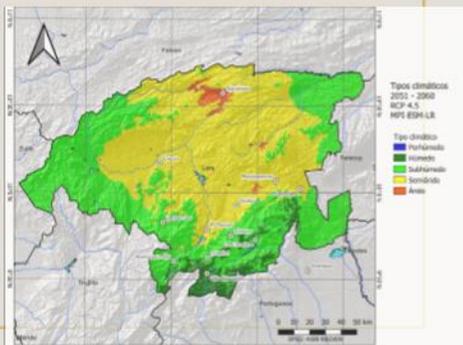




ESTUDIO SOBRE ESCENARIOS DE IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ DEL ESTADO LARA (2040-2060)



LUIS LÓPEZ MÉNDEZ
CONSULTOR IICA
MARACAY, NOVIEMBRE 2023

ESTUDIO SOBRE ESCENARIOS DE IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ DEL ESTADO LARA (2040-2060)

El objeto del presente informe es dar cumplimiento al plan de trabajo vigente como parte de la contratación acordada con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en el marco del Contrato de Servicio Profesionales de Consultoría con fecha 3 de julio de 2023. En esta oportunidad se consigna el Producto N.º 3: *Informe Final*, tal como está establecido en los términos de referencia acordados, específicamente en la sección productos esperados.

Para la realización de este trabajo se ha contado con la participación del siguiente equipo de profesionales quienes han aportaron sus experiencias y conocimientos:

- *Ing. Agr. MSc Oscar Silva Escobar (oscarsilvae@gmail.com)*, *Profesor de Conservación de Suelos y Agua, y de Modelos Agroambientales. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (UCV)*. Elaboración de mapas de cualidades climáticas, de escenarios de impacto de Cambio Climático y de clases de adaptabilidad. Impacto (o cambio) en la aptitud de las tierras para el cultivo del café.
- *Ing. Agr. MSc. Carmen Torrealba Rojas (flordelcarmelo01@gmail.com)*, *especialista en Desarrollo Sustentable, Fundación Servicio para el Agricultor (FUSAGRI)*. Recopilación y procesamiento de información para la caracterización de los agroecosistemas. Evaluación de la vulnerabilidad y adaptabilidad al Cambio Climático.
- *Ing. Agr. MSc. Víctor Sevilla (samoy315@gmail.com)*, *Profesor de Evaluación de Tierras. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (UCV)*. Cartografía digital (mapas de vegetación y uso de la tierra, fisiografía y unidades de suelo, relieve y topografía).
- *Ing. Agr. MSc. Eladys Córcega Pita (eladys7@gmail.com)*, *Profesora de Conservación de suelos y agua, y de Manejo Agronómico de Cultivos Tropicales (Cacao y Café). Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (UCV)*. Tipos de Utilización de la Tierra (TUT).

Contenido

1. Introducción.....	4
2. Objetivos del estudio.....	5
2.1. Objetivo general.....	5
2.2. Objetivos específicos.....	6
3. Metodología.....	6
3.1. Delimitación del área de estudio.....	7
3.2. Selección de Unidades Productivas Cafetaleras (UPC).....	9
3.3. Levantamiento de información.....	11
3.4. Diseño de encuestas.....	12
3.5. Recopilación y procesamiento de información bioclimática.....	14
3.6. Morfometría del terreno.....	17
3.7. Vegetación y cobertura de la tierra.....	20
3.8. Unidades de tierra.....	22
3.9. Localización de las UPC.....	28
3.10. Evaluación de la aptitud edafoclimática de las tierras.....	28
4. Resultados.....	31
4.1. Escenarios de Cambio Climático.....	31
4.1.1. Mapa digital de la precipitación promedio anual (período histórico).....	32
4.1.2. Mapa digital de la temperatura media anual (período histórico).....	32
4.1.3. Mapas digitales de la precipitación promedio anual (período 2051 – 2060 RCP 4.5.).....	32
4.1.4. Mapas digitales de la temperatura media promedio anual (período 2051 – 2060 RCP 4.5.).....	33
4.1.5. Mapas digitales de gradiente de Cambio Climático.....	33
4.1.6. Mapas digitales de tipo climático.....	33
4.1.7. Mapas digitales de Zona Vida.....	36
4.2. Clasificación de las UPC según el Cambio Climático.....	38
4.3. Caracterización de los sistemas y de las UPC.....	41
4.3.1. Parroquia Hilario Luna y Luna.....	41

4.3.2. Parroquia Yacambú.....	45
4.4. Aptitud edafoclimática de las tierras del eje cafetalero sureste del estado Lara ante el cultivo de café.....	49
4.4.1. Aptitud según los parámetros climáticos.....	49
4.4.2. Aptitud climática.....	57
4.4.3. Aptitud según el suelo.....	59
4.4.4. Aptitud edafoclimática de las tierras.....	59
4.4.5. Distribución de la aptitud edafoclimática por parroquias.....	61
4.4.6. Distribución de la aptitud edafoclimática en las UPC de las Parroquias Hilario Luna y Luna y Yacambú.....	63
5. Conclusiones.....	70
5.1. Caracterización de los agroecosistemas estudiados.....	70
5.2. Tipos de Utilización de la Tierra (TUT).....	73
5.3. Aptitud edafoclimática de las tierras del eje cafetalero sureste del estado Lara ante el cultivo de café.....	76
5.4. Vulnerabilidad y Adaptabilidad al Cambio Climático.....	77
6. Resumen y recomendaciones.....	77
7. Anexos.....	79

NOTA:

Para mejor observación de los mapas, se pueden ampliar colocando el cursor dentro de la imagen y haciendo clic



1. Introducción.

Desde la etapa pre-petrolera, cuando Venezuela era uno de los primeros cinco productores y exportadores de café a nivel mundial, la caficultura ha sido un agente dinámico de la economía de las regiones. Las zonas productoras, tienen una dinámica local y una relación campo-ciudad, que responde al ciclo de este cultivo, cuyas familias y comunidades basan su economía en la producción cafetalera. Los sistemas productivos y comerciales alrededor del rubro, han dejado a su paso centros poblados, zonas urbanas y vías de comunicación integradoras.

Otra de sus particularidades es que además de producirse en 19 de los 23 estados, abarcando 133 municipios cafetaleros, también es una pieza clave de la canasta de consumos del venezolano. La última encuesta (IV Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares, entre 2008 y 2009), indica que se consumía entonces en 81% de los hogares a nivel nacional, y en 86% de los hogares rurales, por lo que se considera un bien de primera necesidad.

La mayoría de los caficultores son pequeños productores con explotaciones principalmente familiares; el 90 % de las unidades de producción tienen en promedio 5 hectáreas y la siembra de café corresponde a 2-3 hectáreas, diversificando su producción con cultivos alternativos y simultáneos al café, como: cambures, naranjas, mandarinas y aguacates. Debido a la ubicación de estas explotaciones y que generalmente el cafeto se siembra bajo otros árboles, los cafetales juegan un papel importante en el cuidado medioambiental de las zonas en las que se localizan, contribuyendo con ello a la lucha contra la deforestación evitando la degradación de bosques primarios, al equilibrio de las cuencas hidrográficas y la conservación de la biodiversidad.

Tradicionalmente los cafetales se han establecido en la región andina venezolana, un área que se clasifica ecológicamente (FAO-2010) como Sistema Tropical Montañoso según las Zonas Ecológicas Globales, situándose entre los 600 y los 1600 msnm, o por encima, y con condiciones climáticas muy adecuadas para su cultivo (temperaturas entre 17,5 y 23,5 °C y precipitaciones anuales de 700 a 1.500 mm). Hasta finales del siglo pasado, de la región Suroccidental de esta área (estados: Táchira, Mérida y Trujillo), provenía la mayor producción. En lo que va de este siglo ha ocurrido el desplazamiento hacia la región Centrocidental (Lara y Portuguesa), donde los andes venezolanos tienen menor altitud.

Las últimas estadísticas oficiales correspondientes al VII Censo Agrícola realizado entre los años 2007 y 2008, sitúan al estado Lara como el mayor productor de café con 15.990 t., lo que para entonces significaba el 24% de la producción nacional, siendo los municipios Andrés Bello y Morán los de mayor preponderancia.

Cifras más recientes lo señalan como el de mayor área sembrada: 47.215 ha, equivalente al 21,7% del total país (MPPAT, 2018).

Sin embargo, es posible que esta situación sea distinta en el futuro, debido a la amenaza significativa para la producción de café que representa el Cambio Climático, pudiendo modificar las condiciones climáticas que son óptimas para el cultivo. A comienzo de este año, el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) volvió a confirmar que el calentamiento global va camino de alcanzar el 1,5 °C en el periodo 2030-2035 lo cual va a traer consigo una reducción considerable de la superficie apta para cultivar café, incluso de hasta un 50% del total para 2050. También, en menor medida, se produciría una redistribución a zonas en las que antes no era factible cultivarlo.

Se espera que en las zonas cafetalera el Cambio Climático traerá consigo días y noches más cálidas, en las zonas de mucha lluvia pudiera haber mayor incidencia de inundaciones y una excesiva evapotranspiración en los cafetales, el nivel de afectación estará muy relacionado con la altitud y el microclima de las plantaciones, destacando que la presencia de bosques propicia la condensación de agua y hace el ambiente más fresco y húmedo. En el caso de cafetales con excesiva lluvia aumentará la incidencia de enfermedades y afectará las labores agrícolas, si coincide con la cosecha pudiera causar caída de los frutos, en caso contrario, una falta de agua afectará el crecimiento vegetativo, la floración y la maduración del fruto y aumentará la aparición de plagas, traducido en desmejora de la calidad de los granos. Estos cambios en el clima, harán más difícil la planificación de las labores agrícolas en las plantaciones.

Por consiguiente, los retos en los productores cafetaleros se hacen mayores, el conocer y tomar conciencia de lo que ocurre en sus unidades productivas, e innovar en prácticas que favorezcan la adaptabilidad de los cafetales al Cambio Climático, hará la diferencia y propiciará la sostenibilidad, producción y permanencia del cultivo, redundando en el bienestar de las familias productoras.

2. Objetivos del estudio

2.1. Objetivo general.

Evaluar el impacto del Cambio Climático sobre la aptitud de las tierras para el cultivo del café y la vulnerabilidad ante el Cambio Climático en unidades productivas del eje cafetalero sureste del estado Lara.

2.2. Objetivos específicos.

Para los agroecosistemas del eje cafetalero sureste del estado Lara:

Recopilar y adecuar información agroambiental relativa a la evaluación de la aptitud de las tierras al cultivo del café.

Caracterizar el escenario climático histórico, así como definir y describir escenarios futuros con relación a la aptitud climática de la zona para el cultivo del café.

Caracterizar y cartografiar el ambiente físico en términos de unidades de tierra asociadas al cultivo del café.

Identificar y caracterizar los sistemas y unidades de producción de café a partir de información recabada en dos territorios cafetaleros: Parroquia Yacambú (Municipio Andrés Eloy Blanco), y Parroquia Hilario Luna y Luna (Municipio Morán).

Evaluar comparativamente la aptitud de las tierras para el cultivo del café bajo dos escenarios de Cambio Climático con respecto al escenario climático histórico.

Evaluar de la vulnerabilidad al Cambio Climático en los sistemas productivos estudiados

Proveer información socio-agroambiental, de aptitud de las tierras y de sus cambios en el tiempo, que contribuyan a la toma de decisiones en las políticas públicas, sobre medidas de adaptación de los caficultores ante el Cambio Climático.

3. Metodología.

Para iniciar este estudio partimos de la información contenida en el VII Censo Agrícola 2007-2008. De allí se desprende que la producción de café en Lara se concentra fundamentalmente en las estribaciones de la cordillera andina, localizadas al sur y sureste del estado, donde también se encuentran las Áreas Protegidas que comprenden los Parques Nacionales: Yacambú, Guache y Terepaima, así como también las Zonas Protectoras de la Cuenca Alta del Río Tocuyo.

En este eje cafetalero, los municipios: Morán (MRN) y Andrés Eloy Blanco (AEB), agrupan el 84% del total de las siembras del estado (2.602 y 1.425 unidades de producción censadas, respectivamente). En ellos se seleccionaron territorios cafetaleros de las Parroquias: Hilario Luna y Luna (MRN) y Yacambú (AEB), ubicadas en los extremos del eje, las cuales para el momento del VII Censo aportaban el 86% de la producción de Lara, en otras palabras, casi la cuarta parte del café venezolano de entonces.

3.1. Delimitación del área de estudio.

A partir de los límites de las parroquias seleccionadas: Yacambú e Hilario Luna y Luna, se delineó un área según límites naturales, en este caso, divisorias de agua y cauces de ríos. De tal modo, se obtuvo una zona continua de 1025,5 km², que incluye, además, a partes de las parroquias Guarico (MRN) y Pío Tamayo (AEB). Con ello, se espera evaluar en detalle los cambios de aptitud de las tierras cafetaleras de las dos parroquias elegidas, y al mismo tiempo, extender tal información al resto del área natural donde se ubican (eje cafetalero sureste del estado Lara) (Figura 1, Figura 2 y Figura 3).

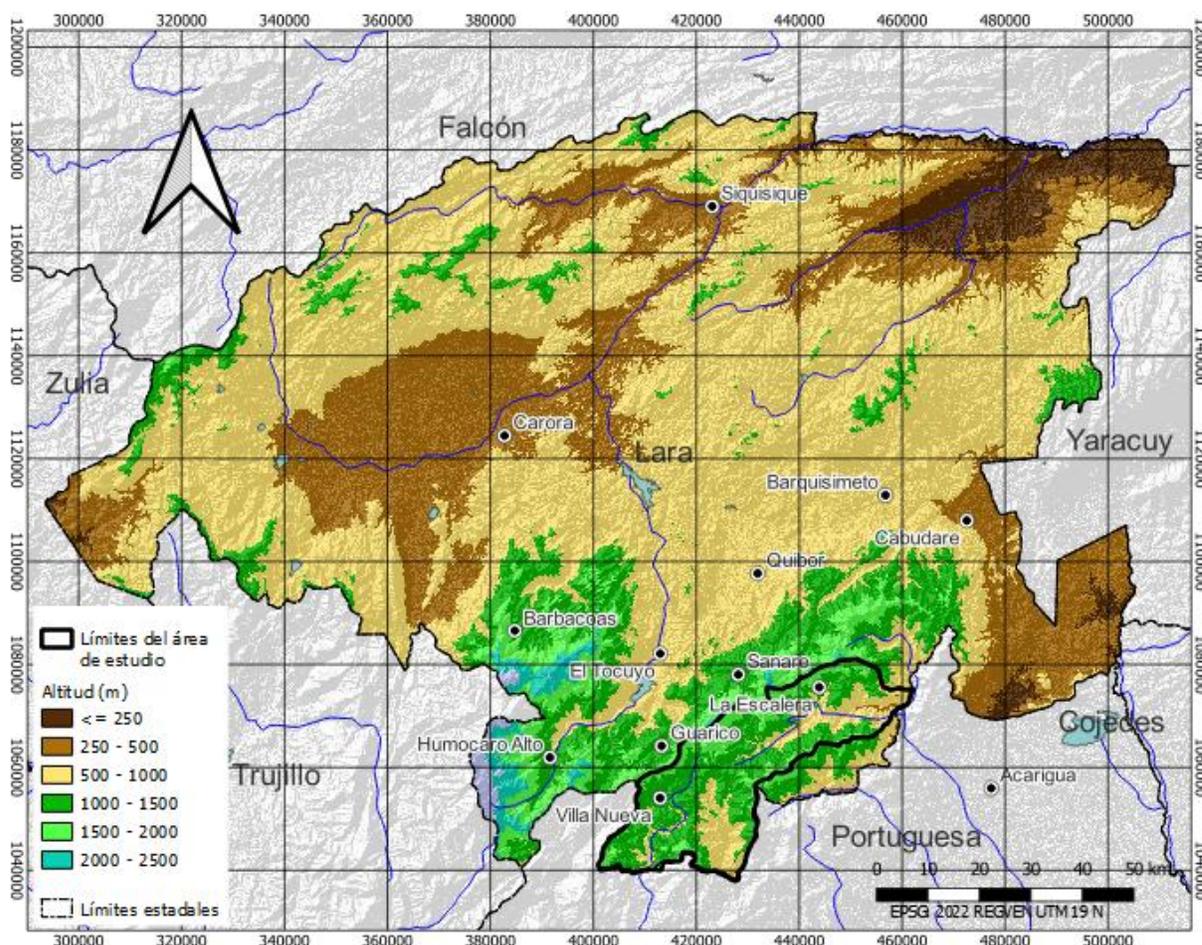


Figura 1. Localización del área de estudio en el estado Lara.

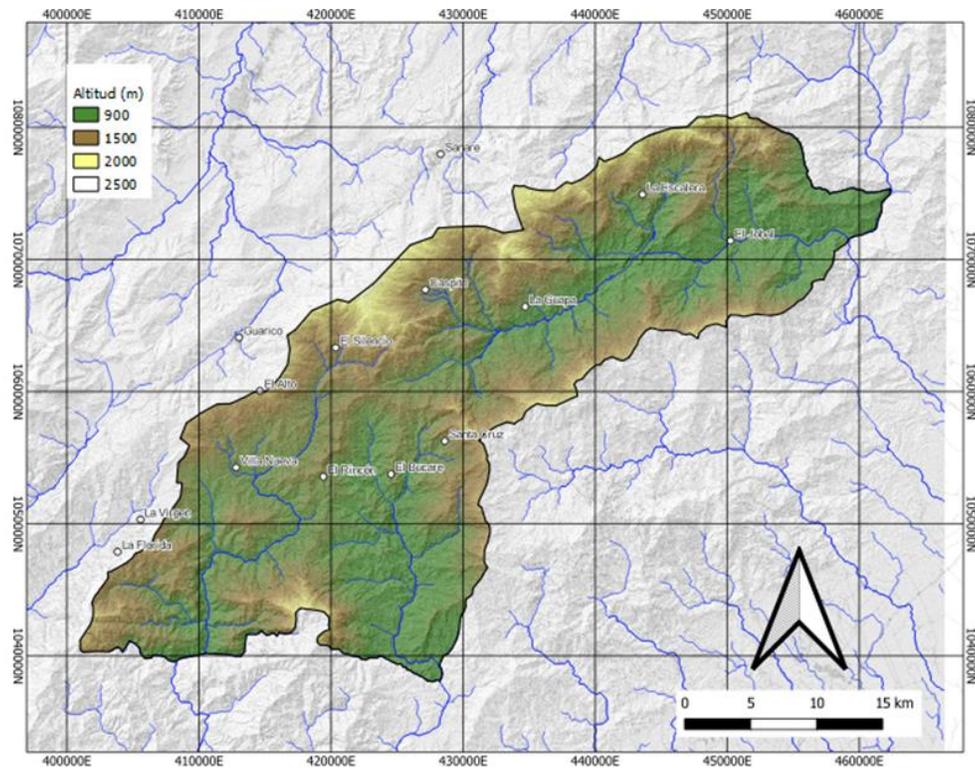


Figura 2 . Delimitación del área de estudio (Sureste del estado Lara)

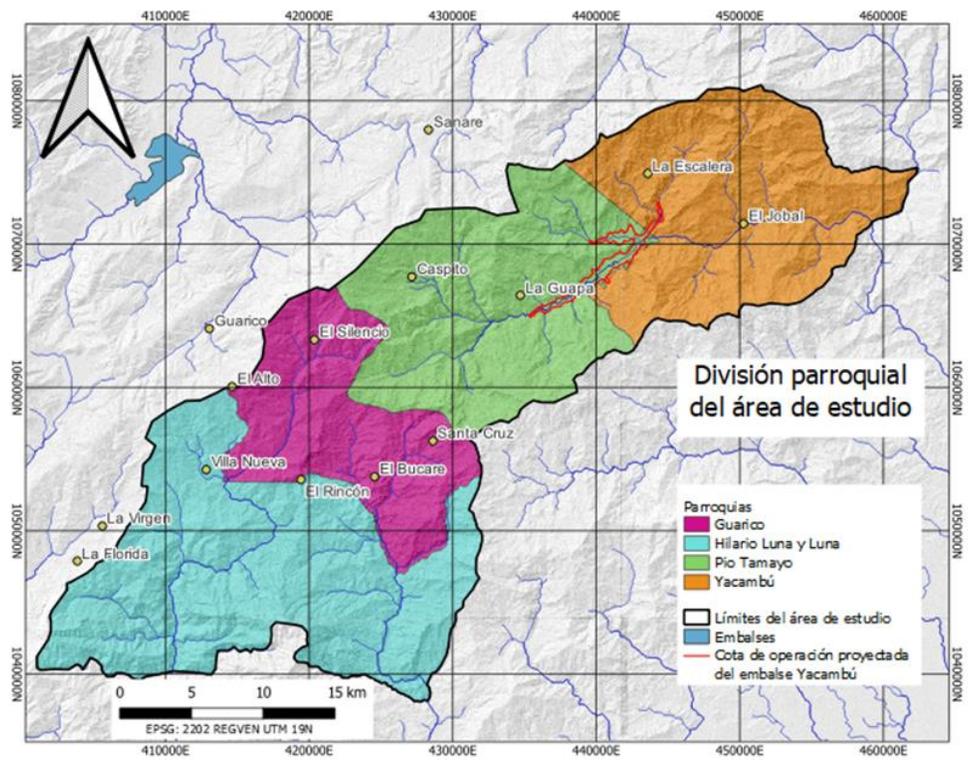


Figura 3. División parroquial del área de estudio.

3.2. Selección de Unidades Productivas Cafetaleras (UPC)

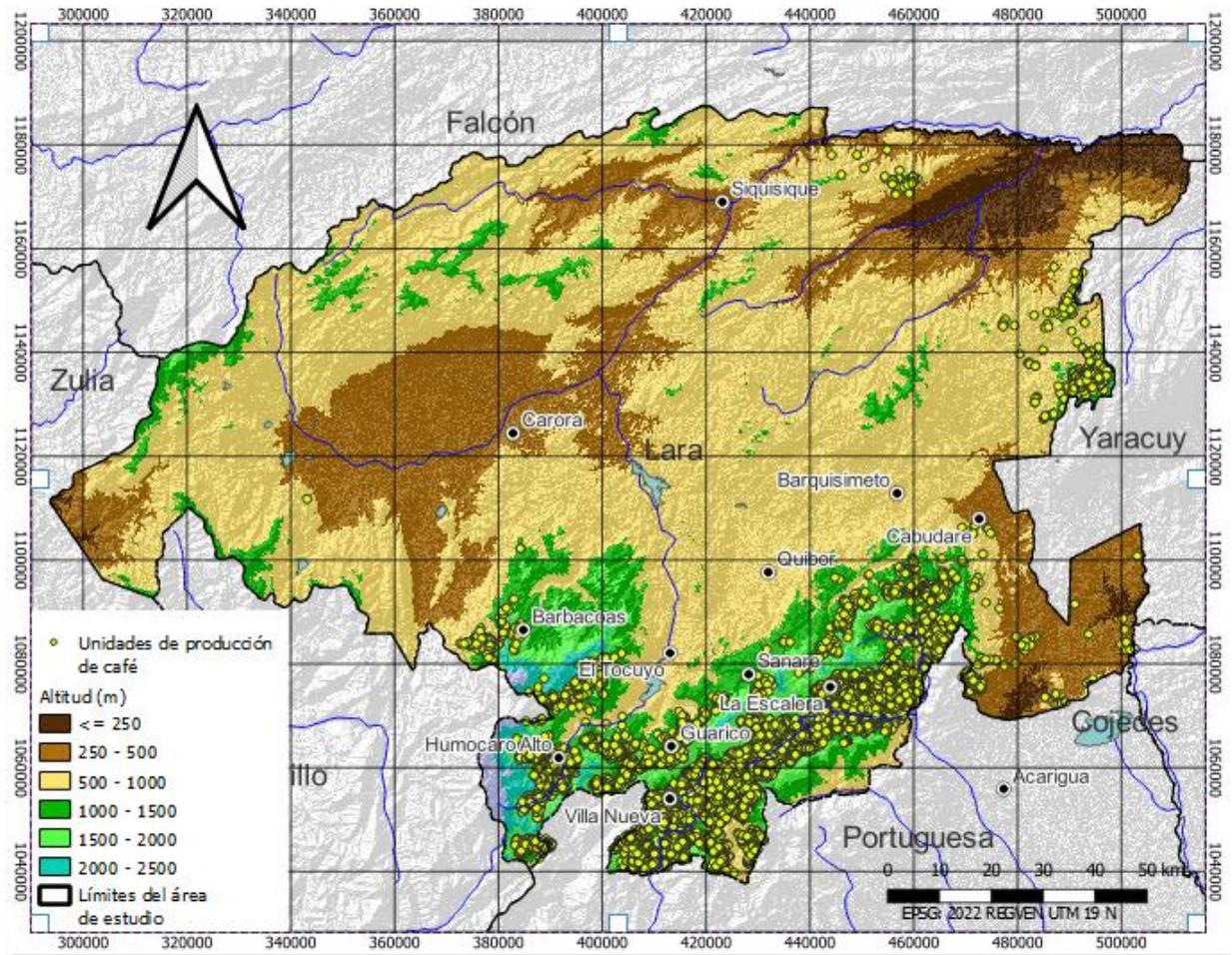
Para escoger el área de estudio dentro de cada parroquia se establecieron contactos con la **Asociación Civil de Productores de Café Nuestra Esencia “ASOCIPROCANE”**, con domicilio en el Caserío El Degredo (Yacambú) y con la **Comuna Venceremos Siempre**, domiciliada en el Caserío Santa Rosa, sector El Hato (Hilario Luna y Luna), con el propósito de organizar la selección de las UPC, definidas éstas como: *terreno o conjunto de terrenos, dentro de un espacio geográfico, utilizados total o parcialmente para la producción de café, conducido como una unidad económica para el productor, sin considerar el régimen de tenencia y la condición jurídica*, así como también la toma de información para caracterizar los tipos de utilización de los sistemas agroproductivos de café, así como la evaluación participativa de la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

Como primera aproximación a la localización de unidades de producción, se empleó la información del VII Censo Agrícola correspondientes al rubro café del estado Lara (Figura 4). Luego, se seleccionaron dos zonas correspondientes a los centros productivos de referencia en cada parroquia (Áreas Seleccionadas por Parroquia, ASP) (Figura 5), tomando en consideración las ubicaciones y zonas de influencia de las organizaciones de productores contactadas. En la ASP Hilario Luna y Luna se consiguieron 466 UPC (18%), mientras que en Yacambú se encontraron 547 UPC (38 %).

NOTA:

Para mejor observación de los mapas, se pueden ampliar colocando el cursor dentro de la imagen y haciendo clic





Fuente: VII Censo Nacional Agrícola 2007-2008 (MPPAT)

Figura 4. Localización de las unidades de producción de café (UPC) en el estado Lara.

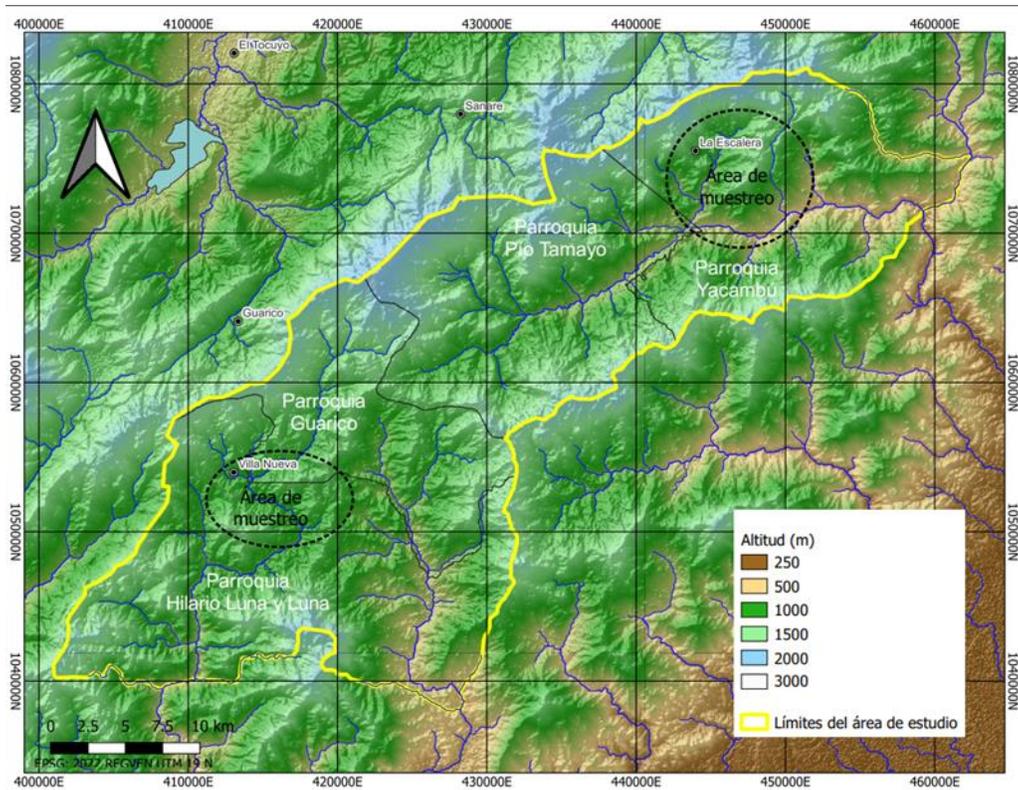


Figura 5. Ubicación de las Áreas Seleccionadas por Parroquia (ASP) del eje cafetalero sureste del estado Lara.

3.3. Levantamiento de información.

Entre el 20 de julio y el 9 de agosto 2023, se visitaron 130 UPC en la Parroquia Yacambú (PY), mientras que en la Parroquia Hilario Luna y Luna (PHLL) se realizaron 129 entrevistas en el periodo del 18 de julio al 11 de agosto 2023. En total, se estudiaron 259 UPC, distribuidas en 8 sectores y 24 comunidades, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Municipios, parroquias, sectores y comunidades de estudio

Municipio Morán Parroquia Hilario Luna y Luna	Municipio Andrés Eloy Blanco Parroquia Yacambú.
Vigía Nueva	Barranco del Degredo
Vigía Vieja	Parte Alta
Cerro Santa Bárbara	Los Cuarteles
Hilera	Paso de los Cuarteles
Guavillal	Miraflores del Degredo
Quebrada Arriba	Pela de Ojo
	Barrancón del Degredo
Centro	
Pueblo Nuevo	Degredo
Ganadería	Plaza del Degredo
La Bendición	Degredo IV
Estación	Degredo
El Rincón	Palmar del degredo
Palo Grande	Cerro de Pluma
	Los Versales
El Cauro	Palmar del Degredo
Cerro Gordo	
El Volcán	
Volcán	

3.4. Diseño de encuestas.

Este estudio es de tipo descriptivo, con investigación mediante observaciones y encuestas a productores en sus propias UPC. Las encuestas fueron cuestionarios diseñados en Kobo Toolbox (<https://www.kobotoolbox.org/>) y aplicados mediante dispositivos móviles con KoboCollect. La observación de campo contempló la interacción con los productores y el examen del entorno.

Para desarrollar las encuestas se diseñaron dos tipos de cuestionarios que hacen referencia a la percepción del entrevistado sobre los cambios observados en los últimos 5 a 10 años.

Questionario sobre Vulnerabilidad del café y adaptación al cambio climático: contempló veinticinco (25) preguntas cerradas y excluyentes, de acuerdo con la metodología recomendada en el [Manual Técnico para reducir la vulnerabilidad de fincas cafetaleras frente al cambio climático \(CATIE-PRCC-USAID/CATIE-PROCAGICA-IICA-UE, 2018\)](#).

Las preguntas formuladas se agruparon en tres variables o categorías para conocer los niveles de exposición a factores críticos ambientales, los impactos que se han generado y la capacidad adaptativa de la unidad productiva:

Variables de exposición: incluye seis (06) preguntas, de la 1 a la 6, relacionadas a los cambios en el clima o variabilidad climática.

Variables de impactos: con seis (06) preguntas, de la 7 a la 12, que indagan la sensibilidad o el grado de afectación del cultivo en combinación con el factor de exposición y que tienen incidencia en la producción, rendimientos o en los costos de producción.

Variable de adaptación del cultivo: con trece (13) preguntas, de la 13 a la 25, que indaga la presencia de actividades que realizan los productores en el sistema y que su presencia aumenta la capacidad de adaptarse o reducir el efecto del cambio climático.

En las preguntas planteadas se dieron tres opciones de respuesta (Si, +/- y No), cada una de ellas con un valor asignado como referencia, que va desde uno (1) hasta menos uno (-1), tal como muestra la Tabla 2:

Tabla 2. Opciones de respuesta al cuestionario de Vulnerabilidad del café al cambio climático

Sí:	Cuando efectivamente se contesta de manera afirmativa sobre el fenómeno indagado	-1
±:	Expresar la negativa de ocurrencia del fenómeno	0,5
No	El fenómeno ocurre, pero en un nivel intermedio	1

Posteriormente se hizo la sumatoria de todos los valores obtenidos y el valor total de puntos, lo que constituye *el Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático (IVCC)*, se compara con el puntaje (IVCC) de la Tabla 3, para determinar la Categoría de Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa correspondiente.

Tabla 3. Categoría de Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa

Categoría de Referencia	Puntaje (IVCC)
Vulnerabilidad prácticamente ausente. Excelente capacidad adaptativa	20 a 25 puntos
Vulnerabilidad baja. Alta capacidad adaptativa	15 a 19 puntos
Vulnerabilidad y capacidad adaptativa moderadas	08 a 14 puntos
Vulnerabilidad y capacidad adaptativa regulares	01 a 07 puntos
Vulnerabilidad y capacidad adaptativa medianamente críticas	- 06 a 00 puntos
Vulnerabilidad y capacidad adaptativa críticas	-13 a - 07 puntos
Vulnerabilidad y capacidad adaptativa muy críticas	- 20 a -14 puntos
Totalmente vulnerables y sin ninguna capacidad adaptativa	- 25 a 21 puntos

Cuestionario para Caracterizar las UPC: constaba de cincuenta (50) preguntas, de tipo cerradas y abiertas, orientadas en dos dimensiones:

Dimensión técnico-productiva (tipo y edad de las plantaciones, vegetación natural circundante, labores culturales, prácticas ecológicas, incidencia de plagas y enfermedades, diversidad genética y fuente de semillas de las variedades sembradas, cosecha y rendimiento)

Dimensión socioeconómica (manejo postcosecha, articulación producción-comercialización, servicios, seguridad alimentaria, capacitación y asistencia técnica, percepción del Cambio Climático)

3.5. Recopilación y procesamiento de información bioclimática

A los fines de obtener una referencia general para el estado Lara, como paso previo, se compiló información relativa al clima (histórico y dos escenarios de Cambio Climático), suelo, relieve, vegetación y uso de la tierra.

Para obtener una línea base en cuanto a la distribución espacial, magnitudes y estacionalidad de los elementos climáticos, así como de los períodos de crecimiento y de humedad, se identificaron estaciones climatológicas dentro del área de estudio y de su periferia con series de registros adecuadas para ser empleadas. Con ello, se establecieron las clases de aptitud parciales de las tierras según el efecto del clima sobre el cultivo del café, y se compararon con las respectivas estimadas para los escenarios de Cambio Climático futuros (período 2040 – 2060), bajo la Trayectoria Representativa de Concentración (RCP) 4.5, mediante dos modelos climáticos globales, seleccionados según evaluaciones de su consistencia ante el

período histórico: **Mohc-Hadgem2-ES**¹ y **MPI-ESM-LR**² (desescalados a una resolución de 30 arco-segundos y disponibles en CCAFS³).

A partir del mapa de localización de estaciones climatológicas del país (obtenido de la base de datos nacional de INAMEH – MINANB, 2005), se identificaron aquellas ubicadas dentro del área de estudio, así como las más cercanas a ella. De esta primera selección, y disponiendo de los registros mensuales históricos, se admitieron las estaciones con más de 15 años de registros de precipitación³ (estaciones tipo PR y PC)⁴. En el caso de estaciones que registran otros elementos, se admitieron aquellas con más de seis años de temperatura (estaciones tipo C1 y C2)⁵ (Figura 6). Finalmente, se obtuvo un conjunto de estaciones con registros utilizables distribuido de la siguiente manera (Tabla 4):

Tabla 4. Distribución periférica de las estaciones climatológicas seleccionadas.

	Cantidad de estaciones	
	Precipitación	Temperatura y otros elementos
Dentro del área de estudio	6	1
Periferia dentro de 5 km	5	2
Periferia entre 5 y 15 km	5	2
Periferia entre 15 y 30 km	1	1

¹ Met Office Hadley Centre (MOHC). Hadley Global Environment Model Version 2 - Earth System (HadGEM2-ES). Reino Unido.

² Max Planck Institut für Meteorology (MPI). Earth System Modelling (ESM), low resolution grid (LR). Alemania.

³ CCAFS: Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security

³⁴ De ellas, se emplearon registros entre 1969 y 2003 (35 años) para 15 estaciones, y registros de 1969 a 1984 para una estación (16 años).

⁴⁵ PR y PC hace referencia a estaciones donde la precipitación se registra con pluviógrafo y pluviómetro de cántaro, respectivamente.

⁵⁶ C1 y C2 hace referencia a estaciones que registran elementos distintos a la precipitación (temperatura, evaporación, radiación solar, velocidad del viento, humedad el aire, entre otros). Las estaciones tipo C1 registran mayor número de variables (por ejemplo, máximos y mínimos medios y absolutos) que las C2.

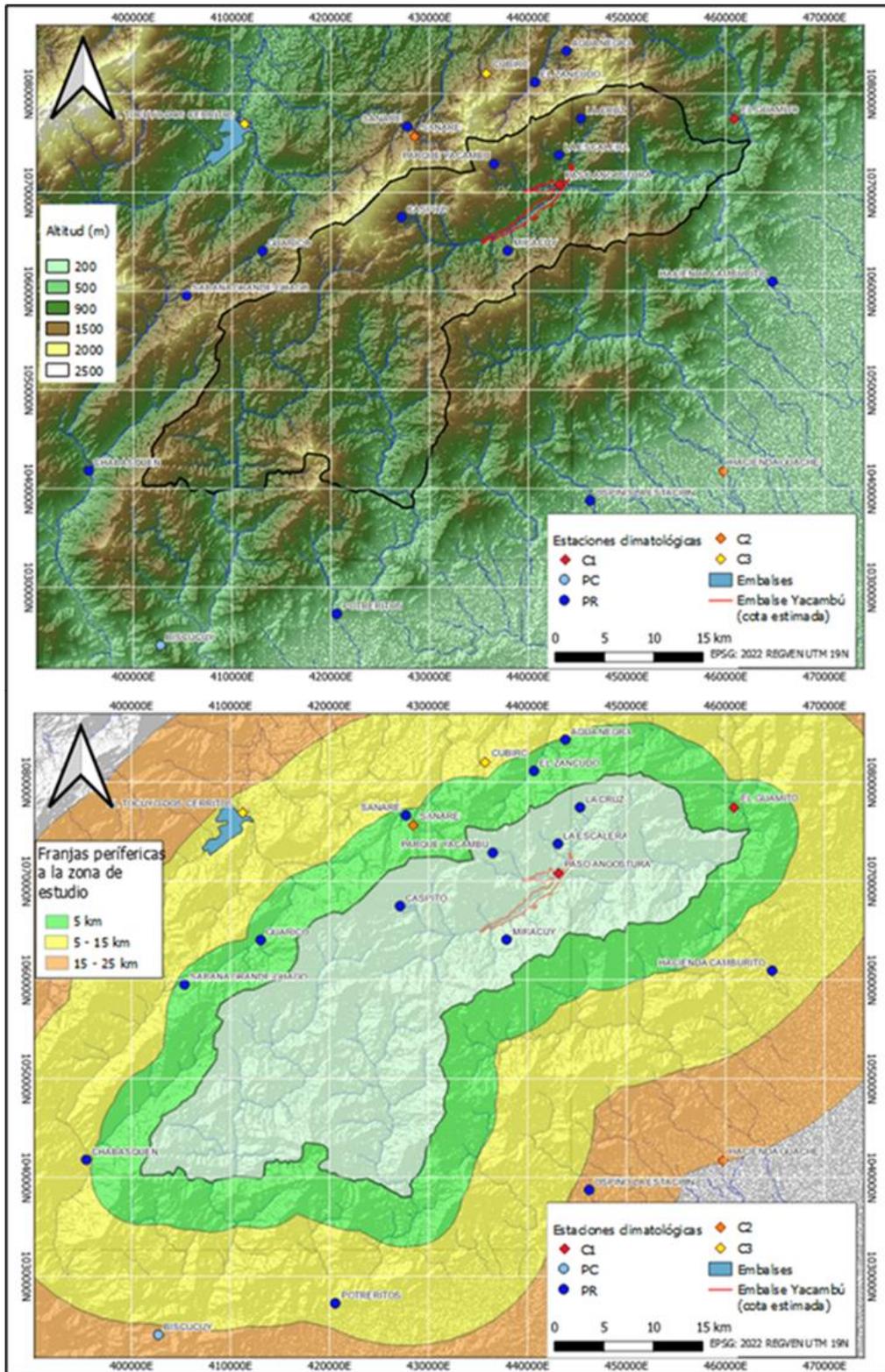


Figura 6. Localización de las estaciones climatológicas seleccionadas para el estudio.

3.6. Morfometría del terreno

Las características derivadas de la topografía (variables morfométricas), se utilizaron en la identificación de unidades de tierra. Al respecto, haciendo uso del Sistema de Información Geográfica QGIS, se procesó un modelo digital de elevación de 12,5 m de resolución (ALOS-PALSAR) para obtener la distribución de altitudes y curvas de nivel (Figura 7), clases de pendiente (Figura 8), formas del terreno (o unidades geomorfológicas) (Figura 9), red de drenaje (incluido en todos los mapas), índice topográfico de humedad (Figura 10) área de captación (Figura 11) y orientación de las laderas (Figura 12). La resolución empleada permite obtener detalles dentro de sectores específicos de cada parroquia (en el anexo digital se incluyen mapas para las parroquias Yacambú e Hilario Luna y Luna).

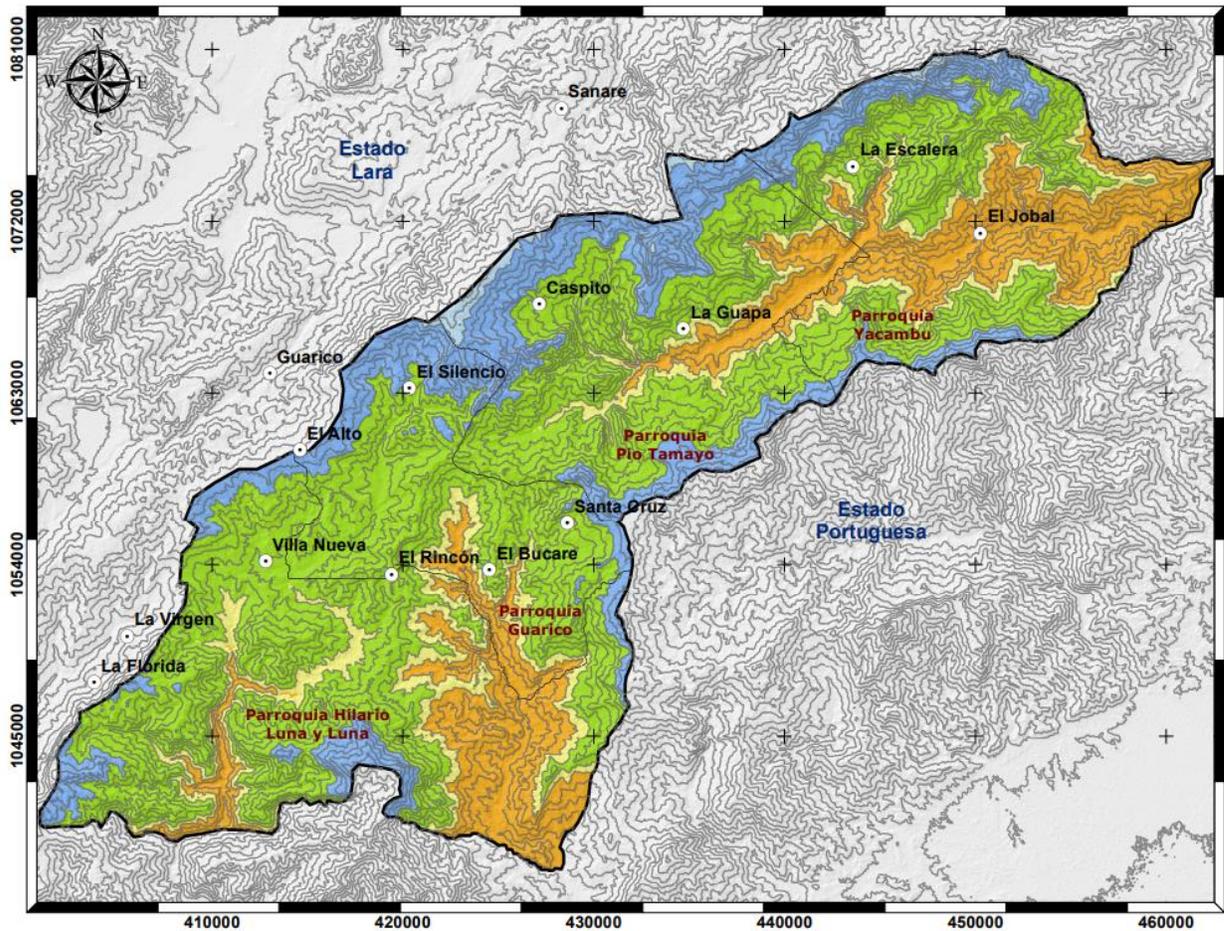


Figura 7. Altitud y curvas de nivel del área de estudio.

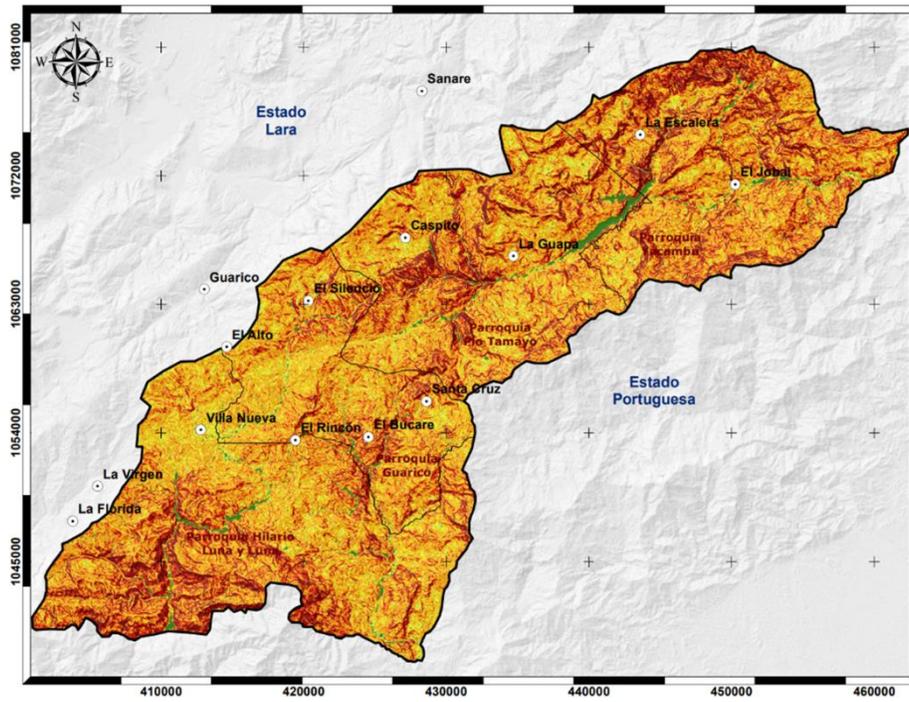


Figura 8. Clases de pendiente del área de estudio

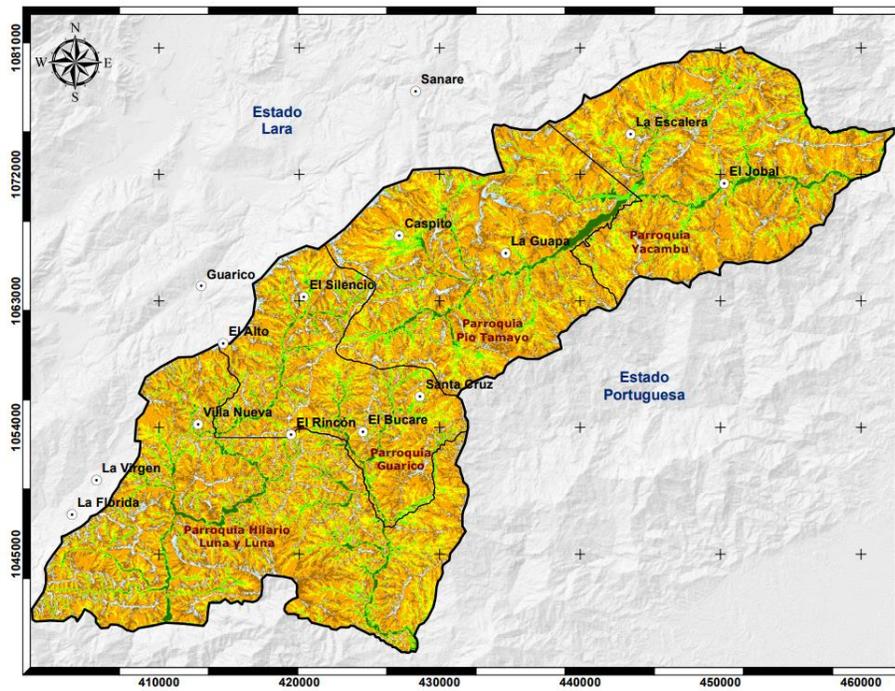


Figura 9. Geomorfología (formas del terreno) del área de estudio.

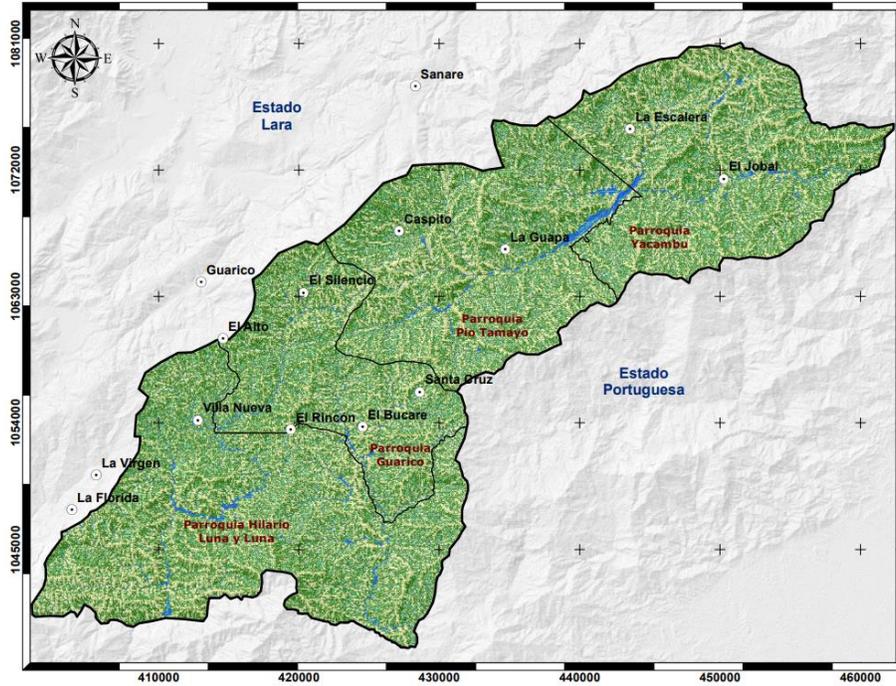


Figura 10. Índice topográfico de humedad del área de estudio.

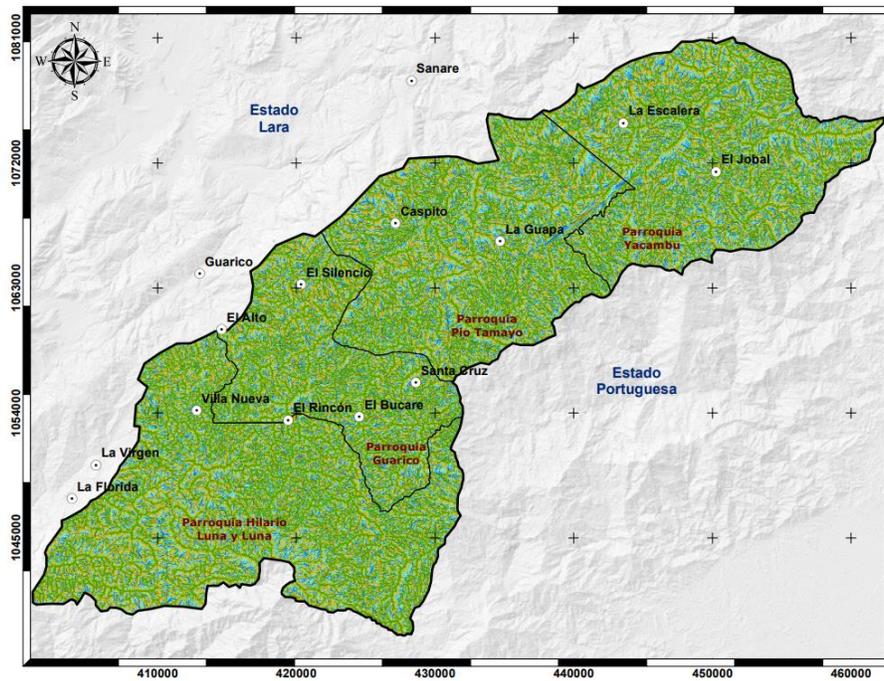


Figura 11. Distribución de las superficies de captación en el área de estudio.

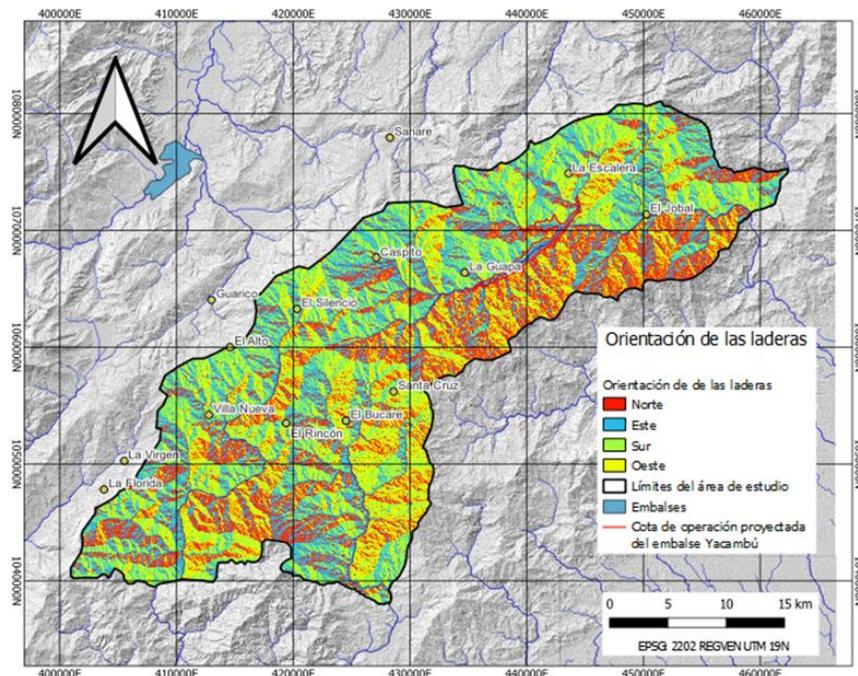


Figura 12. Orientación de las laderas del área de estudio.

3.7. Vegetación y cobertura de la tierra.

El mapa base de vegetación y uso de las tierras para el área de estudio (Figura 13) se obtuvo mediante una interpretación y clasificación supervisada de imágenes satelitales Sentinel 2 a una resolución espacial de 20 m. El proceso partió del entrenamiento, identificando la reflectancia de las diferentes clases consideradas empleando una combinación de bandas 8A, 11 y 2, conveniente para el análisis de vegetación sana. Los mapas de vegetación y uso a mayor detalle (1 m de resolución) para las parroquias Yacambú e Hilario Luna y Luna (Figura 14 y Figura 15), se obtuvieron de manera similar, aunque esta vez mediante la interpretación y clasificación de imágenes combinadas RGB (Red, Green and Blue) disponibles en los servidores de cartografía web de Google. Al respecto, se obtuvo el índice de vigor de la forma:

$$\frac{\text{Banda Verde} - \text{Banda roja}}{\text{Banda Verde} + \text{Banda Roja}}$$

Finalmente, los valores resultantes (comprendidos entre 1 a -1) se clasificaron visualmente empleando límites y colores para diferenciar las distintas clases de cobertura vegetal.

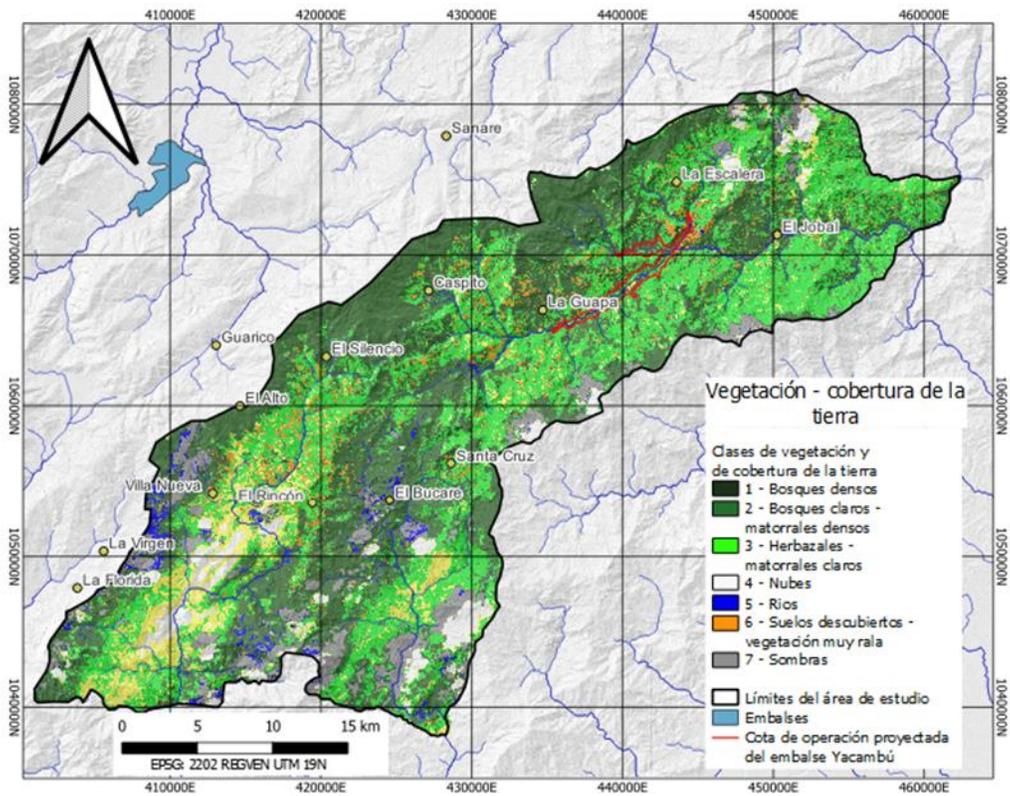


Figura 13. Vegetación y cobertura de la tierra en el área de estudio.

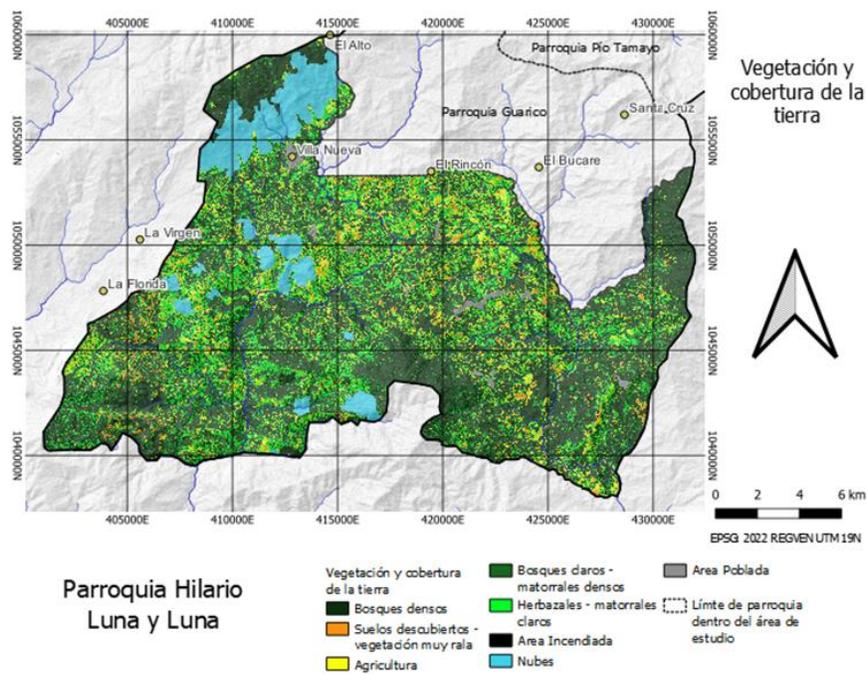


Figura 14. Vegetación y cobertura de la tierra en la parroquia Hilario Luna y Luna.

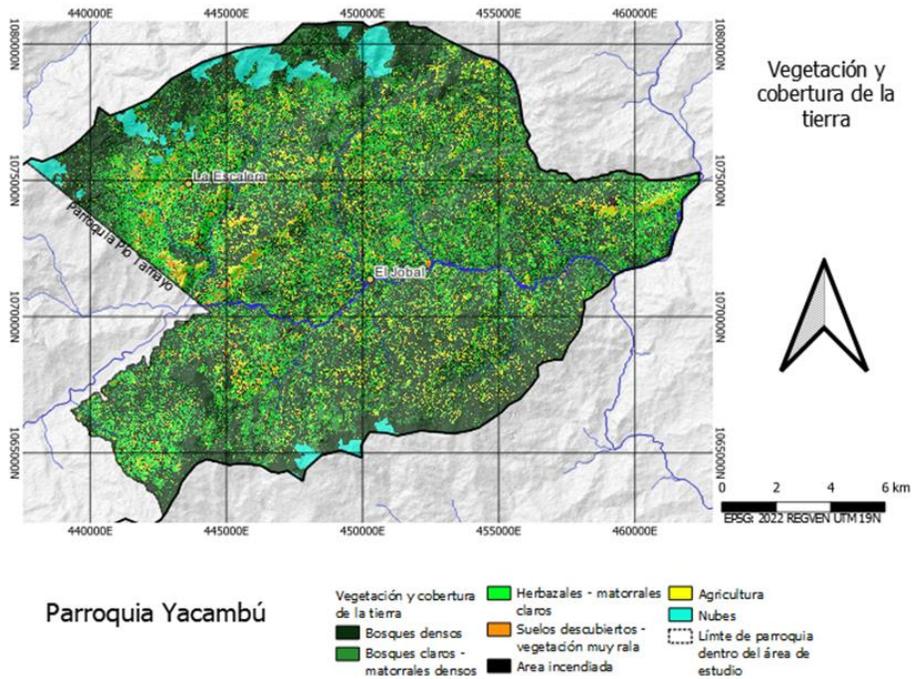


Figura 15. Vegetación y cobertura de la tierra en la parroquia Yacambú.

Con fines de complementar el análisis de los impactos en el cambio de uso sobre el ordenamiento del territorio, también se incluye un mapa de Áreas Bajo Régimen de Administración Especial (ver anexo digital).

3.8. Unidades de tierra

La unidad de tierra (UT) es la unidad básica ambiental para contrastar los requerimientos del cultivo (en este caso, el Tipo de Utilización de Tierra) con la oferta ambiental. Al respecto, cada UT es descrita en términos de cualidades sobre la base de elementos de suelo, relieve y clima, los que, finalmente son valorados en la medida que satisfagan el requerimiento de los Tipos de Utilización de la Tierra (TUT). Las UT se definieron como una asociación de la geomorfología y el clima. Con tales fines, las del terreno se agregaron en unidades más generales (Tabla 5, Figura 16) y se combinaron con las zonas de vida (Figura 17). Con ello, se obtuvieron 20 UT (Figura 18, Figura 19 y Figura 20)

Tabla 5. Agregación de las formas del terreno.

Unidad geomorfológica agregada	Formas del terreno
Fila	Pico
	Cresta
	Hombro
Viga	Viga
Ladera	Ladera
	Hundimiento
Valle	Valle
	Hoyos

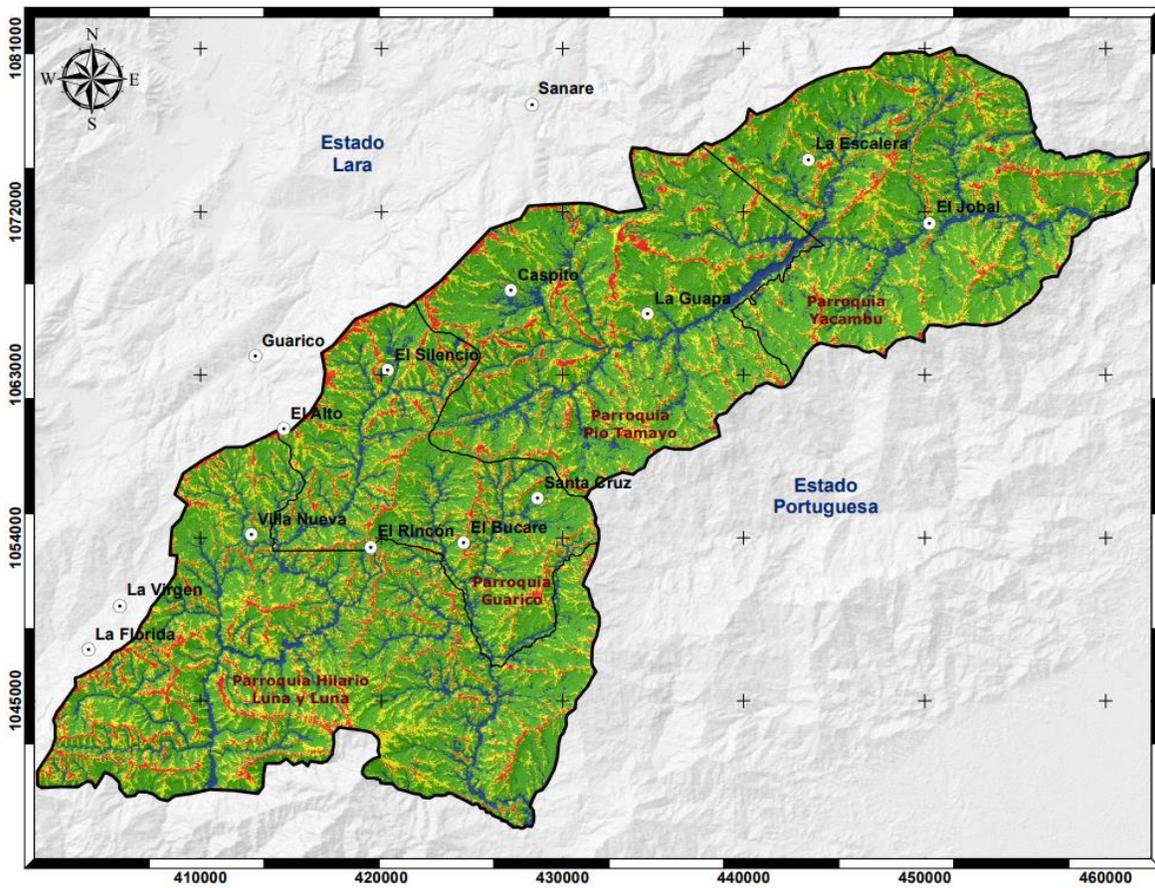


Figura 16. Geomorfología agregada del área de estudio.

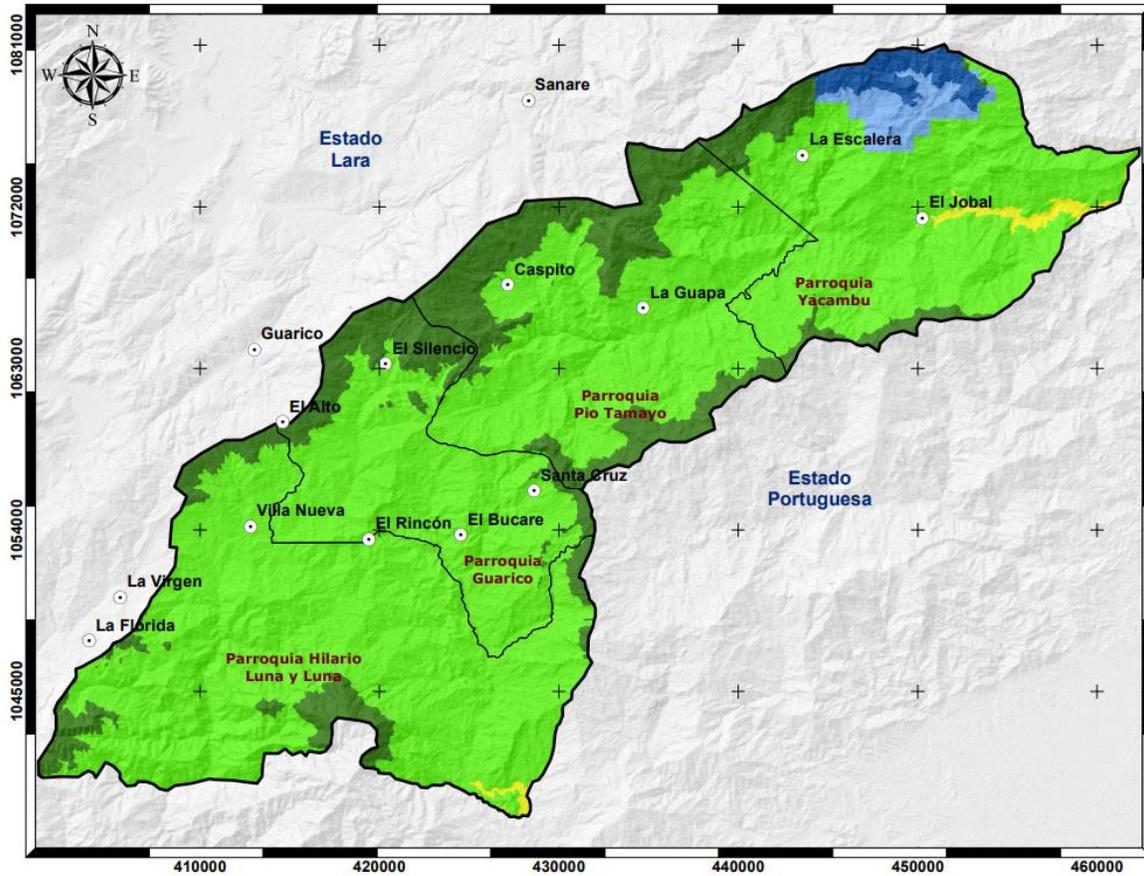
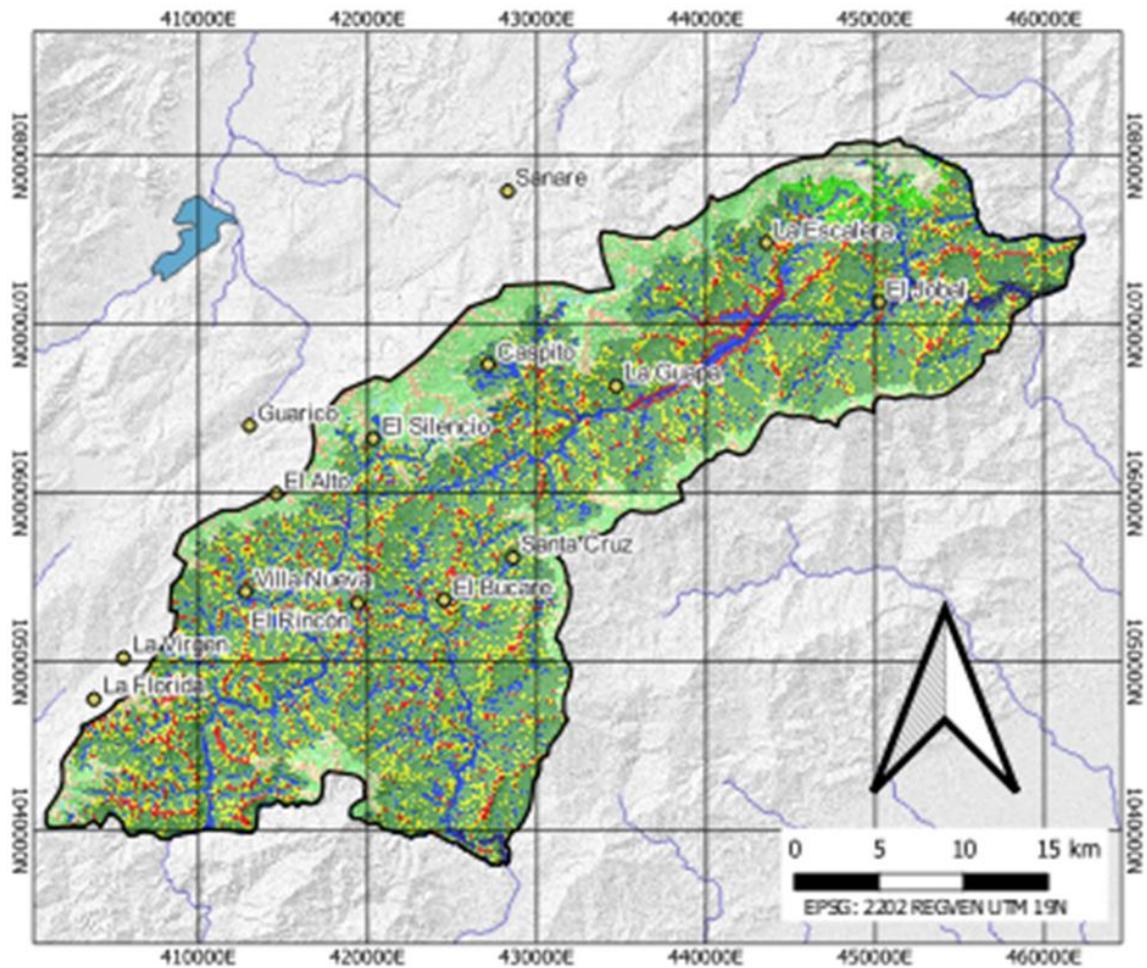


Figura 17. Zonas de vida del área de estudio.

NOTA:

Para mejor observación de los mapas, se pueden ampliar colocando el cursor dentro de la imagen y haciendo clic

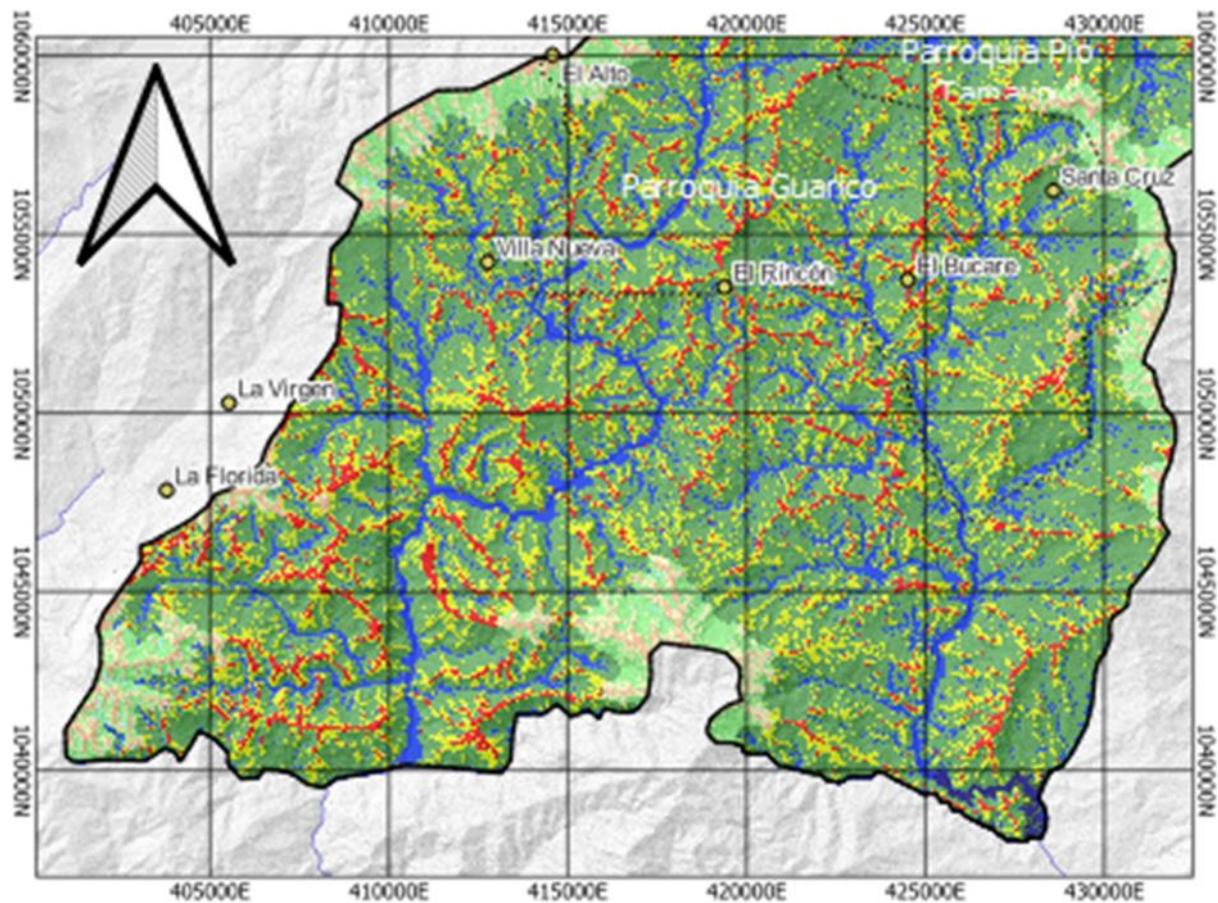




Unidades de tierra

Unidades de tierra	
	11 Fila húmeda baja
	12 Fila húmeda premontana
	13 Fila muy húmeda premontana
	14 Fila húmeda montano baja
	15 Fila muy húmeda montano baja
	21 Viga húmeda baja
	22 Viga húmeda premontana
	23 Viga muy húmeda premontana
	24 Viga húmeda montano baja
	25 Viga muy húmeda montano baja
	31 Ladera húmeda baja
	Ladera húmeda premontana
	33 Ladera muy húmeda premontana
	34 Ladera húmeda montano baja
	35 Ladera muy húmeda montano baja
	41 Valle húmedo bajo
	42 Valle húmedo premontano
	43 Valle muy húmedo premontano
	44 Valle húmedo montano bajo
	45 Valle muy húmedo montano bajo
	límites del área de estudio
	Embalses
	Cota de operación proyectada del embalse Yacambú

Figura 18. Unidades de tierra del área de estudio.

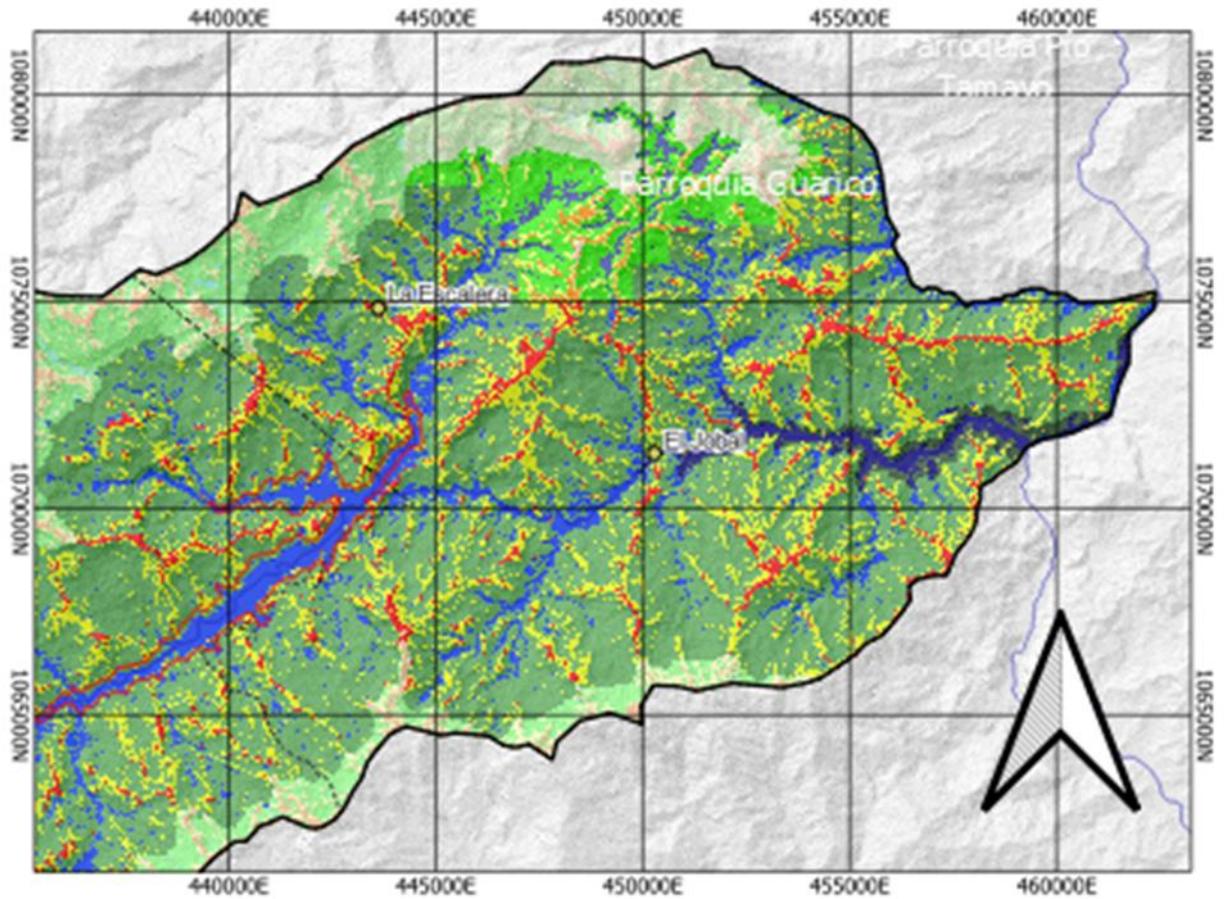


Unidades de Tierra Parroquia Hilario Luna y Luna

0 2 4 6 km
EPSG: 2022 REGVEN UTM 19N

Unidades de Tierra	
11 Fila húmeda baja	Ladera húmeda premontana
12 Fila húmeda premontana	33 Ladera muy húmeda premontana
13 Fila muy húmeda premontana	34 Ladera húmeda montano baja
14 Fila húmeda montano baja	35 Ladera muy húmeda montano baja
15 Fila muy húmeda montano baja	41 Valle húmedo bajo
21 Viga húmeda baja	42 Valle húmedo premontano
22 Viga húmeda premontana	43 Valle muy húmedo premontano
23 Viga muy húmeda premontana	44 Valle húmedo montano bajo
24 Viga húmeda montano baja	45 Valle muy húmedo montano bajo
25 Viga muy húmeda montano baja	Límite de parroquia dentro del área de estudio
31 Ladera húmeda baja	

Figura 19. Unidades de Tierra en la Parroquia Hilario Luna y Luna.



Unidades de Tierra Parroquia Yacambú

0 2 4 6 km

EPSG: 2022 REGVEN UTM 19N

Unidades de Tierra	
	11 Fila húmeda baja
	12 Fila húmeda premontana
	13 Fila muy húmeda premontana
	14 Fila húmeda montano baja
	15 Fila muy húmeda montano baja
	21 Viga húmeda baja
	22 Viga húmeda premontana
	23 Viga muy húmeda premontana
	24 Viga húmeda montano baja
	25 Viga muy húmeda montano baja
	31 Ladera húmeda baja
	Ladera húmeda premontana
	33 Ladera muy húmeda premontana
	34 Ladera húmeda montano baja
	35 Ladera muy húmeda montano baja
	41 Valle húmedo bajo
	42 Valle húmedo premontano
	43 Valle muy húmedo premontano
	44 Valle húmedo montano baja
	45 Valle muy húmedo montano baja
	Limite de parroquia dentro del área de estudio

Figura 20. Unidades de Tierra en la Parroquia Yacambú.

3.9. Localización de las UPC.

Para obtener una aproximación a la localización actual de las unidades de producción de café, se recurrió a orto-imágenes satelitales de alta definición disponibles en los repositorios virtuales de Google y ESRI. En primer lugar, haciendo uso de QGIS, se identificaron visualmente los patrones de color y estructura de las unidades de producción de café identificadas en campo al momento de la aplicación de la encuesta. Luego, a lo largo de recorridos de toda la imagen ampliada, se identificaron visualmente, y se localizaron mediante puntos amarillos, aquellos sectores con apariencia de parcelas de café (Anexo 7). En total, se identificaron 2558 puntos correspondientes a probables unidades o parcelas de producción de café en las parroquias Yacambú e Hilario Luna y Luna. Con ello, se espera obtener la distribución del grado de afectación por efecto del cambio climático entre la cantidad de parcelas productoras de café.

3.10. Evaluación de la aptitud edafoclimática de las tierras.

La aptitud edafoclimática de las tierras (*ApTierra*) se evaluó según la valoración de la aptitud del clima (*ApClima*) y del suelo (*ApSuelo*). Para ello, se partió del principio de que el clima condiciona de manera limitante la aptitud, mientras que, en tanto no sea restringida por el clima, el suelo la modifica.

Si: $ApClima < ApSuelo$, entonces $ApTierra = ApClima$

Si $ApClima \geq ApSuelo$, entonces

$$ApTierra = \frac{(ApClima + ApSuelo)}{2}$$

La aptitud el clima se valoró según el más restrictivo de los siguientes parámetros: precipitación media anual (*Panual*), duración en días del período seco (*DiasSecos*), temperatura máxima media anual (*Tmax*), temperatura mínima promedio del mes más frío (*TminM*) y temperatura media anual (*Tmed*).

Con tales fines, se obtuvo un mapa raster de 30 arcossegundos (aproximadamente 900 m) de resolución para cada uno de los parámetros, tanto para el escenario de clima histórico (o base) como para los dos escenarios de Cambio Climático (período 2041 – 2060, RCP 4.5 según los modelos climáticos globales Mohc-Hadgem2-ES y MPI-ESM-LR).

En la Tabla 6 se indica el origen o método en alusión a cada uno de los parámetros de aptitud climática.

Tabla 6. Origen de los parámetros de aptitud climática.

Parámetro	Período histórico	Escenarios 2041 – 2061 RCP 4.5
Panual	Mapa de isoyetas del estado Lara (MARN, 2014), rasterizado.	Mapas raster de 30 arcseg según los modelos climáticos globales Mohc-Hadgem2-ES y MPI-ESM-LR (CCFAS, 2018)
Tmax	Estimación según el gradiente altotérmico promedio anual entre las estaciones con registros de <i>Tmax</i> y <i>Tmed</i> , y gradiente altotérmico mensual para <i>TminM</i> (mes de enero), aplicados según modelo digital de elevación (MDE).	
Tmed		
TminM		
DiasSecos	Se estimó a partir de la correlación entre la relación <i>ETo/P anual</i> (histórica y bajo Cambio Climático) y la duración del período seco obtenido para cada una de las estaciones asociadas al área de estudio. <i>ETo</i> se obtuvo para cada estación climatológica, luego, se espacializó según la correlación con la altitud.	

Cada parámetro fue clasificado en una escala continua del 1 al 4, en correspondencia con las clases de aptitud (no apta, marginalmente apta, moderadamente apta, apta) según el requerimiento del cultivo del café arábica (Tabla 7). A los fines de establecer valores continuos en cada capa ráster, se definieron funciones matemáticas para describir la asociación entre el valor del parámetro y su correspondiente grado de aptitud (*ApPanual*, *ApTmax*, *ApTmed*, *ApTminM* y *ApDiasSecos*).

Tabla 7. Determinación de las clases de aptitud climática.

	Apto (4)	Moderadamente apta (3)	Marginalmente apta (2)	No apta (1)
Precipitación media anual, mm (<i>Panual</i>)	1200 - 1800	1000 – 1200 1800 - 2000	800 – 1000 Más de 2000	Menos de 800
Temperatura máxima media anual, °C (<i>Tmax</i>)	22 – 28	20 – 22 28 – 30	18 – 20 30 - 32	Menos de 18 Más de 32
Temperatura media anual, °C (<i>Tmed</i>)	16 - 22	15 – 16 22 – 24	14 -15 24 – 26	Menos de 14 Mas de 26
Temperatura media del mes más frío, °C (<i>TminM</i>)	10 – 19	7 – 10 19 - 21	4 – 7 21 – 23	Menos de 4 Más de 23
Duración del período seco, días (<i>DiasSecos</i>)	60 - 90	90 - 150	150 - 180	Menos de 60 Más de 180

Fuente: Sys, C. *et al.* 1993. Land Evaluation, Part III: Crop Requirements. Agricultural Publication #7. State University of Ghent.

Finalmente, la aptitud climática (*ApClima*) quedó determinada como:

$ApClima = \text{mínimo} (ApPanual, ApTmax, ApTmed, ApTimiM, ApDiasSecos)$.

Dada la carencia absoluta de información local de suelos, para valorar la aptitud del suelo, se recurrió a funciones de asociación pedogeomorfológica y de pedotransferencia a partir de 159 puntos de muestreo procedentes de áreas cercanas, análogas al área de estudio en geomorfología, geología, clima y vegetación. Con ello, se obtuvieron mapas exploratorios de distribución espacial de a) contenidos de arena, limo, arcilla y carbono orgánico, b) conductividad eléctrica, c) reacción del suelo.

La aptitud del suelo se valoró como el valor promedio del grado de aptitud correspondiente al contenido de carbono orgánico (*ApCO*) y de reacción del suelo (*Ap_{pH}*). No se emplearon en la evaluación los valores estimados de fracciones texturales (contenidos de arena, limo y arcilla) y de conductividad eléctrica debido a que el rango de valores de cada uno de ellos no resultó en ningún caso restrictivo.

La clasificación en grado de aptitud de cada parámetro se efectuó de manera similar a la empleada para los parámetros de clima. El grado de aptitud se obtuvo según las clases mostradas en la Tabla 8 formuladas en expresiones matemáticas para obtener valores continuos en cada capa ráster.

Tabla 8. Determinación de las clases de aptitud del suelo.

	Apto (4)	Moderadamente apta (3)	Marginalmente apta (2)	No apta (1)
Contenido de Carbono Orgánico (%)	Más de 1,2	0,8 – 1,2	Menos de 0,8	
Reacción (pH)	4,9 – 5,6	4,5 – 4,9 5,6 – 6,5	3,5 – 4,5 6,5 – 7,3	Menos de 3,5 Más de 7,3

Fuente: Sys, C. *et al.* 1993. Land Evaluation, Part III: Crop Requirements. Agricultural Publication #7. State University of Ghent.

4. Resultados

4.1. Escenarios de Cambio Climático

Se presenta la cartografía digital temática correspondiente a características del clima “futuro” (escenarios de Cambio Climático) según resultados de dos modelos climáticos globales, para las RCP 4.5, período 2040 – 2060: **Mohc-hadgem2-ES** y **MPI-ESM-LR**.

Los dos modelos climáticos globales empleados se seleccionaron en atención a:

- a) Ambos se encuentran entre los ocho modelos de mejor funcionamiento para la precipitación en Venezuela según el Primer Reporte Académico en Cambio Climático (ACFIMAN - SACC, 2018)
- b) En evaluaciones exploratorias propias, ambos resultaron ser los mejores calificados al comparar los registros de varias estaciones localizadas en todo el país con las estimaciones de cada uno.
- c) En la evaluación exploratoria con respecto a la estación Sanare, localizada en el área cafetalera del estado Lara, ambos modelos se calificaron entre los tres mejores.

Para procesar toda la información temática (reclasificación y álgebra de mapas) se empleó el Sistema de Información Geográfica QGIS.

Se incluyen tres juegos de información que contienen:

- a) El escenario base (o clima histórico)

b) Los escenarios correspondientes al clima futuro, según cada uno de los dos modelos climáticos globales empleados.

Cubriendo todo el estado, cada juego se compone de la cartografía digital (ráster), obtenida y procesada con resolución espacial de 30 arco-segundos (aproximadamente 900 m), correspondiente a:

Información básica (promedios anuales de precipitación y temperatura media)

Información derivada (tipos climáticos y Zonas de Vida según Holdridge).

Para cada escenario futuro se incluye la cartografía del gradiente (diferencia entre el período futuro e histórico) de precipitación y temperatura media.

En formato vectorial, se incluye la distribución de unidades de producción de café clasificadas según el cambio en tipo climático a que estarían sujetas en el período futuro según cada modelo climático global.

4.1.1. Mapa digital de la precipitación promedio anual (período histórico).

Se obtuvo a partir de la digitalización del mapa de isoyetas del estado Lara (1990 - 2009) producido por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB, 2011). Mediante un proceso de interpolación de las isoyetas, se obtuvo la distribución del valor de la precipitación en toda la superficie del estado (Anexo 1).

4.1.2. Mapa digital de la temperatura media anual (período histórico).

Se emplearon las capas ráster de temperatura media de cada mes (1970 – 2000) disponibles en **WorldClim** (Fick y Hijmans, 2017) con resolución espacial de 30 arco-segundos (aproximadamente 900 m). Luego de extraer de cada capa el sector correspondiente al estado Lara, se obtuvo el promedio de todas las capas (Anexo 2).

4.1.3. Mapas digitales de la precipitación promedio anual (período 2051 – 2060 RCP 4.5.).

Se utilizaron las capas ráster de precipitación promedio de cada mes disponibles en **CCAFS** (2018) correspondientes al período 2051 – 2060, según los modelos climáticos globales **Mohc-Hadgem2-ES** y **MPI-ESM-LR**, para la RCP 4.5, con resolución de 30 arco-segundos. Luego de extraer de cada capa el sector correspondiente al estado Lara, se obtuvo la sumatoria del valor de todas las capas. Finalmente, se obtuvo un mapa de precipitación media anual futura por cada modelo climático global empleado (Anexo 3)

4.1.4. Mapas digitales de la temperatura media promedio anual (período 2051 – 2060 RCP 4.5.).

Se usaron las capas ráster de temperatura media promedio de cada mes disponibles en **CCAFS** (2018) correspondientes al período 2051 – 2060, según los modelos climáticos globales **Mohc-Hadgem2-ES** y **MPI-ESM-LR**, para la RCP 4.5, con resolución de 30 arco-segundos. Luego de extraer de cada capa el sector correspondiente al estado Lara, se obtuvo el promedio de todas las capas. Finalmente, se obtuvo un mapa de temperatura media anual promedio futura por cada modelo climático global empleado (Anexo 4).

4.1.5. Mapas digitales de gradiente de Cambio Climático.

Mediante álgebra de mapas, se obtuvo la diferencia entre los valores de precipitación y temperatura futuros, con respecto a los valores del período histórico. La diferencia en precipitación se calculó en términos relativos (% con el valor histórico como base) y se muestran en el Anexo 5, mientras que la de temperatura se refleja en términos absolutos (°C), tal como se observa en el Anexo 6.

4.1.6. Mapas digitales de tipo climático.

Para definir el tipo climático, se emplearon los términos de “Provincia de Humedad” referidos por Holdridge (1987) para la clasificación de Zonas de Vida. Según el caso, se empleó la información correspondiente al período histórico o a los escenarios de Cambio Climático.

La “Provincia de Humedad” se define según la relación entre la evapotranspiración potencial y la precipitación (ETP/P):

Tabla 9. Definición de los tipos climáticos.

Tipo Climático (Provincia de Humedad)	ETP/P
Árido	4 - 8
Semiárido	2 - 4
Subhúmedo	1 - 2
Húmedo	0,5 - 1
Perhúmedo	0,25 – 0,5

El valor de evapotranspiración potencial (ETP) se obtuvo, según indica Holdridge (1987):

$$ETP = 58,93 T_{bio}$$

Donde T_{bio} es la biotemperatura, definida por Holdridge como la temperatura media al considerar sólo los valores ocurridos entre 0 y 30 °C (que representa, en general, el intervalo de temperatura para el crecimiento de la vegetación).

Para obtener T_{bio} , los valores de cada mapa de temperatura media de cada mes, mediante álgebra de mapas, se acotaron a valores entre 0 y 30. Luego, se obtuvo el promedio entre todos los mapas acotados.

Una vez obtenido el mapa de ETP , se dividió entre el mapa de precipitación promedio anual (P). Finalmente, este mapa (relación ETP/P) se reclasificó según la Tabla 9.

Como se puede apreciar, con el Escenario de Cambio Climático RCP 4.5 y en ambos modelos (Figura 21 y Figura 22), se estima una alarmante conversión del Tipo Climático Húmedo, hasta ahora predominante en el eje cafetalero sureste del estado Lara, a Subhúmedo, lo cual implica que aun en un escenario climático “intermedio”, el área cafetalera podría sufrir una disminución de su aptitud para la producción de café

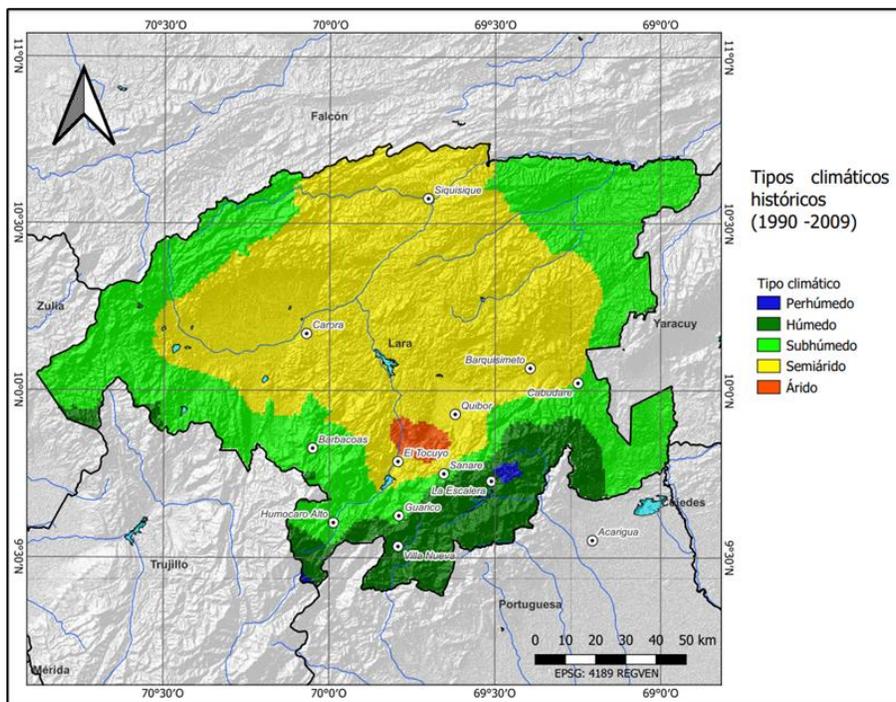


Figura 21. Tipos climáticos históricos – Período 1990-2009 del estado Lara.

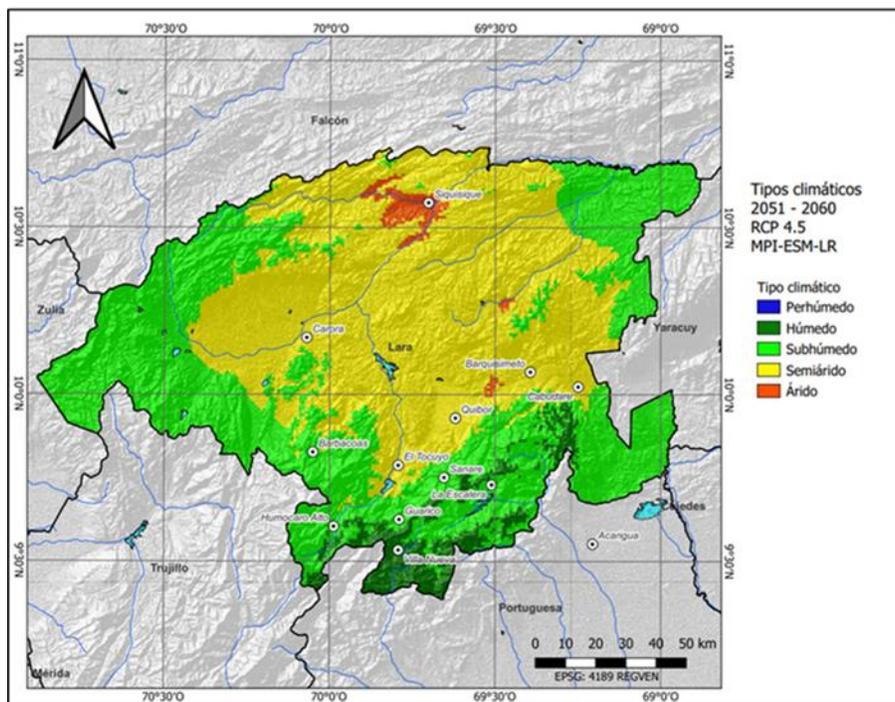
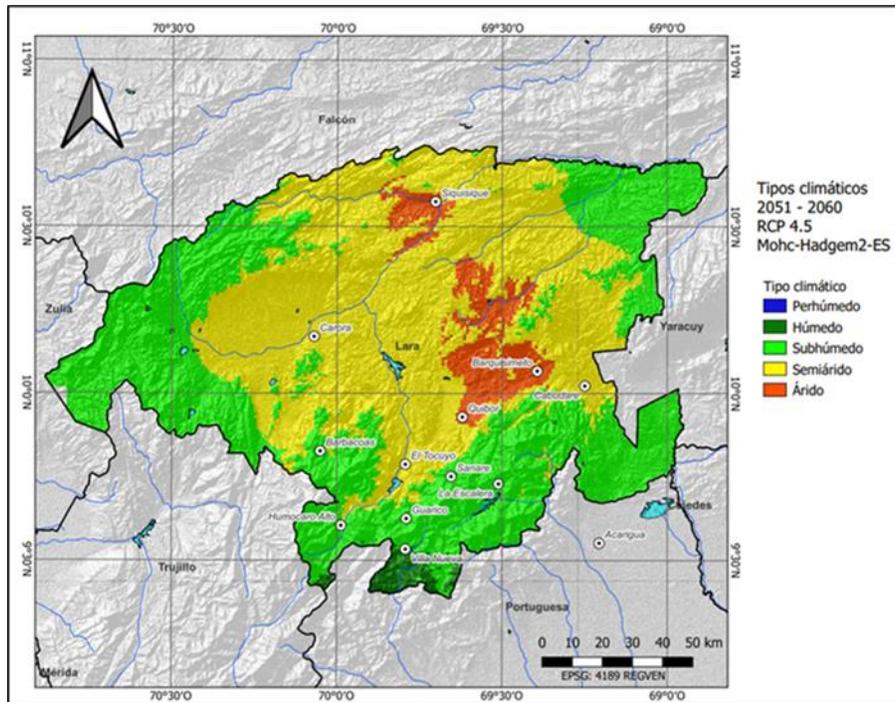


Figura 22. Tipos climáticos del estado Lara. Período 2051 – 2060, RCP 4.5, según los modelos climáticos globales Mohc-Hadgem2-ES y MPI-ESM-LR.

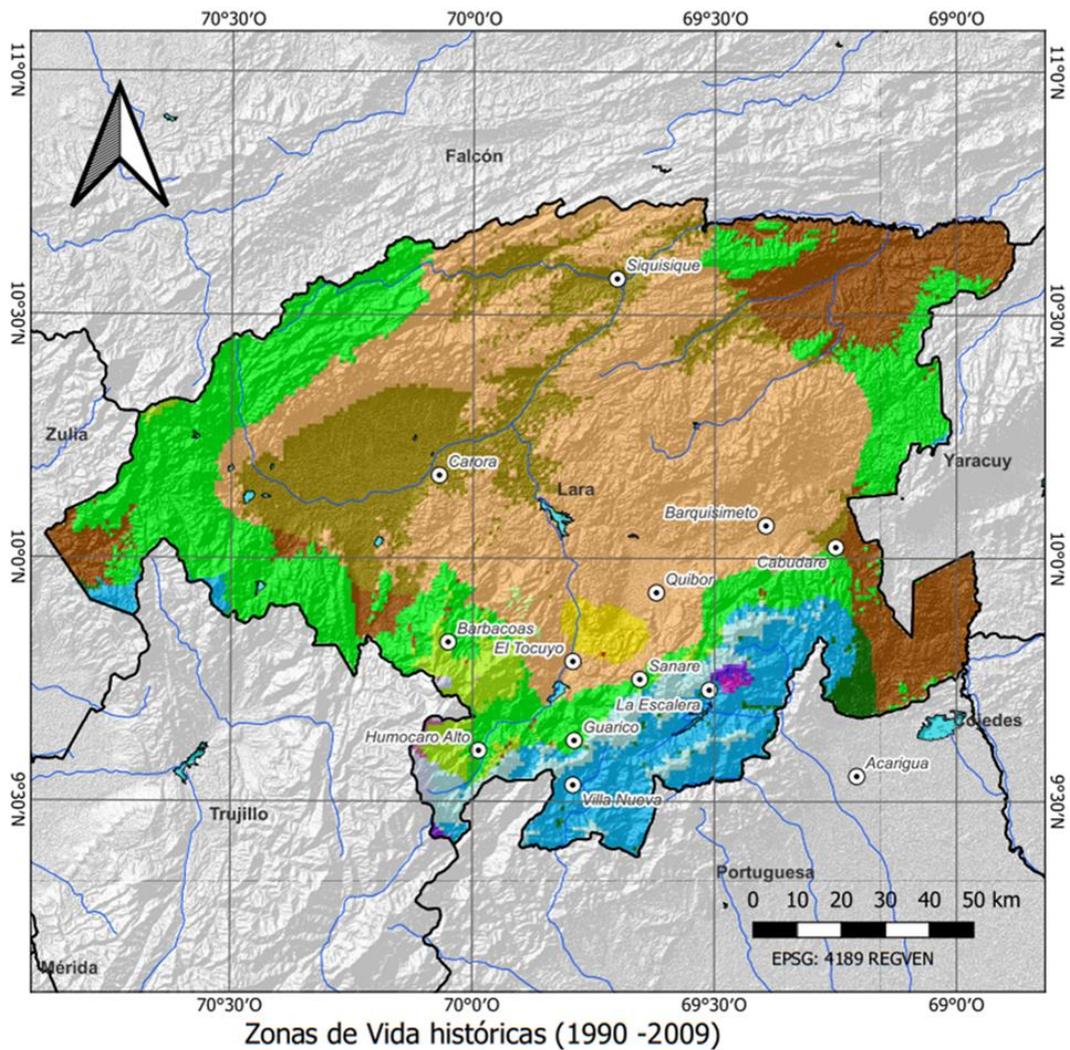
4.1.7. Mapas digitales de Zona Vida

Las Zonas de Vida (según Holdridge, 1987), se obtuvieron al combinar, mediante álgebra de mapas, los mapas correspondientes a la relación *ETP/P* y altitud (Tabla 10). La altitud se obtuvo del modelo digital de elevación SRTM de 1 arco-segundo (30 m) de resolución espacial (USGS–EROS, 2018).

Tabla 10. Definición de las Zonas de Vida.

Zona de Vida	ETP/P	Altitud (m)
Monte espinoso	Más de 4	Menor a 500
Bosque muy seco tropical	2 - 4	
Bosque seco tropical	1 - 2	
Bosque húmedo tropical	0,5 - 1	
Bosque muy húmedo tropical	0,25 - 0,5	
Matorral desértico premontano	Más de 4	500 - 1500
Monte espinoso premontano	2 - 4	
Bosque seco premontano	1 - 2	
Bosque húmedo premontano	0,5 - 1	
Bosque muy húmedo premontano	0,25 - 0,5	
Matorral desértico montano bajo	Más de 4	1500 - 2500
Estepa montano baja	2 - 4	
Bosque seco montano bajo	1 - 2	
Bosque húmedo montano bajo	0,5 - 1	
Bosque muy húmedo montano bajo	0,25 - 0,5	
Bosque seco montano	1 - 2	Más de 2500
Bosque húmedo montano	0,5 - 1	
Bosque muy húmedo montano	0,25 - 0,5	

Los respectivos mapas de Zonas de Vida (escenarios históricos y de Cambio Climático) se muestran en las Figura 23 y Figura 24.



- Zonas de Vida
- | | |
|--|---|
| 1 Monte espinoso tropical (árido) | 8 Bosque seco premontano (subhúmedo) |
| 2 Bosque muy seco tropical (semiárido) | 9 Bosque húmedo premontano (húmedo) |
| 3 Bosque seco tropical (subhúmedo) | 10 Bosque muy húmedo premontano (perhúmedo) |
| 4 Bosque húmedo tropical (húmedo) | 12 Estepa espinosa montano baja (semiárido) |
| 5 Bosque muy húmedo tropical (perhúmedo) | 13 Bosque seco montano bajo (subhúmedo) |
| 6 Matorral desértico premontano (árido) | 14 Bosque húmedo montano bajo (húmedo) |
| 7 Monte espinoso premontano (semiárido) | 15 Bosque muy húmedo montano bajo (perhúmedo) |
| | 16 Bosque seco montano (subhúmedo) |
| | 17 Bosque húmedo montano (húmedo) |

Figura 23. Zonas de vida del estado Lara. Período histórico 1990 -2009.

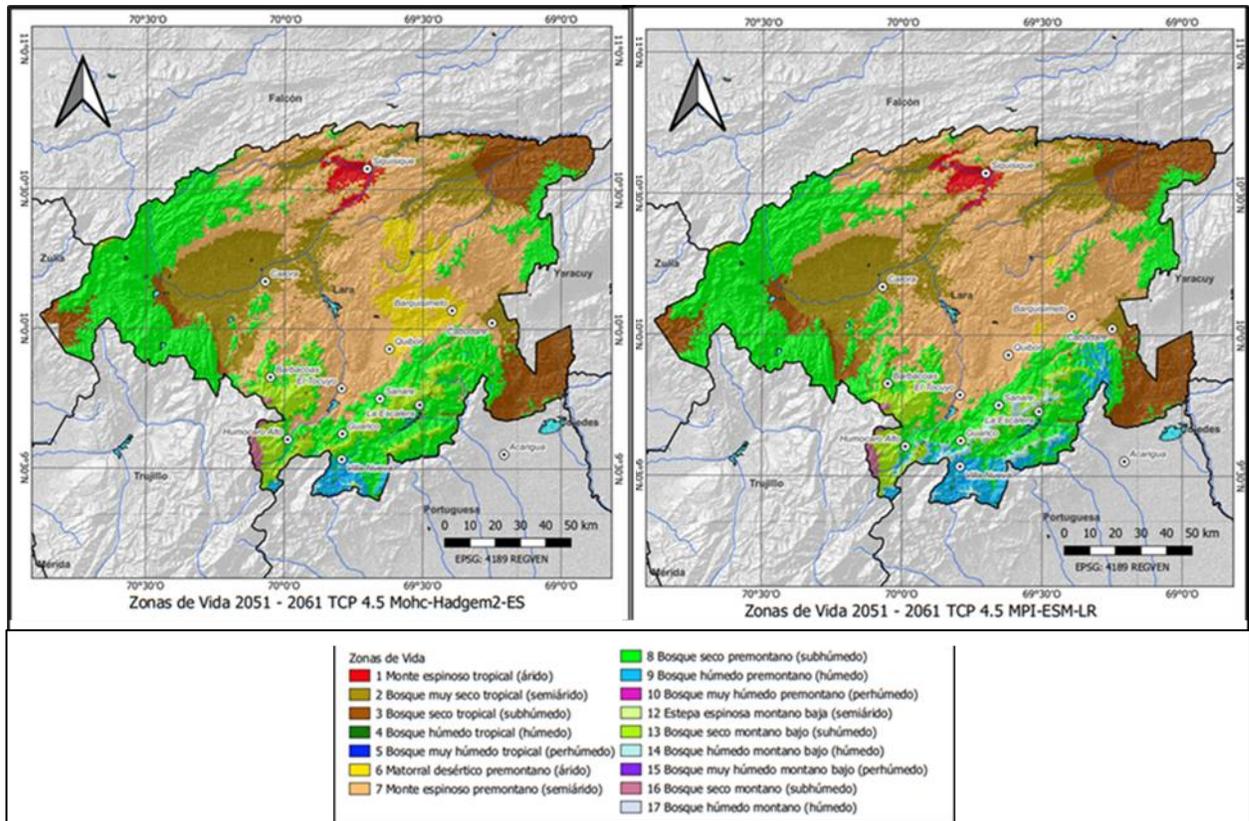


Figura 24. Zonas de vida del estado Lara. Período 2051 – 2060, RCP 4. Modelos climáticos Mohc-Hadgem2-ES y MPI-ESM-LR

En semejanza con los resultados anteriores en relación con Tipos Climáticos, ambos modelos proyectan considerables disminuciones de las áreas de Bosque húmedo premontano, Zona de Vida preponderante del eje cafetalero, particularmente en su extremo Este, donde también desaparecería el Bosque muy húmedo premontano (Yacambú).

4.2. Clasificación de las UPC según el Cambio Climático.

Las unidades de producción de café se clasificaron según la variación de la relación ETP/P (ΔR) entre el período histórico y los escenarios de Cambio Climático:

$$\Delta R = R_{fi} - R_h$$

Donde:

ΔR : variación en la relación ETP/P .

R_{fi} : relación ETP/R en el escenario de Cambio Climático (según cada modelo climático global).

R_h : relación ETP/R en el período histórico.

Valores de ΔR positivos indican una tendencia de un clima más seco, mientras que valores negativos indican una tendencia a cambiar a un clima más húmedo.

Para clasificar las unidades de producción de café, se empleó el mapa digital (vectorial) producido por el Censo Nacional Agrícola de 2008, que se superpuso sobre el mapa de ΔR de cada escenario de Cambio Climático obtenido. Mediante procesamiento con el SIG, a cada punto se le asignó el valor de ΔR correspondiente. Luego, los puntos fueron representados en el mapa, clasificados según intervalos de ΔR (Figura 25). En esta se puede visualizar más claramente que a medida que las UPC se sitúan hacia el extremo Este (Yacambú), podrían ser más afectadas por el déficit hídrico resultante de los valores positivos de ΔR , contrariamente a lo que se observa en las ubicadas hacia el extremo Sur (Hilario Luna y Luna).

NOTA:

Para mejor observación de los mapas, se pueden ampliar colocando el cursor dentro de la imagen y haciendo clic



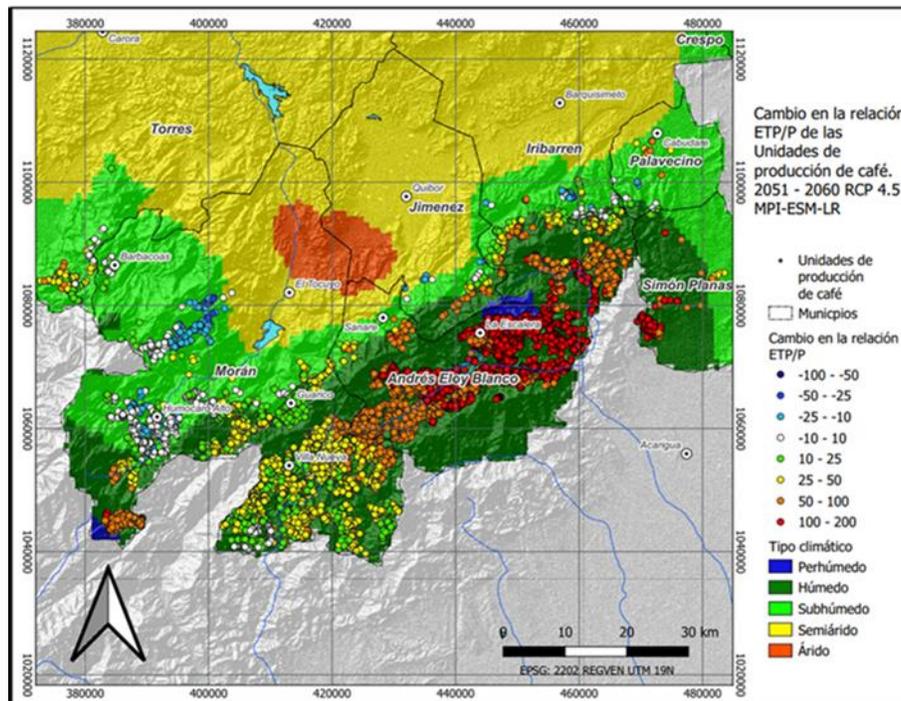
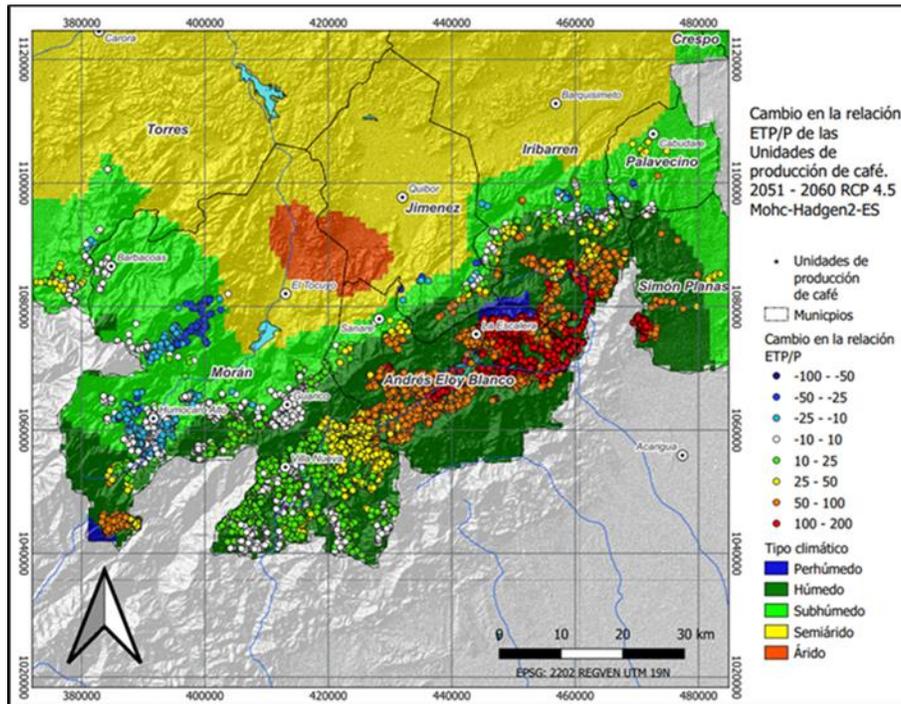


Figura 25. Clasificación de las unidades de producción de café del estado Lara según el Cambio Climático (Variación de la Relación ETP/P).

4.3. Caracterización de los sistemas y de las UPC.

4.3.1. Parroquia Hilario Luna y Luna.

- (Dimensión agro-productiva)

Para el levantamiento de la información, se abordaron 129 UPC (22% mujeres caficultoras) de 5 sectores y 12 comunidades, generalmente ubicados a pie de montaña, en altitudes que van desde los 1.000 hasta los 1330 msnm (Tabla 1). Estas en su gran mayoría tienen superficies menores a 5 ha (76%) que se utilizan preferentemente para cultivar café y como residencia, especialmente en los sectores El Volcán y El Cauro (Fotografías en Anexo 8). Solo unas pocas superan las 10 ha.

Cerca de la mitad de los cafetales (47%) tienen hasta 2 ha, en tanto que 38% de las UPC tienen extensiones de café que van entre 2 a 5 ha y 14% entre 5 a 10 ha. Solo se encontraron 2 UPC con más de 10 ha de café, recién sembradas, con edades de 2 a 3 años, y a plena exposición (Figura 26).

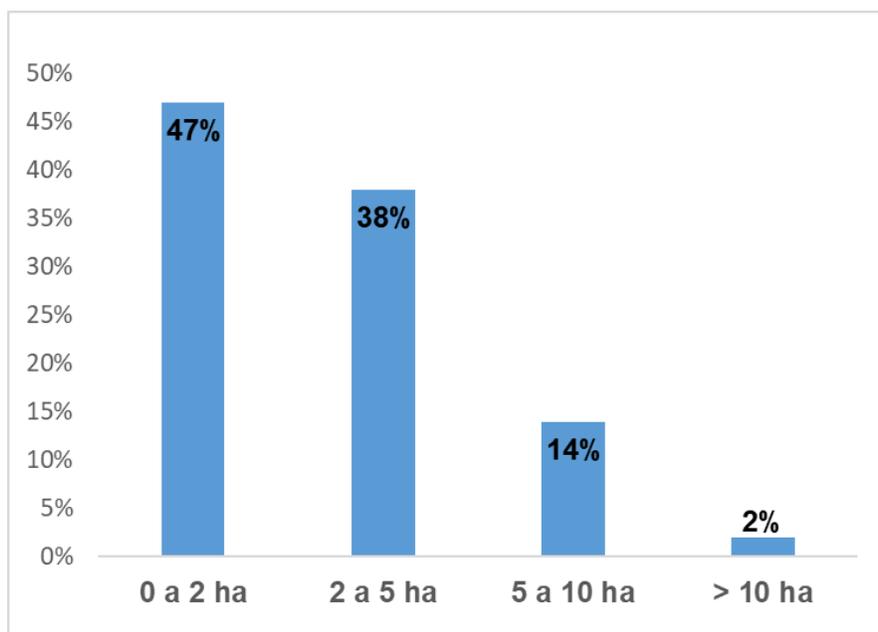


Figura 26. Superficie de los cafetales en las UPC (ha). Parroquia Hilario Luna y Luna.

Aunque un tercio de las UPC solo cultivan café, más de la mitad (51%), además de café, también siembran cultivos anuales, o perennes (16%). En el 60% de los casos, los cafetales constan de dos parcelas, diferenciadas por edad del cultivo o variedad. Una cuarta parte solo tiene una variedad y por lo tanto una sola parcela.

Estas plantaciones son pequeñas brechas dentro de un bosque que han sido talados para sembrar, calificados como bosques claros (69%) y bosques moderadamente densos (31%). No obstante, más de la mitad de los cafetales (54%) tienen baja sombra (< 20%), pues la mayor parte de los árboles han sido talados por “recomendaciones técnicas”, mientras que el 38% tiene sombrero medio (30-50%). Se considera que el sombrero para un cafetal, sin que disminuya su producción, debe tener una cobertura máxima de sombra del 45% (sombrero óptimo o adecuado entre 35 y 45 %)

En consecuencia, casi la mitad (49%) del café se cultiva a pleno sol y únicamente el 5% se cultiva bajo sombra. Las otras siembras son de tipo mixto. Los sombríos con árboles más comunes son bucare (*Erythrina poeppigiana*), guamo (*Inga edulis*), aunque también es muy frecuente el cambur

De modo similar, el 50% de las UPC está constituido por plantaciones jóvenes (0 a 5 años), que sustituyen al café afectado por los daños causados por la roya, y la otra parte conserva cultivos con edades entre 6 a 10 o más años. En el caso de plantaciones mayores de 10 años, se realizan podas de renovación al finalizar la cosecha o al final del periodo seco para evitar o reducir el ataque de enfermedades.

La variedad más utilizada es Colombia 27 por su resistencia al ataque de Roya, especialmente entre quienes siembran una sola variedad (50% de las UPC). Con la excepción de un productor, todos los demás prefieren a Colombia 27. Cuando se siembran dos variedades, lo cual ocurre en el 44% de las UPC visitadas, la segunda opción es la variedad Catuai, de manera que esta combinación (Colombia + Catuai) es la más frecuentemente encontrada (77%) (Figura 27).

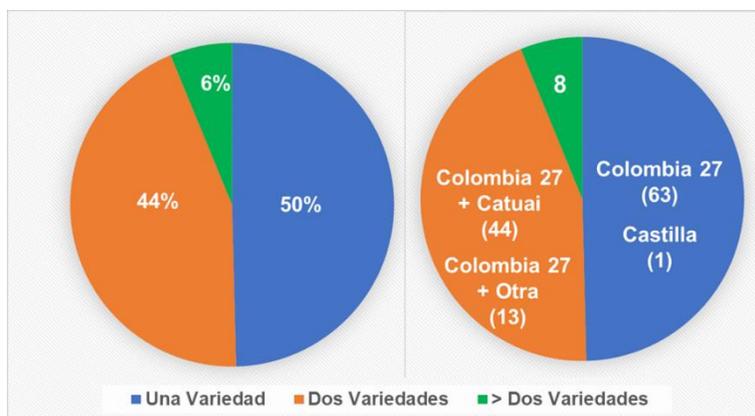


Figura 27. Utilización de las principales variedades de café. Parroquia Hilario Luna y Luna.

Ante la ausencia de una oferta confiable de plántulas, casi todos los caficultores (97%) poseen sus propios semilleros y viveros. Una tradición generacional en la propagación de plantas con semilla artesanal. Solo un pequeño porcentaje (8%) adquiere plántulas de café a otros productores de la misma zona.

Manejo agronómico: Dos tercios de los productores cuentan con un plan de abonamiento, limpieza, control de plagas y manejo de la sombra, aunque reconocen que estas labores se han reducido o modificado debido al incremento en el costo de los insumos y la escasez de mano de obra, ocasionado por la migración de jóvenes, lo cual ha traído como consecuencia disminución de los rendimientos y calidad del café. Por lo general fertilizan una (56%) o dos veces (43%) anualmente (Figura 30), sin embargo el 93% no han realizado estudios de suelos, aunque manifiestan interés de realizarlo pero desconocen el proceso y los proveedores de este servicio.

El fertilizante comúnmente utilizado es urea, aplicado al inicio de la época de lluvias (54%) o al terminar la cosecha (43%).

El uso de fertilización orgánica se restringe a un grupo pequeño (12%) que lo mezcla con la urea. Por otro lado, se identificaron 4 caficultores que realizan manejo orgánico desde hace 8 años, sin certificación alguna, quienes utilizan humus de lombriz y Bioles.

La percepción general es que ha aumentado la presencia de plagas y enfermedades, no obstante, solo el 64% puede realizar manejo fitosanitario, por el costo de los pesticidas y los precios bajos del quintal de café. Las plagas y enfermedades más comunes son la palomilla o cochinilla (insectos de la familia *Pseudococcidae*) junto con las hormigas (57%), la roya - *Hemileia vastatrix* - (28%) para la cual se han introducido variedades resistentes (Colombia 27) y en menor proporción la broca del café - *Hypothenemus hampei* - (16%) (Figura 28)

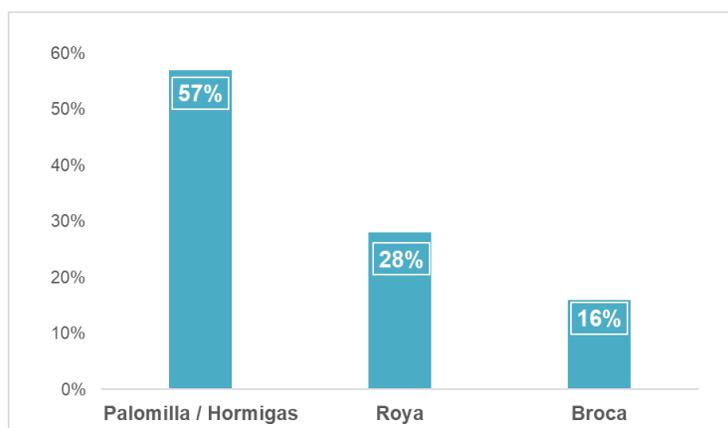


Figura 28. Principales plagas y enfermedades del café. Parroquia Hilario Luna y Luna.

Cosecha: se realiza de manera selectiva, escogiendo los frutos maduros, por lo tanto, esta labor requiere más de una colecta.

En opinión de los caficultores el rendimiento de café pergamino ha variado en los últimos años, particularmente en donde han sido eliminada las sombra y disminuido los niveles de fertilización, sin embargo ello ocurre en la mitad de las UPC de la

zona, cuyos rendimientos oscilan entre Muy Bajos (< 7 qq/ha) a Bajos (7 a 12 qq/ha), teniendo en cuenta que el rendimiento promedio del municipio AEB es de 12 qq/ha de acuerdo con cifras del MPPAT. La otra mitad supera estos niveles con rendimientos promedios superiores a 12 qq/ha, (Figura 31).

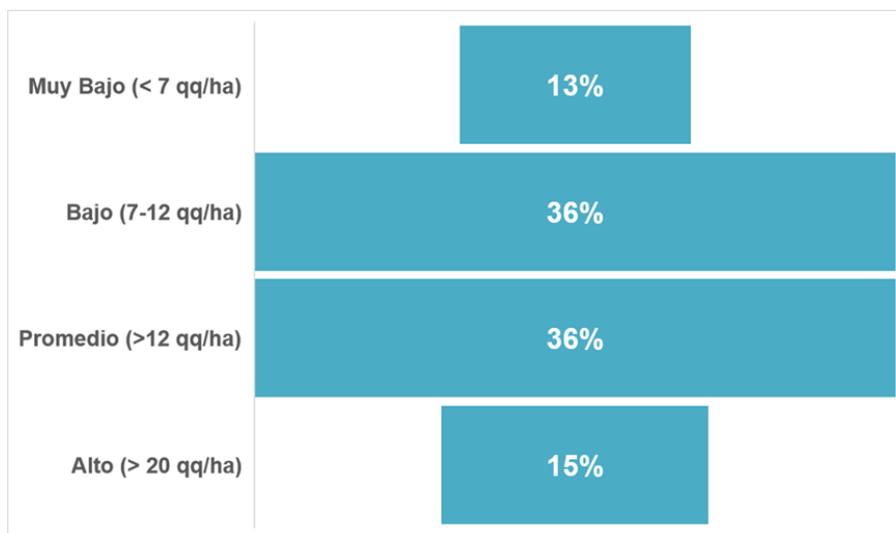


Figura 29. Distribución de los rendimientos de café pergamino. Parroquia Hilario Luna y Luna.

- Dimensión socioeconómica

Postcosecha y comercialización: la escasez de combustibles y el precio al productor desestimulan acciones para mejorar el beneficio y secado del café, lo cual se realiza mayormente por la vía seca. El café en la zona se clasifica predominantemente tipo corriente.

La venta del café se realiza mediante intermediarios o comerciantes de la zona, quienes por lo general compran en la UPC y son quienes le colocan el precio.

Vale la pena mencionar que los granos de café se erigen como moneda en la parroquia Hilario Luna y Luna, donde las debilidades en tecnología, ha limitado el uso de transferencias bancarias y pagos con tarjeta de débito, por lo cual el café ha sido una alternativa para contrarrestar la devaluación y adquirir bienes (alimentos, vestido, calzado, equipos, entre otros) y servicios (transporte, beneficio del café), sirviendo de intercambio para los comerciantes y productores. Los comerciantes de la parroquia han comenzado a adoptar el café como forma de pago de transacciones, y es muy común observar en el comercio local una balanza para el peso del café.

Servicios: de los dispositivos electrónicos con que cuentan en las UPC, el más utilizado (98%) es la radio, y las emisoras que pueden sintonizar son provenientes del estado Portuguesa. El 80% usa la televisión con antenas de cableras internacionales (DRCTV) y un poco más de la mitad de los productores posee telefonía móvil (55%).

A pesar de que el 94% de las UPC tienen cocinas a gas, el llenado/reposición de los cilindros es muy difícil, por lo que la leña es lo más utilizado para cocinar (97%). Las fuentes de agua provienen de nacientes, quebradas o lagunas en la zona (99%).

El medio de transporte más usado es la motocicleta (54%) y un 52% cuentan con vehículos propios.

Seguridad alimentaria: el 50,47% de las unidades productivas tienen como tipo de vegetación el café y frutales, como mandarinas, naranjas y mango, el 40,66% de tiene el café con hierbas de tipo gramíneas o de porte bajo y el 34,19 % cultivan café y cultivos anuales como el maíz blanco, lechuga y cebollín para consumo familiar.

Capacitación y Organización: Las UPC no cuentan con personal capacitado en el tema de café y tampoco han recibido capacitación. En su gran mayoría reconocen que es bajo el nivel tecnológico aplicado en sus cultivos. Solo un grupo selecto (2%) dispone del mínimo equipamiento necesario para la cosecha, almacenamiento y procesamiento del café.

El 93% de los productores no tiene conocimiento alguno sobre el Cambio Climático, sin embargo, lo asocian con el aumento de temperatura en los últimos años y que afectan más a los cafetales sin sombra, pero también la salud de las personas. Ninguno de ellos tiene conocimiento sobre organizaciones relacionadas al tema.

4.3.2. Parroquia Yacambú.

- (Dimensión agro-productiva)

Las UPC de esta zona se ubicaron en tres sectores, los cuales contemplan un total de 12 comunidades en altitudes que varían desde 630 hasta 1442 msnm (Fotografías en Anexo 9), con extensiones de tierras menores a 5 ha (85 %), dedicadas casi de manera exclusiva a cultivar café en pequeñas superficies de hasta 2 ha (69%) y entre 2 a 5 ha (29%), lo cual los ubica como productores de pequeña escala (26% mujeres). Solo 4 cafetales superan las 10 ha (Figura 30).

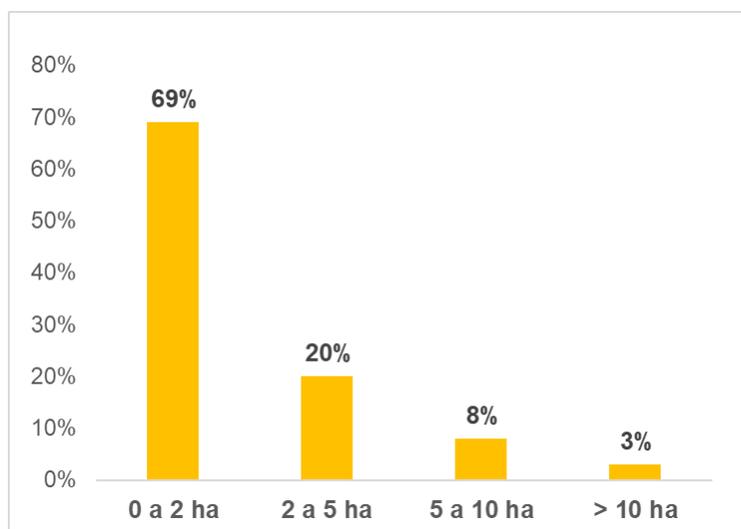


Figura 30. Superficie bajo el cultivo del Café (Ha). Parroquia Yacambú

Se desarrollan sistemas de producción de café mixtos (95%), con sombra y exposición solar, predominando plantaciones con niveles de sombrío medio (45%) y baja sombra (44%). La sombra más común es el guamo (60%), aunque es común la siembra como cultivos múltiples, donde predomina la asociación café con cambur, aguacate, mangos (15%).

Contrariamente a lo observado en la PHLL, el 48% de las UPC está constituido por plantaciones mayores a 10 años, que practican poda de renovación en el 63% de ellas y sustituyen al café afectado por los daños causados por la roya. Solo el 10% de los productores poseen cafetales jóvenes (menos de 5 años).

La principal variedad cultivada es Robusta de la especie *Coffea canephora*, seguido de la variedad Colombia 27. Casi las dos terceras partes de las UPC (63%) están sembradas con esas dos variedades. En cafetales de una sola variedad (22%), tres de cada cuatro productores prefieren la variedad Robusta (Figura 31), aunque las variedades arábicas son reportadas con mayor frecuencia entre los productores, las mayores áreas no corresponden a estas variedades. Quienes utilizan la variedad Robusta probablemente estén buscando resistencia a enfermedades y mayor producción.

Estas provienen de semilla no certificada (artesanal). La mayoría realiza sus propios viveros y solo el 3% manifestó comprar plántulas de café a vecinos.

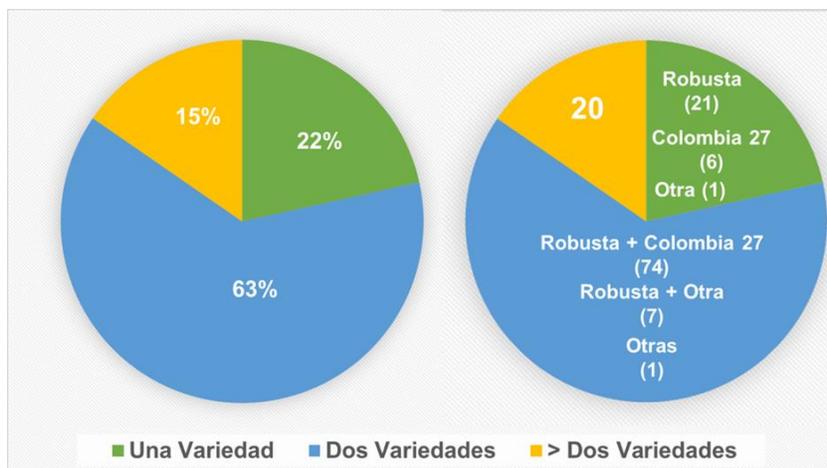


Figura 31. Utilización de las principales variedades de café. Parroquia Yacambú

Manejo agronómico: Los elevados costos y la escasez de insumos han impactado negativamente la realización de labores culturales, especialmente el control fitosanitario que está ausente en 98% de las UPC. No obstante, casi todos los productores aplican abono edáfico, sin análisis de suelo, por lo menos una (58%) o dos (29%) veces al año, bien sea a entrada de lluvias y/o al final de la cosecha. El 12% de los productores no fertilizan su cultivo.

Es de opinión general el aumento de plagas y enfermedades en años recientes. Entre ellas las comunes son: el pulgón - *Aphis coffeae* – (42%), la broca, la roya del café y también se reportan ataques de hormigas (11 %), posiblemente asociadas a la presencia de palomillas (cochinillas) (Figura 32)

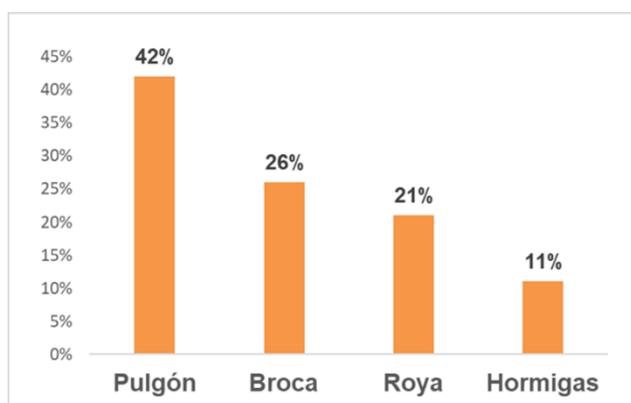


Figura 32. Principales plagas y enfermedades del café. Parroquia Yacambú

Cosecha: aunque predomina la cosecha en forma selectiva, recolectando los frutos maduros y dejando los verdes hasta alcanzar su madurez, esta solo se realiza en el 61% de las UPC. El beneficio común es por vía seca, de tipo natural (91%), y la clasificación predominante es corriente. La mayoría procesa directamente el café, sin intermediarios (97%).

En más del 90% de las UPC bajo estudio, los rendimientos en la producción de café están por debajo del promedio del municipio AEB de 14 qq/ha (MPPATP, 2022), como consecuencia de la edad de los cafetales y su inadecuado manejo.

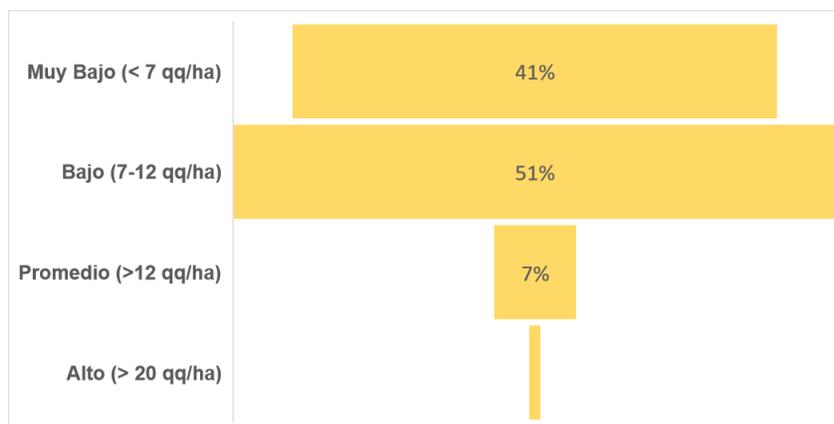


Figura 33. Rendimientos promedio de café pergamino. Parroquia Yacambú.

- Dimensión socioeconómica

Postcosecha y comercialización: el beneficio común es por vía seca, de tipo natural (91%), y la clasificación predominante es corriente. La mayoría procesa directamente el café, sin intermediarios (97%). Las ventas se hacen “a puerta de finca”, a intermediarios o comerciantes de la zona, aunque también a acopiadores conocidos, pertenecientes a alguna organización local.

Servicios:

La radio es el dispositivo eléctrico más utilizado (97%) y el 27% cuenta con 26,92% teléfono móvil.

Como combustible para cocina predomina la leña (97%), destacando que este se usa todos los días. También se emplea cocina a gas en la temporada de lluvias. manifestó que utiliza como alternativa el gas.

Aproximadamente, la mitad de las UPC (45%) cuenta con servicio de acueducto, mientras que el 32% se provee de agua de quebradas, nacientes o lagunas. También se surten de pozos (21%).

El medio de transporte común es la moto (64%), aunque también utilizan el transporte público (23%) o servicios privados (10%)

Seguridad alimentaria: prácticamente el café es el único cultivo, aunque un grupo pequeño (9%) tienen animales de cría: aves y cerdos.

Capacitación y Organización: en cuanto a programas de formación y capacitación para los productores de café solo el 27% indica haber recibido alguna capacitación y asistencia técnica, con el apoyo de organizaciones en la zona, donde más del 50% está afiliado. El 57% de los productores tienen poco conocimiento sobre el Cambio Climático, y un 43% reconoce no tener algún tipo de conocimiento sobre el tema. El 86% reconoce un mayor calor durante el día y el 14% durante la noche.

4.4. Aptitud edafoclimática de las tierras del eje cafetalero sureste del estado Lara ante el cultivo de café.

4.4.1. Aptitud según los parámetros climáticos.

Aptitud según la precipitación media anual.

Según la precipitación media anual correspondiente al período histórico, la mayor parte del área de estudio califica como apta. Una pequeña zona en el centro-noroeste (hacia la localidad de Guarico), y el extremo oeste califican de moderadamente aptas. La primera por déficit de precipitación, y la segunda por exceso de ella (Figura 34).

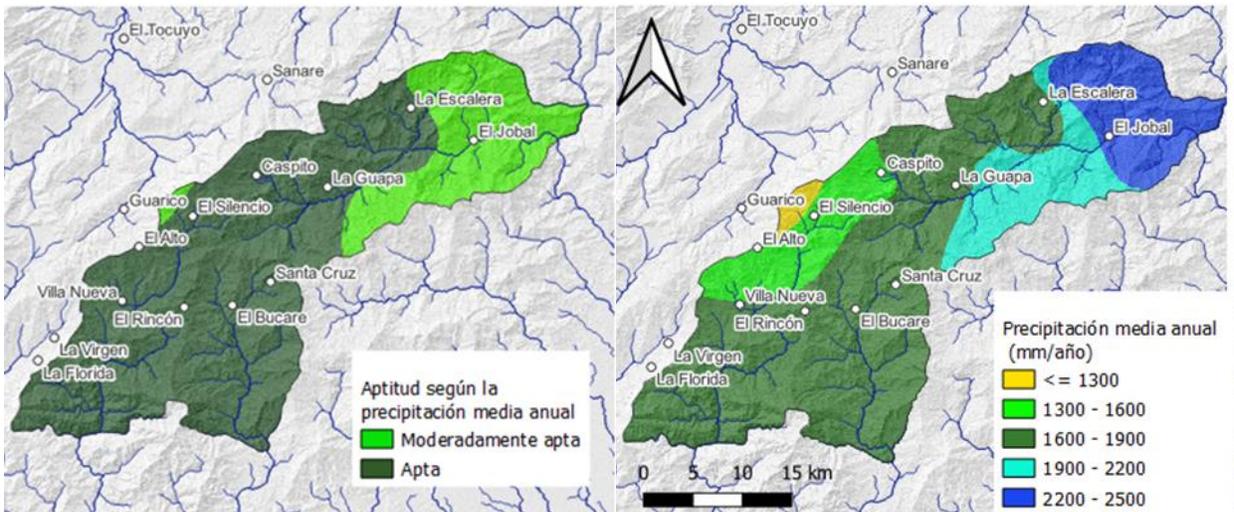


Figura 34. Precipitación media anual y clases de aptitud en el período histórico.

En los escenarios futuros de Cambio Climático, dadas las reducciones estimadas en la precipitación, la aptitud de las tierras se perjudica notablemente.

Con el modelo Mohc-Hadgem2-ES (Figura 35), se estima desaparición casi total de las áreas aptas, y la aparición de áreas marginalmente aptas y no aptas considerables, en especial, en los sectores suroeste (PHLL), y noreste (PY, y en menor medida, la Parroquia Pío Tamayo).

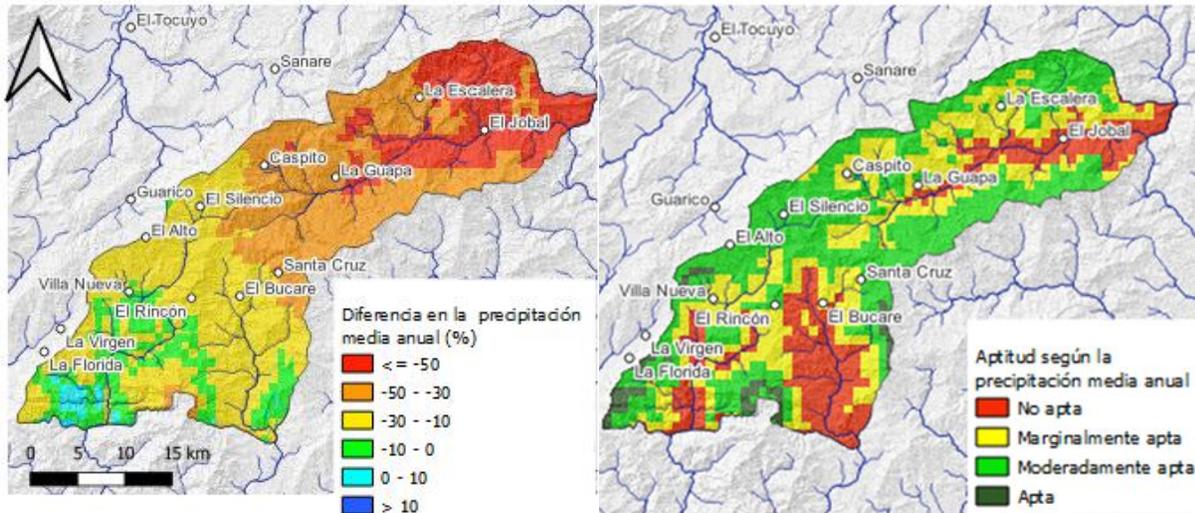


Figura 35. Diferencia en la precipitación media anual y clases de aptitud en el escenario 2041 – 2060, RCP 4.5, modelo Mohc-Hadgem2- ES.

Con el modelo MPI-ESM-LR (Figura 36), dada reducciones en la precipitación menos severas, se mantienen las tierras aptas por precipitación anual hacia el suroeste (PHLL), mientras que el área central se degrada a moderadamente apto principalmente (Parroquias Guarico y Pío Tamayo), y el extremo noreste (PY) lo hace también a áreas marginalmente aptas.

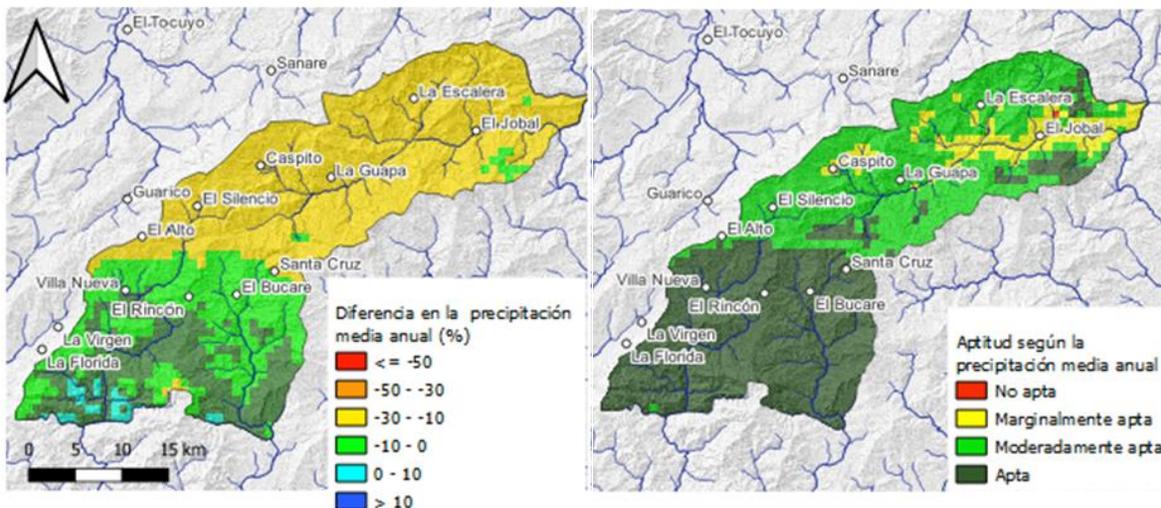


Figura 36. Diferencia en la precipitación media anual y clases de aptitud en el escenario 2041 – 2060, RCP 4.5, modelo MPI-ESM-LR.

Aptitud según la temperatura máxima promedio anual.

Durante el período histórico, la mayor parte del área de estudio (más de 900 m de altitud) calificó como apta en cuanto a la temperatura máxima promedio anual. Por debajo de los 900 m de altitud, la aptitud corresponde con moderadamente apta, y marginalmente apta bajo los 550 m (Figura 37).

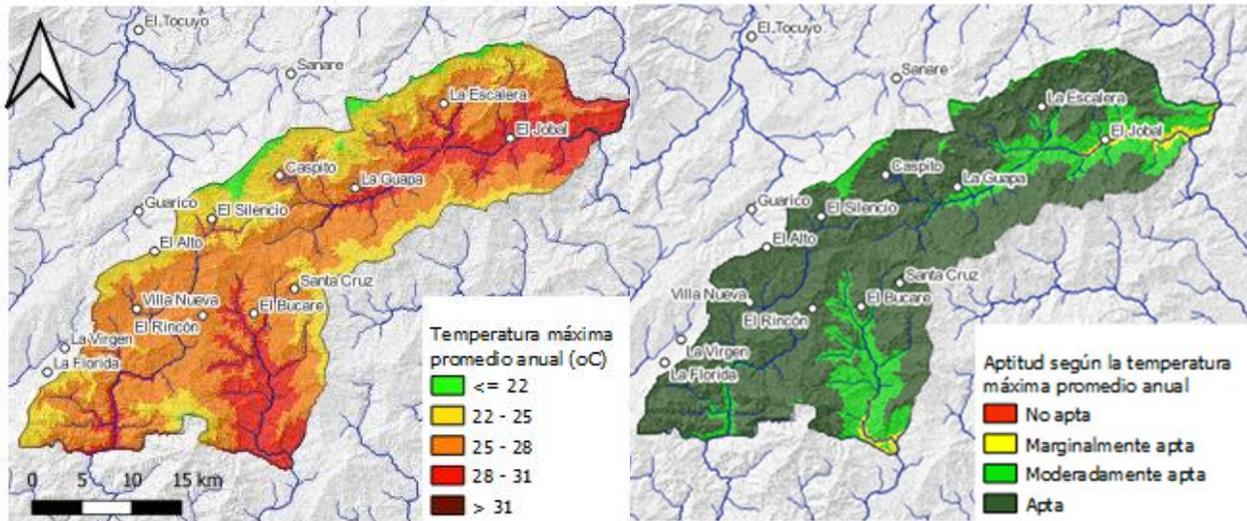


Figura 37. Temperatura máxima promedio anual y clases de aptitud en el período histórico.

En el escenario futuro de Cambio Climático, las clases de aptitud moderada y marginalmente apta ganan espacio al aumentar la altitud de sus límites. Con ambos modelos climáticos, la clase moderadamente apta podría extenderse hasta altitudes aproximadas de 1000 m, mientras que la marginalmente hasta los 650 m. Con el modelo Mohc-Hadgem2-ES, al estimar mayores incrementos en la temperatura (de hasta 2 °C), la extensión en altitud de estas clases de aptitud es mayor que con el modelo MPI-ESM-LR (Figura 38 y Figura 39).

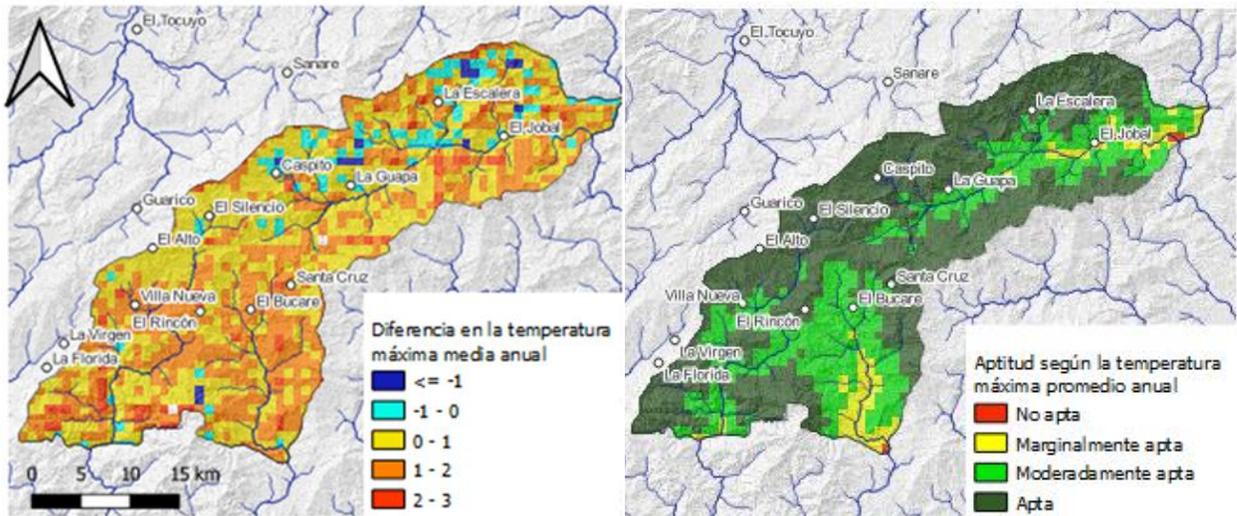


Figura 38. Diferencia en la temperatura máxima promedio anual y clases de aptitud en el escenario 2041 – 2060, RCP 4.5, modelo Mohc-Hadgem2- ES.

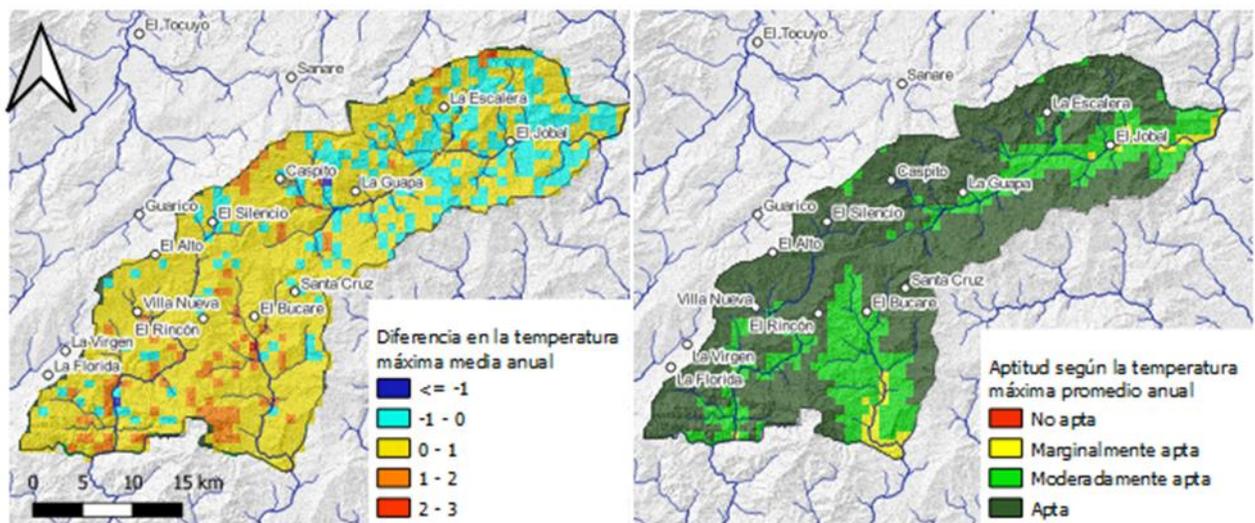


Figura 39. Diferencia en la temperatura máxima promedio anual y clases de aptitud en el escenario 2041 – 2060, RCP 4.5, modelo MPI-ESM-LR.

Aptitud según la temperatura media promedio anual.

La mayor parte del área de estudio (por encima de 900 m de altitud), resultó apta en términos de la temperatura media promedio anual. Para altitudes inferiores a ese límite, la aptitud corresponde con la clase moderadamente apta. Sólo una fracción muy pequeña del área de estudio califica de marginalmente apta en cuanto a temperatura media (por debajo de 500 m de altitud) (Figura 40).

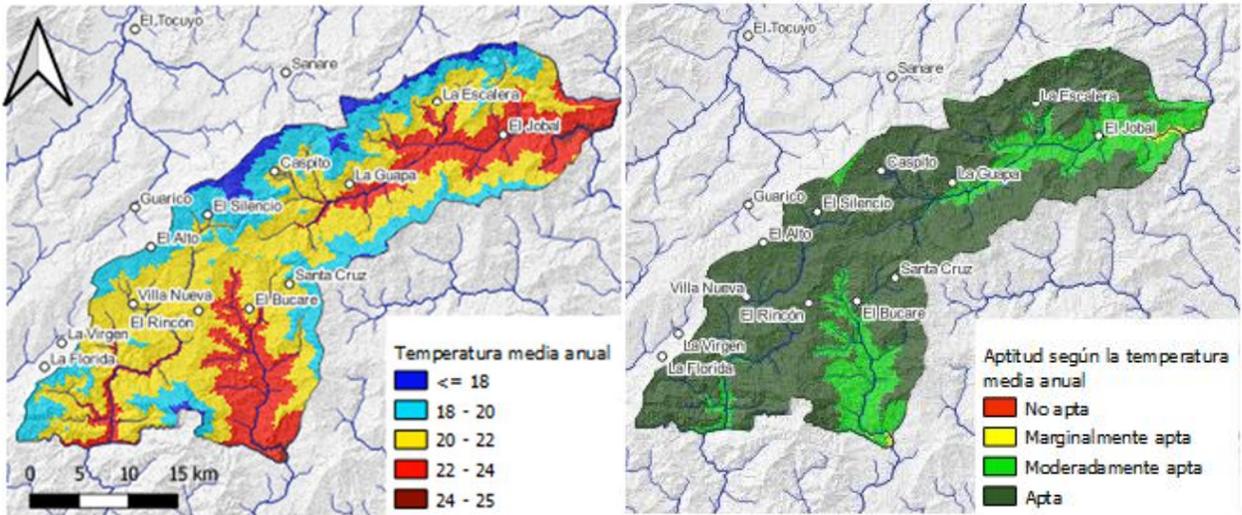


Figura 40. Temperatura media promedio anual y clases de aptitud en el período histórico.

En el escenario futuro, según el modelo Mohc-Hadgem2-ES, dados incrementos de temperatura media de hasta 4 °C, aún a altitudes aproximadas de 900 m, las tierras pueden calificar de no aptas, con el límite de las tierras aptas desplazado hacia los 1400 m (Figura 41). Según el modelo MPI-ESM-LR, que estima incrementos de temperatura menores, las tierras no aptas pueden alcanzar los 750 m de altitud, y las aptas, restringirse a altitudes superiores a 1200 m (Figura 42).

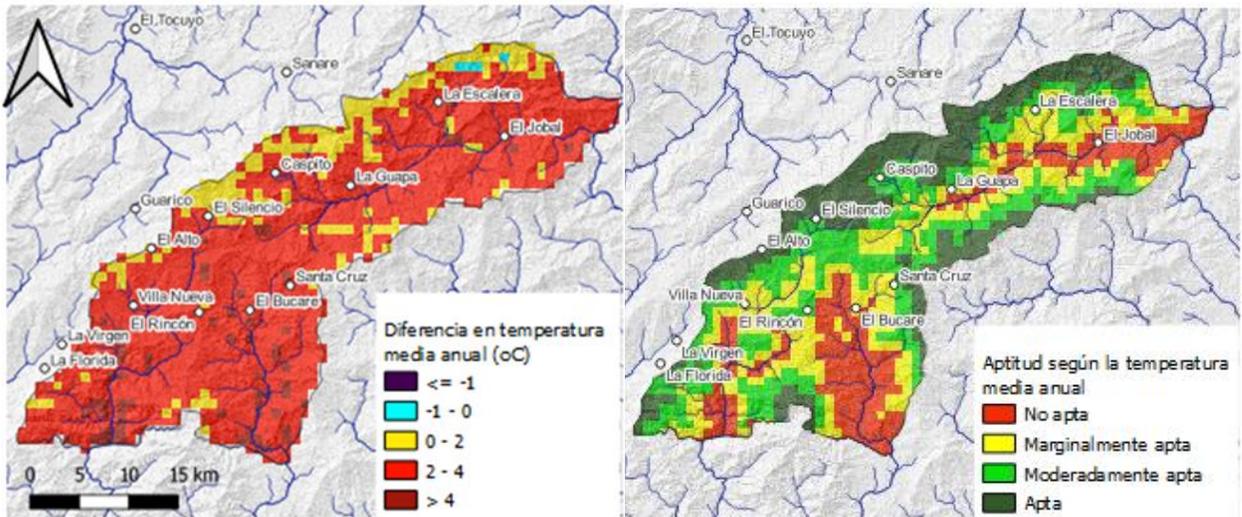


Figura 41. Diferencia en la temperatura media promedio anual y clases de aptitud en el escenario 2041 – 2060, RCP 4.5, modelo Mohc-Hadgem2- ES.

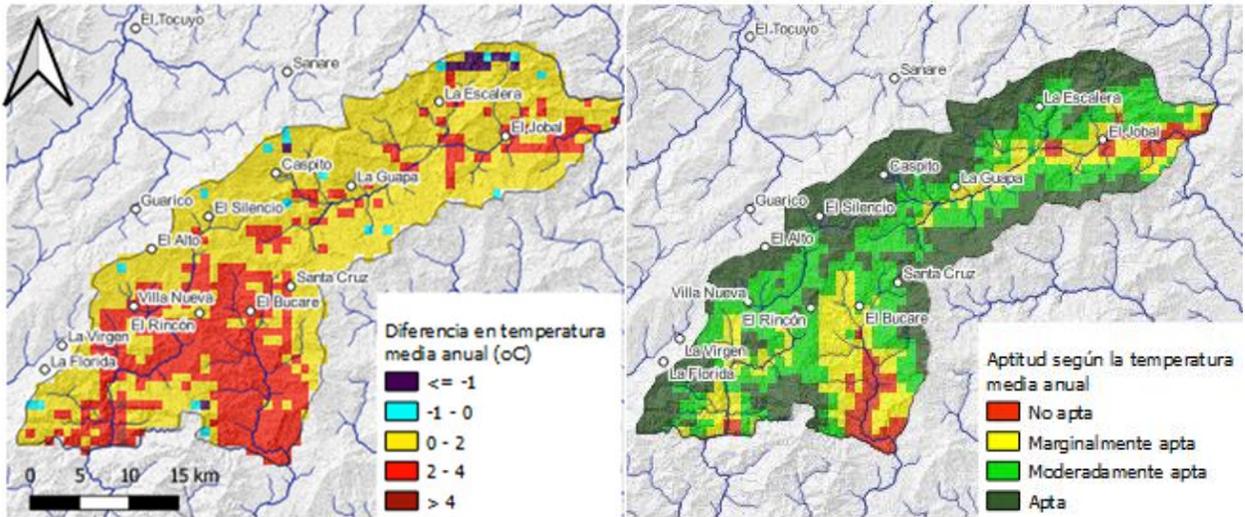


Figura 42. Diferencia en la temperatura media promedio anual y clases de aptitud en el escenario 2041 – 2060, RCP 4.5, modelo MPI-ESM-LR.

Aptitud según la temperatura mínima promedio del mes más frío (Enero).

Casi toda el área de estudio resultó apta en cuanto a la temperatura mínima del mes más frío (en este caso, enero). Solamente una fracción menor, por debajo de 600 m de altitud resultó moderadamente apta (Figura 43).

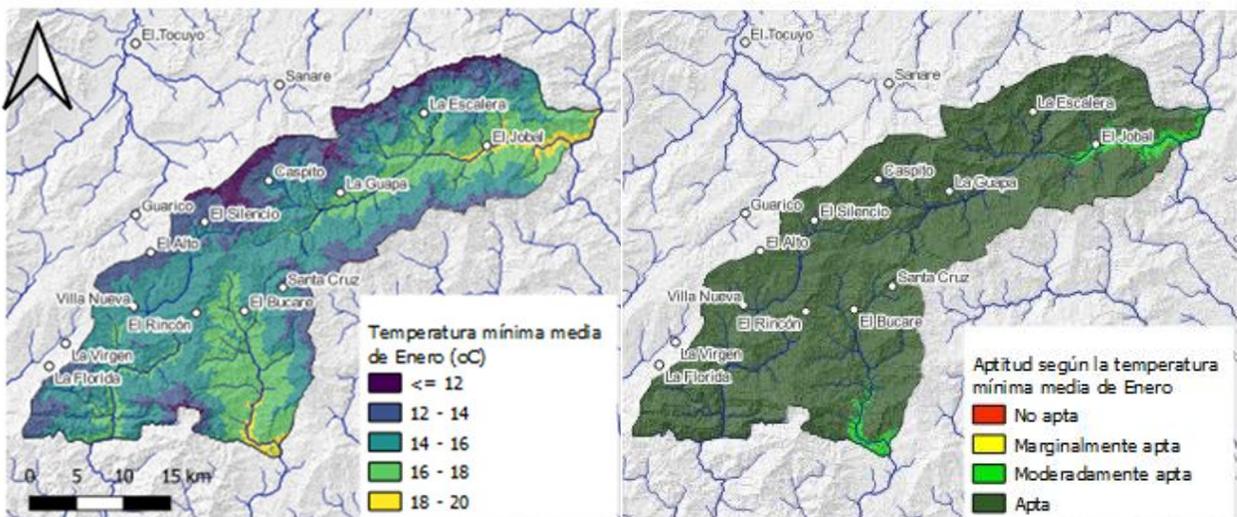


Figura 43. Temperatura mínima promedio del mes de enero y clases de aptitud en el período histórico.

En el escenario de clima futuro, con ambos modelos, dado incrementos de hasta 5 °C en la temperatura mínima de Enero, el área de moderada aptitud se extiende

notablemente, hasta una altitud de 1100 m, mientras que por debajo de 600 m la aptitud se degrada a marginal (Figura 44 y Figura 45).

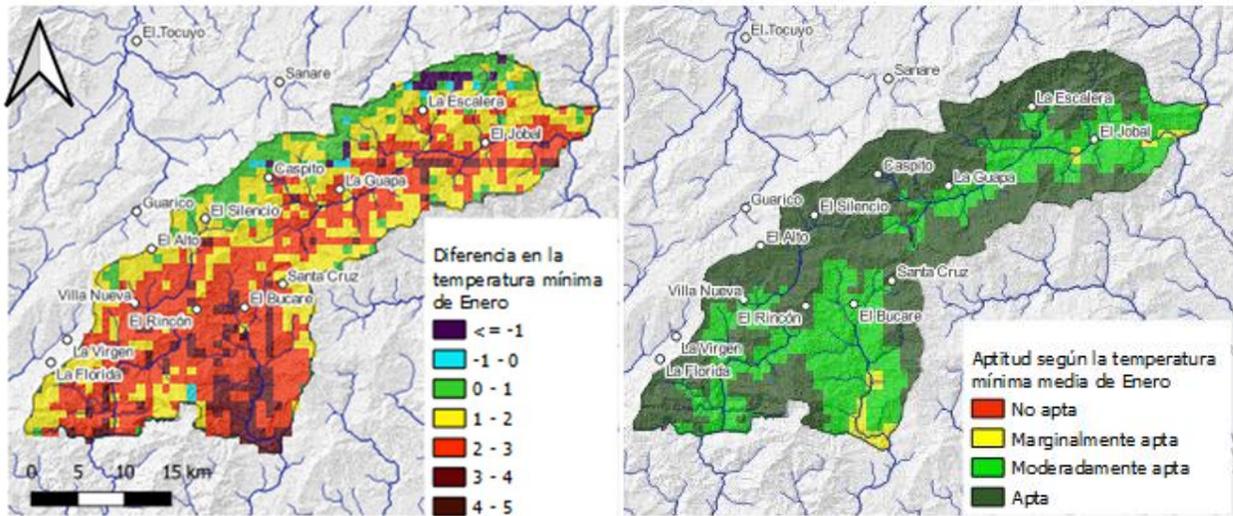


Figura 44. Diferencia en la temperatura mínima promedio del mes de enero y clases de aptitud en el escenario 2041 – 2060, RCP 4.5, modelo Mohc-Hadgem2- ES.

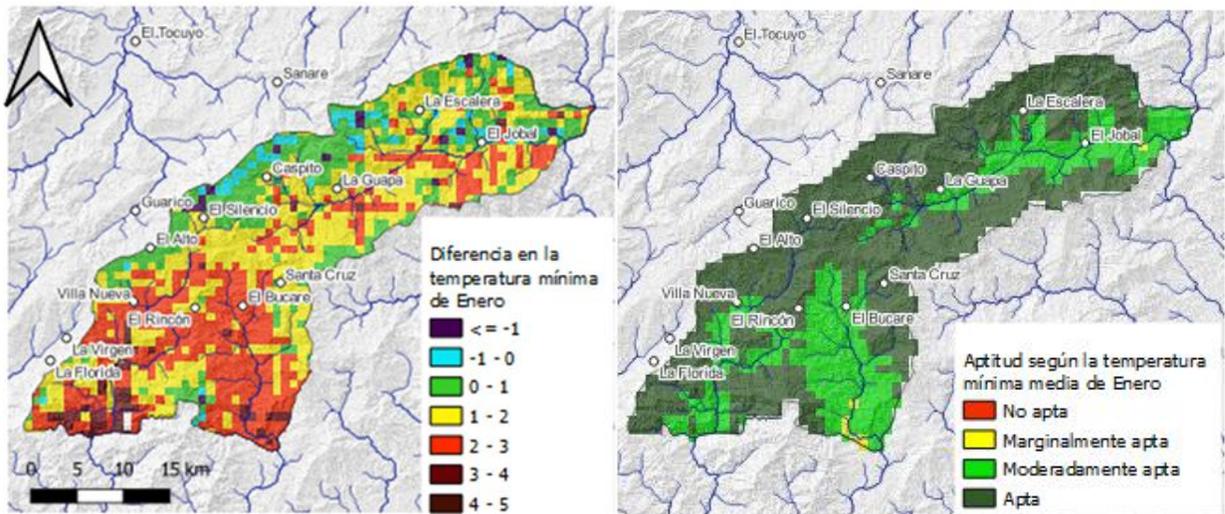


Figura 45. Diferencia en la temperatura mínima promedio del mes de enero y clases de aptitud en el escenario 2041 – 2060, RCP 4.5, modelo MPI-ESM-LR.

Aptitud según la duración del período seco.

El período seco no representa una limitación para la aptitud de las tierras, pues su duración, en general inferior a 90 días, y como máximo, de 107 días (Figura 46).

No obstante, en el escenario de clima futuro (y de manera similar con ambos modelos climáticos globales), el incremento estimado del período seco podrá ocasionar degradación de la aptitud (a moderada) en la zona noreste del área de estudio (Parroquia Pío Tamayo y PY) hasta altitudes que varían entre 950 y 1400 m aproximadamente (Figura 47 y Figura 48).

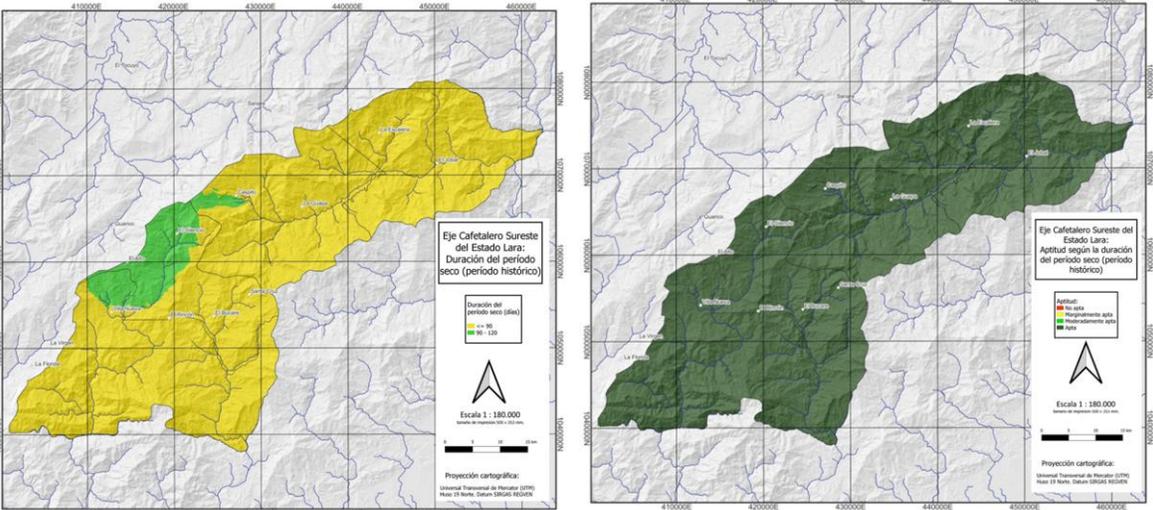


Figura 46. Duración del período seco y clases de aptitud en el período histórico.

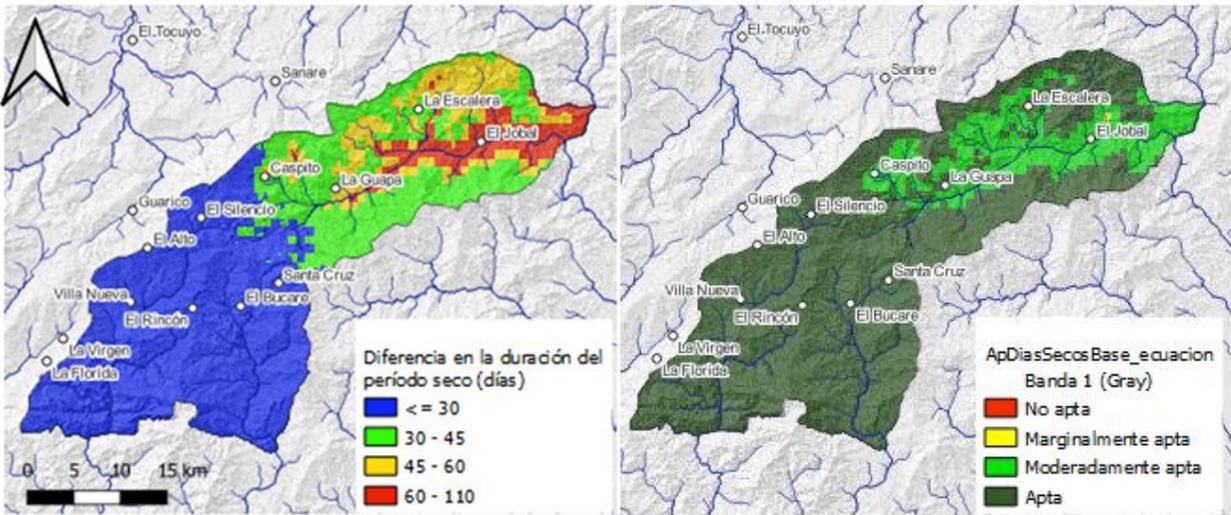


Figura 47. Diferencia en la duración del período seco y clases de aptitud en el escenario 2041 – 2060, RCP 4.5, modelo Mohc-Hadgem2- ES.

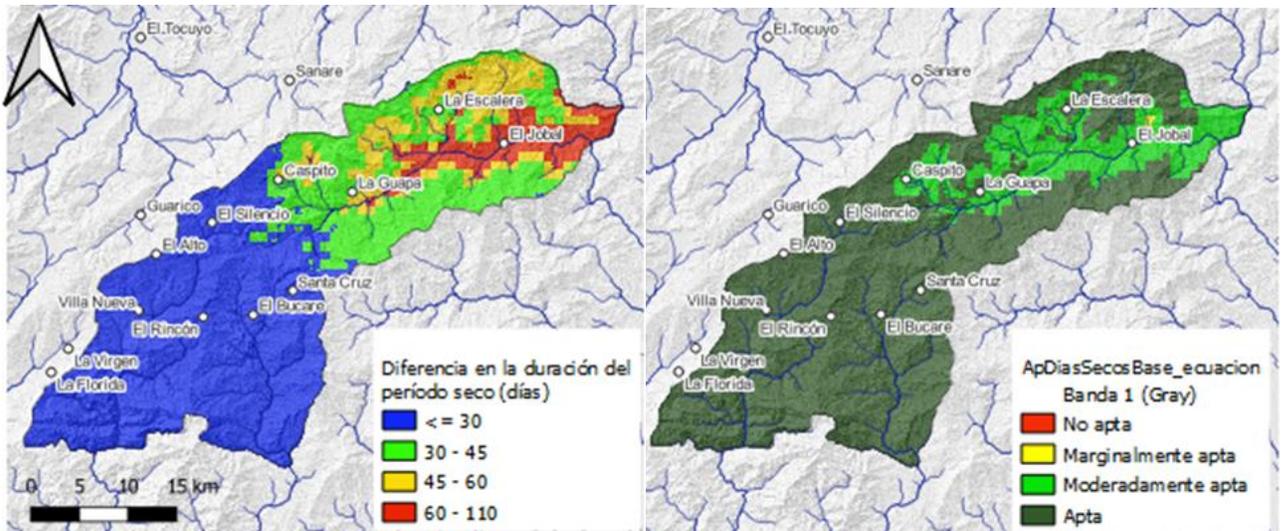


Figura 48. Diferencia en la duración del período seco y clases de aptitud en el escenario 2041 – 2060, RCP 4.5, modelo MPI-ESM-LR.

4.4.2. Aptitud climática.

Durante el período histórico, la aptitud climática resulta sin mayores restricciones en la mayor parte del área de estudio, aunque califica de moderada hacia el extremo este dadas las restricciones por exceso de lluvia en las zonas altas (sobre los 1000 m) y exceso de temperatura en las zonas más bajas. En los escenarios de Cambio Climático, esta moderada aptitud climática se degrada a marginal o no apta debido a la disminución de las precipitaciones (zona alta) e incrementos de temperatura (zonas bajas). Desde el centro hacia el suroeste, durante el período histórico, las zonas de moderada aptitud corresponden altitudes inferiores a 900 m, donde la restricción se debe a la temperatura. Igualmente, esta zona se degrada en aptitud dados, principalmente, incrementos de temperatura, con cambios en la precipitación comparativamente bajos, e incluso, con cierto aumento. Considerables fracciones de las zonas bajas de los valles calificarían de no aptas, así como de marginalmente las laderas medias (Figura 49).

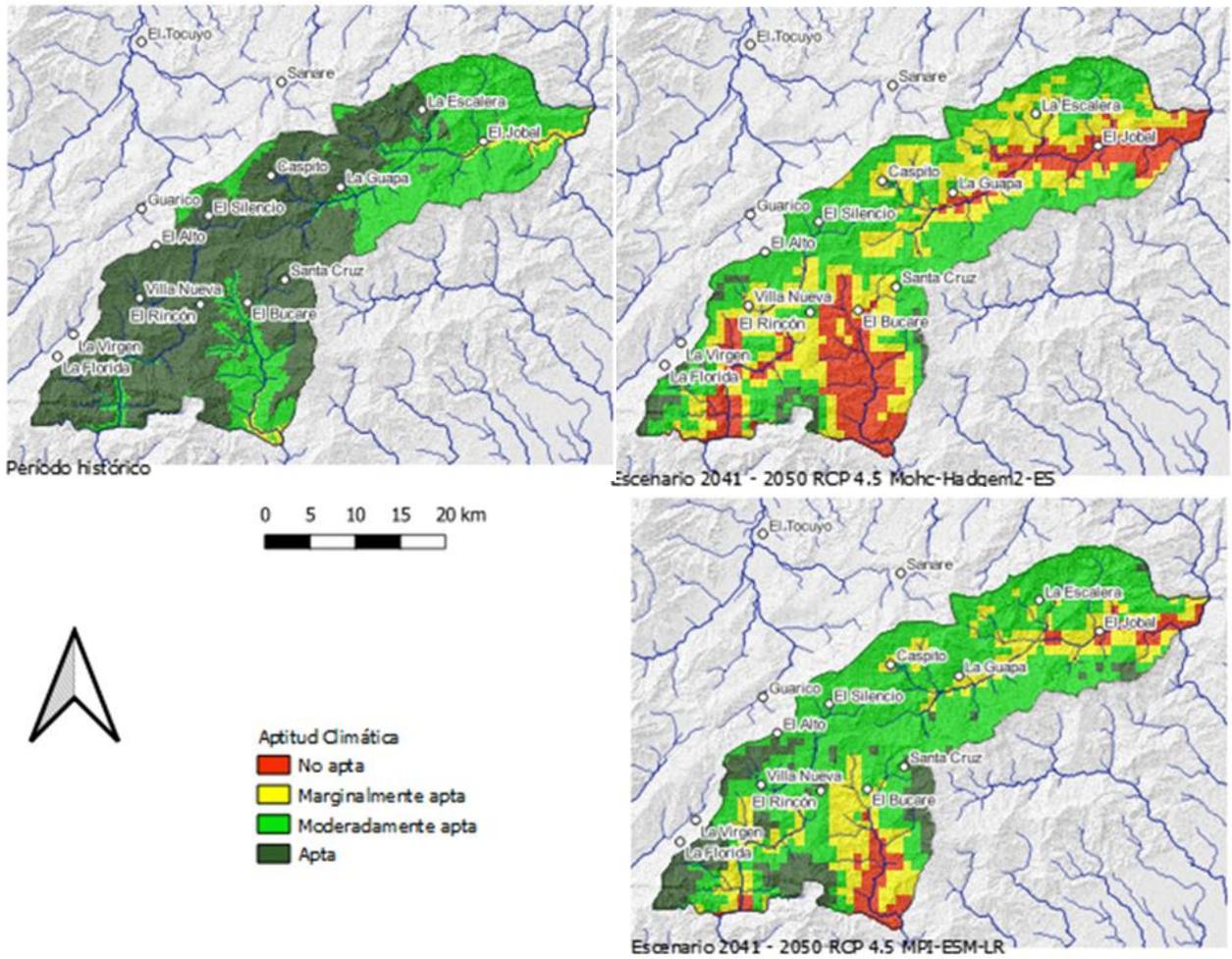


Figura 49. Aptitud climática en los escenarios históricos y de cambio climático.

NOTA:

Para mejor observación de los mapas, se pueden ampliar colocando el cursor dentro de la imagen y haciendo clic



4.4.3. Aptitud según el suelo.

En casi toda el área de estudio los suelos resultaron moderadamente aptos para el cultivo del café. De los atributos de suelo considerados, el contenido de carbono orgánico podría ser el más limitante (Figura 50). La reacción del suelo, aunque ácida, no resultó particularmente limitante, mientras que las fracciones texturales (contenidos de arcilla, limo y arena) no se consideraron limitantes dado que los límites superiores e inferiores de todas ellas correspondían con las texturas aptas para el cultivo del café.

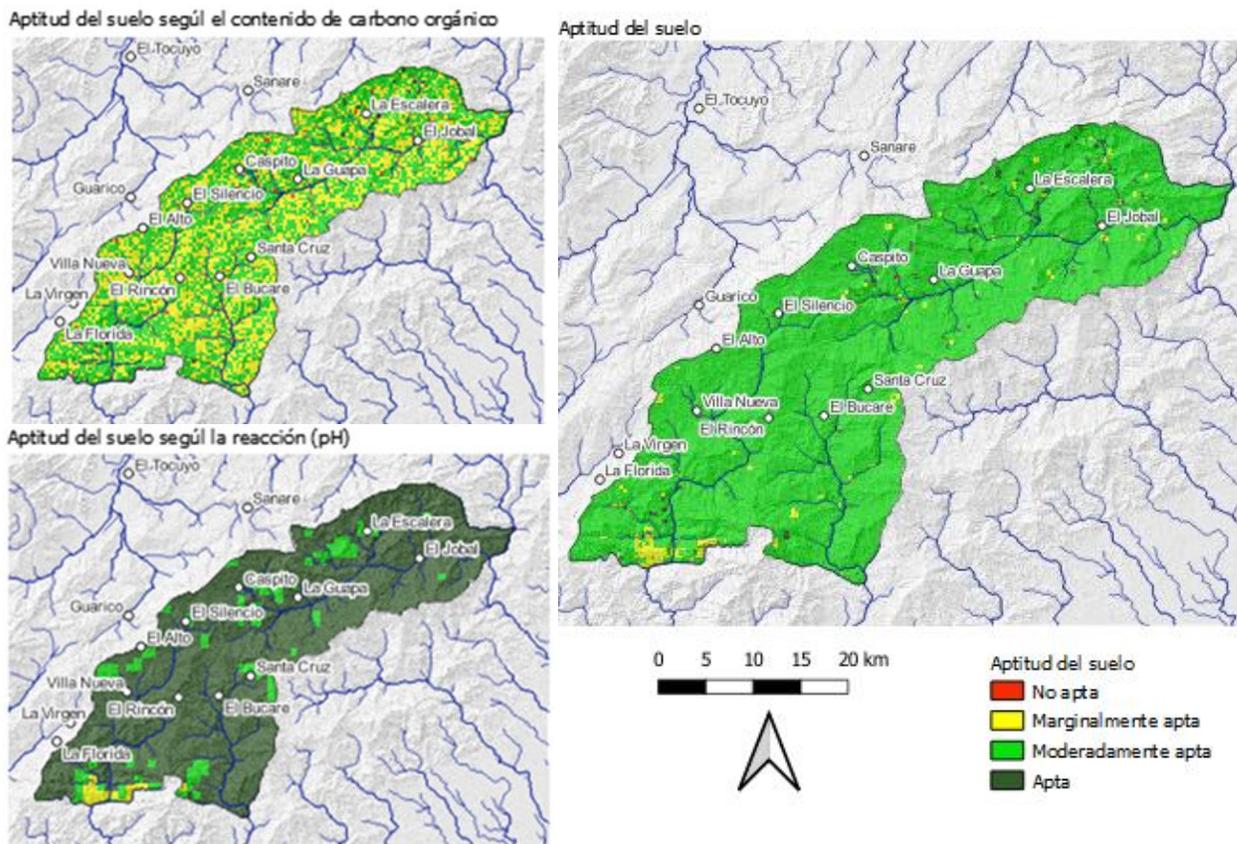


Figura 50. Aptitud del suelo

4.4.4. Aptitud edafoclimática de las tierras.

En general, la aptitud edafoclimática de las tierras del área de estudio, que resultó en su mayor parte moderadamente apta y apta (91 y 7% respectivamente), en el escenario de Cambio Climático futuro se degrada, dependiendo del modelo climático global, a no apta (entre 6 y 26%) y marginalmente apta (entre 22 y 32%). Menos del 1,5% de las tierras mantendría su condición de apta (Figura 51).

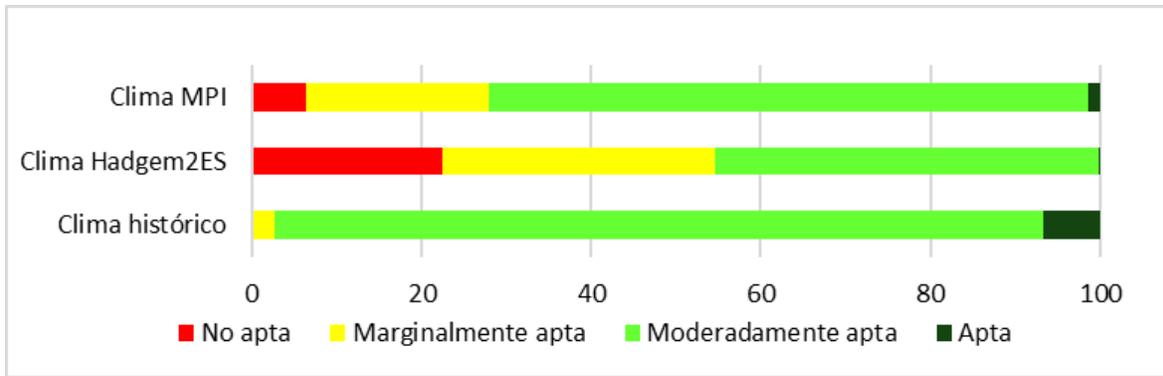


Figura 51. Distribución relativa de la aptitud edafoclimática de las tierras en los escenarios históricos y de Cambio Climático.

Para el escenario de clima histórico, la aptitud edafoclimática de las tierras resulta moderada en la mayor parte del área de estudio. Ello es consecuencia de las limitaciones climáticas (que son definitivas), y, en caso de áreas bajo clima apto, de restricciones en el suelo. No obstante, existe cierta concentración de áreas aptas en las cercanías y al este de Villanueva (PHLL), que sería entonces la zona de mejor aptitud dentro del área de estudio. Solo una pequeña fracción localizada en los valles más bajos calificaría de marginalmente apta (Figura 52). En los escenarios de Cambio Climático, las áreas aptas (localizadas al sur) desaparecen, para degradarse, por razones de temperatura, en una alta proporción de tierras no aptas. Igual ocurre en la zona noreste (hacia la PY), la aptitud moderada de las tierras se degrada a importantes proporciones de tierras de aptitud marginal y no aptas, en este caso, por incremento de la temperatura y reducciones en la precipitación.

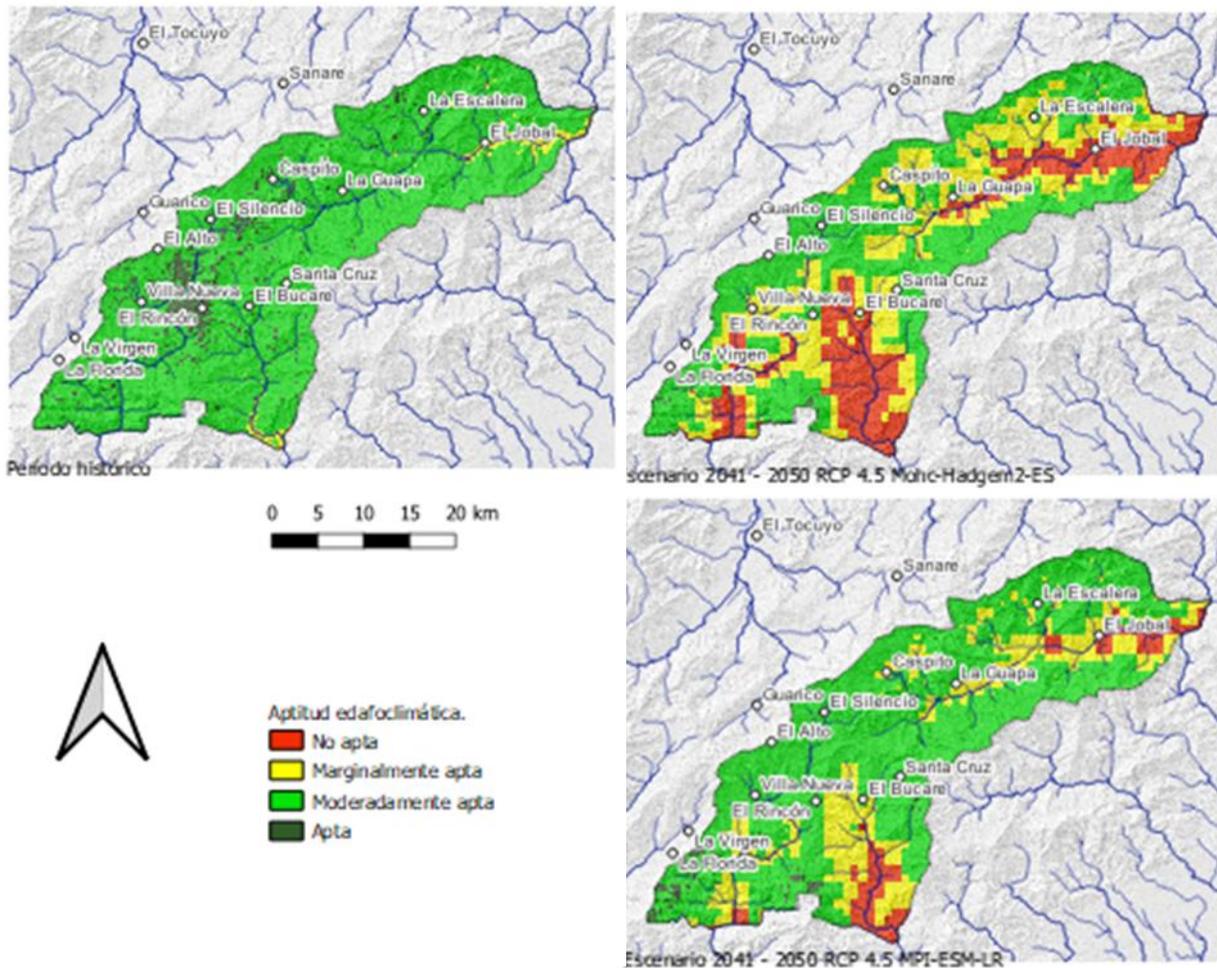


Figura 52. Aptitud edafoclimática.

4.4.5. Distribución de la aptitud edafoclimática por parroquias.

Las diversas parroquias dentro del área de estudio verían afectada la aptitud climática de sus tierras de manera distinta entre ellas. La Parroquia Guarico, que en el escenario de clima histórico tiene la mayor fracción de tierras aptas (18%), la disminuiría a menos del 1%. La PHLL, con una proporción de 7% de tierras aptas, disminuiría a menos de 4% en el escenario de Cambio Climático. En la Parroquia Pío Tamayo y PY, de 4 y 1%, respectivamente de tierras aptas, se pasaría a menos de 0,5%. Se hace destacar, que, en la PHLL, a pesar de mantener cierta proporción de tierras aptas, y en la PY, se daría paso a mayores proporciones de tierras no aptas en comparación con las otras dos parroquias (Figura 53).

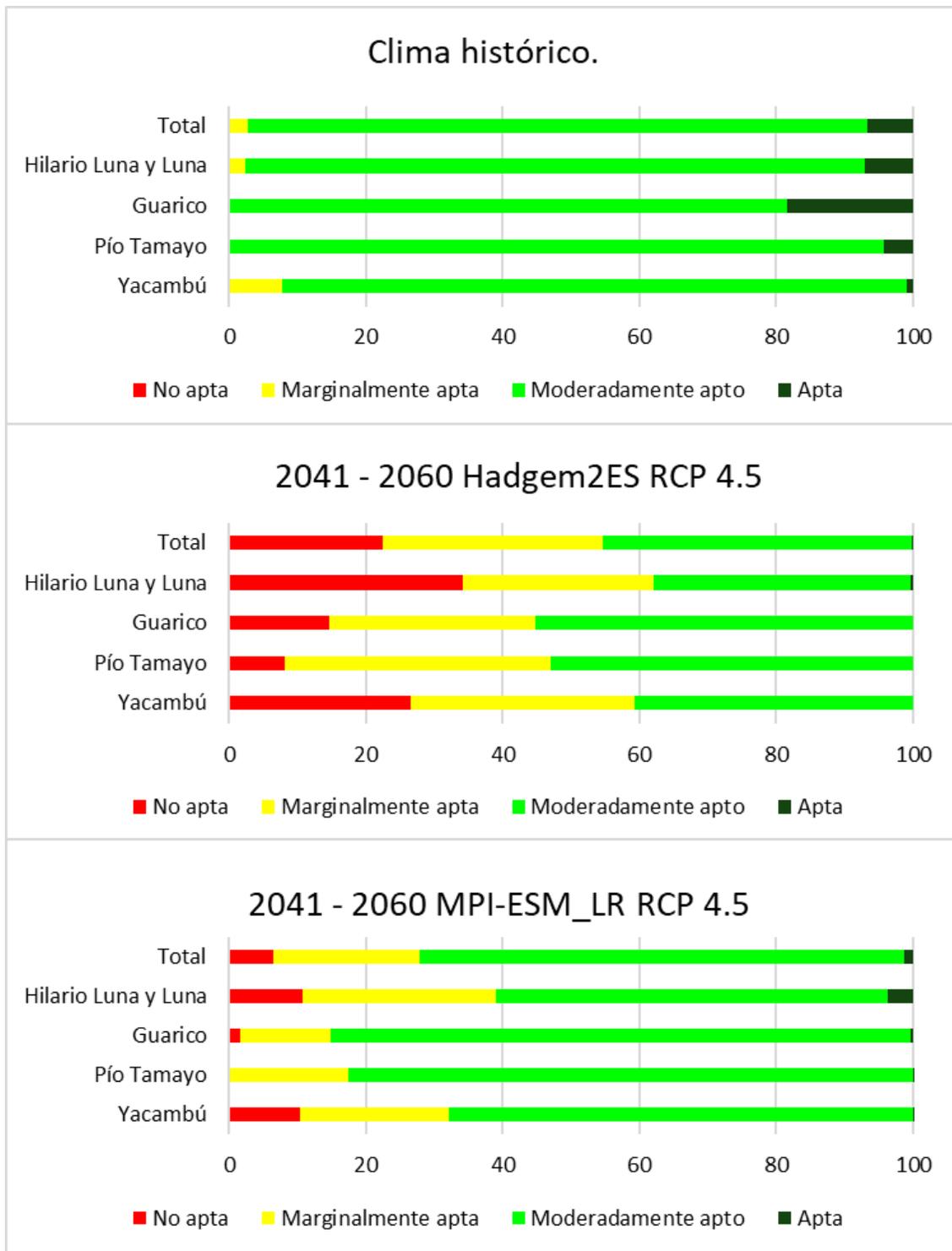


Figura 53. Distribución relativa según la parroquia de la aptitud edafoclimática de las tierras en los escenarios históricos y de Cambio Climático.

4.4.6. Distribución de la aptitud edafoclimática en las UPC de las Parroquias Hilario Luna y Luna y Yacambú.

Del total de parcelas productoras de café identificadas en las dos Parroquias (2558 parcelas), de una proporción muy baja de aptitudes marginal y no apta (menos de 6%) en el período histórico, en los escenarios de Cambio Climático pasan a ser alrededor entre 30 y 60% con estas clases de aptitud. Ello implica que entre 765 y 1500 parcelas cafetaleras podrían verse obligadas a cambiar de uso de la tierra. Complementariamente, de 85% de parcelas ubicadas en tierras moderadamente aptas, permanecería menos del 40% en los escenarios de Cambio Climático (alrededor de 1000 parcelas). Las parcelas ubicadas en tierras aptas (sólo existentes en la PHLL), de representar 16%, se reducirían a menos de 6% (Figura 54). En general, solo las parcelas ubicadas sobre 1000 m de altitud podrían mantener una aptitud moderada, y las pocas aptas por encima de 1400 m. Por debajo de 750 m las parcelas degradarían su aptitud a no aptas (aunque según el modelo Mohc-Hadgem2-ES la mayoría lo haría a por debajo de 1000 m) (Figura 55, Figura 56).

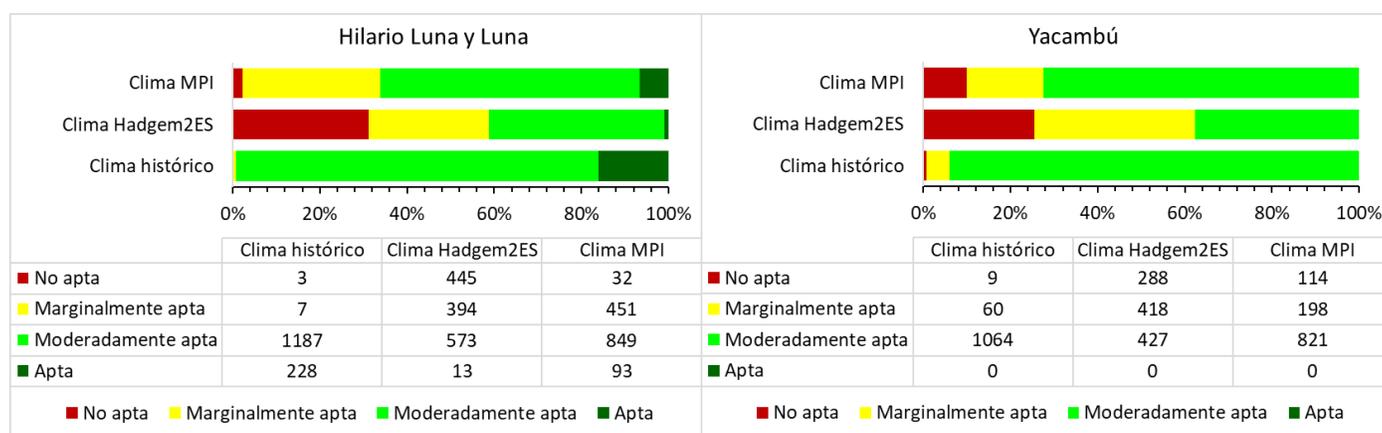


Figura 54. Distribución de la aptitud edafoclimática entre las parcelas de producción de café en las Parroquias Hilario Luna y Luna y Yacambú (gráfico: % de parcelas, cuadro: número de parcelas).

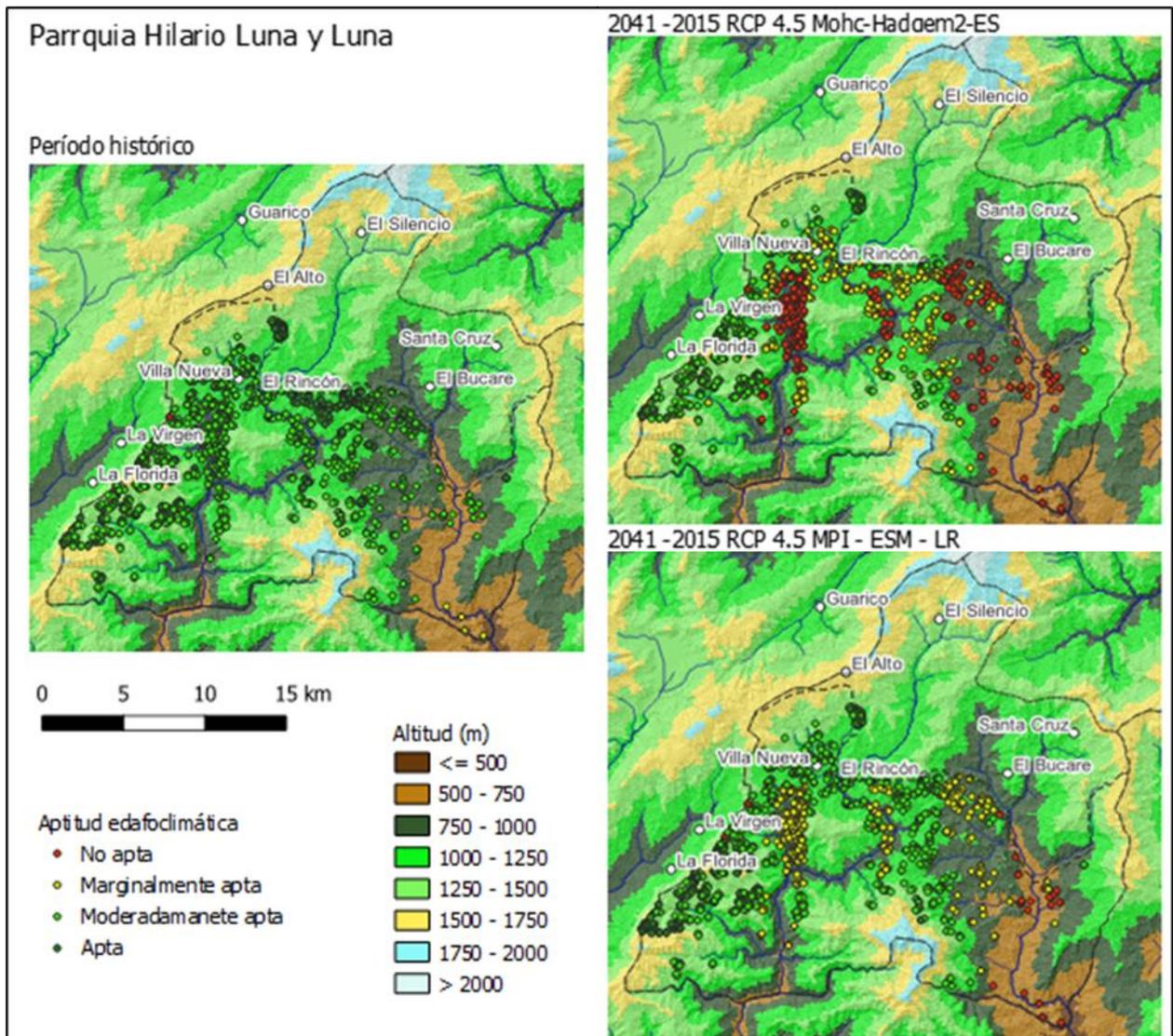


Figura 55. Aptitud edafoclimática de las parcelas de producción de café en la Parroquia Hilario Luna y Luna.

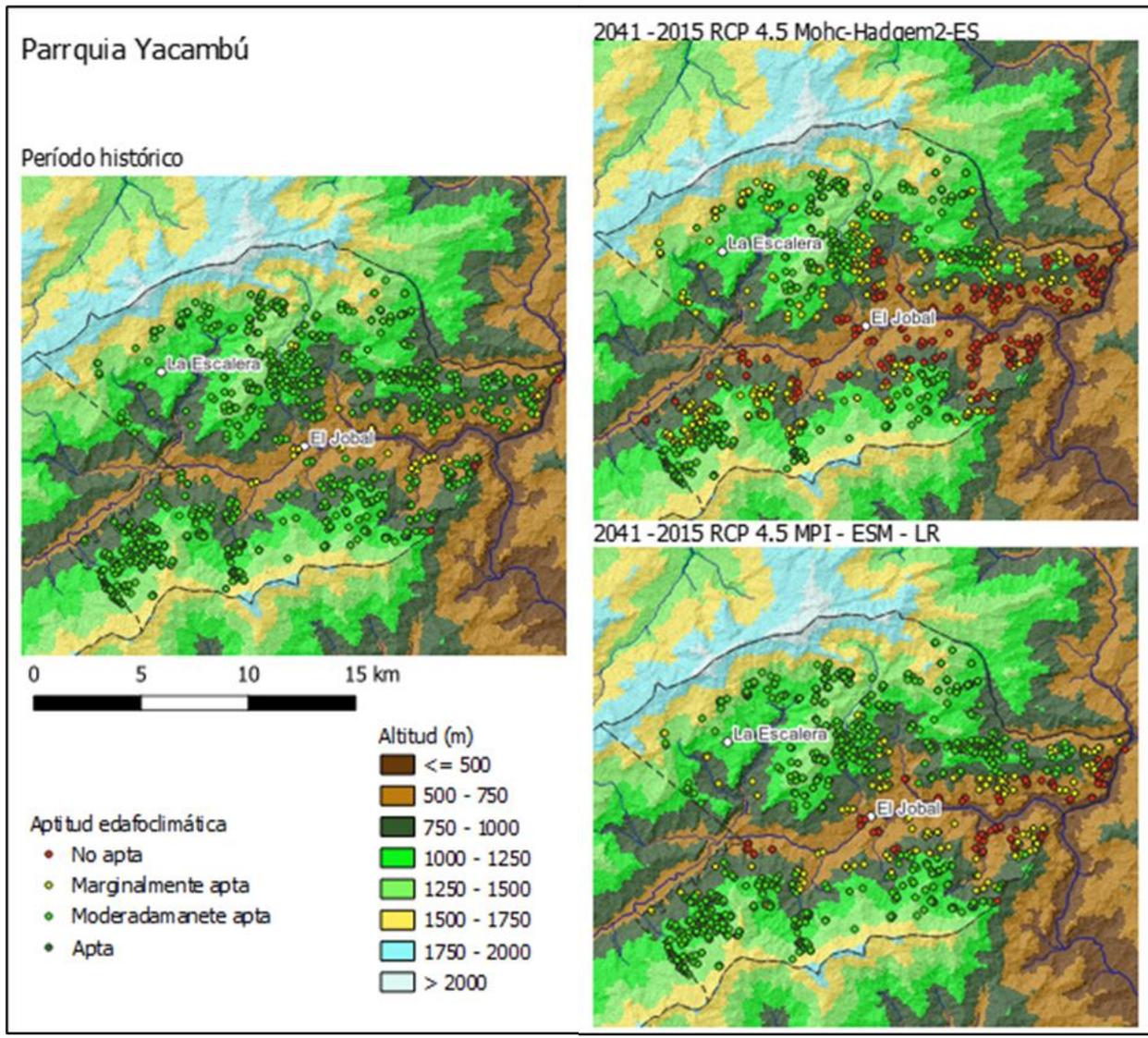


Figura 56. Aptitud edafoclimática de las parcelas de producción de café en la Parroquia Yacambú.

Evaluación participativa de la Vulnerabilidad y Adaptabilidad al Cambio Climático.

Tal como se muestra en el siguiente gráfico de dispersión (Figura 57), los IVCC obtenidos tienden a ser mayores en la PHLL, y por lo tanto su Capacidad Adaptativa al CC, en comparación con los calculados para la PY. Sin embargo, los resultados de Prueba de Shapiro-Wilk arrojan que la distribución de esos valores no es normal.

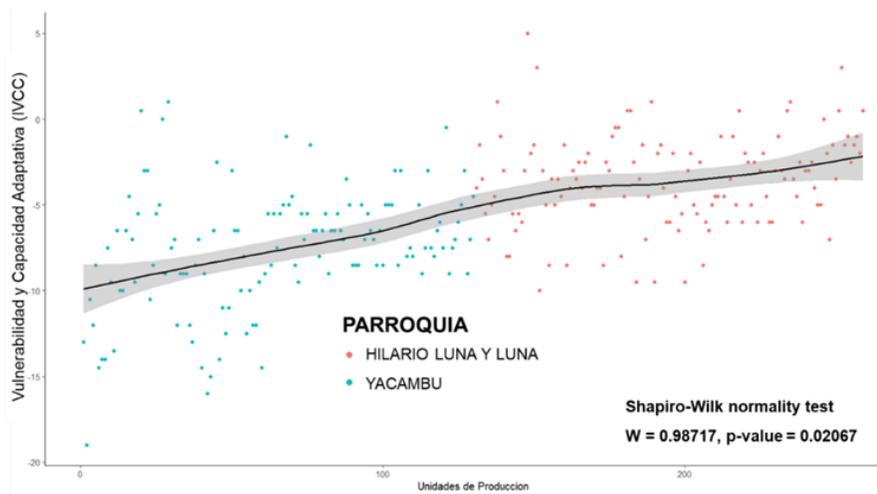


Figura 57. Dispersión del Índice de Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa al CC. Parroquias Yacambú e Hilario Luna y Luna.

Debido a este tipo de distribución, se utilizará en la descripción como estimador, a la mediana (Figura 58).

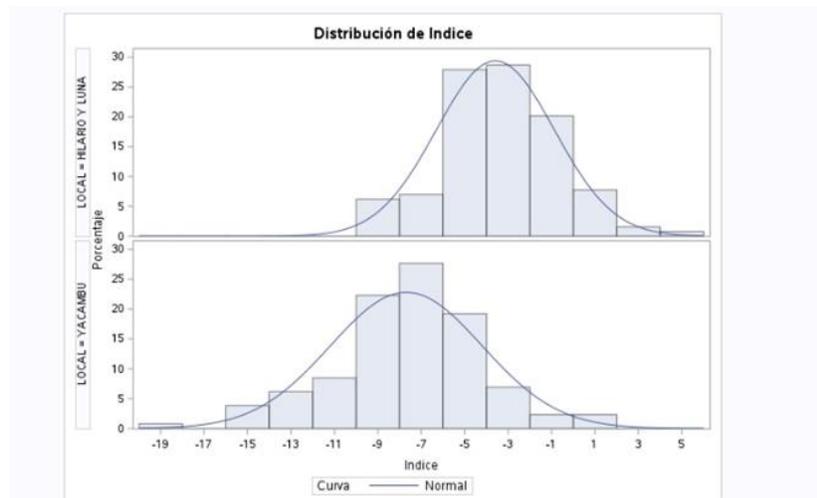


Figura 58. Distribución del Índice de Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa al CC. Parroquias Yacambú e Hilario Luna y Luna.

El valor de la mediana de los IVCC de la PHLL (-3,5) es el más del doble del valor de ésta en la PY (-7,5), lo que las ubica en distintas Categorías de Vulnerabilidad y

Capacidad Adaptativa, como se mencionó con anterioridad (Tabla 11). En el caso de la PY (mediana -7,5) sus valores son más bajos, lo que refleja una Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa Crítica, mientras que las UPC de los sectores estudiados en la PHLL (mediana -3,5), los IVCC indican una Vulnerabilidad (menor) y Capacidad Adaptativa Medianamente Crítica (superior). Esta tendencia se puede visualizar mejor en el siguiente gráfico de diagrama de cajas (Figura 59), donde el valor de la mediana de los IVCC de la PH (-3,5) es el más del doble del valor de esta en la PY (-7,5), lo que las ubica en distintas categorías de vulnerabilidad, con menor Vulnerabilidad y Mayor Capacidad al CC a las UPC localizadas en la PHLL.

Tabla 11. Estadísticas de variación del Índice de Vulnerabilidad

Análisis de variables: Índices									
Parroquia	N. Obs.	Media	Des. Est.	Mínimo	Máximo	Mediana	N	Error Std	Coef. De variación
Hilario Luna y Luna	129	-3.59	2.71	-10.00	5.00	-3.5	129	0.24	-75.71
Yacambú	130	-7.69	3.49	-19.00	1.00	-7.5	130	0.30	-45.45

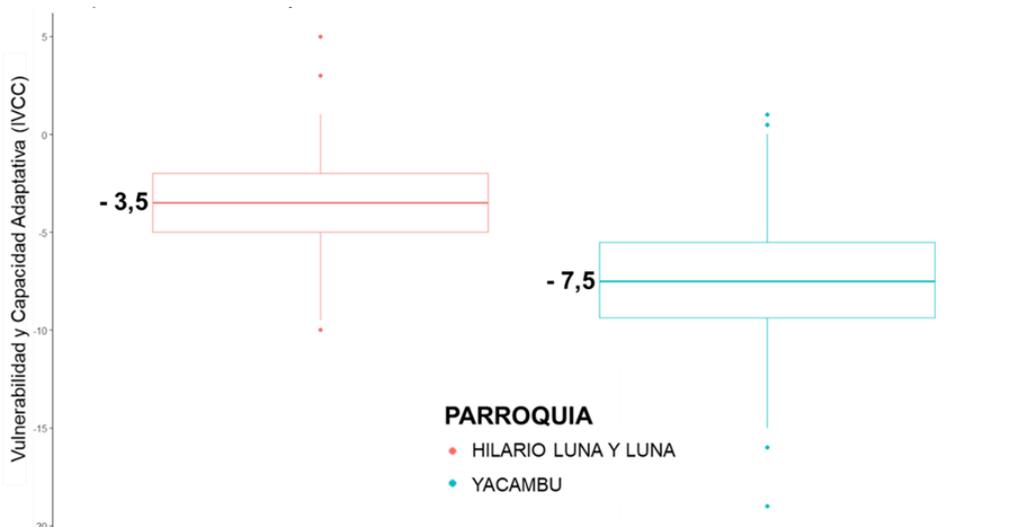


Figura 59. Índice de Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa al CC Parroquias Yacambú e Hilario Luna y Luna

En lo que respecta al nivel de Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa del conjunto de UPC participantes en el estudio, éste se ubica entre las Categorías: Regular a Muy Crítica, con predominancia en las Categorías: Medianamente Crítica y Crítica, lo cual se puede interpretar como medianamente vulnerable y con baja capacidad para enfrentar los fenómenos vinculados con el Cambio Climático (Figura 60).

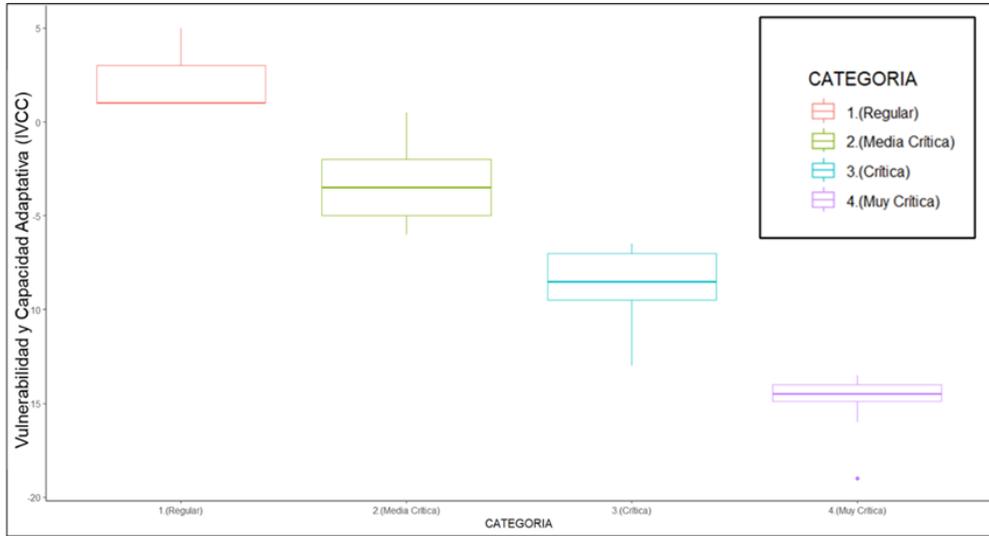


Figura 60. Categorías de Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa al CC, en las Parroquias Yacambú e Hilario Luna y Luna

Estas condiciones son más pronunciadas en la PY donde se encontraron UPC con Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa Muy Críticas, situación que no se determinó en la PHLL, pero si mayor cantidad de unidades de producción con Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa Regular (Figura 61). En las cajas de categoría regular de la parroquia Hilario Luna y Luna existe un 50% próximo a la categoría medianamente crítico y más del 50% de la categoría de medianamente crítica que está cerca a crítico.

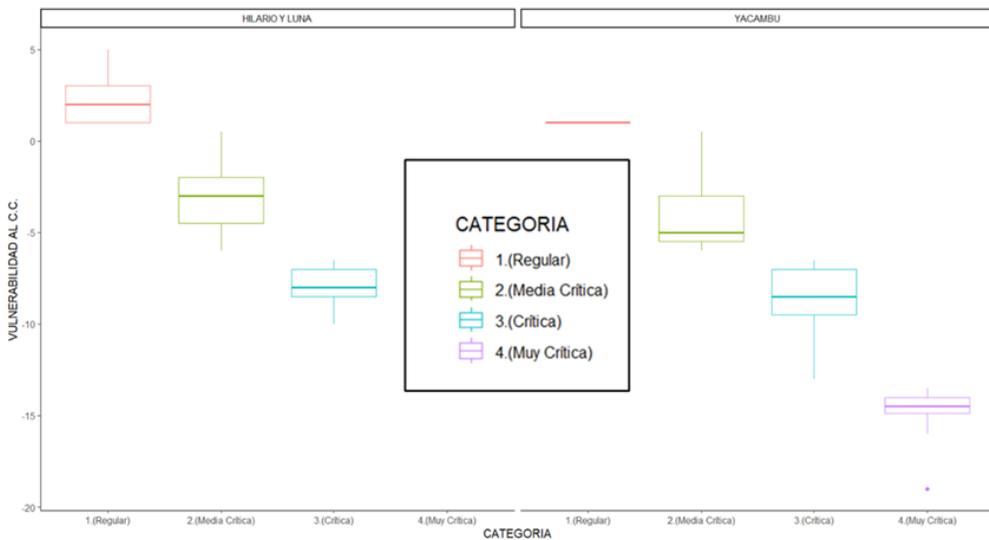


Figura 61. Categorías de Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa al CC, por cada Parroquia: Yacambú e Hilario Luna y Luna

Considerando las variables utilizadas para estimar el Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático (IVCC):

$$\text{IVCC} = (\text{Exposición} + \text{Sensibilidad}) - \text{Capacidad de Adaptación}$$

procedimos entonces a calcular el grado de asociatividad entre el IVCC y dichas variables (Tabla 12), observando que la Capacidad de Adaptación, es decir, *la capacidad, el potencial o la habilidad de un sistema para adaptarse a los estímulos, efectos o reducir los impactos del Cambio Climático* (IPCC, 2007), está fuertemente asociada al IVCC y prácticamente define su magnitud (Figura 62).

Tabla 12. Coeficiente de correlación Adaptabilidad-Vulnerabilidad

Coeficientes de correlación Pearson, N=259	
Prob > [r] suponiendo H0: Rho=0	
Índice Adaptabilidad	0.86 <0.0001

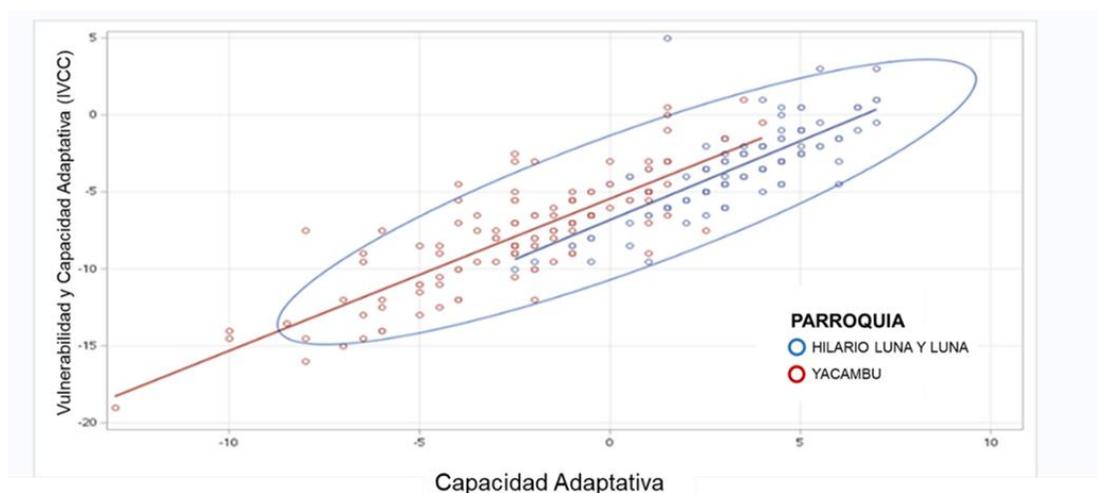


Figura 62. Asociatividad entre Vulnerabilidad al CC y la Capacidad Adaptativa en UPC, de las Parroquias Yacambú e Hilario Luna y Luna.

El coeficiente de correlación entre el índice de vulnerabilidad y el índice de adaptabilidad es 0,861, lo que implica < a 0,01, lo cual es alto y positivo, altamente significativo desde el punto de vista estadístico, que indica, que en ambas parroquias la asociación ajustada de ambos índices es muy alta. La figura muestra una curva elíptica de un intervalo de confianza calculada desde los datos, los puntos dentro de la curva tienen un 95% de confianza.

5. Conclusiones

5.1. Caracterización de los agroecosistemas estudiados.

Dimensión agro-productiva

- Las UPC son menores de 5 ha y predominan las siembras de café con superficies menores a 2 ha.
- Existe mayor proporción de cafetales a pleno sol en la PHLL en comparación con la PY.
- Ambas parroquias tienen en común el uso del guamo (*Inga edulis*) y bucare (*Erythrina poeppigiana*) como sombra del café, en el caso de la PHLL dan uso significativo al banano o cambur (*Musa spp*), mientras que en la PY tiene importancia el Jobo (*Spondias mombin*).
- Por lo general, se cultivan una o dos variedades. En la PHLL predomina Colombia 27 seguido de la combinación con Catuaí, mientras que en la PY se prefiere a la variedad Robusta combinada con Colombia 27.
- Casi la mitad de las plantaciones de la PY, (48%) están envejecidas, con edades que superan los 10 años, mientras que las plantaciones de la PHLL son más jóvenes, menores de 10 años. (Figura 63)

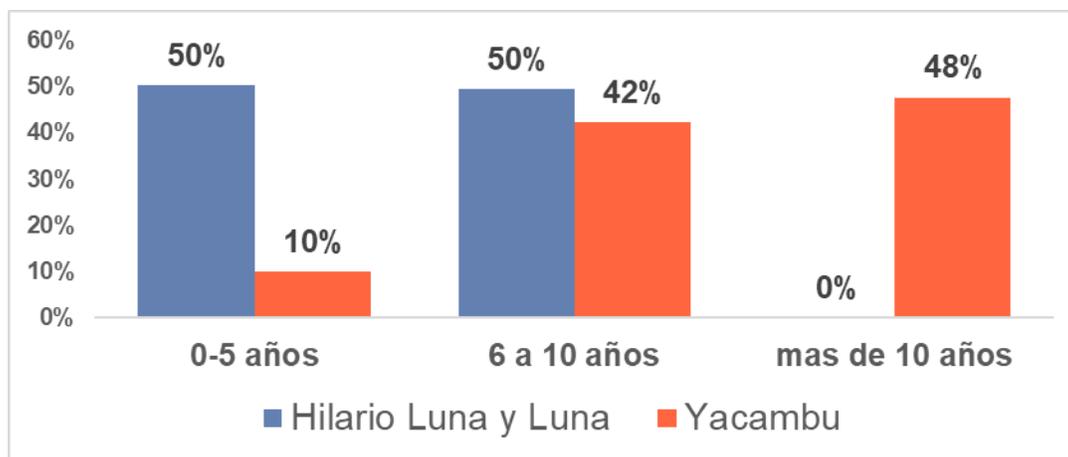


Figura 63. Edad de los cafetales en zona de estudio. Parroquias Yacambú e Hilario Luna y Luna.

- En los resultados se reconoce el bajo nivel tecnológico de la UPC. Apenas un 4% estudio de suelos, todas en la PHLL
- Muy escaso el manejo orgánico del café. Solo el 2% de las UPC tienen sus plantaciones incluidas en un programa de manejo orgánico o de cafés especiales. El 75% están ubicadas en la PHLL.

- Las labores agrícolas se han visto afectadas por costos y escasez de insumos, así como la migración, particularmente la fertilización y la limpieza. Muy pocas UPC cuentan con planes de abonamiento, control de enfermedades y manejo de sombra, en el caso de la PYY (2%). En contraste, en la PHLL el 65% de las UPC cuenta con planes de manejo agronómico.
- En ambas parroquias perciben un mayor aumento en la aparición de plagas y enfermedades en las plantaciones, no obstante no hay planes sanitarios en la PY, más si los hay en la PHLL (63%). Las plagas y enfermedades son: la broca (*Hypothenemus hampei*), la roya del café (*Hemileia vastatrix*), la palomilla (*Pseudococcidae spp*) asociadas con hormigas (*Acropyga spp*). En la PY se identificó el pulgón (*Toxoptera citricidus*), el cual no fue mencionado en la PHLL.
- En la PHLL más de la mitad de los productores entrevistados realizan dos fertilizaciones al año, a diferencia de la PY donde la mayoría lo hace solo una vez al año. El tipo fertilizante más usado es de fórmula completa.
- Es común en ambas parroquias que los caficultores dispongan de un vivero propio (92%) para producir sus plántulas, con uso de semillas artesanales, sin supervisión ni aval institucional.
- La cosecha predominante es la selectiva, con mayor proporción en la PHLL (98%) en comparación con la PYY (61%),
- Entre el 90 - 95% de las UPC benefician el café en forma natural. En la PHLL lo hacen a través de intermediarios (98%), mientras que en la PY lo procesan directamente (97%). La clasificación del café en ambas zonas es de tipo corriente.
- Las ventas del café se hacen en domicilio y generalmente ambas a intermediarios desconocidos.
- Existen marcadas diferencias en los rendimientos del café pergamino seco en las dos zonas estudiadas: el 91% de las UPC de la PY tiene rendimientos entre bajos y promedios (de 0 a 12 qq/ha), a diferencia de la PHLL donde solamente el 49% obtienen esos rendimientos. Por el contrario, la mitad de los productores de la PHLL alcanzan rendimientos entre promedios y superiores (mayores a 12 qq/ha), e incluso un grupo de ellos (14%) logran superar los 20 qq/ha, lo cual es un índice de del potencial productivo del café en esta localidad (Figura 64).

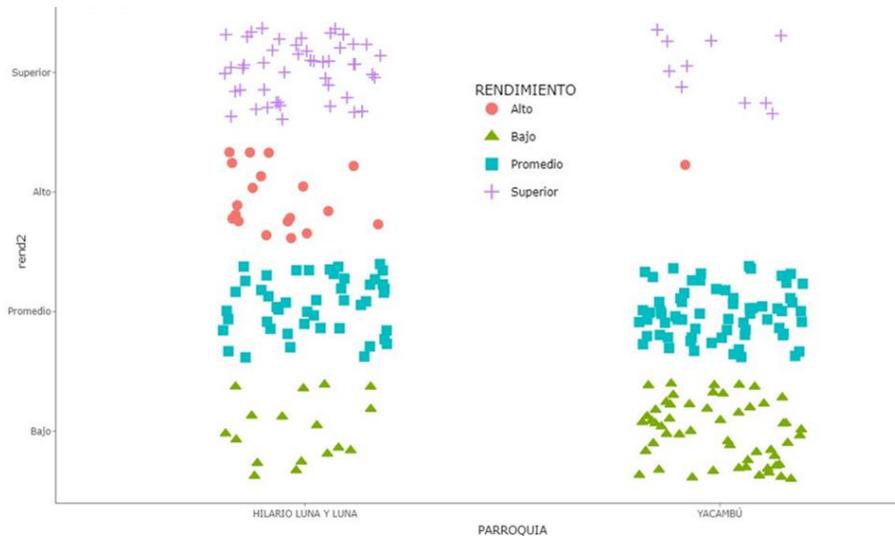


Figura 64. Rendimientos del café pergamino. Parroquias Yacambú e Hilario Luna y Luna.

Dimensión socioeconómica

- El combustible de cocina más utilizado usado es la leña (97%) combinado con gas por la noche y en época de lluvias. En la PHLL la fuente de agua es de tipo natural (quebradas, manantiales), mientras que en la PY existen opciones adicionales de acueductos y pozos.
- El radio es el dispositivo eléctrico de uso común y en menor grado el televisor. En la PY el 27% cuenta con teléfonos móviles, a diferencia de la PHLL donde se duplica esa cantidad (55%) (Figura 65).

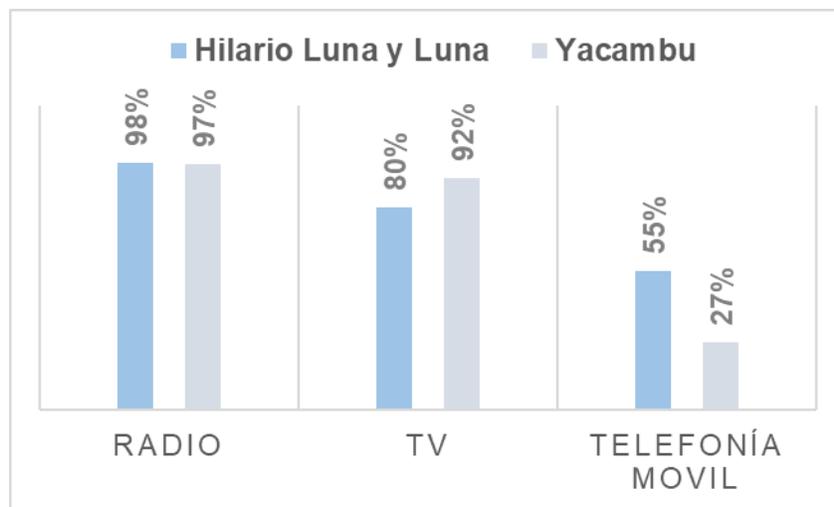


Figura 65. Dispositivos eléctricos usados en las UPC. Parroquias Yacambú e Hilario Luna y Luna

- El medio de transporte de mayor uso es la moto, seguido por el vehículo propio. En el caso de la PY el 23% utiliza el transporte público, a diferencia de la PHLL que no cuenta con este servicio.
- Existen debilidades en la formación de mano de obra para el trabajo en los cafetales y en la organización asociada a la producción, con mayor incidencia en la PHLL que en la PY, donde el 27% del personal ha recibido por lo menos alguna capacitación, además, cuenta con la mitad de sus UPC incluidas en una organización de productores de café, a diferencia de la PHLL que no hay capacitación al personal ni incorporación en organizaciones de productores.
- En ambas zonas se reconoce que ha habido un aumento en la temperatura, sobre todo diurna, y en cuanto al conocimiento sobre Cambio Climático, existe algo de conocimiento en la PY, a diferencia de la PHLL donde no reportan conocimiento sobre el tema.

5.2. Tipos de Utilización de la Tierra (TUT)

Los TUT actuales identificados en el área de estudio fueron los siguientes (Tabla 13 y Tabla 14, para las parroquias Yacambú e Hilario Luna y Luna, respectivamente):

- TUT-1: café en secano con bajo a moderado nivel de tecnología
- TUT-2: café en secano con moderado nivel de tecnología.

Tabla 13. Tipos de Utilización de la Tierra Parroquia Yacambú.

TUT	Descripción
<p>TUT-1: café en seco con bajo a moderado nivel de tecnología</p>	<p>Se caracteriza por tener superficies de más de 5 ha. Las variedades y edades de la plantación son: Robusta y Colombia 27, con más de 10 años de edad. Realizan una fertilización al año. Las plantaciones están bajo sombra de 30 a 50%. Anualmente se realiza el control de malezas en forma mecánica. No realizan control de plagas y enfermedades, a pesar de que las plantaciones son atacadas por la Broca (<i>Hypothenemus hampei</i>), Roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) y Pulgón (<i>Toxoptera citricidus</i>). El beneficio del café es de tipo natural. Todas las labores del beneficio se realizan en la finca. El rendimiento del café está entre 7 y 12 qq/ha.</p>
<p>TUT-2: café en seco con moderado nivel de tecnología</p>	<p>Se caracteriza por tener superficies hasta 2 ha. Las variedades y edades de la plantación son: Robusta y Colombia 27, de 6 a 10 años de edad. Realizan dos fertilizaciones al año. La mayoría de las plantaciones están bajo sombra de 20 a 50%. Anualmente se realiza el control de malezas en forma mecánica. No realizan control de plagas y enfermedades, a pesar de que las plantaciones son atacadas por la Broca (<i>Hypothenemus hampei</i>), Roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) y Pulgón (<i>Toxoptera citricidus</i>). El beneficio del café es de tipo natural. Todas las labores del beneficio se realizan en la finca. El rendimiento del está entre 7 y 12 qq/ha.</p>

Tabla 14. Tipos de Utilización de la Tierra Parroquia Hilario Luna y Luna.

TUT	Descripción
TUT-1: café en seco con bajo a moderado nivel de tecnología	Se caracteriza por tener superficies de más de 5 ha. Las variedades y edades de la plantación son: Colombia y Catuai, con más de 6 años de edad. En su mayoría realizan más de una fertilización al año. Hay plantaciones a pleno sol y bajo sombra (20 a 50% de sombra). Anualmente se realiza el control de malezas en forma mecánica. Si realizan control de plagas y enfermedades, las plantaciones son atacadas por la Broca (<i>Hypothenemus hampei</i>), Roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) y Palomilla (<i>Pseudococcus sp</i>). El beneficio del café es tipo natural. El rendimiento del está entre 7 y 12 qq/ha.
TUT-2: café en seco con moderado nivel de tecnología	Se caracteriza por tener superficies hasta 2 ha. Las variedades y edades de la plantación son: Colombia y Catuai, de menos de 5 años de edad. Realizan dos fertilizaciones al año. Hay plantaciones a pleno sol y bajo sombra (20 a 50% de sombra). Anualmente se realiza el control de malezas en forma mecánica. Si realizan control de plagas y enfermedades, las plantaciones son atacadas por la Broca (<i>Hypothenemus hampei</i>), Roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) y Palomilla (<i>Pseudococcus sp</i>). El beneficio del café es de tipo natural. Casi todas las labores del beneficio se realizan en la finca, inclusive en algunas realizan el trillado. El rendimiento promedio está por encima de 12 qq/ha.

Como resumen a lo antes expuesto, se pueden identificar algunas distinciones que podrían considerarse como ventajas, en las UPC de las zonas evaluadas en cada parroquia, lo cual permitiría orientar la toma de decisiones, en cuanto a medidas de adaptación ante el Cambio Climático (Tabla 15).

Tabla 15. Ventajas comparativas entre las UPC de Hilario Luna y Yacambú

Yacambú	Hilario Luna y Luna
Menor proporción de cultivos de café a pleno sol.	Plantaciones menores de 10 años
Incorporación de la variedad Robusta por su resistencia a plagas y enfermedades (Roya)	Algunas UPC con experiencia en manejo orgánico y café especiales.
Mayor oferta de servicios: agua y transporte	Mayor cantidad de UPC que realizan planes de manejo agronómico del cultivo, entre ellos: abonamiento, control de enfermedades y manejo de sombra, controles fitosanitarios.
Mayor cantidad de UPC con personal capacitado en café.	Mayor cantidad de aplicaciones de fertilizantes al año.
Incorporación de productores a alguna organización de productores.	Mayor volumen de cosecha selectiva.
Algún conocimiento sobre el Cambio Climático	Mayores rendimientos de café

5.3. Aptitud edafoclimática de las tierras del eje cafetalero sureste del estado Lara ante el cultivo de café.

En el eje cafetalero del estado Lara, la aptitud de las tierras para café podrá verse perjudicada por incrementos de la temperatura y, al mismo tiempo, incrementos en la longitud del período seco (consecuente a la reducción de la precipitación e incremento de la evapotranspiración).

Bajo condiciones de clima histórico, la aptitud edafoclimática de las tierras ante el cultivo del café es moderada en la mayor parte del área de estudio, con cierta concentración de tierras con la mayor aptitud al este de Villa Nueva (PHLL). En los escenarios de Cambio Climático, la degradación de la aptitud de la tierra puede ser más intensa en la medida en que se avanza al noreste (es decir, en sentido desde la PHLL, hacia la PY). La aptitud de la tierra podrá ser severamente afectada en tierras de altitud inferior a 1200 m en la PHLL. Además, esta afectación podrá ir ganando altura, hasta una cota aproximada de 1500 m en la PY. Ello implica la posibilidad admisible de que los sistemas de producción de café tiendan a migrar a zonas más altas, muchas de ellas frágiles en cuanto a vegetación e inadecuadas en pendiente.

En general, restricciones de suelo pueden disminuir la aptitud de la tierra a grados inferiores de lo permitiría la oferta climática. Ello es el caso de gran parte de las Parroquias: Hilario Luna y Luna, Guarico y Pío Tamayo, por lo que puede preverse

que prácticas de mejoramiento de la fertilidad química y biológica del suelo podrán coadyuvar en el mantenimiento y mejoramiento de la aptitud de las tierras.

Puede preverse que entre las medidas de adaptación de los sistemas de café, a mediano plazo, deberá contarse con variedades de café tolerantes a temperaturas más altas, y al mismo tiempo, a condiciones más restrictivas de humedad, así como el mejoramiento del manejo del suelo (tanto en fertilidad como en retención y disponibilidad de humedad). Igualmente, debe tenerse presente que, al mismo tiempo que se eleva el límite de altitud de las tierras aptas, gran parte del área de estudio podrá dejar de ser apta para café. Por lo tanto, se requieren previsiones en cuanto al cultivo del café en tierras más frágiles en cuanto a vegetación y pendiente, así como en cuanto a los posibles cultivos sustitutos, con especial énfasis en la conservación y degradación de los recursos naturales.

5.4. Vulnerabilidad y Adaptabilidad al Cambio Climático.

Los resultados muestran que los pequeños caficultores de las comunidades evaluadas se encuentran en condiciones de Vulnerabilidad a los impactos del Cambio Climático sobre sus plantaciones y sus medios de vida que varían desde Muy Críticas, en los peores casos en la Parroquia Yacambú hasta Regulares, más frecuentes en la PHLL. Ello se debe en buena medida a una baja capacidad de innovación, como se refleja en la poca implementación de prácticas de manejo agronómico, lo cual conduce a una baja capacidad adaptativa de sus cafetales, lo cual trae como consecuencia que tengan Capacidades Adaptativas Críticas a Medianamente Crítica, para poder enfrentar los efectos del Cambio Climático.

6. Resumen y recomendaciones

El objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto del Cambio Climático sobre la aptitud de las tierras para el cultivo del café y la vulnerabilidad ante el Cambio Climático en unidades productivas del eje cafetalero sureste del estado Lara, la región más importante del país en cuanto a la producción de este rubro. Para realizarlo fue necesario recolectar información bioclimática, agro productiva y socio económica, en dos zonas de esta región ubicadas en los extremos del eje, en las Parroquias Yacambú (PY) e Hilario Luna y Luna (PHLL), con el propósito de caracterizar los distintos sistemas de producción de café, y al mismo tiempo, analizar los factores que explican la Capacidad Adaptativa ante el Cambio Climático de los pequeños caficultores de estas dos zonas.

En general, los modelos utilizados predicen cambios importantes en los tipos climáticos y zonas de vida, con énfasis hacia el extremo este del eje cafetalero (PY), y como consecuencia una considerable disminución de la aptitud de las tierras de esos territorios para cultivar café, lo que igualmente coincide con mayor vulnerabilidad y menos capacidad adaptativa de los cafetales localizados en las comunidades de la PY seleccionadas para el estudio, los cuales incluso pudieran requerir medidas de adaptación sustitutivas. Por el contrario, hacia el otro extremo del eje (PHHL) la degradación de la aptitud de las tierras para café es menos intensa, así como también es notoria la presencia de unidades productivas con mejores capacidades adaptativas y posibilidades de progreso.

La información y los resultados presentados sobre las predicciones de cambios en el clima, su impacto en la aptitud de las tierras cafetaleras y la vulnerabilidad de los caficultores con limitadas capacidades para implementar medidas de adaptación, pueden servir de base para orientar las políticas públicas para el incremento de la resiliencia climática, económica y social de las familias y los sistemas agroproductivos de pequeños productores de café, para lo cual se requieren, además de estrategias de adaptación, asistencia técnica apropiada y financiamiento, especialmente la renovación de cafetales y mejoras tecnológicas como por ejemplo la incorporación del control biológico y la utilización de bioinsumos (Biocontroladores y Biofertilizantes).

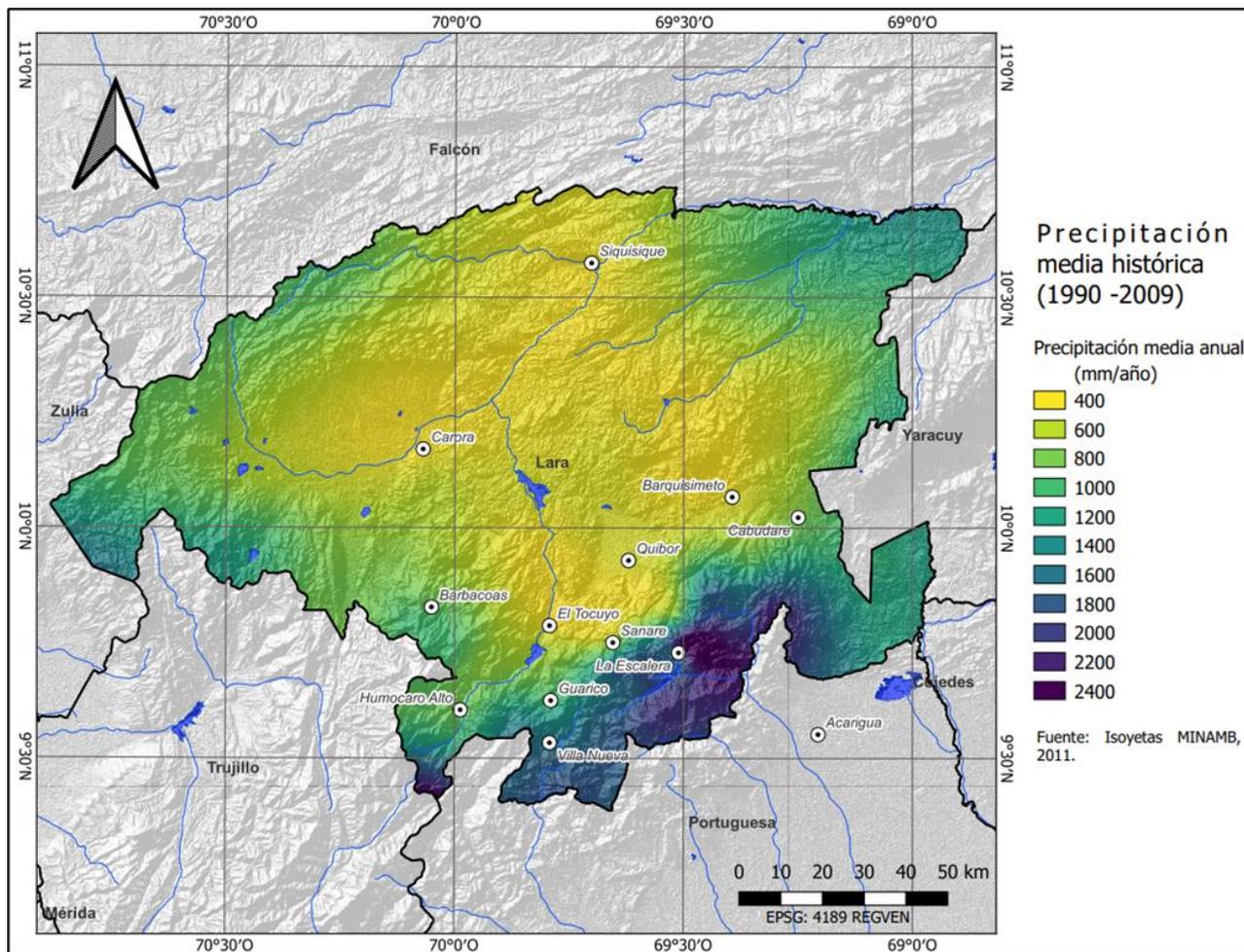
NOTA:

Para mejor observación de los mapas, se pueden ampliar colocando el cursor dentro de la imagen y haciendo clic

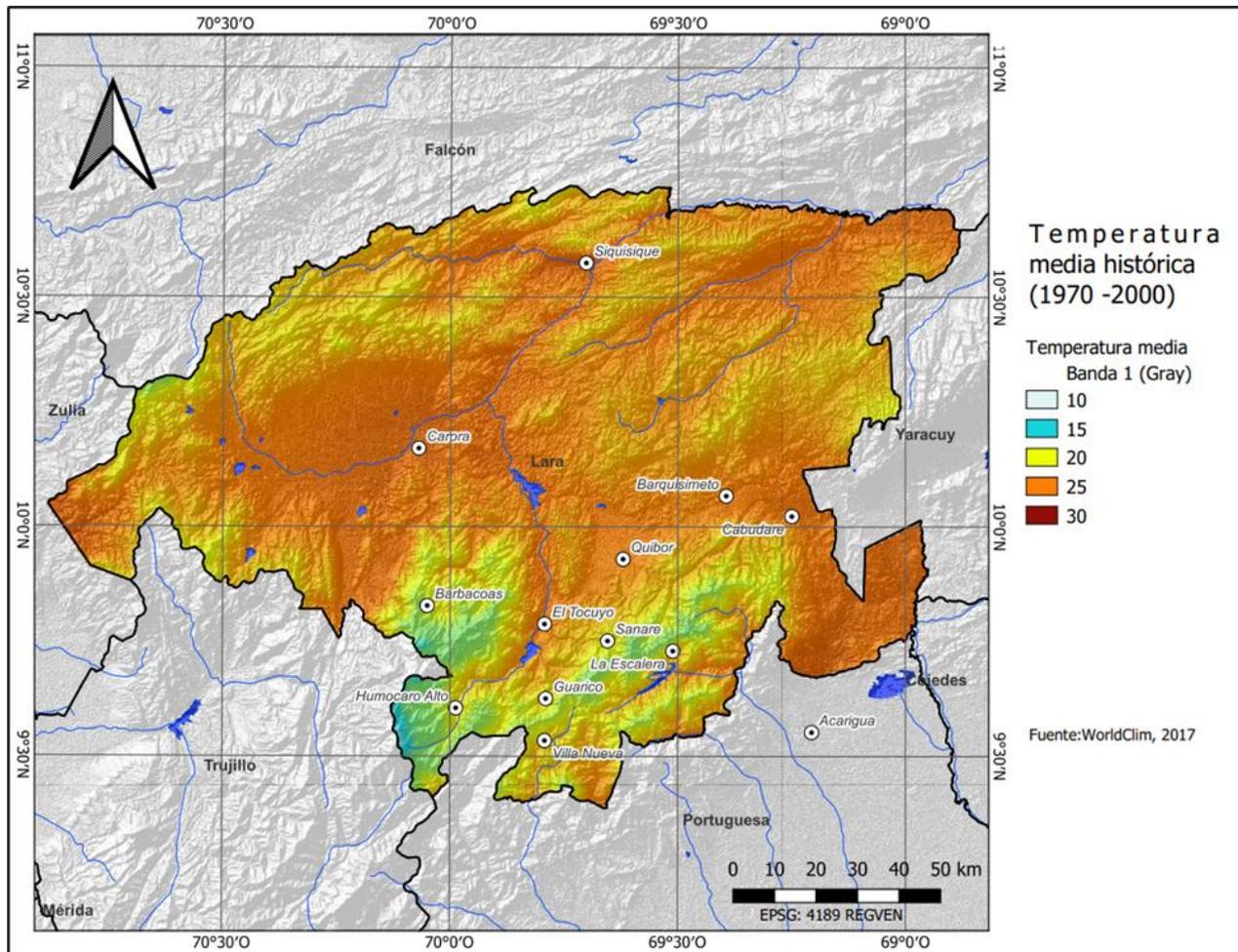


7. Anexos.

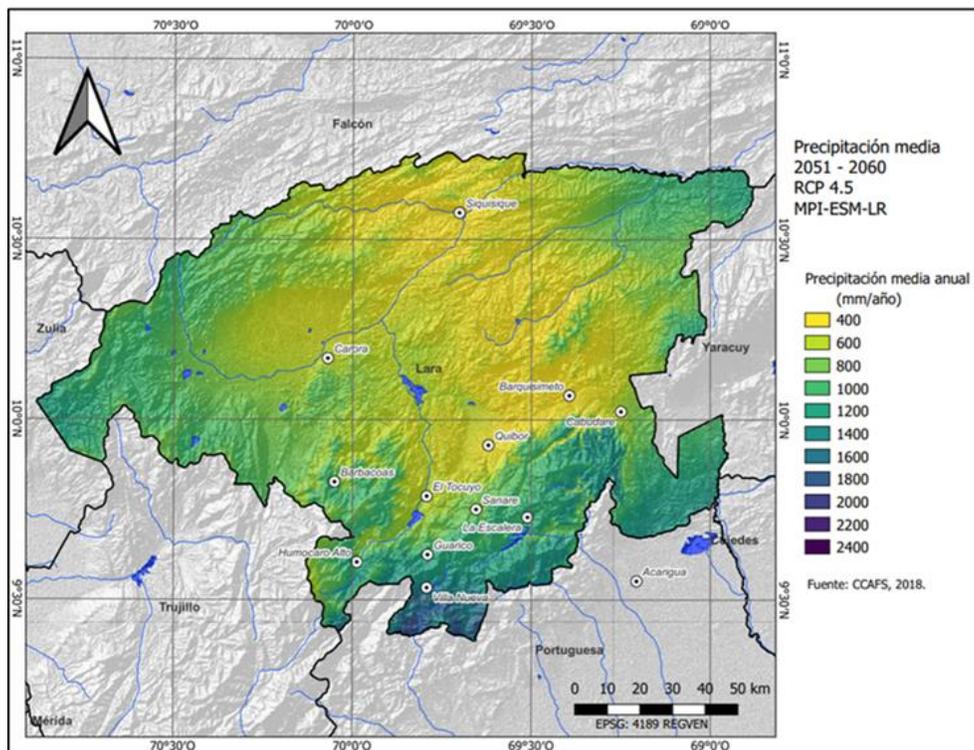
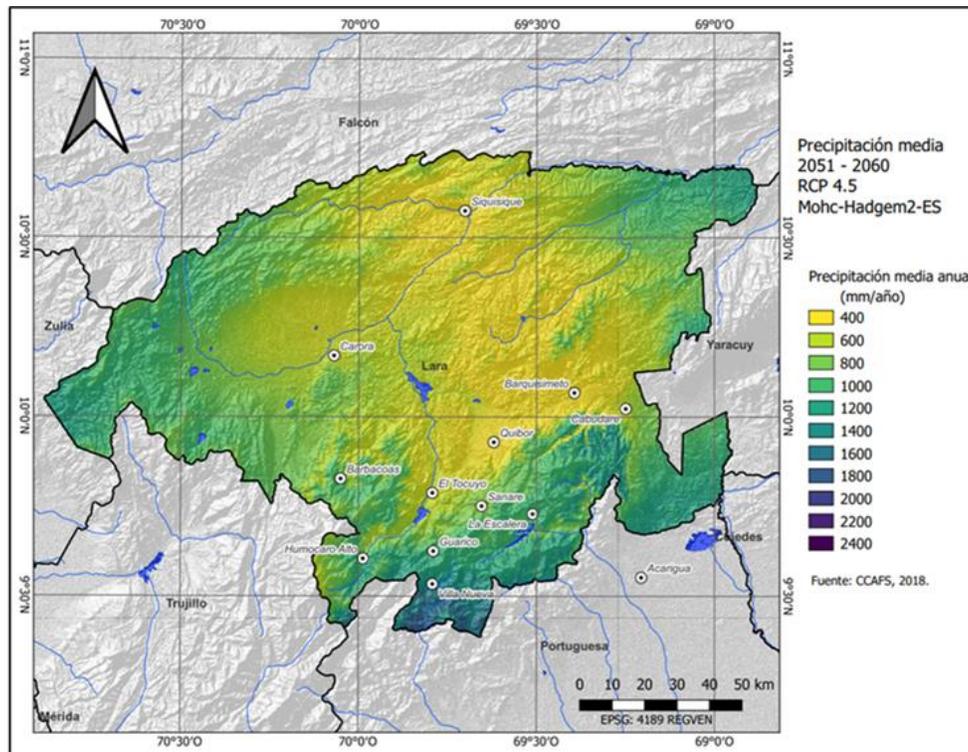
Anexo 1. Precipitación promedio anual (período histórico) en el estado Lara.



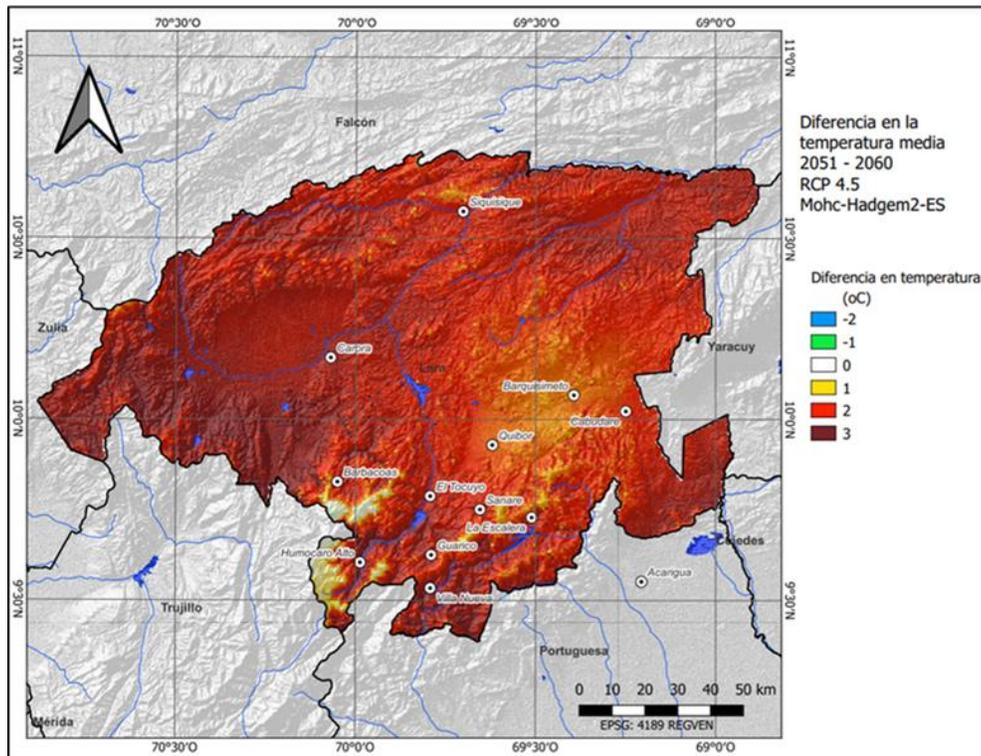
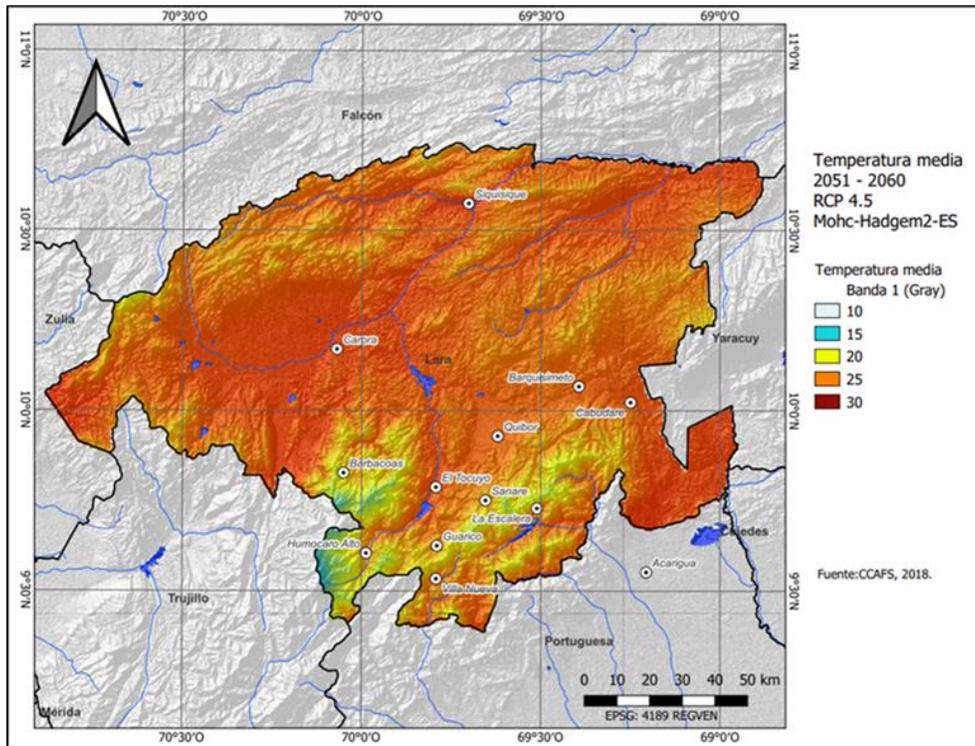
Anexo 2. Temperatura media anual (período histórico) en el estado Lara.



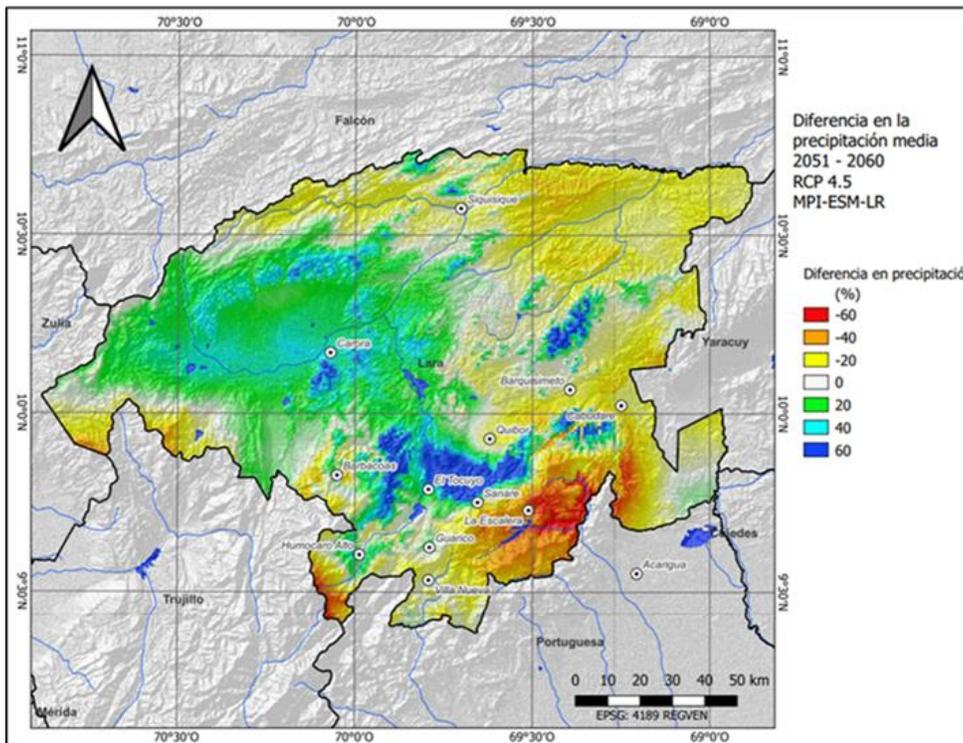
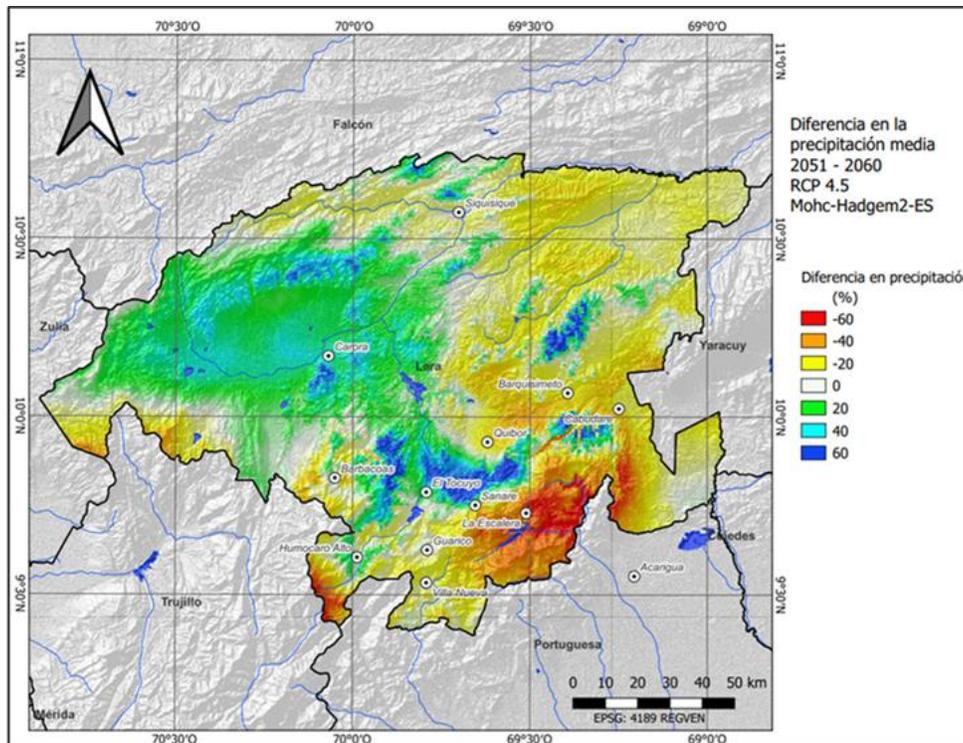
Anexo 3. Precipitación promedio anual (período 2051 – 2060, RCP 4.5) para el estado Lara, según los modelos climáticos globales Mohc-Hadgem2-ES y MPI-ESM-LR.



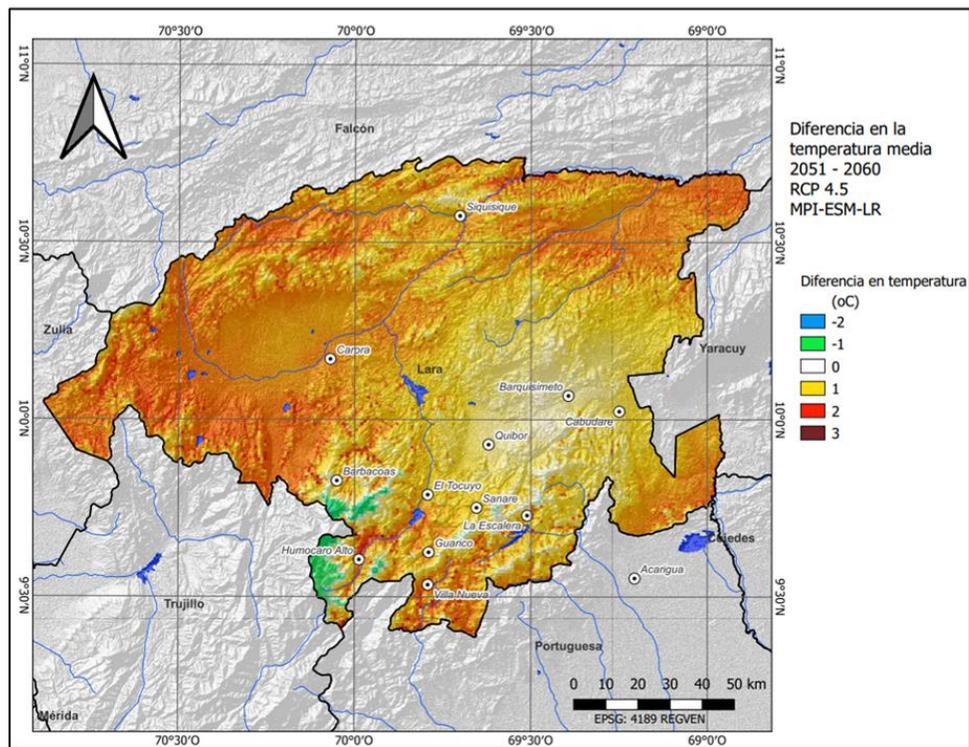
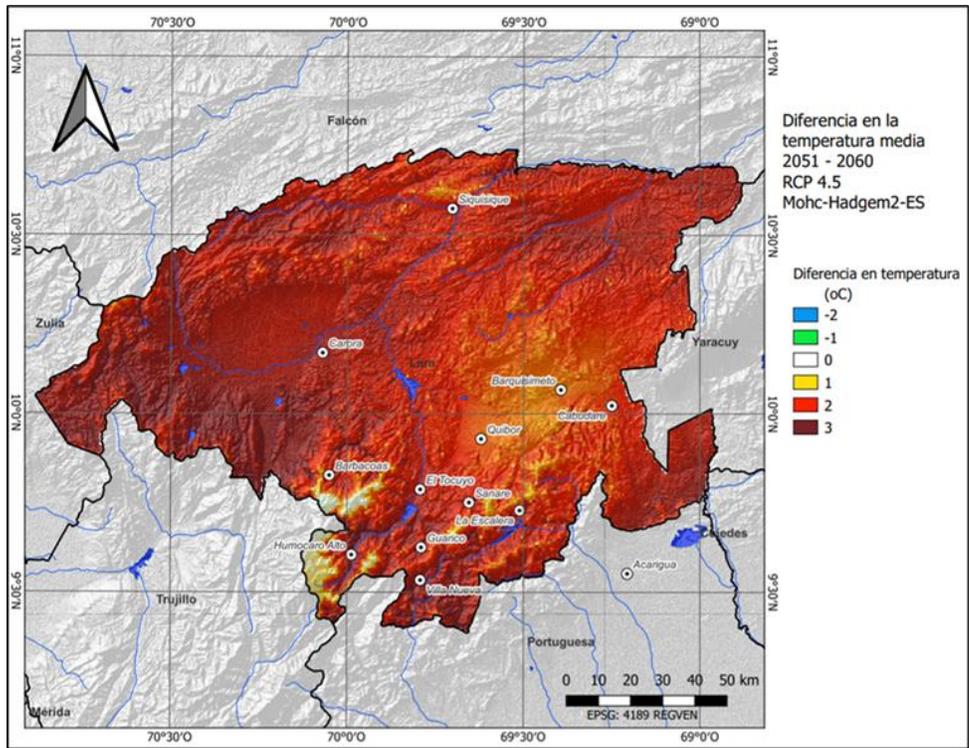
Anexo 4. Temperatura promedio anual (período 2051 – 2060, RCP 4.5) en el estado Lara, según los modelos climáticos globales Mohc-Hadgem2-ES y MPI-ESM-LR.



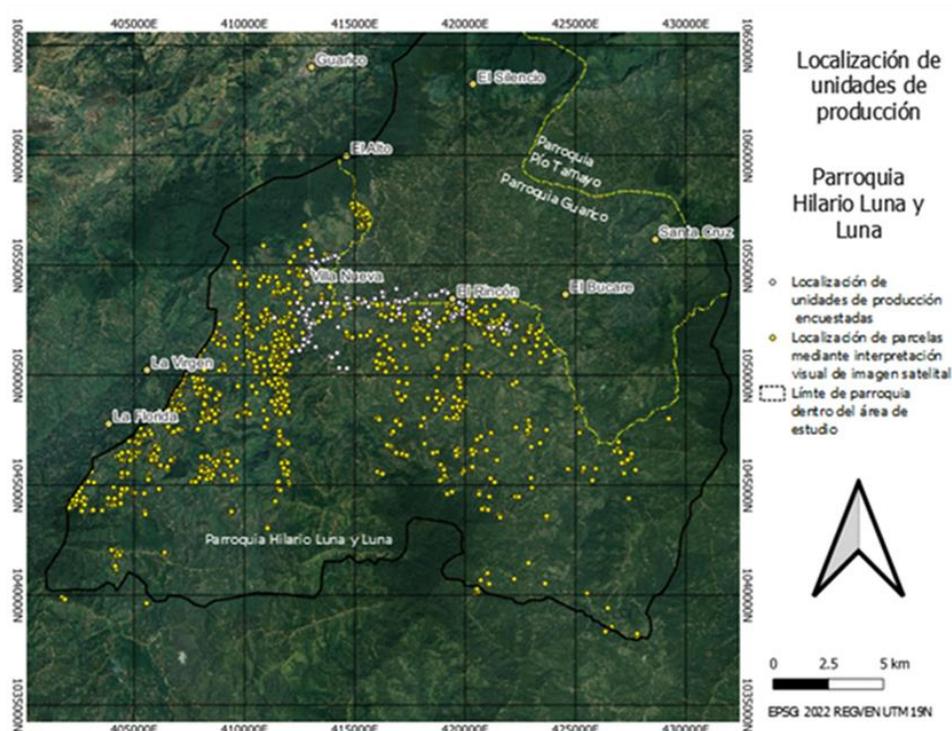
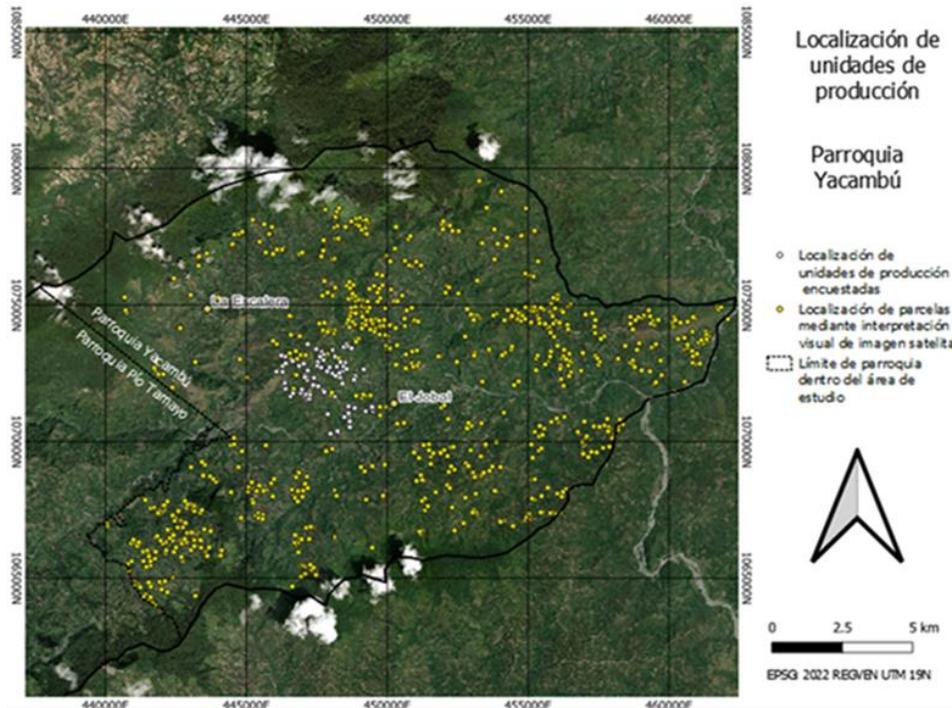
Anexo 5. Diferencia de la precipitación promedio anual (2051 – 2060, RCP 4.5.) para el estado Lara, según los modelos climáticos globales Mohc-Hadgem2-ES y MPI-ESM-LR



Anexo 6. Diferencia de la temperatura media promedio anual (2051 – 2060, RCP 4.5.) para el estado Lara, según los modelos climáticos globales Mohc-Hadgem2-ES y MPI-ESM-LR



Anexo 7. Localización de unidades de producción de café en las Parroquia Yacambú e Hilario Luna y Luna.



Anexo 8. Memoria fotográfica de sistemas de producción de café.

Parroquia Hilario Luna y Luna.



Sector Pueblo Nuevo
Ganadería



Sector Ganadería



Sector El Rincón



Viveros
Sector Quebrada Arriba



Sector La Estación



Sector Palo Grande



Sector La Bendición



Sector Quebrada Arriba



Sector El Rincón

Parroquia Yacambú.



Sector El Palmar del Degredo



Sector Barrancón del Degredo



Sector Plaza del Degredo



Sector El Degredo



Plantaciones mixtas Sector El Degredo



Plantaciones a pleno sol
Sector El Barrancón del Degredo