

Impacto del cambio climático en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) en Valencia, Los Ríos, Ecuador

Génesis Andreina Mendoza Rodríguez¹, Pedro Harrys Lozano Mendoza¹, Carlos Alberto Nieto Cañarte¹,
Víctor Manuel Guamán Sarango¹

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.

Corresponding author: Génesis Andreina Mendoza Rodríguez, gmendozar@uteq.edu.ec

(Recibido: 25-08-2023. Publicado: 12-11-2023.)

DOI: 10.59427/rcli/2023/v23.117-124

Resumen

Valencia se encuentra en la zona norte de la provincia de Los Ríos situada en el centro del país, Ecuador. Se caracteriza por un clima monzónico con dos estaciones definidas; lluviosa (Enero-mayo) y seca (Junio-diciembre). El área de estudio reporta muchos impactos de eventos hidrometeorológicos en las zonas de distribución de banano asociados a eventos húmedos y secos como inundaciones y sequías que afectan el desarrollo del producto. El objetivo de esta investigación fue determinar la distribución geográfica del cultivo de banano y sus potenciales cambios en el clima durante el siglo XXI, asociados a dos tipos de escenarios: favorecedor (SSP1) y pesimista (SSP5) en el cantón Valencia, Ecuador. Se utilizó la base de datos de la "cobertura de uso de suelo" para identificar las zonas de distribución geográfica actual del banano en el cantón Valencia. Simultáneamente se utilizaron simulaciones reducidas de Worlclim del Proyecto de Intercomparación de Modelos Climáticos 6 (CMIP6) para simular los cambios futuros con periodos de 2020-2040, 2041-2060 y 2081-2100 con parámetros agroclimáticos (precipitación "Pr", temperatura mínima "Ti" y temperatura máxima "Tx"), con resolución espacial expresadas como minutos de grado de longitud y latitud de 30 segundos y biofísicos (drenaje natural, elevación, profundidad, potencial de hidrógeno, pendientes, pedregosidad, materia orgánica, textura del suelo, salinidad). El cultivo de banano posee una extensión de 15972.23 hectáreas en todo el cantón, mismo que puede verse afectado por los impactos climáticos de los escenarios CMIP6. Los resultados muestran que un futuro más seco será característico del clima en el cantón Valencia a finales del siglo XXI. Se espera que para finales del siglo XXI las condiciones del escenario climático SSP5 afecten las zonas de distribución geográfica del banano, los sistemas humanos y ambientales.

Palabras claves: Cambio climático; temperatura; precipitación; zonificación agroecológica.

Abstract

Valencia is located in the northern part of the province of Los Ríos in the center of the country, Ecuador. It is characterized by a monsoon climate with two distinct seasons; rainy (January-May) and dry (June-December). The study area reports many impacts of hydrometeorological events in the banana distribution zones associated with wet and dry events such as floods and droughts that affect the development of the product. The objective of this research was to determine the geographical distribution of banana cultivation and its potential changes in climate during the 21st century, associated with two types of scenarios; favorable (SSP1) and pessimistic (SSP5) in the canton of Valencia, Ecuador. The "land use coverage" database was used to identify the current geographical distribution zones of banana in the canton of Valencia. Simultaneously, reduced Worlclim simulations from the Climate Model Intercomparison Project 6 (CMIP6) were used to simulate future changes with periods of 2020-2040, 2041-2060 and 2081-2100 with agroclimatic parameters (precipitation "Pr", minimum temperature "Ti" and maximum temperature "Tx"), with spatial resolution expressed as minutes of degree of longitude and latitude of 30 seconds and biophysical (natural drainage, elevation, depth, hydrogen potential, slopes, stoniness, organic matter, soil texture, salinity). Banana cultivation covers an area of 15972.23 hectares in the entire canton, which could be affected by the climate impacts of the CMIP6 scenarios. The results show that a drier future will be characteristic of the climate in the canton of Valencia at the end of the 21st century. It is expected that by the end of the 21st century, the conditions of the SSP5 climate scenario will affect banana geographical distribution zones, human and environmental systems.

Keywords: *Climate change; temperature; precipitation; agroecological zoning.*

1 Introducción

A lo largo de la historia la tierra ha experimentado alteraciones en su clima, precisamente en su temperatura, considerando los períodos glaciares y los calentamientos globales, aquellos que han producido transformaciones en el medio ambiente (Yazar et al., 2022). Siendo, el cambio climático, aquel que afecta los procesos biogeofísicos y socioeconómicos, ocasionando importantes repercusiones tanto positivas como negativas en los ecosistemas y en la sociedad (Torres et al., 2019). El cambio climático representa uno de los mayores desafíos ambientales que involucra a toda la humanidad. Este alto grado de afectación está relacionado con la vulnerabilidad de la población y la fragilidad de los ecosistemas (Sánchez & Reyes, 2015). Siendo la agricultura uno de los sectores económicos altamente vulnerables a los efectos del cambio climático y en particular el cultivo de banano, cuya variación de los niveles óptimos de temperatura, precipitación y humedad relativa (Távora, 2020); alteraciones que podrían hacer nacer problemas asociados a una mayor incidencia de plagas en el cultivo de banano, la degradación del suelo y la escasez de agua lo cual impacta directamente en la productividad del cultivo, afectando el desarrollo de la planta y del fruto (BananoTecnía, 2017). Ecuador está entre los principales productores y exportadores del banano a nivel mundial, la facturación de banano es del 32% de la comercialización mundial y el 3.84% se refiere al producto interno bruto (León et al., 2020); este rubro de comercialización genera ingresos importantes al país por su volumen significativo de comercialización, el cual lo ubican como el producto principal y fuente de divisas que actualmente existe en el país, después del petróleo (Borja, 2016). Por ende, el sector bananero del Ecuador es crucial para la economía nacional, el empleo y la balanza comercial del país (Estrada & Maldonado, 2016).

De esta manera, el cambio climático se muestra como una amenaza en la producción de banano, por los períodos de sequía y precipitaciones que no son constantes, esto trae la presencia de plagas y enfermedades (Pérez et al., 2018). En este sentido, las metodologías de zonificación agroecológica son capaces de ayudar a ubicar aquellos tipos de uso del suelo que se ajustan mejor a las características físicas de una región, estas tienen similares características relacionadas con su aptitud y potencial de producción (González & Hernández, 2016). Como resultado de este proceso se puede identificar los tipos de usos de la tierra que son más acordes con la capacidad productiva de los recursos naturales, procurando a la vez el equilibrio y la conservación de los agroecosistemas y su proyección futura (Venero, 2014). Actualmente, mediante la aplicación de métodos más específicos podemos ampliar estos estudios para obtener modelos empíricos que describan y justifiquen las relaciones entre las variables climáticas y la productividad del banano en Ecuador. Así como para aplicarlos con modelos del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC): Coupled Model Intercomparison Project, phase 6 (CMIP6). En la presente investigación se evaluará las afectaciones en el cultivo de banano por cambios del clima en el Cantón Valencia perteneciente a la provincia de Los Ríos, se va a considerar la distribución geográfica del cultivo, se indicarán los escenarios climáticos futuros más crítico, se analizarán las características de influencia en el desarrollo de la planta.

2 Metodología

La investigación se realizó en el cantón Valencia, zona norte de la provincia de Los Ríos, posee un clima monzónico, con dos estaciones definidas; lluviosa (enero-mayo) y seca (junio-diciembre). temperatura media anual es 24°C, humedad media anual del 91%, el índice UV es 5 y la precipitación media anual es 2510 mm (Franco Cedeño, 2017). En la figura 1 se aprecia el Mapa de ubicación del cantón Valencia.

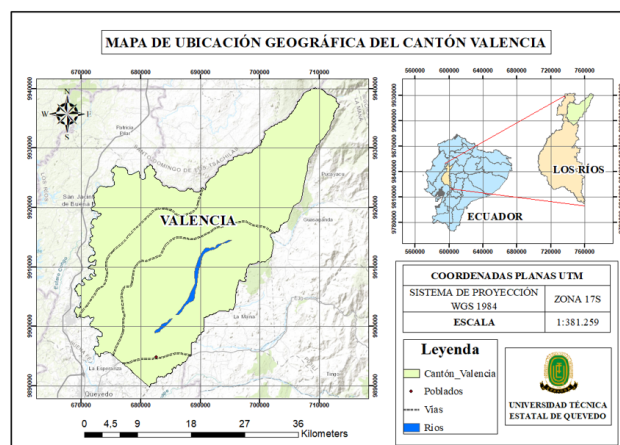


Figure 1: Mapa de ubicación del cantón Valencia.

Identificación del cultivo de banano en el territorio del cantón Valencia: Se descargo la base de datos de la distribución del cultivo de banano en todo el territorio del cantón Valencia del año 2015 (SNI, 2022). Se agregaron las capas de cobertura de uso de suelos y se empleó “Clip” para el recorte con el área de estudio. Escenarios climáticos: Se consideró los escenarios climáticos SSP1 y SSP5. El escenario SSP1 (Tabla 1) adopta los principios del desarrollo sostenible (Van et al., 2017) mientras que, el escenario SSP5 (Tabla 2) se caracteriza por un desarrollo rápido, alimentado por combustibles fósiles, representando un gran reto socioeconómico para la mitigación y adaptación (Kriegler et al., 2017).

Table 1: Descripción de los elementos de la historia y modelos SSP1.

Elemento genérico	
Crecimiento económico	Alto
Crecimiento de la población	Bajo
Gobernanza e instituciones	Eficaz tanto a nivel nacional como internacional.
Tecnología	Eficiencia, tecnologías renovables y rendimientos
Consumo / producción	Promoción del desarrollo sostenible
Demanda de energía	
Transporte	Menor proporción de ingresos gastados en transporte
Edificios	Menor demanda general de servicios energéticos
No energético	Baja intensidad
Suministro y conversión de energía	
Combustibles fósiles	Desarrollo tecnológico medio
Bioenergía	Biocombustibles eliminaron en su mayoría el 2030
Agricultura y uso de la tierra	
Cambio de uso del suelo	Áreas protegidas se amplían para alcanzar la meta Aichi del 17%
Productividad agrícola	Fuerte: aumento del rendimiento de los cultivos.
Impacto del consumismo	Bajo: consumo de productos animales un 30%.
Comercio	
Comercio de agroproductos	Abolición de aranceles importación y subsidios exportación para 2030
Contaminación del aire	
Factores de emisión	Bajo

Table 2: Descripción de los elementos de la historia y los modelo SSP5.

Demografía	
Demografía	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
Tecnología energética	Combustibles fósiles; fuentes alternativas no buscadas activamente
Ambiente y recursos	
Uso del suelo	Regulaciones medias conducen a una lenta disminución de la deforestación
Agricultura	Rápido aumento de la productividad
Políticas e instituciones	
Política ambiental	Centrarse en el entorno local, poca preocupación por los problemas globales

Descarga y modelación de los escenarios climáticos: Los modelos climáticos: Tn (temperatura mínima media mensual en °C), Tx (temperatura máxima media mensual en °C) y Pr (precipitación total mensual en mm), se descargaron de Worldclim en períodos de 20 años (2020-2040, 2041-2060 y del 2081-2100), del laboratorio modelo de circulación general atmosférico (MCG) o conocido como MIROC-ES2L (Cheng et al., 2021), con resolución espacial expresadas como minutos de grado de longitud y latitud de 30 segundos (WorldClim, 2022). A los modelos climáticos de Tn y Tx se le aplicó un desescalado (downscaling) en el software Saga Gis (Llúncor, 2016) por medio de “GWR for Grid Downscaling” para mejorar la resolución espacial. Precedido de un recorte en el software QGIS con el complemento “buffer” para el área de estudio.

Cálculo de los modelos climáticos y parámetros agroecológicos: Luego del Downscaling se aplicó un procedimiento de álgebra a las variables climáticas tn y tx en el software QGIS con el complemento “Raster calculator”(Moreno et al., 2022). A continuación, la ecuación para obtener un promedio de ambas temperaturas (Ruiz et al., 2018): $T_m = (T_x + T_i) / 2$.

Mediante la aplicación de “Reclassify” en el software QGIS, se procedió a reclasificar los parámetros agroecológicos en base a las tres categorías de zonificación del cultivo de banano (MAGAP, 2020). Finalmente, se crearon las zonificaciones agroecológicas del cultivo de banano para el cantón Valencia con la herramienta “Weighted Overlay” evaluando los pesos para cada ráster previamente reclasificado (Tabla 3).

Table 3: Parámetros agroecológicos para el cultivo de banano.

Parámetros agroecológicos	Categorías de la zonificación			Pesos
	Óptima (1)	Moderada (2)	Marginal (3)	
Drenaje natural	Bueno	Moderado	Bueno, moderado	11%
Elevación (msnm)	10-300	0-10 / 300-800	800-1200	8%
Profundidad (cm)	Profundo (>100)	Moderadamente profundo (51-100)	Poco profundo (21-50)	8%
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 alcalino (7.5-8.0)	10%
Pendientes (%)	Plana (0-2), muy suave (2.5), suave (5-12)	Media (12-25)	Media a fuerte (25-40), fuerte (40-70)	8%
Pedregosidad (%)	Sin, muy pocas (< 10)	Pocas (10-25)	Frecuentes (25-50)	7%
Materia orgánica (%)	Alto - Costa (>2), alto - Amazonia (6.0)	Medio - Costa (1.0-2.0), medio - Amazonia (3.0-6.0)	Bajo - Costa (<1.0), bajo - Amazonia (1.5-3.0)	10%
Textura del suelo	Franco, franco limoso, franco arcillo-arenoso, franco arcillo-limoso	Limoso, franco arcilloso, arcillo-limoso, arcillo-arenoso, franco-arenoso	Areno franco, arcilloso	11%
Salinidad (ds/m)	No salino (<2.0)	Ligeramente salino (2.0-4.0)	Salino (4.0-8.0)	6%
Precipitación (mm)	1500-1600	1400-1500 / 1600-1800	1300-1400 / 1800-2000	12%
Temperatura (°C)	22-26	21-22	18-21	9%

3 Resultados y discusión

El cultivo de banano es de gran importancia para la economía del país; tanto para los productores y población que se sirve de ella. La Figura 2 expone la distribución del producto representado con el color rojo, se extiende a 15972.23 hectáreas en todo el territorio del Cantón Valencia.

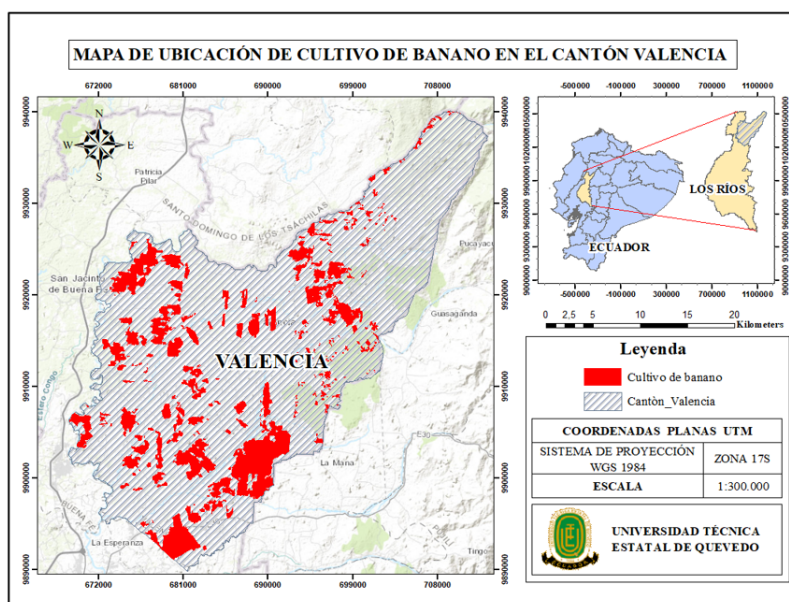


Figure 2: Mapa de ubicación de cultivo de banano en el Cantón Valencia.

Zonificación agroecológica del cultivo de banano: El modelo SSP 1 uso de suelo para el cultivo de banano posee 55054 hectáreas de zonas óptimas y 30397 hectáreas de superficie moderado, periodo 2020-2040 según los requerimientos descritos en la Tabla 3. Datos que indican, que la proyección futura en el escenario SSP1, siempre y cuando se lleve un consumo de combustible fósil moderado y que el crecimiento poblacional sea bajo, posee áreas óptimas en un 64% para el cultivo de banano con temperaturas de 25°C a 26°C y precipitaciones de 1500 mm a 1600 mm. Estos resultados proyectados resultan beneficiosos en el cultivo de banano, trae consigo el desarrollo correcto del producto y a nivel tanto local, regional, nacional e internacional brindaría seguridad alimentaria y económica constante a la población que está directa e indirectamente relacionada con esta actividad productiva, considerando los niveles de pH y materia orgánica estable (Figura 3). Para (Naranjo Morán et al., 2021) la materia orgánica puede contribuir a la disminución del pH del suelo, además considera que la aplicación de fertilizantes orgánicos a largo plazo es una opción de buenas prácticas ambientales, el uso constante contribuye a la movilización de los minerales de Fe al suelo cultivable, esto permite una mayor conservación del carbono presente en el suelo. Así mismo (Zhiminaicela et al., 2020) señalan los beneficios presentes y futuros del uso de los restos de cosecha (raquis, frutos descartados, pseudotallo, hojas, inflorescencias), estos permiten recuperar la salud de los suelos cultivados con banano, además de corregir parámetros químicos importantes para mejorar la productividad tales como: potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO); permitiendo salvaguardar la seguridad alimentaria de la población mundial.

El modelo SSP 5 con respecto al cultivo de banano posee 55015 hectáreas de zonas óptimas que representan el color verde y 30436 hectáreas de superficie moderado con el color amarillo. Este escenario tiende a una globalización fuerte y una política ambiental con poca preocupación por los problemas globales, las áreas agrícolas son más propensas a enfrentar estragos devastadores que afecta las condiciones climáticas, la proyección del periodo 2020 al 2040 no presenta afectaciones, debido a los grados de aptitud demostrados de óptimos a moderados (Figura 3). De la misma manera, (Vásquez-Castillo et al., 2019) indica que las condiciones climáticas que prevalecen en el crecimiento y desarrollo de la fruta pueden inferir en la calidad física de los frutos, además mencionan que los que más inciden son la precipitación y las horas luz.

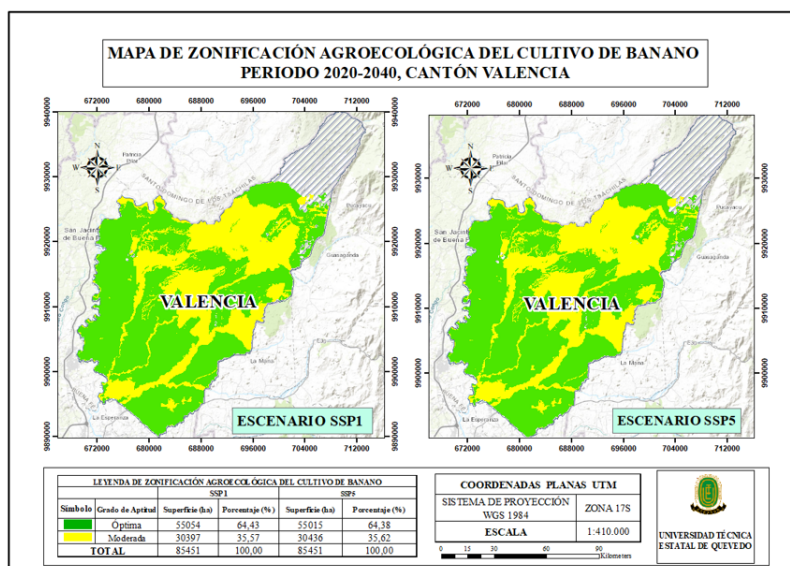


Figure 3: Mapa de zonificación agroecológica periodo 2020-2041, escenario climático SSP1-SSP5.

El modelo SSP 1 uso de suelo para el cultivo de banano posee 70409 hectáreas de zonas óptimas, 12402 hectáreas de superficie moderado y 2640 ha de superficie marginal según los requerimientos descritos en la Tabla 3. Ahora bien, tras los procedimientos a seguir para la zonificación y constatar las aptitudes en el área de estudio para este periodo se concluye que la proyección a 20 años más que las Figuras 4 y 5, ya se denotan cambios significativos. El área optima sigue siendo mayor en el escenario SSP 1, reflejando el resultado de las buenas prácticas ambientales y reglamentos, con el buen uso de combustibles fósiles que el modelo representa (Figura 4). Situación similar a la expuesta por (Van et al., 2012) mencionan que los productores de banano ya utilizan diversas tecnologías para superar las limitaciones de temperatura y agua, incluida la siembra anual, las estructuras de protección y, más comúnmente, el riego para refrescar las plantas durante los periodos de temperaturas excesivamente altas. Para (Machovina & Feeley, 2013) Ecuador es el exportador número uno de banano en América Latina con un área idónea de 5.7%, sin embargo los resultados expuestos en este artículo difieren, debido a que en sus Proyecciones para el 2060 se prevé que Ecuador, experimente un aumento en la extensión de la superficie adecuada en su producción, se llegó a tal conclusión por considerar que la temperatura media anual mundial aumente de 26.2 a 28.9 °C (+10,2 %) en los próximos 50 años.

El modelo SSP 5 con respecto al cultivo de banano posee 23178 hectáreas de zonas óptimas que representa el color verde, 36139 hectáreas de superficie moderado con el color amarillo y 6134 hectáreas con el color naranja. Estos resultados futuros, reflejan ya una preocupación sobre la escasez de las zonas óptimas para el buen desarrollo del cultivo de banano, trayendo consigo más problemáticas que no solo se van direccionadas a la producción, sino que también son consideraciones socioeconómicas (Figura 4). Así mismo (Varma & Bebbber, 2019) aseguran que el aumento de la temperatura por el cambio climático mermará en al menos un tercio la producción de banano en los principales países productores de esta fruta para el 2050 y que Ecuador es un país clasificado como “en riesgo” en la que su rendimiento disminuirá debido al cambio climático. Por otro lado (Pérez & Porras, 2015) estiman que las anomalías de temperatura más altas con las diferencias máximas absolutas con las líneas bases históricas para la Tmáx., Tmed. y Tmín. serán de +2.89°C, +2.80°C y +2.33°C, respectivamente y que ocurrirán entre junio y mediados de septiembre, mientras que las más bajas en febrero para el 2060.

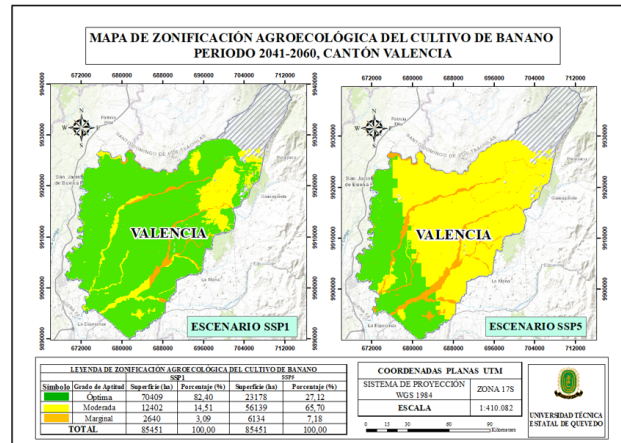


Figure 4: Mapa de zonificación agroecológica periodo 2041-2060, escenario climático SSP1-SSP5.

El modelo SSP 1 uso de suelo para el cultivo de banano posee 31876 hectáreas de zonas óptimas para el cultivo de banano con el color verde, el color amarillo representa 47441 hectáreas de superficie moderado y con el color naranja 6139 hectáreas de superficie marginal. El modelo refleja una proyección similar a la Figura 4, siendo las zonas de color amarillo las de mayor extensión de formato moderado para el cultivo de banano con el modelo SSP 1, esto indica que las temperaturas tienden de 21°C a 22°C con una precipitación que va desde los 1400 mm a 1800 mm. Resultados que se asemejan a lo descrito por (Van Den Bergh et al., 2012) el autor menciona que los bananos no pueden crecer con temperaturas mínimas mensuales por debajo de 0°C, dejan de crecer por debajo de 12°C (Tmin) o por encima de 33°C (Tmax), y tienen un crecimiento óptimo entre 17.5 y 26.3°C (Tmin y Tmax, respectivamente). En otro orden (Santacruz & Santacruz, 2020) demuestran la importancia de someter a una constante evaluación hidráulica a los diferentes métodos de riego en el cultivo de banano, debido a que la falta de agua en el periodo de floración limita el desarrollo de las hojas y el número de frutos, del mismo modo en el periodo de formación del racimo, afecta el tamaño de los frutos y su calidad comercial se reduce, en contraste con el modelo SSP 1 las buenas prácticas ambientales contribuyen en el buen desarrollo del cultivo.

El modelo SSP 5 con respecto al cultivo de banano posee 79317 hectáreas de superficie moderado con el color amarillo y 6134 hectáreas de superficie marginal de color naranja. La proyección con las características del modelo SSP 5 son las más preocupantes, esto cerrará un ciclo productivo de gran acogida y fundamental en la soberanía alimentaria. Los hogares que reciben o se dedican a esta actividad productiva se verán afectados. Adicional, se proyecta también, el cambio estructural del banano. Las condiciones son desfavorables para este modelo en el periodo de 2081 al 2100 (figura 5), esto se debe a tal como lo menciona (Yela Piedrahita et al., 2016) que existe una escasa información sobre los efectos del cambio climático en los productores, por la falta de asistencia técnica y de una contundente política de Estado que sea capaz de reconocer dos aspectos importantes; el valor productivo-económico y social-ambiental. Situación que (Suárez, 2019) complementa con su afirmación de que las prácticas diarias realizadas por las personas en sus espacios cotidianos, conducen a un mismo fin: la desposesión de la tierra, la erosión del tejido social y la aparición de nuevas formas de pobreza y exclusión.

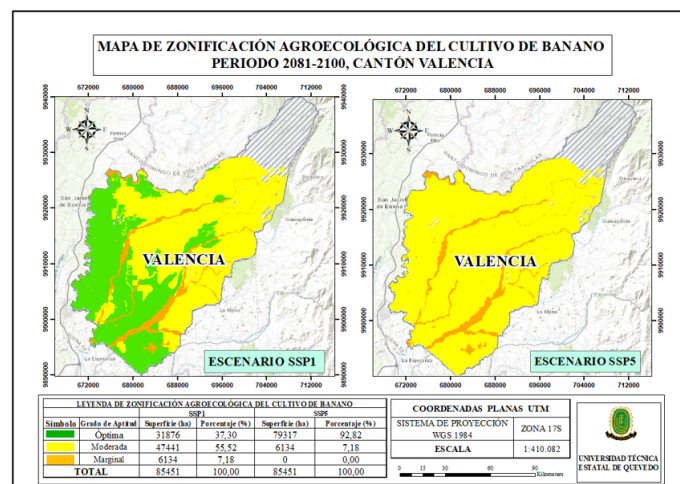


Figure 5: Mapa de zonificación agroecológica periodo 2081-2100, escenario climático SSP1-SSP5.

4 Conclusión

Los mapas temáticos arrojaron las zonas de distribución del cultivo de banano en el cantón Valencia, indicando que zonas de este son óptimas para su cultivo y desarrollo. Entre los escenarios, se seleccionaron los modelos de SSP1 y SSP5 para los periodos mencionados que van desde el 2020 al 2040, 2041 al 2060 y del 2081 al 2100. En la que se pudieron identificar que en el último modelo de SSP5 para el periodo futuro de 2081 al 2100 ya no contará con tres zonas con categorías de uso, indicando con ello que a futuro las zonas con distribución geográfica y condiciones óptimas para el cultivo de banano disminuirán. Demostrando que si existe un actuar rápido las categorías quedarán como Moderadamente o Marginal, un caso preocupante para la seguridad alimentaria y la economía del país.

5 Referencias bibliográficas

- BananoTecnia. (2017). El cultivo de banano se ve afectado por el cambio climático.
- Borja, J. (2016). La producción de banano bajo el sistema de comercio justo: un análisis del caso ecuatoriano. *Revista Digital Siembra*, 3(1).
- Cheng, W., Hermann, A. J., Hollowed, A. B., Holsman, K. K., Kearney, K. A., Pilcher, D. J., Stock, C. A., & Aydin, K. Y. (2021). Eastern Bering Sea shelf environmental and lower trophic level responses to climate forcing: Results of dynamical downscaling from CMIP6. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 193, 104975.
- Estrada, C. P., & Maldonado, E. F. N. (2016). Proceso de control de calidad para el banano de exportación en finca bananera. *Observatorio de La Economía Latinoamericana*, 226.
- Franco Cedeño, M. J. (2017). Determinación de los costos del uso de nematicidas en el cultivo de banano en la hacienda adriana carolina, del cantón Valencia, provincia de Los Ríos”.
- González González, H. A., & Hernández Santana, J. R. (2016). Agroecological zoning of *Coffea arabica* in the Atoyac de Álvarez municipality, Guerrero state, México. *Investigaciones Geograficas*, 2016(90), 105–118.
- Kriegler, E., Bauer, N., Popp, A., Humpenöder, F., Leimbach, M., Streffer, J., Baumstark, L., Bodirsky, B. L., Hilaire, J., Klein, D., Mouratiadou, I., Weindl, I., Bertram, C., Dietrich, J. P., Luderer, G., Pehl, M., Pietzcker, R., Piontek, F., Lotze-Campen, H., ... Edenhofer, O. (2017). Fossil-fueled development (SSP5): An energy and resource intensive scenario for the 21st century. *Global Environmental Change*, 42, 297–315.
- León Serrano, L. A., Arcaya Sisalima, M. F., Barbotó Velásquez, N. A., & Bermeo Pineda, Y. L. (2020). Ecuador: Análisis comparativo de las Exportaciones de banano orgánico y convencional e incidencia en la Balanza Comercial, 2018. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 7(2), 38–46.
- Llúncor, D. (2016). Evaluación de metodologías para corregir el efecto de sombreado topográfico en imágenes satelitales con dos modelos digitales de elevación y dos sistemas de clasificación.
- Machovina, B., & Feeley, K. J. (2013). Climate change driven shifts in the extent and location of areas suitable for export banana production. *Ecological Economics*, 95, 83–95.
- MAGAP. (2020). Zonificación agroecológica del cultivo de banano.
- Moreno Ortega, C. D., Palma Barragán, J. D., Trilleras Motha, J. M., & Salamanca García, J. A. (2022). Vulnerabilidad ecológica del complejo de páramos Chilí-Barragán, Colombia, a los incrementos de temperatura en un escenario de cambio climático. *Revista Geográfica*, 164, 21–37.
- Naranjo Morán, J., Vera Morales, M., & Mora González, A. (2021). Acumulaciones de hierro en agroecosistemas bananeros (Milagro, Ecuador): Una revisión bibliográfica de algunos factores que intervienen en la salud y nutrición del cultivo. *Siembra*, 8(2).
- Pérez, L., & Porras, Á. (2015). Impacto potencial del cambio climático sobre las plagas de bananos y plátanos en Cuba An appraisal of climatic change impact on banana and plantain pests in Cuba. *Fitosanidad*, 19(3), 201–211.
- Ruiz Corral, J. A., Medina García, G., & García Romero, G. E. (2018). Sistema de información agroclimático para México- Centroamérica (SIAMEXCA). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(1), 1–10.

- Sánchez, L., & Reyes, O. (2015). Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: Una revisión general — Publicación — Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Santacruz de León, G., & Santacruz de León, E. E. (2020). Evaluación del desempeño del riego por aspersión en lotes con cultivo de banana en Chiapas, México. *Siembra*, 7(2), 001–013.
- SNI. (2022). Archivos de Información Geográfica - Sistema Nacional de Información.
- Suárez, L. G. (2019). Land, labor and toxics: On the production of banana lands in the southern coast of Ecuador. *Estudios Atacamenos*, 63, 341–364.
- Távora Hernández, Milbort Paul. (2020, October). Efectos del cambio climático en la productividad del banano orgánico en el Valle del Chira – Sullana - Piura.
- Torres Favier, M. A., Chi Ceballos, M., Dehesa González, L. M., & Veranes Dutil, M. (2019). Efectos del cambio climático en la salud. *Revista Información Científica*, 98(2), 272–282.
- Valentín Pérez, Y., Hernández Mansilla, A., Sorí Góme, R., López Mayea, A., Vázquez Montenegro, R., & Alonso Sánchez, J. D. (2018). Fitófagos de banano y plátano bajo condiciones de cambio climático en Cuba — *Revista de Ciencias Ambientales*. *Revista de Ciencias Ambientales*.
- Van Den Bergh, I., Ramirez, J., Staver, C., W. Turner, D., Jarvis, A., & Brown, D. (2012). Climate change in the subtropics: The impacts of projected averages and variability on banana productivity. *Acta Horticulturae*, 928, 89–100.
- Van Vuuren, D. P., Stehfest, E., Gernaat, D. E. H. J., Doelman, J. C., van den Berg, M., Harmsen, M., de Boer, H. S., Bouwman, L. F., Daioglou, V., Edelenbosch, O. Y., Girod, B., Kram, T., Lassaletta, L., Lucas, P. L., van Meijl, H., Müller, C., van Ruijven, B. J., van der Sluis, S., & Tabeau, A. (2017). Energy, land-use and greenhouse gas emissions trajectories under a green growth paradigm. *Global Environmental Change*, 42, 237–250.
- Varma, V., & Bebber, D. P. (2019). Climate change impacts on banana yields around the world. *Nature Climate Change* 2019 9:10, 9(10), 752–757.
- Vásquez-Castillo, W., Racines-Oliva, M., Moncayo, P., Viera, W., & Seraquive, M. (2019). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de banano orgánico (*Musa acuminata*) en el Ecuador. *Enfoque UTE*, 10(4), 57–66.
- Venero, G. M. S. (2014). Apuntes Sobre La Zonificación Agroecológica De Los Cultivos. Particularidades En Cuba. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 36–44. WorldClim. (2022). Future climate data — WorldClim 1 documentation.
- Yazar, M., York, A., & Larson, K. L. (2022). Adaptation, exposure, and politics: Local extreme heat and global climate change risk perceptions in the phoenix metropolitan region, USA. *Cities*, 127(March 2021), 103763.
- Yela Piedrahita, Y. L., Boza Valle Jhon, A., Baquedano Muñoz, L., Rivas Káiser, K., & Quiñonez Barahona, M. J. (2016). Efectos del cambio climático en la producción agrícola del Banano en el Cantón Valencia. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*.
- Zhiminaicela, B., Guerrero, N., & Batista, M. (2020). La Producción De Banano En La Provincial De El Oro Y Su Impacto En La Agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana*, 189–195.