

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2025,
Volumen 9, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

EVALUACIÓN DE RIESGO FUTURO POR AMENAZAS CLIMÁTICAS EN CULTIVOS DE BANANO DEL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA COTOPAXI

**FUTURE RISK ASSESSMENT DUE TO CLIMATE THREATS
IN BANANA CROPS IN LA MANÁ CANTON, COTOPAXI
PROVINCE**

Mishel Estefania Bustos Fonseca
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Pedro Harrys Lozano Mendoza
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Bismarck Nicolay Jiménez Cazar
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i4.19258

Evaluación de riesgo futuro por amenazas climáticas en cultivos de banano del cantón la maná, provincia Cotopaxi

Mishel Estefania Bustos Fonseca¹fonsecatefy@gmail.com<https://orcid.org/0009-0000-2509-0901>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Pedro Harrys Lozano Mendozaplozano@uteq.edu.ec<https://orcid.org/0000-0001-5771-2680>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Bismarck Nicolay Jiménez Cazarsolrobi1@gmail.com<https://orcid.org/0000-0003-3470-1414>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal llevar a cabo un análisis exhaustivo del comportamiento de las variables meteorológicas históricas en el área de estudio con el fin de identificar y comprender las amenazas climáticas, a través de un enfoque detallado en la recopilación y evaluación de datos meteorológicos pasados, donde se pretendió proporcionar una visión clara de las tendencias climáticas y eventos extremos en la región. En el marco del siguiente objetivo, se llevó a cabo un análisis detallado mediante modelado con el fin de evaluar y anticipar la distribución geográfica del cultivo de banano (*Musa × paradisiaca*), la ejecución de este análisis responde a las trayectorias socioeconómicas compartidas de los escenarios SSP245 y SSP585, donde se emplearán enfoques avanzados de modelado que permitirán profundizar en la comprensión de cómo los factores socioeconómicos influyen en la expansión o contracción de las áreas de cultivo de banano en el cantón La Maná. El resultado final será un conjunto de recomendaciones prácticas y efectivas para los agricultores y las autoridades locales, con el objetivo de fortalecer la sostenibilidad y la productividad del sector bananero en el cantón La Maná.

Palabras claves: Mmodelado, riesgos climáticos, estrategias de sostenibilidad, *Musa × paradisiaca*

¹ Autor principal

Correspondencia: fonsecatefy@gmail.com

Future risk assessment due to climate threats in banana crops in la Maná Canton, Cotopaxi province

ABSTRACT

The main objective of this research work was to carry out an exhaustive analysis of the behavior of historical meteorological variables in the study area in order to identify and understand climate threats, through a detailed approach in the collection and evaluation of past meteorological data, where it was intended to provide a clear view of climate trends and extreme events in the region. Within the framework of the following objective, a detailed analysis was carried out through modeling in order to evaluate and anticipate the geographical distribution of banana cultivation (*Musa × paradisiaca*), the execution of this analysis responds to the shared socioeconomic trajectories of the scenarios. SSP245 and SSP585, where advanced modeling approaches will be used to deepen the understanding of how socioeconomic factors influence the expansion or contraction of banana growing areas in the canton of La Maná. The final result will be a set of practical and effective recommendations for farmers and local authorities, with the aim of strengthening the sustainability and productivity of the banana sector in the La Maná canton.

Key words: modeling, climate risks, sustainability strategies, *Musa × paradisiaca*

Artículo recibido 05 julio 2025

Aceptado para publicación: 25 julio 2025

INTRODUCCIÓN

A escala mundial, el cambio climático representa uno de los desafíos ambientales más significativos que afectan a la humanidad y al entorno ambiental, por lo cual cada día, se manifiestan efectos en diversas regiones del mundo, como alteraciones en los patrones meteorológicos que ponen en riesgo la producción de alimentos, el aumento del nivel del mar, derretimiento de los glaciares, impacto en la biodiversidad lo que intensifica la amenaza al deterioro de medios de vidas, diferentes ecosistemas y su biodiversidad, si no se implementan medidas estructurales para mitigar y adaptarse desde este momento, la adaptación a los efectos del cambio climático en el futuro se tornará considerablemente más complicada y onerosa (ONU 2020).

Ecuador, líder mundial en exportación de banano, tiene un papel vital en su economía y PIB agrícola, generando empleo para más de 200,000 personas directamente y 2 millones de forma indirecta, desde los años 50 el banano simboliza la modernización y democratización en Ecuador, sin embargo el cultivo de “banano” en el Ecuador, tiende hacer sensible a la variación de los rangos óptimos de temperaturas y precipitaciones, afectando al desarrollo del cultivo, produciendo alteraciones que impactan a la



productividad, dando como resultado un mal desarrollo de la planta y del fruto. Además, la humedad relativa desempeña un papel crucial en la productividad del cultivo y puede propiciar el desarrollo de enfermedades fúngicas cuando supera el 80% de humedad relativa (FES et al. 2022).

Por ello la problemática de riesgo por amenazas climáticas en los cultivos de banano del Cantón La Maná es un proceso complejo que debe considerar tanto el cambio climático a largo plazo como la variabilidad climática a corto plazo, así como el impacto en la economía y la comunidad local. Por ello es importante analizar los efectos del cambio climático actuales y futuros sobre la producción agropecuaria del cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, para lo cual, se aplicaron modelos de impactos biofísicos para determinar el riesgo climático en la zona de estudio, Además, debe proponer medidas concretas para adaptarse a estos riesgos y mitigar sus efectos en la producción de banano.

Materiales y métodos

Área de estudio

El presente proyecto de investigación se desarrolló en el cantón La Maná, la misma que está situada a 0° 56'28" de latitud sur y 79° 13'54" de longitud occidental. El cantón La Maná está localizado en las estribaciones de la cordillera occidental de Los Andes, en la provincia de Cotopaxi, a 150Km de Latacunga capital de la provincia. Morfológicamente se ubica sobre una llanura de pie de cordillera compuesta de depósitos aluviales cubiertas de cenizas y arenas volcánicas de origen desconocido.

Limitado por:

Norte: Cantón Sigchos,

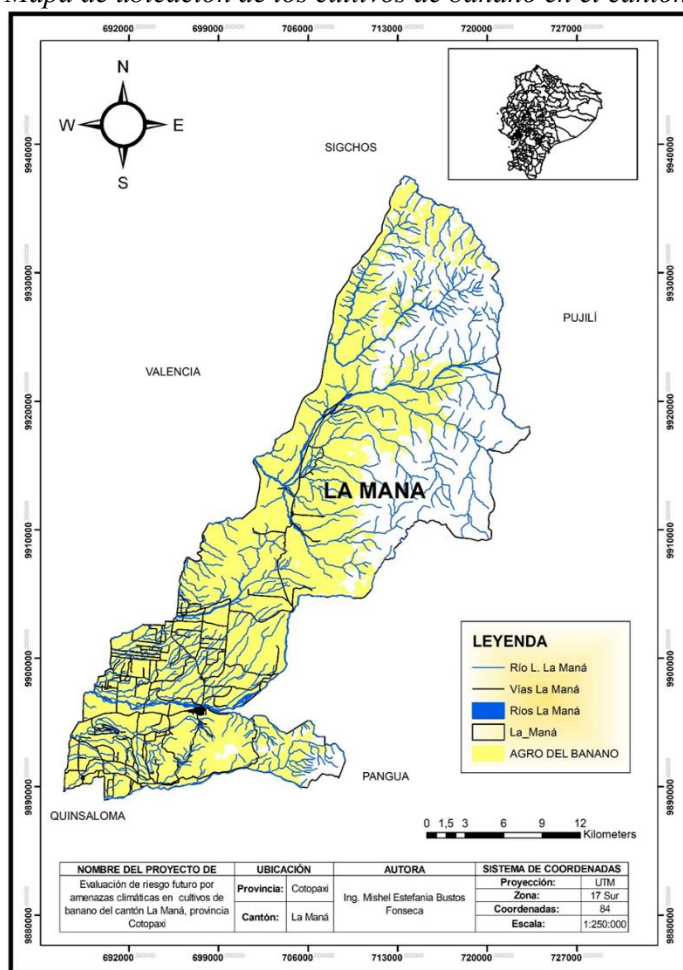
Sur: Cantones Quinsaloma y Pangua,

Este: Cantones Sigchos y Pujilí

Oeste: Cantones Valencia y Quinsaloma.

Figura 1

Mapa de ubicación de los cultivos de banano en el cantón La Maná, provincia de Cotopaxi.



Nota. La figura representa el área geográfica de la zona de estudio y los cultivos de banano presentes en este. Elaboración propia.

Modelar la distribución geográfica del cultivo de banano (*musa × paradisiaca*) ante trayectorias socioeconómicas compartidas SSP

Para llevar a cabo la determinación de la zonificación del cultivo de banano, fue esencial contar con información proyectada a futuro. Este proceso implicó analizar los Modelos de Circulación General (CGM), concretamente seleccionando un modelo de la sexta fase del Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados (CMIP6). El propósito de esta elección fue representar de manera precisa el ciclo anual de precipitación y temperatura superficial en el cantón bajo estudio. Esta información modelada proporcionó una base sólida para la planificación y toma de decisiones relacionadas con la agricultura del banano en el área (Arias et al. 2021).

Para la investigación se utilizó los escenarios climáticos de Trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP), como punto de partida para un análisis integral de mitigación. Para lo cual, se analizó el escenario SSP245 que adopta los principios del desarrollo sostenible (Van et al. 2018), y el escenario SSP585 el cual se caracteriza por un desarrollo rápido y alimentado por combustibles fósiles con grandes retos socioeconómicos para la mitigación y bajos retos socioeconómicos para la adaptación (Kriegler et al. 2018). Cabe mencionar que los datos obtenidos del World Clim se desarrollaron mediante el modelo de evaluación integrada MIROC6.

A continuación, en la Tabla 1 y tabla 2, se ofreció una descripción general de los elementos de la línea argumental y su adaptación a los supuestos del modelo para los escenarios climáticos en el cantón La Maná. Estos escenarios se basan en las variables relacionadas con los modelos de Shared Socioeconomic Pathway 1 (SSP245) y Shared Socioeconomic Pathway 5 (SSP585), que han sido consideradas para la modelación de los cambios climáticos en la región.

Tabla 1. Descripción genérica de los elementos de la historia del modelo SSP245

VARIABLES	SSP245
Elemento genérico	
Crecimiento económico	Alto
Crecimiento de la población	Bajo
Gobernanza e instituciones	Eficaz tanto a nivel nacional como internacional.
Tecnología	Rápido, traducido, por ejemplo, en supuestos de eficiencia, tecnologías renovables y rendimientos.
Preferencias de consumo/producción	Promoción del desarrollo sostenible (menor consumo – ver más adelante)
Demanda de energía	
Transporte	Menor proporción de los ingresos gastados en transporte, lo que conduce a menos kilómetros recorridos.
Edificios	Los cambios de comportamiento conducen a una menor demanda general de servicios energéticos.
Elemento genérico	
No energético	Baja intensidad
Suministro y conversión de energía	
Combustibles fósiles	Comercio mundial de combustibles; y desarrollo tecnológico medio.
Bioenergía	Los biocombustibles tradicionales se eliminaron en su mayoría alrededor de 2030
Agricultura y uso de la tierra	
Regulación del cambio de uso del suelo	Fuerte – Las áreas protegidas se amplían para alcanzar la meta de Aichi del 17 %.
Productividad agrícola (cultivos)	Fuerte: aumento del rendimiento de los cultivos.
Impacto ambiental del consumo de alimentos	Bajo: consumo de productos animales un 30 %.
VARIABLES	SSP245
Comercio	
Comercio de productos agrícolas	Abolición de los aranceles de importación actuales y subsidios a la exportación para 2030.
Contaminación del aire	
Factores de emisión	Bajo

Fuente: (Van et al. 2018).

Elaboración propia

Tabla 2. Descripción genérica de los elementos de la historia del modelo SSP585

VARIABLES	SSP585
Indicador	Desarrollo impulsado por combustibles fósiles
Demografía	
Crecimiento de la población	Baja (fecundidad alta en los países de ingresos altos)
Migración	Alto
Economía y estilo de vida	
Crecimiento del PIB	Alto
Desigualdad	Fuertemente reducido
Globalización	Fuerte
Consumo	Materialismo, Consumo de estatus, Alta movilidad
Tecnología	
Desarrollo	Rápido
Cambio de tecnología energética	Dirigido a los combustibles fósiles; fuentes alternativas no buscadas activamente.
VARIABLES	SPP585
Medio ambiente y recursos	
Uso del suelo	Las regulaciones medias conducen a una lenta disminución de la tasa de deforestación.
Agricultura	Rápido aumento de la productividad
Políticas e instituciones	
Política medioambiental (y energética)	Centrarse en el entorno local, poca preocupación por los problemas globales

Fuente: (Kriegler et al. 2018).

Elaboración propia

Procesamiento de escenarios climáticos

Para llevar a cabo la modelación de los escenarios climáticos, en una primera fase, se procedió a la obtención de información geográfica fundamental para el estudio. Entre los conjuntos de datos más destacados y esenciales se encuentran:

- **Capas de uso de suelo actual:** Estas capas proporcionaron información sobre la distribución actual de diferentes tipos de uso de la tierra, lo cual es crucial para comprender cómo los cambios climáticos pueden afectar el entorno.
- **Capas de hidrogeología:** Estas capas ofrecieron información sobre la distribución y características de las formaciones geológicas relacionadas con el agua subterránea, lo que resulta vital para analizar la disponibilidad de recursos hídricos en la región.
- **Capas de geología:** Estas capas proporcionaron datos acerca de la composición y estructura geológica de la zona de estudio, lo que ayuda a comprender la influencia de la geología en el comportamiento climático local.
- **Cuerpo de agua superficial:** La información sobre cuerpos de agua superficiales, como ríos y lagos, es esencial para estudiar el impacto del clima en los ecosistemas acuáticos y la disponibilidad de agua dulce.
- **Modelos climáticos y variables bioclimáticas:** Estos datos incluyen modelos climáticos que permitieron simular diferentes escenarios climáticos futuros, así como variables bioclimáticas que describen las condiciones ambientales relacionadas con la biología y la ecología de la región.

Todos estos datos se obtuvieron a través de fuentes de información confiables, que incluyen el, worldclim, CHELSA – Datos climáticos gratuitos en alta resolución y en la base de datos públicos SSP (Chelsa Climate 2023).

Los modelos climáticos se descargaron de Wordlclim, donde se procesaron valores mensuales de temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación para el modelo de evaluación integrada MIROC6 y para dos rutas socioeconómicas compartidas (SSP245 y SSP585). Los valores mensuales serán promedios de períodos de 20 años (2021-2040) los mismo que están disponibles las siguientes resoluciones espaciales (expresadas como minutos de un grado de longitud y latitud) (WorldClim 2022).

Cálculo de modelos climáticos para mejorar resolución con la técnica downscaling

Para mejorar la resolución espacial, se aplicó a los modelos climáticos un desescalado (downscaling) en el software Saga Gis (48) por medio de “GWR for Grid Downscaling”, para luego realizar un recorte de la capa con la herramienta de Spatial Analyst Tools y la opción de Extract by Mask, luego se utilizó la herramienta geoprocessing para crear un buffer y proceder a recortarlo y con la opción de Projections



and Transformations, opción Project Raster, se efectuara la proyección a WGS 98 UTM 17 S y una resolución de 100 para finalmente se realizó el recorte de la zona en estudio (Lluncor 2018) .

En ArcGIS con la herramienta de álgebra de mapas se automatizo mediante la calculadora del sistema con la finalidad de obtener un promedio (pm) de ambas temperaturas. (Ruiz-Corral et al. 2018):

La ecuación:

$$Tm = \frac{Tx+Ti}{2} \quad (1)$$

Donde:

Tm= temperatura media mensual (°C);

Tx= temperatura máxima media mensual (°C)

Ti= temperatura mínima media mensual (°C)

Análisis del uso de suelo en las zonas agroecológicas

Se clasifico las áreas con similares potencialidades y limitaciones para el desarrollo de la planta con variables agroclimáticas y físicas, identificando 10 parámetros. En la Tabla 3 se ilustran los criterios considerados para la zonificación agroecológica, que son influyentes en el crecimiento y desarrollo del Banano. Además, se trabajó el archivo ráster con resolución espacial de 100 m (MAGAP 2020).

Todas estas condiciones ambientales y edáficas se resumen a continuación:

Tabla 3. Parámetros agroecológicos para el cultivo de banano

COMPONENTE	PARÁMETRO	CATEGORÍAS DE LA ZONIFICACIÓN			
		Óptima	Moderada	Marginal	No Apta
Biofísico	Drenaje natural	Bueno	Moderado	Bueno, moderado	Excesivo, mal drenado
	Profundidad efectiva (%)	Profundo (>100)	Moderadamente profundo (51-100)	Poco profundo (21- 50)	Superficial (11-20), muy superficial (0-

					10)
	Potencial de hidrógeno (pH)	Medianamente ácido (5.5-6.0), ligeramente ácido (6.0-6.5)	Prácticamente neutro (6.5-7.5), neutro (7)	Ácido (4.5-5.5), Ligeramente e alcalino (7.5-8.0)	Muy ácido (<4.5), medianamente e alcalino (8.0-8.5), alcalino (>8.5)
	Pendiente (%)	Plana (0-2), muy suave (2-5), suave (5-12)	Media (12-25)	Media a fuerte (25-40), fuerte (40-70)	Muy fuerte (70-100), escarpada (100-150), muy escarpada (150-200), abrupta (>200)
	Textura del suelo	Franco, franco limoso, franco arcillo-arenoso, franco arcillo-limoso	Limoso, franco arcilloso, arcillo-limoso, arcilloarenoso, franco-arenoso	Areno francoso, arcilloso	Arena, arcilla pesada
Climáticas	Precipitación (mm)	1500-1600	1400-1500 / 1600-1800	1300-1400 / 1800- 2000	<1300 y >2000
	Temperatura (°C)	22-26	21-22	18-21	<18

* °C= centígrados, cm= centímetro, mm= milímetro, < menor que, > mayor que

Fuente: (MAGAP 2020)

Elaboración propia



Estandarizar las puntuaciones de los factores /criterios

En este caso, se utilizó la Tabla 4 para reclasificar los criterios manteniendo las categorías establecidas óptimo (1), moderado (2) y marginal (3) indicando su significado en la en la siguiente tabla. Se utilizará la herramienta “Arctoolbox” - “Spatial Analyst Tools” - “Reclass” - “Reclassify” para reclasificar los parámetros de la zonificación (MAGAP 2020).

Tabla 4. Cartografía de zonificación

CATEGORÍAS PARA LA ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA

Óptimo	Área donde las condiciones naturales de suelos, relieve, y clima presentan las mejores características para el establecimiento del cultivo.
Moderada	Área donde las condiciones naturales de suelos, relieve, y clima presentan limitaciones ligeras y pueden ser mejoradas con prácticas de manejo adecuados.
Marginal	Área que presentan limitaciones importantes del suelo, relieve y clima, lo cual impide el establecimiento y desarrollo normal del cultivo en condiciones naturales.
No Apto	Áreas de superficie que presentan limitaciones severas en cuestión de las condiciones edafoclimáticas ya descritas.

Fuente: (MAGAP 2020).

Elaboración propia

Determinar el peso

Para determinar los pesos de los parámetros de la zonificación se analizó por medio de especialistas y expertos en el área de agronomía determinando según la importancia de las variables, los cuales realizaran mediante la siguiente tabla:



Tabla 5. Requerimientos agroecológicos

PARÁMETROS	PESO
Drenaje natural	
Profundidad efectiva (%)	
Potencial de hidrógeno (pH)	
Pendientes (%)	
Textura del suelo	
Precipitación (mm)	
Temperatura (°C)	
<i>Elaboración propia</i>	

Una vez reclasificado los archivos ráster, se procedió a colocar los pesos identificados en la Tabla 5 para cada parámetro de la zonificación agroecológica del cultivo de banano; realizándolo mediante la herramienta “Wiegthed Overlay”. Y finalmente procedió a revisar y validar los resultados obtenidos a través de la modelización, constatando las áreas que se han clasificado y posteriormente se realizó un análisis detallado de la zonificación futura.

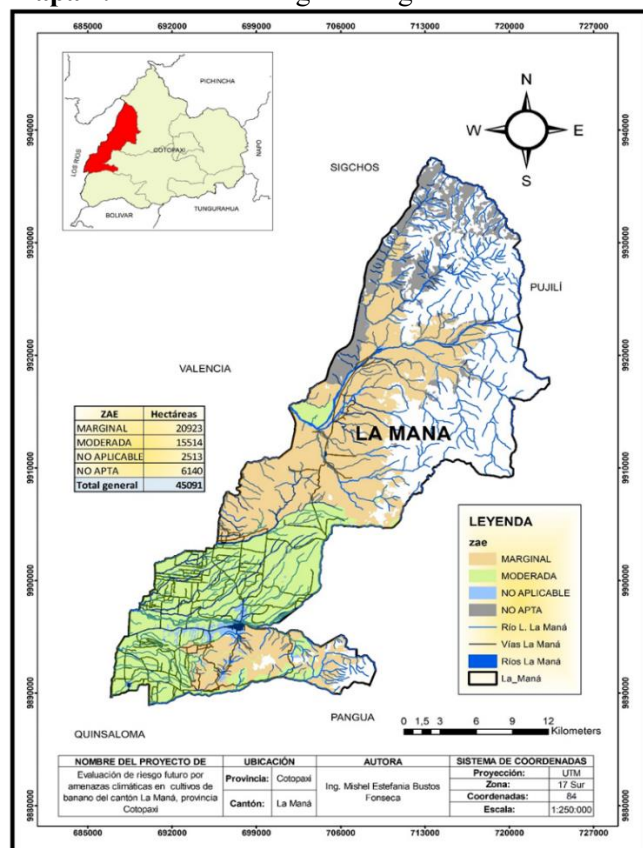
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron datos meteorológicos provenientes de las estaciones (M006) y (M0124) que registran información del año 2000 al 2022, estos datos consisten en el promedio de la sumatoria de las cantidades de lluvia registradas mensualmente a lo largo del tiempo antes mencionado. Por lo tanto, estos datos son de suma importancia para comprender las dinámicas de las variables climáticas de precipitación y temperatura, a nivel del cantón La Maná y que fueron descargados de la base de datos del INAMHI de Ecuador.

El conjunto de datos fue trabajado considerando los requerimientos edafoclimáticos específicos del cultivo de banano. Se señala que la única variación corresponde a que los parámetros de temperatura y precipitación proceden de datos futuros, proporcionados directamente por la página oficial de World Clim. Estas variables climáticas obedecen a que se persiguió el modelamiento de la aptitud agroecológica proyectada, para el periodo 2041-2160. Para el desarrollo de esta parte, se empleó el

laboratorio climático MIROC6 y diferentes escenarios; concretamente, los escenarios ssp245 (optimista en sostenibilidad) y ssp585 (pesimista, alto en combustibles fósiles); cuyo uso permitirá evaluar y vislumbrar la potencial variabilidad de las condiciones, en el cantón La Maná.

Mapa 1. Zonificación Agroecológica del cultivo de Banano en condiciones naturales



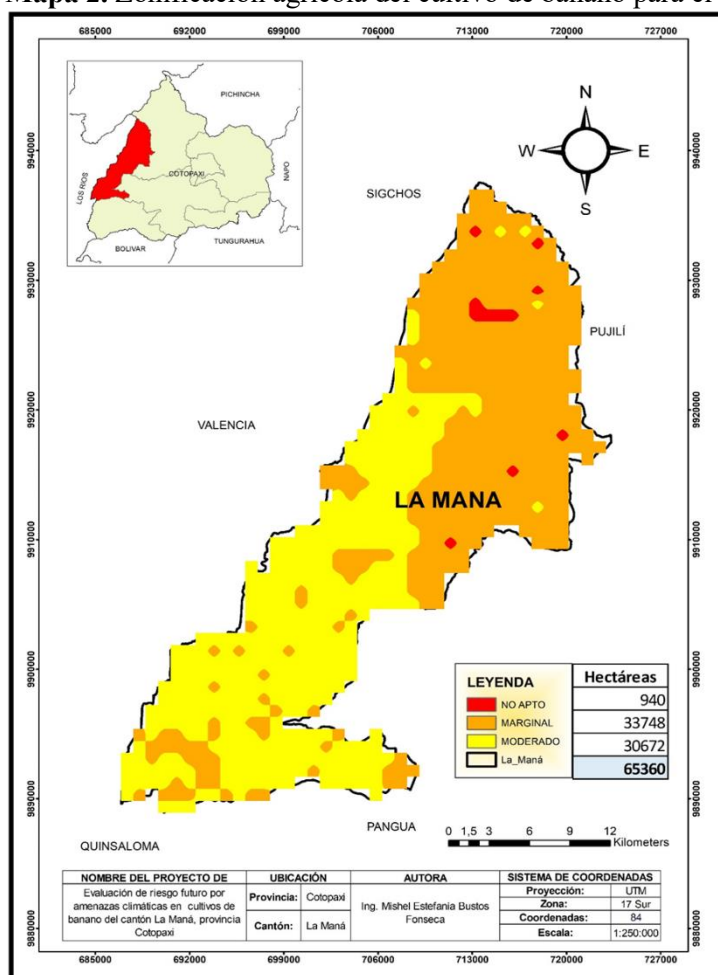
Fuente: Elaboración propia

La semejanza en los resultados de la zonificación agroecológica entre el escenario SSP1 para el periodo 2041-2060 en el análisis de (Espín 2022) y el estudio realizado en el cantón La Maná puede atribuirse a la consistencia en la utilización de los mismos parámetros edafoclimáticos en ambas investigaciones. La predominancia de la categoría moderada seguida de un bajo porcentaje de la categoría marginal en ambos casos sugiere una similitud en las condiciones ambientales y climáticas consideradas para la evaluación. Este hallazgo respalda la robustez de los resultados y subraya la importancia de la coherencia en los métodos y variables utilizados en estudios de zonificación agroecológica. La convergencia en los patrones identificados refuerza la validez de las categorías asignadas a las diferentes áreas, ofreciendo

así información valiosa para la toma de decisiones en la planificación agrícola futura en el cantón La Maná.

La zonificación proyectada comprende relaciones específicas que incluyen pendiente, textura del suelo, profundidad del suelo, drenaje, pH y textura del suelo. Es necesario aclarar que, si bien estos parámetros edáficos son esenciales para la zonificación, las variables climáticas (temperatura y precipitación) condicionan al cantón de manera significativa. Estas condiciones climáticas proyectadas, resultan fundamentales para comprender y de ayudar a anticipar los posibles cambios en el entorno agroecológico del cantón La Maná para el periodo enunciado. La interacción entre las características del suelo y las variables climáticas contribuirá a determinar la aptitud agroecológica y las posibilidades para distintos cultivos en la región proyectada, como se visualiza en (mapa 3).

Mapa 2. Zonificación agrícola del cultivo de banano para el período (2041- 2060) escenario SSP585

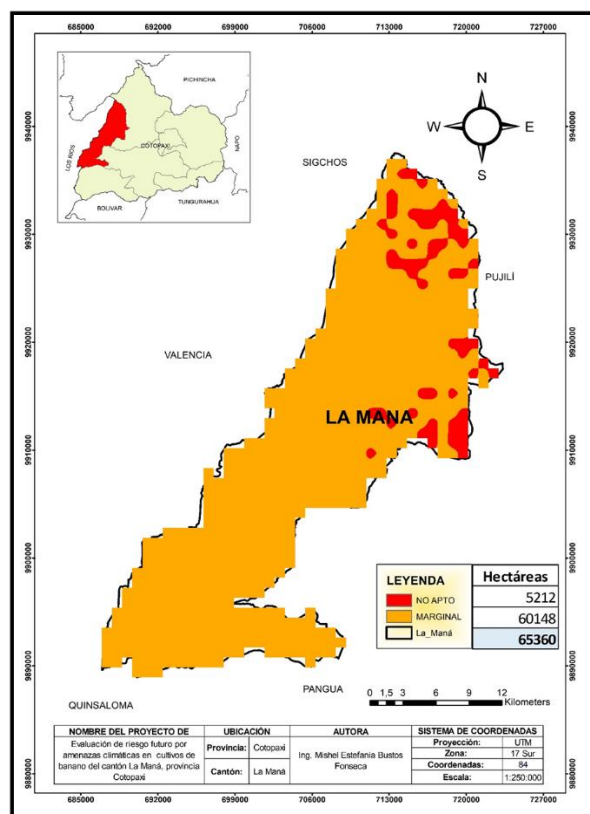


Fuente: Elaboración propia

La presente zonificación agroecológica en el escenario ssp245, caracterizado por ser optimista en sostenibilidad, ofrece una visión detallada del potencial para el cultivo de banano en el cantón La Maná durante el periodo evaluado. Con un área total de 65,360 hectáreas, se han identificado tres categorías de zonificación que reflejan las condiciones naturales del suelo, relieve y clima.

El cantón La Maná es potencialmente apto para el cultivo de banano gracias a factores como el clima, el suelo, la topografía, entre otros, los cuales inciden en el crecimiento y desarrollo de los bananos. De este modo las variables climáticas son determinantes en el desarrollo de los cultivos, así se evidencia en varios estudios con proyecciones de temperatura y precipitación, donde detallaron que la temperatura se elevará progresivamente, mientras que la precipitación disminuirá con los años. Este análisis parte de proyecciones agroecológicas, por lo que las variables climáticas se enmarcan dentro de factores determinantes para el desarrollo regular y equilibrado de diferentes cultivos.

Mapa 3. Zonificación agrícola del cultivo de banano para el período (2041- 2060) escenario SSP585



Fuente: Elaboración propia

En la presente zonificación agroecológica del el escenario ssp585 (pesimista) del periodo evaluado se puede identificar un total de 62,360 ha. en el cantón La Maná donde se obtuvieron dos categorías de zonificación a En primer lugar, la categoría marginal abarca 60,148 hectáreas, indicando que estas áreas presentan limitaciones importantes que podrían dificultar el desarrollo óptimo del cultivo de banano. Este rango sugiere condiciones desafiantes para la producción bananera en la mayoría de las áreas evaluadas. En segundo lugar, la categoría no apta cuenta con 5,212 hectáreas, señalando que el suelo en estas áreas no sería adecuado para el cultivo de banano, lo que podría resultar en un entorno poco propicio para la siembra y desarrollo exitoso de la fruta.

El análisis efectuado por (Rodríguez 2022) en el cantón Valencia, proyectando escenarios futuros bajo escenarios SSP1 para el periodo 2041-2061, revela diferencias significativas en comparación con los resultados obtenidos en el estudio del cantón La Maná. En Valencia, se observa una extensa área categorizada como óptima para el cultivo de banano, seguida por áreas moderadas y marginales, mientras que, en La Maná, los resultados indican categorías moderadas, marginales y no aptas para el mismo periodo.

La disparidad entre ambos cantones, a pesar de su proximidad geográfica, es un elemento crucial a considerar. La carencia de categorías óptimas en La Maná para el escenario proyectado genera preocupación, instando a la implementación de medidas adaptativas por parte de los agricultores locales para garantizar la sostenibilidad de la producción agrícola y el sustento de las comunidades en el periodo mencionado. La divergencia en las proyecciones de cambio de categorías entre los cantones Valencia y La Maná, específicamente en el escenario SSP5 para el periodo 2041-2061, podría estar asociada a factores locales y variabilidades climáticas distintas.

CONCLUSIÓN

La zonificación agroecológica en el escenario ssp245 del periodo 2041-2060 destaca un potencial alentador para el cultivo de banano en el cantón La Maná, clasificando las áreas en tres categorías según las condiciones ambientales. Mientras las áreas moderadas presentan limitaciones leves susceptibles de mejora, las áreas marginales exhiben restricciones más notables y las áreas no aptas manifiestan limitaciones severas debido a condiciones edafoclimáticas. La falta de áreas óptimas durante 2041-2060 sugiere la posibilidad de condiciones climáticas desfavorables, lo cual podría afectar adversamente las

condiciones del suelo para el cultivo de banano, informando decisiones cruciales para la planificación agrícola futura. En el escenario pesimista ssp585, la presencia de áreas marginales y no aptas, junto con la ausencia de áreas óptimas y moderadas, destaca la urgencia de medidas preventivas para mitigar posibles pérdidas en la industria bananera, enfocándose en prácticas agrícolas sostenibles y adaptativas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, PA; Ortega Villamizar, GM; Villegas Villa, LD; Martínez Agudelo, JA. 2021. Colombian climatology in CMIP5/CMIP6 models: Persistent biases and improvements (en línea) (En accepted: 2022-12-13t14:14:53z). DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20210525>.
- Lluncor, D. 2018. Evaluacion de metodologias para corregir el efecto de sombreado topografico en imágenes satelitales con dos modelos digitales de elevacion y dos sistemas de clasificacion (en línea) (En accepted: 2018-08-08t16:30:09z). . Consultado 21 ago. 2023. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/45204>.
- Kriegler, E; Bauer, N; Popp, A; Humpenöder, F; Leimbach, M; Strefler, J; Baumstark, L; Bodirsky, BL; Hilaire, J; Klein, D; Mouratiadou, I; Weindl, I; Bertram, C; Dietrich, J-P; Luderer, G; Pehl, M; Pietzcker, R; Piontek, F; Lotze-Campen, H; Biewald, A; Bonsch, M; Giannousakis, A; Kreidenweis, U; Müller, C; Rolinski, S; Schultes, A; Schwanitz, J; Stevanovic, M; Calvin, K; Emmerling, J; Fujimori, S; Edenhofer, O. 2018. Fossil-fueled development (SSP5): An energy and resource intensive scenario for the 21st century. *Global Environmental Change* 42:297-315. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.015>.
- Ruiz-Corral, JA; Medina-García, G; García Romero, GE; Ruiz-Corral, JA; Medina-García, G; García Romero, GE. 2018. Sistema de información agroclimático para México-Centroamérica. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 9(1):1-10. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i1.843>.
- MAGAP, (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2020. Mapa de Zonificación Agroecológica del cultivo de Banano, escala 1:25.000, año 2020 - Datos Abiertos Ecuador (en línea, sitio web). Consultado 21 ago. 2023. Disponible en <https://www.datosabiertos.gob.ec/dataset/mapa-de-zonificacion-agroecologica-del-cultivo-de-banano-escala-1-25-000-ano-2020>.



- ONU, (ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS). 2020. Cambio climático | Naciones Unidas (en línea, sitio web). Consultado 19 ago. 2023. Disponible en <https://www.un.org/es/global-issues/climate-change>.
- FES, (Friedrich-Ebert-Stiftung); Chuquimarca, S; Polo, P; Llerena, MJ; Herrera, S; Orozco, C; Avila, V. 2022. Estado del banano en Ecuador (en línea). Segunda Edición.
- Van, DP; Stehfest, E; Gernaat, DEHJ; Doelman, JC; van den Berg, M; Harmsen, M; de Boer, HS; Bouwman, LF; Daioglou, V; Edelenbosch, OY; Girod, B; Kram, T; Lassaletta, L; Lucas, PL; van Meijl, H; Müller, C; van Ruijven, BJ; van der Sluis, S; Tabeau, A. 2018. Energy, land-use and greenhouse gas emissions trajectories under a green growth paradigm. *Global Environmental Change* 42:237-250. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.008>.
- WorldClim. 2022. Future climate data — WorldClim (en línea, sitio web). Consultado 21 ago. 2023. Disponible en <https://www.worldclim.org/data/cmip6/cmip6climate.html>.

