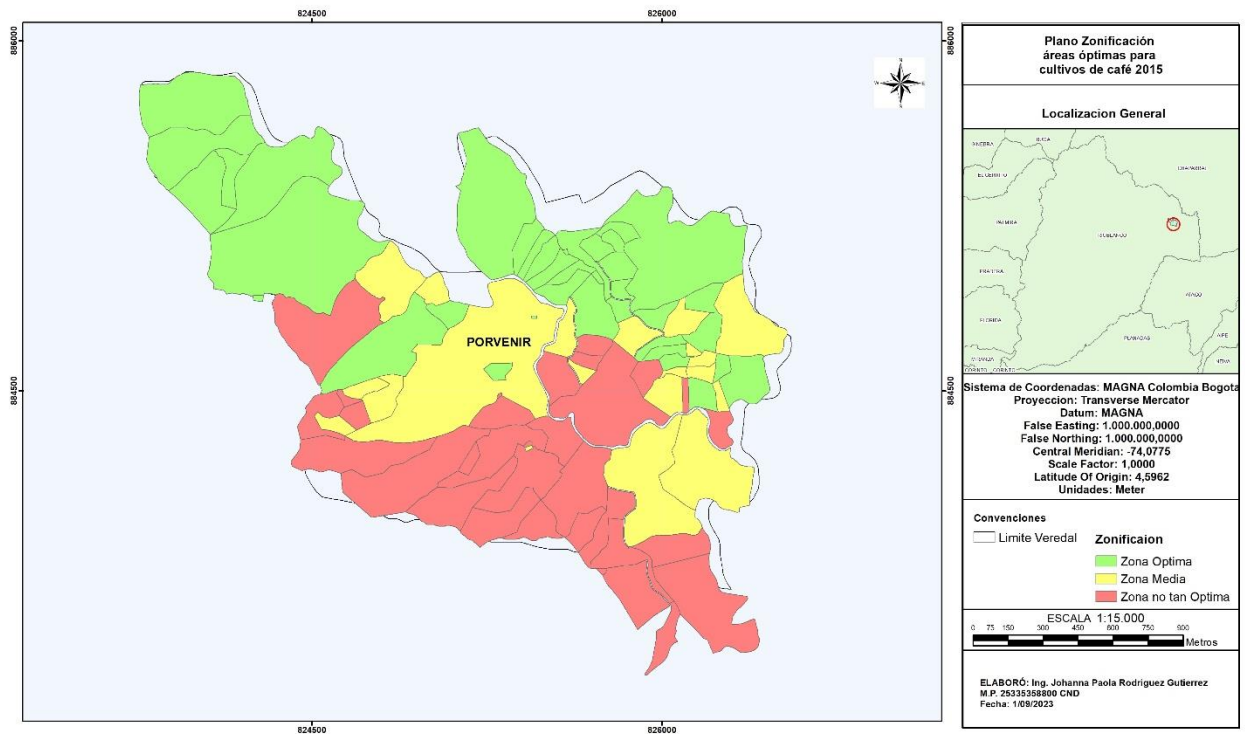
imagen 2 Valores máximos y mínimos después de la ponderación.

PONDERACION	
VALOR MAX	9,00
VALOR MIN	3,00
RANGO	6,00
CHO DE SUB-ZO	2,00

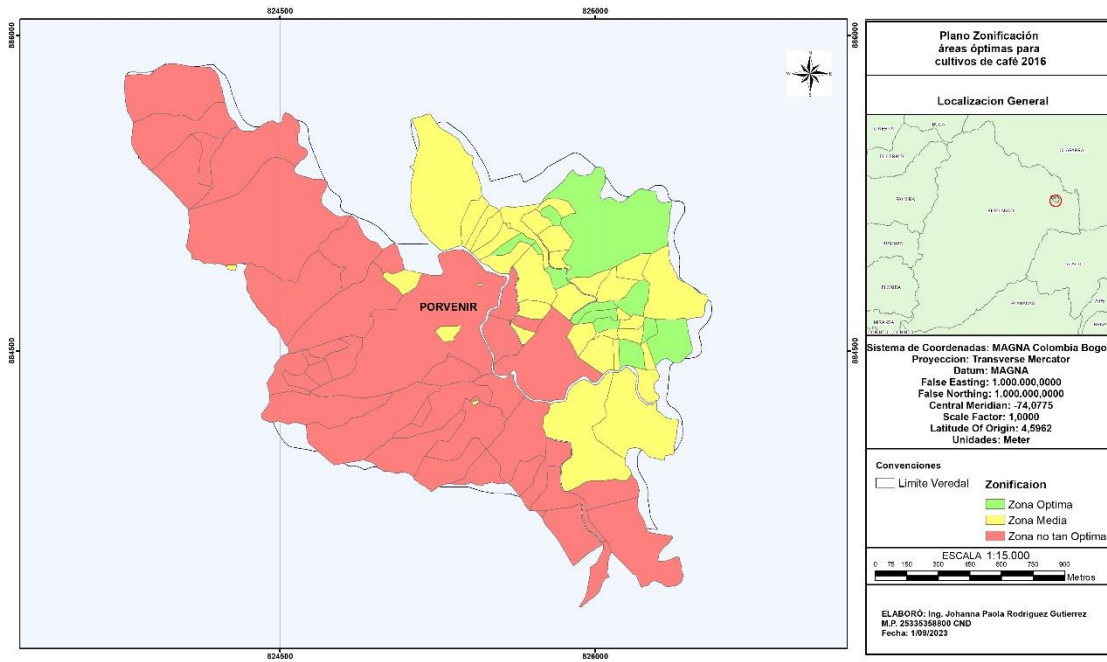
ZONA	RANGO		PONDERACION
NO TAN OPTIMA	7,00	9,00	2
MEDIA	5,00	7,00	3
OPTIMA	3,00	5,00	1

imagen 3 Determinación de rangos para clasificación de zonas óptimas

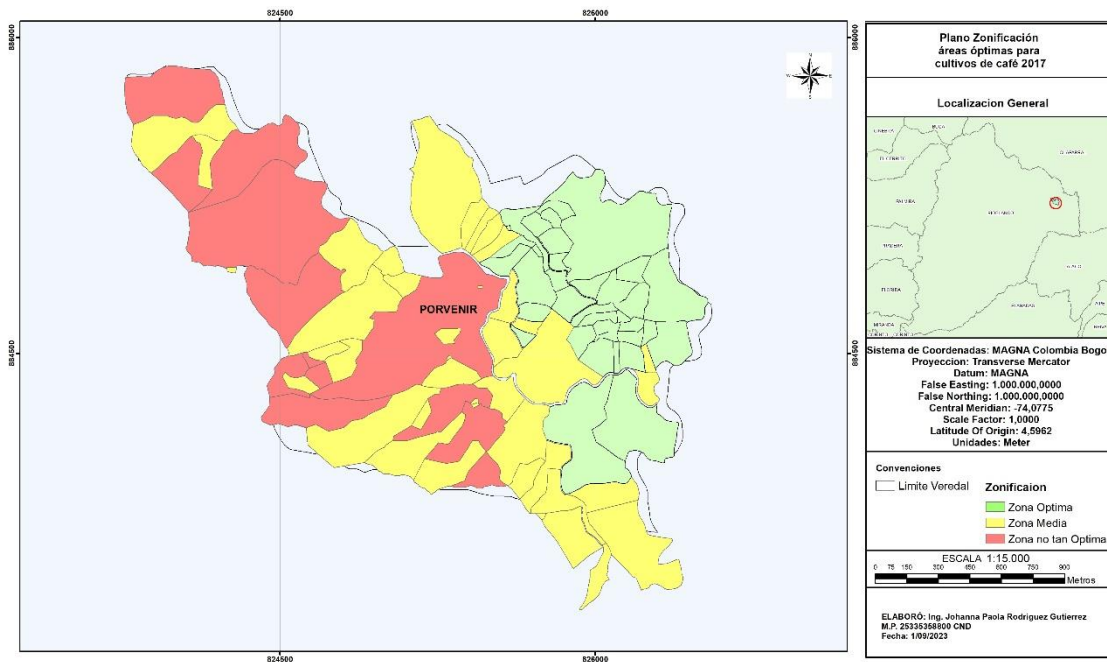
De esta manera se tiene valor que genera la zonificación de la vereda El Porvenir para cada uno de los años correspondientes al estudio como se muestra a continuación:



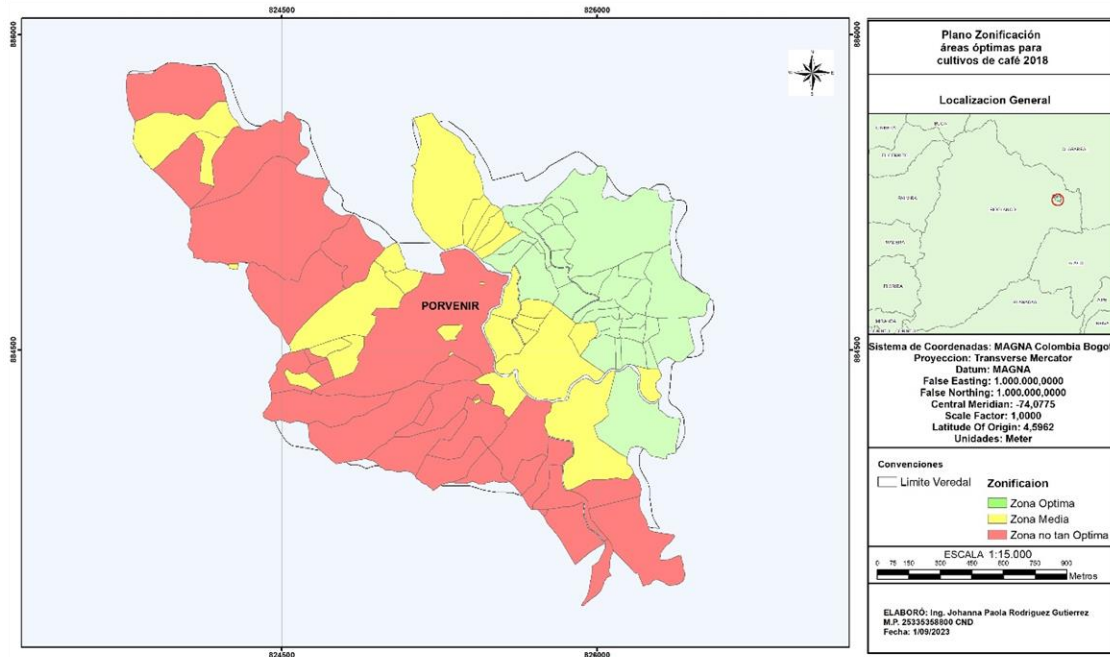
Mapa 10 Zonificación áreas óptimas para cultivos de café vereda El porvenir, municipio de Rioblanco año 2015



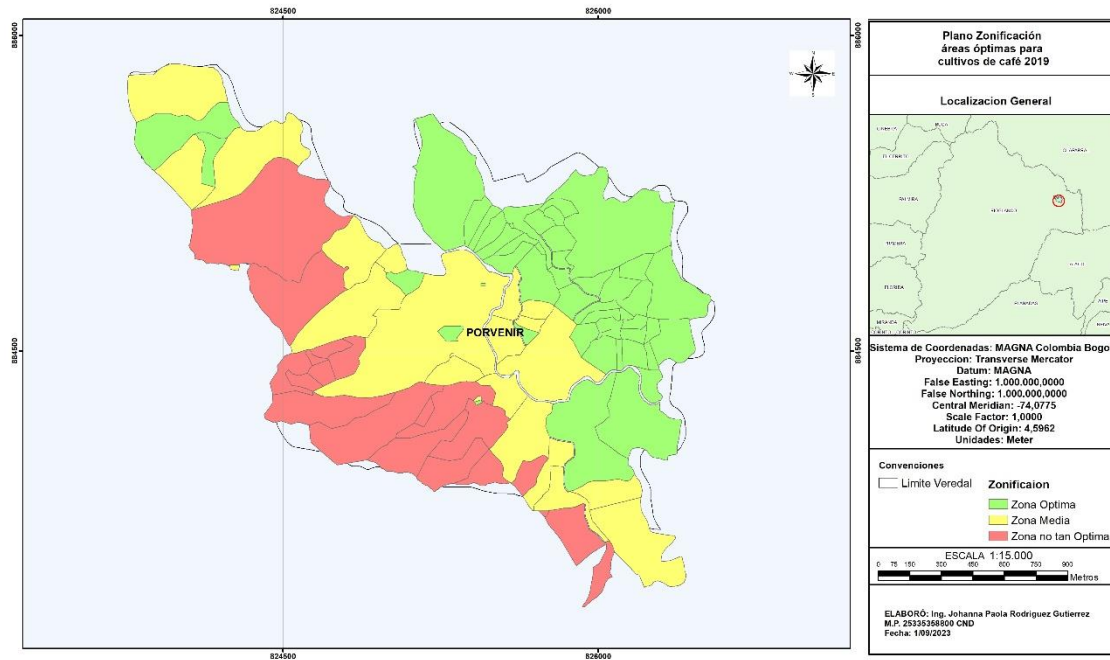
Mapa 11 Zonificación áreas óptimas para cultivos de café vereda El porvenir, municipio de Rioblanco año 2016



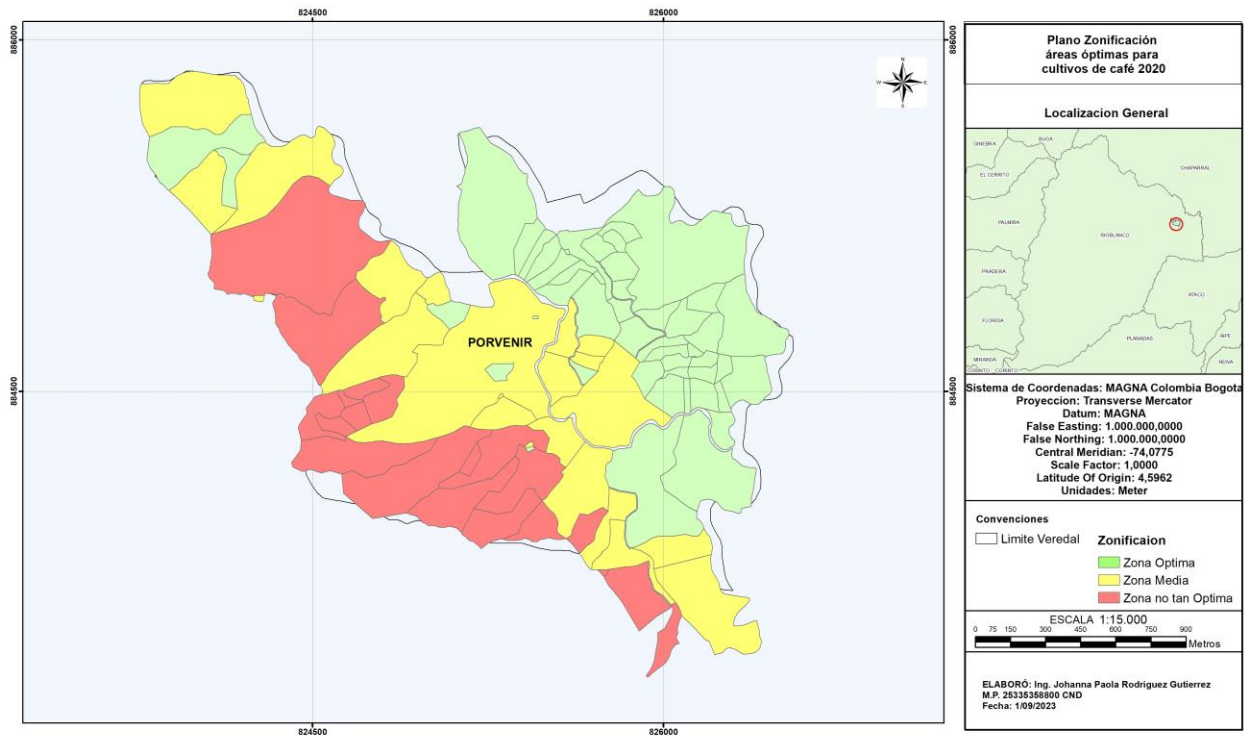
Mapa 12 Zonificación áreas óptimas para cultivos de café vereda El porvenir, municipio de Rioblanco año 2017



Mapa 13 Zonificación áreas óptimas para cultivos de café vereda El porvenir, municipio de Rioblanco año 2018



Mapa 14 Zonificación áreas óptimas para cultivos de café vereda El porvenir, municipio de Rioblanco año 2019



Mapa 15 Zonificación áreas óptimas para cultivos de café vereda El porvenir, municipio de Rioblanco año 2020

10. Conclusiones

Se encuentra de esta manera que con el estudio realizado se pueden visualizar espacialmente variables e información en portales disponible de datos abierto por ejemplo para determinar factores locales de zonas que se quieran estudiar. Estos resultados son útiles ya que podemos determinar por ejemplo relación con condiciones meteorológicas como los fenómenos del niño y la niña y la clasificación por zonas del área de estudio. Esta información también puede ayudar a los caficultores a tomar decisiones en cuanto a drenajes o riegos, a implementación cultivos mixtos o policultivos que permitan mayor estabilidad biológica hablando puntualmente del clima para este estudio y optimizar en el uso de los recursos: Agua Luz Nutrientes. (Greg Brown, Sanders, & Reed, 2018)

11. Recomendaciones

Las recomendaciones deben mencionar el trabajo a futuro en el marco del proyecto. Deben estar dirigidas a los tomadores de decisión, la comunidad, los habitantes del territorio, entes gubernamentales y la academia.

12. Referencias

- Muñoz Mora, J. C. (s.f.). Los caminos del café: aproximación a los efectos del conflicto armado. https://federaciondecafeteros.org/static/files/Los_caminos_del_cafe.pdf. Obtenido de https://federaciondecafeteros.org/static/files/Los_caminos_del_cafe.pdf
- Agudelo, Juanita. (30 de Agosto de 2022). *Vías Terciarias en Colombia: Un reto para el desarrollo del país*. Obtenido de Especiales: <http://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/especiales/infraestructura-2022/vias-terciarias-en-colombia>
- Angie Garay, K. Z. (s.f.). *Violencia en el Tolima: un espiral de atentados, miedo y zozobra*. Obtenido de <https://www.utadeo.edu.co/es/articulo/crossmedialab/277626/violencia-en-el-tolima-un-espiral-de-atentados-miedo-y-zozobra>.
- Bancolombia. (2022). www.bancolombia.com.
- Castro Méndez, C. E., Agualimpia Dualiby, Y. d., & Sánchez, S. F. (2016). Modelo climático de los páramos de la cordillera Oriental colombiana aplicado a regímenes de temperatura del suelo. *SciELO Analytics*, 43.
- CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA 1991. (s.f.). Colombia.
- Deepak Gautam, B. O. (2021). Estimación del coeficiente de cultivo de vid usando una Cámara multispectral en un vehículo aéreo no tripulado. *School of Agriculture, Food and Wine, The University of Adelaide, PMB 1, Glen Osmond, SA 5064, Australia*.
- Federacion Nacional de Cafeteros de Colombiana . (8 de febrero de 2022). tolima.federaciondecafeteros.org. Obtenido de <https://tolima.federaciondecafeteros.org/cafe-de-tolima/>
- Gobernacion del Tolima. (19 de 05 de 2023). old.tolima.gov.co. Obtenido de <http://old.tolima.gov.co/>
- González, A. F. (2019-06). *Grupos armados y construcción de orden social en la esquina sur del*. CENEP.
- Greg Brown, b., Sanders, S., & Reed, P. (2018). Using public participatory mapping to inform general land use planning and. *Landscape and Urban Planning*, 64-74. <https://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/especiales/infraestructura-2022/vias-terciarias-en-colombia>. (2022).

- Martínez-Salvador, A. H.-G.-A.-G. (2018). Evaluación de la calidad del café mediante SIG y análisis multivariante de atributos edáficos en la zona de origen. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 156-168.
- Ocampo López, O. L., & Álvarez Herrera, L. M. (2017). Tendencia de la producción y el consumo del café en Colombia. *CENES*, 139-165.
- Sanchez, M. G., Jr, J. M., & Siqueira, D. S. (2012). *Delimitación de áreas de manejo específicas para el café cultivo basado en la relación suelo-relieve y clasificación numérica*. Obtenido de Springer Science + Business Media New York 2012:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-012-9288-z>
- Stephan Andrés Salazar Arias, Salazar Arias, S. A., Hoyos Arango, J. A., Quiroga Mosquera, A., & García López, J. C. (s.f.). *Stephan Andrés Salazar Arias; Salazar Arias, Stephan Andrés; Hoyos Arango, Jonnier Alejandro; Quiroga Mosquera, Audberto; García López, Juan Carlos ;*. Obtenido de <https://biblioteca.cenicafe.org>.
- WEILL, M., ARRUDA, F., OLIVEIRA, J., DONZELI, P., & RAIJ, B. v. (1999). EVALUACIÓN DE FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS Y MANEJO EN LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN EL OESTE PAULISTA(1). *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 891-901.