Hombre, Ciencia y Tecnología ISNN: 1028-0871 Vol. 30, No.3, jul-sept., pp. 29-38, 2026

Aptitud agrícola del café en Yateras bajo escenarios climáticos
Agricultural suitability of coffee in Yateras under climate scenarios

Autores:
Ing. Rodelkys Hernández-Turcas[1], https://orcid.org/0000-0001-7592-613X
DrC. Ricardo Delgado-Tellez[2], https://orcid.org/0000-0002-7475-1064
MSc. Enrique Perigó-Román[1], https://orcid.org/0000-0002-0916-0487
Yoel Guibert-Rodríguez[1], https://orcid.org/0009-0000-0369-3082
Dania Mora-Ruiz[1], https://orcid.org/0009-0001-5126-1409
Filiación Institucional: [1]Centro Meteorológico Guantánamo, Cuba. [2]Centro de Desarrollo de Montaña.
E-mail: rodelkys.hernandez@gtm.insmet.cu, tellezdel@gmail.com, enrique.perigo@gtm.insmet.cu, yoel.rodríguez@gtm.insmet.cu, mora.ruiz@gtm.insmet.cu.

Fecha de recibido: 24 de marzo de 2026
Fecha de aprobado: 19 de mayo de 2026

Resumen
El estudio evalúa la aptitud agrícola del café en el municipio Yateras, Guantánamo, mediante un modelo multivariable que integra precipitación, temperatura, altitud, pendiente, tipo y profundidad de suelo. Se analizaron 53,213 ha, identificando áreas aptas, medianamente aptas y no aptas. Los resultados muestran que la altitud y la estabilidad hídrica son factores decisivos, mientras que la profundidad del suelo constituye una limitación significativa. La comparación entre escenarios moderados (SSP2-4.5) y extremos (SSP5-8.5) evidencia un desplazamiento de las zonas productivas hacia mayores altitudes y una reducción drástica de áreas aptas en condiciones extremas. La modelación multivariable se confirma como herramienta eficaz para la planificación territorial y la resiliencia cafetalera, aportando evidencias científicas que orientan la toma de decisiones en la caficultura cubana frente a la variabilidad climática.

Palabras clave: **C**afé; Modelación multivariable; Cambio climático; Aptitud agrícola

Abstract
The study evaluates coffee agricultural suitability in Yateras, Guantánamo, through a multivariable model integrating rainfall, temperature, altitude, slope, soil type, and depth. A total of 53,213 ha were analyzed, identifying suitable, moderately suitable, and unsuitable areas. Results show altitude and water stability as decisive factors, while soil depth is a major limitation. Comparison between moderate (SSP2-4.5) and extreme (SSP5-8.5) scenarios reveals a shift of productive zones to higher altitudes and a drastic reduction of suitable areas under extreme conditions. Multivariable modeling proves to be an effective tool for territorial planning and coffee resilience, providing scientific evidence to guide decision-making in Cuban coffee production under climate variability.

Keywords: Coffee; Multivariable modeling; Climate change; Agricultural suitability

Introducción

El cambio climático constituye uno de los mayores desafíos globales para la agricultura, al modificar los patrones de temperatura, precipitación y frecuencia de eventos extremos que condicionan la productividad de los cultivos. El café, cultivo de gran relevancia económica y social en países tropicales, se reconoce como altamente sensible a las variaciones edafoclimáticas (Ovalle Rivera, 2015).

Cuba, y en particular la provincia de Guantánamo presenta una larga tradición cafetalera, pero enfrenta crecientes limitaciones derivadas de la irregularidad de las lluvias, la erosión de los suelos y el aumento de las temperaturas. Estas condiciones han generado una disminución en la productividad y calidad del grano, lo que plantea la necesidad de estrategias de adaptación y mitigación (Godoy Caso, 2021).

La modelación multivariable surge como una herramienta científica capaz de integrar diversos factores en un mismo análisis, ofreciendo una visión más completa que los estudios univariables. Al considerar variables como altitud, pendiente, tipo y profundidad de suelo, junto con temperatura y precipitación, es posible identificar áreas de mayor aptitud agrícola y proyectar escenarios futuros de sostenibilidad. Este enfoque resulta especialmente pertinente para regiones montañosas como Yateras, donde la heterogeneidad de las condiciones naturales exige metodologías que permitan diferenciar zonas de alta, media y baja aptitud para el café (Lara-Delgado, Marceleño -Flores & Nájera-González, 2024).

En el presente estudio se propone aplicar la modelación multivariable a la caficultura de Yateras, evaluando la influencia de los principales parámetros edafoclimáticos y comparando los resultados bajo diferentes escenarios de cambio climático. De esta manera, se busca aportar evidencias científicas que orienten la planificación territorial y fortalezcan la resiliencia de la caficultura cubana frente a la variabilidad climática (Ovalle Rivera, 2015; Lara-Delgado et al., 2024).

Metodología

El estudio se desarrolló en el municipio Yateras, provincia Guantánamo, Cuba, caracterizado por su relieve montañoso y su tradición cafetalera. El área total analizada comprende 53,213 ha, evaluadas mediante un enfoque de modelación multivariable.

Variables consideradas: precipitación, temperatura media anual, altitud, pendiente, tipo de suelo y profundidad del suelo.

Procedimientos

- Uso de datos climáticos y cartografía edafológica.
- Representación gráfica de cada variable.
- Integración multivariable mediante ponderación relativa de parámetros.
- Comparación de escenarios, presente, moderados (SSP2-4.5) y extremos (SSP5-8.5).

Resultados y discusión

Precipitación

La precipitación en Yateras se mantiene dentro de rangos adecuados para la caficultura en todos los escenarios evaluados. Las áreas clasificadas como “aptas” abarcan prácticamente la totalidad del municipio, lo que evidencia una estabilidad hídrica territorial. Este hallazgo es relevante porque, a diferencia de otras regiones cafetaleras donde la reducción de lluvias constituye un riesgo, en Yateras la disponibilidad de agua se presenta como un factor de resiliencia climática. La presencia de estaciones meteorológicas como la de Palenque refuerza la confiabilidad de los datos y permite validar que la precipitación no condiciona negativamente la aptitud agrícola del café.

En consecuencia, la discusión debe replantearse: la precipitación no debe interpretarse como una amenaza, sino como un atributo positivo del territorio, que contribuye a sostener la producción incluso bajo escenarios moderados y extremos. Esto convierte a Yateras en un espacio con ventajas comparativas frente a otras zonas cafetaleras de Cuba y el Caribe.

Temperatura

En el escenario presente, la temperatura tanto las máximas como las mínimas no representan una limitación para la caficultura en Yateras, ya que la totalidad del territorio se mantiene dentro de rangos fisiológicos adecuados para el cultivo. Sin embargo, en los escenarios futuros se observa un cambio significativo, principalmente en los valores máximos medios.

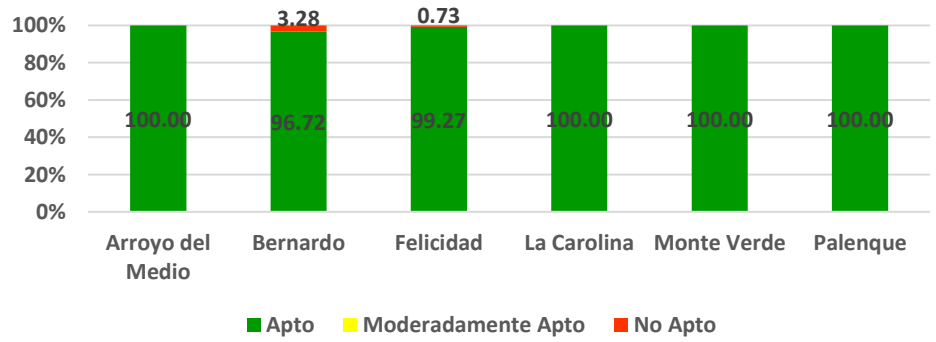


Figura 1. Distribución del comportamiento de las áreas por niveles de aptitud, modelación del escenario SSP 2-4.5.

En el escenario moderado (SSP 2-4.5), el consejo popular Bernardo concentra un 3.28 % de áreas clasificadas como no aptas, lo que indica que el incremento térmico comienza a superar los límites de tolerancia del café en esa zona específica. De manera complementaria, Felicidad presenta un 0.73 % de superficie no apta, confirmando que la pérdida de aptitud agrícola no se distribuye de forma homogénea en el municipio. Aunque el resto de los consejos populares se mantiene completamente apto (100 %), este hallazgo señala a Bernardo y Felicidad como áreas críticas que requieren monitoreo constante y la implementación de medidas de adaptación diferenciadas para garantizar la sostenibilidad del cultivo frente a escenarios de cambio climático moderado. (Figura 1).

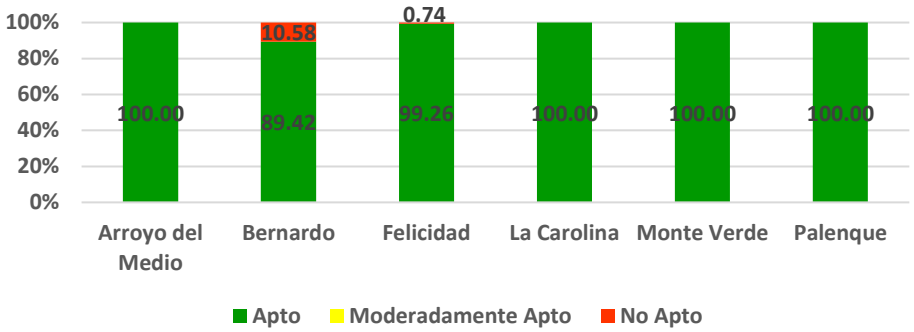


Figura 2. Distribución del comportamiento de las áreas por niveles de aptitud, modelación del escenario SSP 5-8.5.

En el escenario extremo (SSP 5-8.5), la situación se intensifica de manera notable: el consejo popular Bernardo alcanza un 10.58 % de áreas clasificadas como no aptas, lo que evidencia que el aumento de la temperatura máxima media ejerce una presión considerable sobre la viabilidad agrícola en esa zona. De forma complementaria, Felicidad registra un 0.74 % de superficie no apta, confirmando que el impacto climático comienza a manifestarse también en otras áreas del municipio. Este resultado demuestra que el efecto del calentamiento no es homogéneo en todo el territorio, sino que se concentra en zonas vulnerables, principalmente aquellas con menor altitud y mayor exposición térmica, donde las condiciones edáficas más frágiles y las pendientes pronunciadas aceleran la pérdida de aptitud agrícola. (Figura 2).

Altitud

El análisis de la altitud confirma que este factor no representa una limitación crítica en la mayoría de los consejos populares de Yateras. En localidades como Arroyo del Medio, Felicidad, La Carolina, Monte Verde y Palenque, la totalidad de las áreas se clasifican como medianamente aptas, lo que indica que las condiciones de altura se mantienen dentro de rangos aceptables para la caficultura.

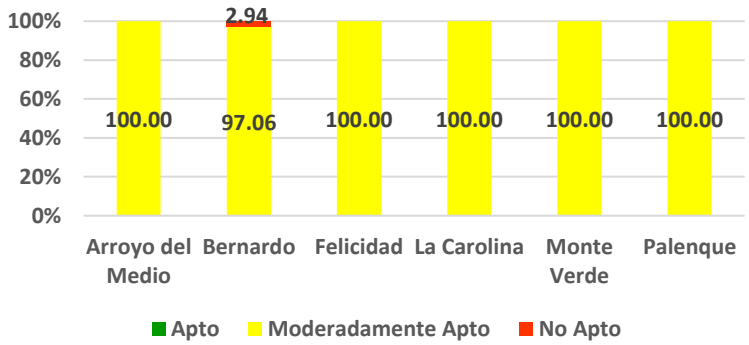


Figura 3. Distribución del comportamiento de las áreas por niveles de aptitud, según modelación de la altura del terreno.

Sin embargo, en Bernardo se observa un 2.94% de áreas no aptas, lo que refleja que ciertas zonas de menor altitud comienzan a mostrar vulnerabilidad frente al incremento de la temperatura máxima media en escenarios futuros. Este hallazgo es consistente con lo observado en la variable térmica, donde Bernardo concentra los mayores porcentajes de áreas no aptas en los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5 (Figura 3).

Pendiente

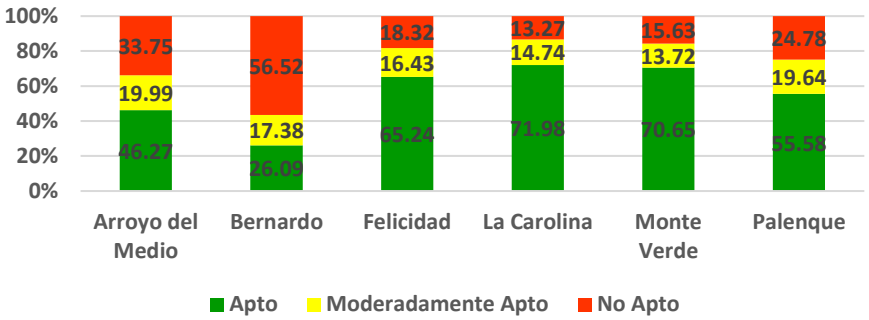


Figura 4. Distribución del comportamiento de las áreas por niveles de aptitud, según modelación de la pendiente del terreno.

La pendiente del terreno se confirma como uno de los factores más determinantes en la aptitud agrícola del café en Yateras, mostrando una marcada heterogeneidad entre localidades. En Arroyo del Medio, aunque el 46.27% de las áreas se clasifican como aptas, un 33.75% aparece como no apto, reflejando riesgos de erosión y limitaciones para el manejo agrícola. Bernardo concentra la mayor vulnerabilidad, con 56.52% de áreas no aptas y apenas 26.09% aptas, lo que lo posiciona como el consejo popular más crítico en términos de pendiente y refuerza su condición de zona vulnerable ya identificada en la variable térmica.
En contraste, Felicidad, La Carolina y Monte Verde presentan condiciones favorables, con más del 65–70% de áreas aptas y porcentajes reducidos de no aptas, perfilándose como espacios estratégicos para sostener la caficultura en escenarios futuros. Palenque muestra un balance intermedio, con 55.58% de áreas aptas y 24.78% no aptas, lo que indica que, aunque viable, requiere medidas de conservación de suelos para evitar degradación (Figura 4).

Tipo de Suelo

El análisis del tipo de suelo revela una marcada variabilidad en la aptitud agrícola de los consejos populares de Yateras. En Bernardo y La Carolina se observa una condición altamente favorable, con el 100% de las áreas clasificadas como aptas, lo que convierte a estas localidades en espacios estratégicos para sostener la caficultura. Palenque también presenta una situación positiva, con 90.90% de áreas aptas y apenas 9.10% no aptas, mientras que Arroyo del Medio muestra un balance intermedio, con 77.78% de áreas aptas y 22.22% no aptas.
En contraste, Felicidad y Monte Verde concentran las mayores limitaciones: Felicidad registra un 84.62% de áreas no aptas y solo 15.38% aptas, mientras que Monte Verde alcanza un 58.14% de áreas no aptas y 41.86% aptas. Estos resultados confirman que el tipo de suelo constituye un factor estructural de diferenciación territorial, donde ciertas localidades ofrecen condiciones óptimas para la caficultura, mientras que otras requieren estrategias de manejo intensivo y conservación para sostener la producción (Figura 5).

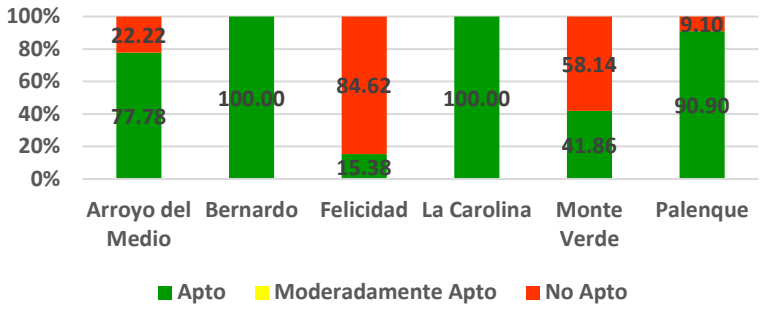


Figura 5. Distribución del comportamiento de las áreas por niveles de aptitud, según modelación del tipo de suelo

Profundidad del Suelo

La profundidad del suelo constituye otro factor clave en la evaluación de la aptitud agrícola del café en Yateras, mostrando una tendencia general hacia la clasificación de medianamente apto en la mayoría de las localidades. En Arroyo del Medio, el 77.78% de las áreas se ubican en esta categoría y solo un 22.22% se consideran aptas, lo que indica condiciones aceptables, pero con limitaciones para el desarrollo radicular profundo. Bernardo presenta un comportamiento similar, con 96.40% de áreas medianamente aptas y apenas 3.60% no aptas, confirmando que, aunque viable, requiere un manejo cuidadoso para garantizar la productividad.

Felicidad y Monte Verde concentran mayores restricciones: en Felicidad, el 84.62% de las áreas son medianamente aptas y un 15.38% no aptas, mientras que en Monte Verde el 88.38% son medianamente aptas y 11.62% no aptas, reflejando suelos poco profundos que limitan la capacidad de retención de agua y nutrientes. La Carolina se presenta como un caso particular, con el 100% de sus áreas clasificadas como medianamente aptas, lo que sugiere uniformidad, pero también ausencia de suelos óptimos. Palenque, por su parte, muestra un balance favorable, con 90.90% de áreas medianamente aptas y 9.10% aptas (Figura 6).

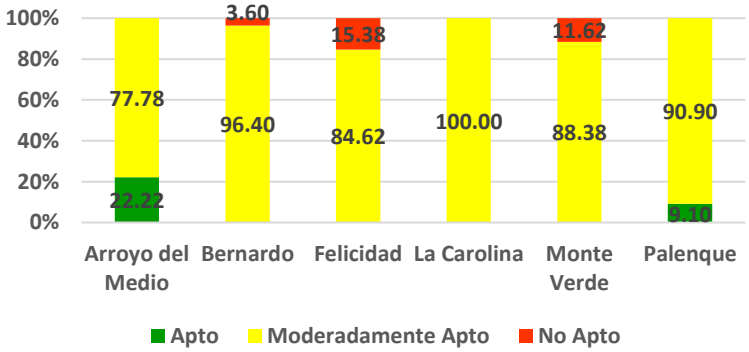


Figura 6. Distribución del comportamiento de las áreas por niveles de aptitud, según modelación de la profundidad del suelo

Condiciones climáticas actuales

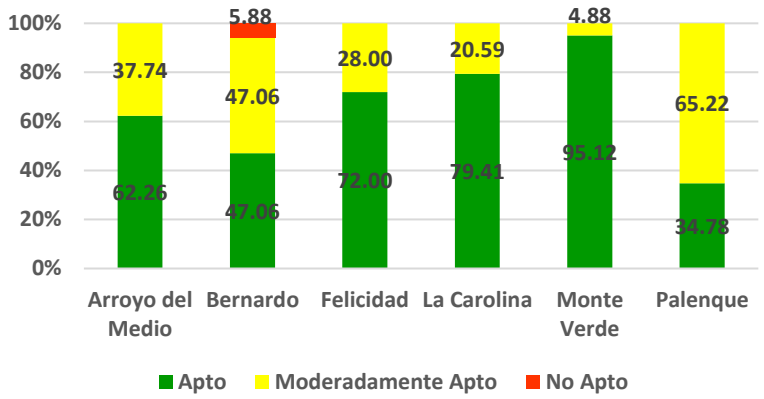


Figura 7. Distribución del comportamiento de las áreas por niveles de aptitud, según modelación de las condiciones climáticas actuales

Las condiciones climáticas actuales reflejan una situación relativamente favorable para la caficultura en Yateras, aunque con diferencias notables entre localidades. Esta modelación integra de manera conjunta las variables climáticas y edáficas, ofreciendo una visión completa de la aptitud agrícola en la actualidad. En Arroyo del Medio, el 62.26% de las áreas se clasifican como aptas, mientras que un 37.74% aparece como no apto, lo que evidencia limitaciones estructurales que requieren atención. Bernardo muestra un comportamiento intermedio, con 47.06% de áreas aptas y un porcentaje similar de medianamente aptas, aunque mantiene un 5.88% de áreas no aptas que lo posicionan como un territorio con vulnerabilidad incipiente.
En contraste, Felicidad y La Carolina presentan condiciones más favorables, con 72.00% y 79.41% de áreas aptas respectivamente, y sin presencia de áreas no aptas, lo que las convierte en espacios estratégicos para la producción. Monte Verde se destaca como la localidad más ventajosa, con un 95.12% de áreas aptas y apenas 4.88% medianamente aptas, consolidándose como el núcleo de mayor potencial cafetalero en el escenario actual. Palenque, por su parte, muestra un predominio de áreas medianamente aptas (65.22%) y un 34.78% aptas, lo que indica viabilidad, aunque con necesidad de manejo edáfico y técnico para mejorar la productividad (Figura 7).

Escenario moderado (SSP2-4.5)

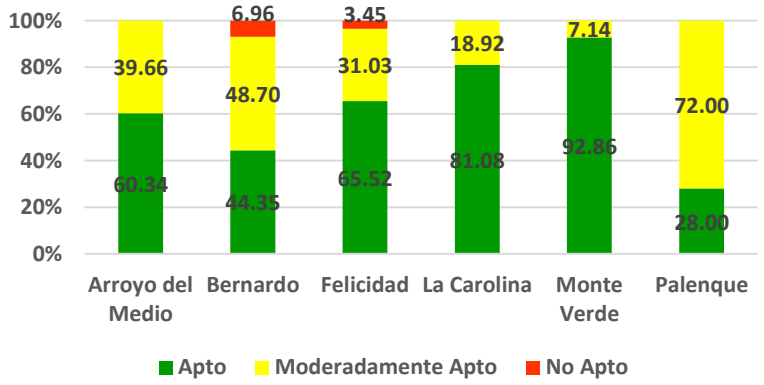


Figura 8. Distribución del comportamiento de las áreas por niveles de aptitud, según modelación del escenario futuro SSP 2-4.5

El escenario futuro moderado (SSP2-4.5) refleja una situación de transición en la aptitud agrícola del café en Yateras, resultado de la modelación multivariable que integra factores climáticos y edáficos. En este escenario, se observa que Arroyo del Medio mantiene un 60.34% de áreas aptas y 39.66% medianamente aptas, lo que indica estabilidad relativa. Bernardo, en cambio, comienza a mostrar una vulnerabilidad más marcada: 6.96% de áreas no aptas, 48.70% medianamente aptas y 44.35% aptas, confirmando que el incremento de la temperatura máxima media afecta de manera localizada y que este consejo popular se convierte en un punto crítico.

Felicidad presenta un balance favorable, con 65.52% de áreas aptas y solo 3.45% no aptas, mientras que La Carolina y Monte Verde se consolidan como territorios estratégicos, con 81.08% y 92.86% de áreas aptas respectivamente, sin presencia significativa de áreas no aptas. Palenque, por su parte, muestra predominio de áreas medianamente aptas (72.00%) y apenas 28.00% aptas, lo que evidencia la necesidad de manejo edáfico y técnico para sostener la producción (Figura 8).

Escenario extremo (SSP5-8.5)

El escenario futuro extremo (SSP5-8.5) muestra una intensificación de las limitaciones para la caficultura en Yateras, resultado de la modelación multivariable que integra variables climáticas y edáficas. En este contexto, Arroyo del Medio mantiene un 55.55% de áreas aptas y 44.45% medianamente aptas, lo que refleja cierta estabilidad, aunque con menor margen que en el presente. Bernardo se consolida como el territorio más vulnerable, con 14.42% de áreas no aptas, 36.93% medianamente aptas y apenas 48.65% aptas, confirmando que el incremento de la temperatura máxima media y las condiciones edáficas reducen significativamente su potencial agrícola.

Felicidad presenta un balance intermedio, con 73.08% de áreas aptas, pero también 7.70% no aptas, lo que evidencia que las presiones climáticas comienzan a afectar zonas previamente estables. La Carolina conserva un perfil favorable, con 77.14% de áreas aptas y 22.86% medianamente aptas, mientras que Monte Verde se consolida como el núcleo de mayor resiliencia, con 97.67% de áreas aptas y apenas 2.33% no aptas. Palenque, por su parte, muestra predominio de áreas medianamente aptas (59.09%) y 40.91% aptas, lo que indica viabilidad, aunque con necesidad de manejo intensivo (Figura 9).

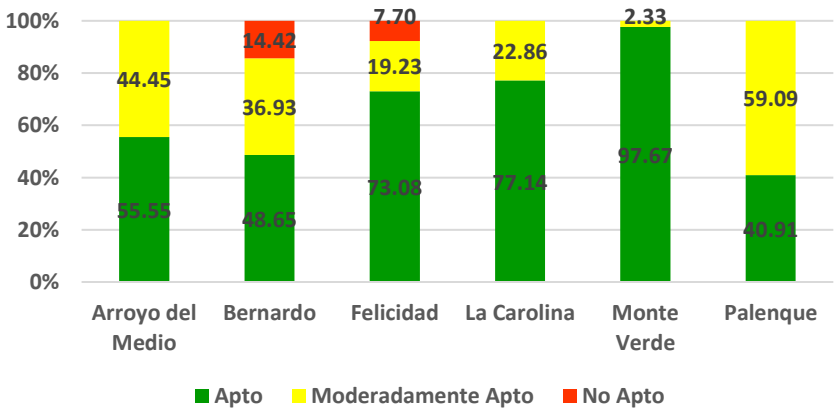


Figura 9. Distribución del comportamiento de las áreas por niveles de aptitud, según modelación del escenario futuro SSP 5-8.5

Comparación de escenarios

La comparación entre los distintos escenarios climáticos —actual, SSP2-4.5 y SSP5-8.5— evidencia la dinámica de la aptitud agrícola del café en Yateras a partir de la modelación multivariable que integra factores climáticos y edáficos. En el escenario actual, el 62.2% de las áreas se clasifican como aptas, 35.6% como medianamente aptas y apenas 2.2% como no aptas, lo que confirma una base territorial sólida para la producción. Bajo el escenario moderado SSP2-4.5, se observa una ligera disminución de las áreas aptas (59.2%) y un incremento de las medianamente aptas (37.9%), mientras que las no aptas aumentan a 2.9%, reflejando que la presión térmica comienza a manifestarse en zonas específicas como Bernardo. En el escenario extremo SSP5-8.5, aunque las áreas aptas se mantienen en 62.2%, las medianamente aptas se reducen a 31.6% y las no aptas se incrementan significativamente hasta 6.2%, confirmando que el impacto climático intensifica las limitaciones en territorios vulnerables (Figura 10).

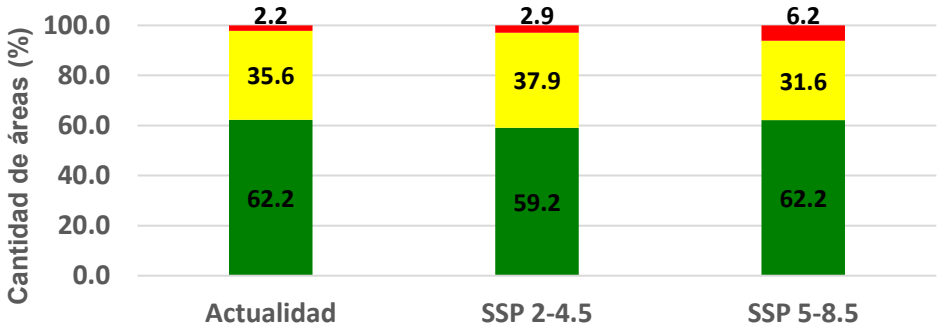


Figura 10. Comparación entre las distintas modelaciones de los escenarios climáticos. (Actual, SSP 2-4.5 y SSP 5-8.5)

Conclusiones

La precipitación no constituye una limitación en ninguno de los escenarios evaluados, lo que convierte a Yateras en un espacio con estabilidad climática y ventaja comparativa frente a otras regiones cafetaleras del Caribe donde la reducción de lluvias es crítica.

El incremento de la temperatura máxima media se confirma como la principal amenaza para la caficultura, afectando de manera localizada al consejo popular Bernardo, que pasa de 3.28% de áreas no aptas en el escenario SSP2-4.5 a 10.58% en el SSP5-8.5, consolidándose como el núcleo de mayor vulnerabilidad.

La pendiente y el tipo de suelo generan desigualdades internas en la aptitud agrícola. La profundidad del suelo, aunque mayormente clasificada como medianamente apta, condiciona la productividad y obliga a implementar prácticas de manejo intensivo.

La modelación integrada muestra que, aunque las áreas aptas se mantienen relativamente estables , las áreas no aptas aumentan de 2.2% a 6.2% en el escenario extremo. Esto confirma la necesidad de una planificación territorial diferenciada, que priorice las zonas con mayor resiliencia y establezca medidas de adaptación en aquellas más expuestas, garantizando la sostenibilidad de la caficultura en condiciones de creciente severidad climática.

Recomendaciones

Fortalecer la gestión territorial diferenciada, priorizando las zonas con mayor resiliencia climática y edáfica.
Implementar prácticas de conservación de suelos y manejo de pendientes.
Promover el desplazamiento de la caficultura hacia altitudes superiores y fortalecer el manejo de sombra mediante especies arbóreas.
Ampliar la red de observación meteorológica y edáfica, integrando datos locales en sistemas de modelación continua.

Bibliografía

Godoy Caso, J. (2021). Cambio climático y su relación con la producción de café en el Valle de La Convención (2000–2018) [Tesis de licenciatura]. Universidad Alas Peruanas, Lima, Perú.

Lara-Delgado, J. M., Marceleño-Flores, S. M. L., & Nájera-González, A. (2024). Café y sostenibilidad: estudio de la huella de carbono en la producción y consumo de café. Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional, 34(63), 1–20. https://doi.org/10.24836/es.v34i63.1393

Ovalle Rivera, O. C. (2015). Impacto del cambio climático en la productividad del café (Coffea arabica) bajo sistemas agroforestales en Costa Rica y Nicaragua [Tesis de maestría]. CATIE, Turrialba, Costa Rica.