



MODELO DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PLANTACIONES FORESTALES CON *Pourouma cecropiifolia* EN LA AMAZONIA ECUATORIANA †

[POTENTIAL DISTRIBUTION MODEL FOR THE ESTABLISHMENT OF FOREST PLANTATIONS WITH *Pourouma cecropiifolia* IN ECUATORIAN AMAZONIA]

Daniel Adrian Vistin-Guamantaqui^{1*}, Leonardo Daniel Cabezas-Andrade², Jaqueline Elizabeth Balseca-Castro³ and Leonardo Fabio Medina-Ñuste⁴

¹ *Escuela Superior politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales, Panamericana sur Km 1½, Riobamba, Ecuador; C.P. 060155, daniel.vistin@esPOCH.edu.ec,*

** adrianvistin@yahoo.com*

² *Escuela Superior politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Ciencias, Sede Orellana, Calles Fray Gaspar de Carvajal, entre Quito y Napo, Orellana, Ecuador; C.P. 220202. Grupo de investigación - YASUNI SDC, El Coca EC220202, Ecuador. Email: leonardod.cabezas@esPOCH.edu.ec*

³ *Escuela Superior politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Ciencias, Panamericana sur Km 1½, Riobamba, Ecuador; C.P. 060155. Email:*

j_balseca@esPOCH.edu.ec

⁴ *Escuela Superior politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Ciencias, Sede Orellana, Calles Fray Gaspar de Carvajal, entre Quito y Napo, Orellana, Ecuador; C.P. 220202. Email: leonardof.medina@esPOCH.edu.ec*

**Corresponding author*

SUMMARY

Background. Potential Distribution Models are a key tool for the establishment of precision forestry plantations in Ecuador. *P. cecropiifolia*, a tree species with fruits that are currently sought after in the national and international market, plays an important role in the economy and food security of local indigenous populations as well as for export, and is a source of food, fiber and medicinal materials that are sought after in the international market and have not yet been intensively exploited in Ecuador. **Objective.** To establish optimal zones for the implementation of extensive commercial plantations in the Ecuadorian Amazon. **Methodology.** The spatial model was built with a resolution of 2.5 arc, the occurrence points were obtained in situ and from the online database (GBIF), the maximum entropy model (MaxEnt) was used to evaluate the suitability, all types of linear, quadratic, product, threshold and hinge features were allowed with a maximum interaction of 200, 50 000 pseudo-absences were used and 10 000 for the regional model. Fitting was by cross-validation (75% training and 25% evaluation), area under the curve (AUC) and true skill statistic (TSS) were calculated. **Results.** The model calibration test yielded excellent results with an AUC= 0.918. The BIOS (14,2,12) are the most influential and obtained 77.1% of representativeness; likewise, the temperature should be between 22 - 26 °C and the precipitation between 4 000- and 6 000-mm annual average for its normal development. **Implications.** The current findings indicate that to implement extensive plantations with this fruit species, temperature and precipitation are determinant in its establishment and production. **Conclusions.** It is established that 19560 km² is the total area for the establishment of fruit plantations with the species, constituting that 16.3% of the Ecuadorian Amazon territory is suitable for the implementation of intensified cultivation with *P. cecropiifolia*.

Key words: distribution model; plantations; native; Ecuadorian Amazon; fruit trees.

RESUMEN

Antecedentes. Los Modelos de Distribución Potencial son una herramienta clave para el establecimiento de plantaciones forestales de precisión en el Ecuador, así pues, *P. cecropiifolia* una especie arbórea con frutos que

† Submitted October 28, 2024 – Accepted March 11, 2025. <http://doi.org/10.56369/tsaes.5946>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

ORCID = D.A. Vistin Guamantaqui: <https://orcid.org/0000-0002-8313-9176>; **L.D. Cabezas Andrade:** <https://orcid.org/0000-0001-5056-9180>;

J.E. Balseca Castro: <https://orcid.org/0000-0001-8402-770X>; **L.F. Medina Ñuste:** <https://orcid.org/0009-0003-4524-2927>

actualmente son apetecidos en el mercado nacional e internacional ya que juegan un papel importante en la economía y seguridad alimentaria de las poblaciones indígenas locales así como para su exportación, es una fuente de alimento, fibra y materiales medicinales los cuales son apetecidos en el mercado a nivel internacional y que aún no han sido aprovechados de manera intensiva en el Ecuador. **Objetivo.** Establecer zonas óptimas para la implementación de plantaciones extensivas comerciales en la amazonia ecuatoriana. **Metodología.** El modelo espacial se construyó con una resolución de 2.5 de arc, los puntos de ocurrencia se obtuvieron *in situ* y de la base de datos en línea (GBIF), para evaluar la idoneidad se empleó el modelo de máxima entropía (MaxEnt), se permitió todos los tipos de características lineal, cuadrática, producto, umbral y bisagra con una interacción máxima de 200, se utilizaron 50 000 pseudo-ausencias y 10 000 para el modelo regional. Se ajustó mediante validación cruzada (75% de entrenamiento y 25% de evaluación) se calculó el área bajo la curva (AUC) y estadística de habilidad verdadera (TSS). **Resultados.** La prueba de calibración del modelo arrojó resultados excelentes con un AUC= 0.918. Las BIOS (14,2,12) son las más influyentes obtuvieron un 77.1% de representatividad, así mismo la temperatura debe estar entre los 22 – 26 °C y la precipitación de 4 000 a 6 000 mm promedio anuales para su normal desarrollo. **Implicaciones.** Los hallazgos actuales indicaron que para implementar plantaciones extensivas con esta especie frutal la temperatura y precipitación son determinantes en su establecimiento y producción. **Conclusiones.** Se establece que 19 560 Km² es el área total para el establecimiento de plantaciones frutales con la especie, constituyéndose que el 16.3% de territorio amazónico ecuatoriano es adecuado para implementar cultivos intensificados con *P. cecropifolia*.

Palabras clave: modelo de distribución; plantaciones; nativas; amazonia ecuatoriana; frutales.

INTRODUCCIÓN

La región amazónica en el Ecuador ocupa el 48 % del territorio nacional y está poblada por más de 700 000 habitantes, de los cuales el 30% pertenece a etnias indígenas como son los Kichwa, Waorani y Shuar, las provincias de Sucumbíos y Orellana se ubican en la parte norte, Napo y Pastaza en el área central, y Morona Santiago y Zamora Chinchipe en el sur, la biodiversidad en estos ecosistemas de la región amazónica tiene un alto potencial para el desarrollo sostenible siempre y cuando se conozca su composición, estructura, función y dinámica para no alterar el equilibrio ecológico de este ecosistema, así pues, al integrar plantaciones comerciales de frutales en áreas degradadas, deforestadas y en sitios de agroforestería se puede aumentar la economía de los dueños de las fincas, mejorar su nutrición, generar servicios ecosistémicos y de manera general contribuir con los objetivos del desarrollo sostenible (Vargas Tierras *et al.*, 2018).

Paralelamente Vargas-Tierras *et al.* (2018) manifiesta que los cultivos más representativos en la amazonia ecuatoriana son diversos los cuales forman parte de la alimentación de las comunidades locales como el *Citrus* spp), chontaduro (*Bactris gasipaes* Kunth) arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh), borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrec), guayaba (*Psidium guajava* Kunze), cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal), copoazú (*Theobroma grandiflorum*), asái (*Euterpe precatoria* Mart), camu camu (*Myrciaria dubia* McVaugh) y tampoi (*Baccaurea macrocarpa* Müll.Arg), cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa paradisiaca*), coco (*Cocos nucifera*), achotillo (*Nephelium lappaceum* L), caimito (*Chrysophyllum cainito* L), carambola (*Averrhoa carambola* L), chirimoya (*Annona cherimola* Mill), chontaduro (*B. gasipaes*), ciruelo

(*Prunus cerasifera* Ehrh), fruta de pan (*Artocarpus altilis* Fosberg), guaba (*Inga edulis* Mart), guanábana (*Annona muricata* L), lima (*Citrus x aurantifolia* Swingle), mandarina (*Citrus reticulata* Blanco), pomarrosa (*Eugenia malaccensis* L) y zapote (*Matisia cordata* Bonpl).

Estos cultivos de frutas en las comunidades de la Amazonía ecuatoriana desempeñan un papel fundamental tanto en la seguridad alimentaria como en la preservación del equilibrio ecológico del ecosistema húmedo tropical. Estas áreas de cultivo favorecen la conservación de la biodiversidad, al proporcionar refugio y alimento a numerosas especies de fauna silvestre, además de contribuir a la regeneración natural del bosque. La ingesta de frutas nativas, ricas en vitaminas, minerales y compuestos bioactivos, fortalece la salud de las comunidades locales, previniendo enfermedades y mejorando la nutrición. Asimismo, varias de estas especies poseen un alto valor cultural y espiritual, ya que forman parte de rituales y creencias ancestrales, transmitidas de generación en generación. La integración de estos huertos en los sistemas productivos tradicionales no solo fomenta la autosuficiencia alimentaria, sino que también promueve la resiliencia ante el impacto ambiental y el cambio climático. Por ello, su conservación y manejo sostenible resultan esenciales para garantizar el bienestar de las poblaciones locales y la preservación del entorno natural (Vargas-Tierras *et al.*, 2018).

En la Amazonía ecuatoriana, diversas comunidades han desarrollado estrategias de manejo bajo cultivo de *P. cecropifolia*, destacando su importancia para la sustentabilidad y la soberanía alimentaria. En Napo, su integración en sistemas agroforestales con cacao y guaba ha demostrado mejorar la fertilidad del suelo y

la resiliencia ecológica. En Pastaza, los huertos familiares Shuar han fomentado su conservación mediante la transmisión de saberes ancestrales, fortaleciendo la identidad cultural y la seguridad alimentaria. En Sucumbíos, se ha promovido su uso en programas de reforestación productiva para restaurar suelos degradados y recuperar biodiversidad. Finalmente, en Zamora Chinchipe, su comercialización en mercados locales ha incentivado su cultivo, generando oportunidades económicas sostenibles para las comunidades. Estas experiencias evidencian el potencial de esta especie para contribuir a la seguridad alimentaria y la conservación ambiental en la región amazónica (Valdés *et al.*, 2024).

Situación actual de las especies frutales en la Amazonía ecuatoriana

En la Región Amazónica ecuatoriana, que abarca las provincias de Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe, la biodiversidad de especies frutícolas nativas aún persiste a pesar del impacto de diversas actividades antrópicas como la deforestación, la minería, la ganadería y la actividad petrolera, las cuales han generado una alarmante erosión genética. Estas especies, que constituyen una fuente esencial de alimentación y medicina natural para los pueblos aborígenes y la fauna silvestre, han sido tradicionalmente aprovechadas sin una estrategia de domesticación y cultivo tecnificado, ya que su acceso sigue dependiendo de las áreas de bosque y vegetación natural aún no perturbadas (Viafara-Banguera *et al.*, 2024). Sin embargo, la expansión de un modelo de desarrollo convencional y depredador, promovido históricamente por la explotación maderera y la introducción de especies exóticas, ha intensificado la degradación del ecosistema amazónico, poniendo en riesgo la sostenibilidad y conservación de estos valiosos recursos genéticos.

Estos efectos, aunque justificados son cuestionables desde el punto de vista ecológico y ambiental por las secuelas que deja la implantación de una nueva cultura agropecuaria, que deteriora zonas con alta biodiversidad que poco a poco va desapareciendo del paisaje natural, entre ellas los frutales nativos. Por otra parte, estas especies frutícolas nativas a diferencia de las convencionales y exóticas cultivadas, no han recibido la atención e interés de los centros de investigación, ni de los propios agricultores de la región, existiendo algunos esfuerzos dispersos sin mayor trascendencia ni continuidad, que no han fortalecido el conocimiento científico en este campo, como para generar tecnologías de producción, uso e industrialización de estas especies (Vistin y Barrero., 2017).

Uso de los SIG para los modelos de distribución biogeográfica potencial en frutales amazónicos

La búsqueda de los factores que determinan la distribución de los organismos ha sido una de las metas centrales de la ecología agrícola. Se conoce que varios factores bióticos y abióticos interactúan y limitan la distribución de cada especie, es así como los modelos de nicho ecológico son importantes para una variedad de aplicaciones en la agricultura, ecología y conservación, estos, indican la idoneidad del hábitat para el desarrollo de poblaciones de una especie concreta o de una comunidad calculada a partir de observaciones en campo y una serie de variables ambientales propuestas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) que actúan como predictores (Pasache *et al.*, 2023). Esto se convierte en una herramienta imprescindible a la hora de tomar acciones para un buen manejo de los recursos naturales especialmente en el área de la agricultura.

Arenas-Castro *et al.* (2022) manifiestan que los modelos de distribución son una de las herramientas más versátiles y usadas para estimar la distribución potencial de las especies. Entre las numerosas funcionalidades que aportan, estas herramientas analíticas sirven para identificar posibles cambios potenciales en la distribución de las especies forestales debido al cambio global, planificar estrategias de restauración forestal, informar sobre programas de conservación *in situ*, de restauración de ecosistemas boscosos degradados, o a través de la adopción de prácticas correctas de manejo forestal como parte esencial de una estrategia integral de conservación y gestión. En su conjunto, estas herramientas pueden contribuir a la creación de tácticas de gestión adaptativa para conocer mejor el estado y evolución de los ecosistemas forestales para hacerlos más resilientes.

Pourouma cecropiifolia

La uva silvestre, *P. cecropiifolia*, conocida en quichua como Sacha uvilla o uva de monte es un fruto distinguido y único por su dulzor; su pulpa es suave y su color blanco cristalino la caracteriza, el hollejo es grueso y de color morado muy oscuro una vez que la fruta ha madurado, esta se produce en las Regiones Amazónicas donde los climas son de selva tropical. En la Amazonía ecuatoriana este fruto es conocido y comercializado por los nativos de la zona esta materia prima no ha sido explotada aún en el país a más de su consumo como fruta, pues esta no ha sido aprovechada o industrializada como es el caso de otros países que gozan de tener este fruto e intentan elaborar productos semi elaborados (Gallegos *et al.*, 2021).

Dentro del ámbito ambiental *P. cecropiifolia* es una especie con gran potencial para la recuperación de áreas deforestadas en el bosque húmedo tropical debido a su rápido crecimiento, su capacidad de adaptación a suelos degradados y su papel en la restauración de la biodiversidad (Rodríguez, *et al.*, 2021). Su sistema radicular mejora la estructura del suelo y favorece la retención de humedad, mientras que sus frutos atraen fauna dispersora, facilitando la regeneración del ecosistema. Además, su integración en sistemas agroforestales contribuye a la sostenibilidad ecológica y la seguridad alimentaria de comunidades locales. Su cultivo en programas de reforestación es clave para restaurar la cobertura vegetal y mitigar los efectos de la deforestación (Godoy y Cardozo, 2023).

Carbajal, (2018) destaca sobre esta planta pues manifiesta que poseen componentes naturales, únicos, fitoquímicos o compuestos bioactivos, los cuales tienen un sinnúmero de funciones dentro de la planta pero su papel principal es la protección de las plantas frente a infecciones, existen otros compuestos como pigmentos y aromas los cuales son responsables del crecimiento de las plantas coadyuvando así su supervivencia, los beneficios para los seres humanos radica en que mediante la ingesta de este alimento que posee compuestos bioactivos el organismo lo recepta y dicho compuesto genera un mejor desarrollo de las funciones fisiológicas de los seres humanos, de esta manera nace el afán de investigar qué compuestos tiene la uva silvestre así también tener claro un panorama sobre los posibles lugares donde se podrían implantar plantaciones comerciales a gran escala para la producción de productos agroindustriales que se pueden generar a partir de esta investigación.

Determinar el nicho ecológico de *P. cecropiifolia*, analizando la influencia del clima en los patrones

biogeográficos de la especie, con el fin de identificar las zonas óptimas dentro de la Amazonía ecuatoriana para su cultivo. A partir de estos resultados, se propone la implementación de plantaciones extensivas en áreas degradadas y su integración en sistemas agroforestales en bosques secundarios. al mismo tiempo que se propone estrategias para ralentizar la presión sobre el bosque húmedo tropical en post de su conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y puntos de ocurrencia

El área de estudio abarca toda la región oriental o Amazónica, se extiende desde la cordillera de los Andes orientales al oeste hasta la frontera con Colombia y Perú al este, con un área de 120 000 Km² desde el norte limitando con Colombia hasta el sur y este con el Perú (López *et al.*, 2013). Abarca 6 provincias las cuales Pastaza ocupa 29 628.8 Km², Morona Santiago 24 029.1 Km², Orellana 21 675.4 Km², Sucumbios 18 146.5 Km², Napo 12 542.5 Km², Zamora Chinchipe 10 565.8 Km² (Figura 1). Se divide en alta Amazonía (> 1 000 m de altura) y llanura Amazónica (< 1 000 m de altura). Se caracteriza por un clima tropical muy húmedo en toda la región durante todo el año, debido a la retención de humedad por los grandes bosques amazónicos. Las precipitaciones en esta región son constantes, con un ligero incremento entre marzo y julio y una disminución en agosto y enero como resultado del movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical. Las tormentas son muy comunes en la región. Se registra el máximo de precipitación (>4 500 mm) de todo el país en la zona de Mera y Puyo, en la provincia de Pastaza. La temperatura promedio es de 24-25°C, la cual fluctúa muy poco, con máximos de hasta 40°C en el mes de mayo (INAMHI, 2024).



Figura 1. Mapa de distribución geográfica y puntos de ocurrencia de *P. cecropiifolia* en la Amazonia ecuatoriana.

Los puntos de ocurrencia de *P. cecropiifolia* se obtuvieron mediante una revisión exhaustiva de diferentes fuentes de datos de herbarios y bases de datos en línea de servicios de información sobre diversidad biológica mundial (Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2024); (Tropicos, 2024). Así como de 20 puntos levantados *in situ* en las 6 provincias, además, se empleó Google Earth para examinar y determinar las ubicaciones geográficas de los especímenes, estableciéndose un total de total de 64 registros sitios de ocurrencia que se agruparon en 6 localidades en seis provincias amazónicas dentro del Ecuador, con datum WGS 84.

Modelo Global - Regional

El modelo de distribución de especie fue construido utilizando variables climáticas con una resolución espacial de 2.5 de arc segundos (4.5 km) obtenidas de WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005). Este conjunto de datos incluyó un total de 19 variables bioclimáticas (Tabla 1), que resumen la información sobre temperatura y precipitación. Mediante la Prueba de correlación de Pearson, fueron seleccionadas las variables no correlacionadas ($r > 0.70$), las cuales se incluyeron en el modelo. Este procedimiento se realizó empleando R Studio versión 3.6.0. Utilizando este criterio se seleccionaron 6 variables bioclimáticas: (bio 14) Precipitación del mes más seco, (bio 2) Rango de temperaturas diurnas, (bio12) Precipitación anual, (bio 6) Temperatura mínima del mes más frío, (Bio 19) Precipitación del trimestre más frío y (Bio 15) Estacionalidad en la precipitación. Además, fue incorporada la variable elevaciones (obtenida de WorldClim). Para evaluar la idoneidad del hábitat de la especie se empleó el modelo de máxima entropía (MaxEnt). Para esto se permitieron todos los tipos de características lineal, cuadrática, producto, umbral y bisagra y se utilizó una interacción máxima de 200. Para este modelo se utilizaron 50 000 pseudo-absencias y 10 000 para el modelo regional. Los modelos fueron evaluados mediante validación cruzada (75% de entrenamiento, 25% de evaluación) para lo cual se calculó el área bajo la curva (AUC) y estadística de habilidad verdadera (TSS).

Etapas de invasión

Para definir la etapa en el espacio geográfico (poblaciones estables, sumideros, colonización y adaptación local), se contó con el software Diva Gis 7.5.0. Se utilizaron distribuciones potenciales obtenidas desde los ensambles de modelos de (MaxEnt), se utilizó un umbral de 0,5 para definir hábitats adecuados (> 0.5) e inadecuados (< 0.5) para garantizar que al menos la mitad del modelo esté de acuerdo. Por lo tanto, las ocurrencias dentro de la superposición entre el modelo global y regional serían

poblaciones estables (probabilidad sobre 0,5 ambos modelos); las presencias dentro de las zonas geográficas predichas solo por el modelo regional serían poblaciones adaptadas localmente (sobre 0,5 modelo regional); las ocurrencias dentro de las zonas geográficas predichas solo por el modelo global representarían poblaciones presentes en etapa de colonización (Bizama, 2020).

Tabla 1. Descripción de las 19 variables bioclimáticas utilizadas para el modelo.

Variables	Descripción
BIO 1	Temperatura media anual
BIO 2	Rango de temperaturas diurnas
BIO 3	Isotermalidad (BIO2/BIO7) (* 100)
BIO 4	Estacionalidad en la temperatura (desviación estándar * 100)
BIO 5	Temperatura máxima del mes más cálido
BIO 6	Temperatura mínima del mes más frío
BIO 7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)
BIO 8	Temperatura media del trimestre más lluvioso
BIO 9	Temperatura media del trimestre más seco
BIO 10	Temperatura media del trimestre más cálido
BIO 11	Temperatura media del trimestre más frío
BIO 12	Precipitación anual
BIO 13	Precipitación del mes más lluvioso
BIO 14	Precipitación del mes más seco
BIO 15	Estacionalidad en la precipitación (coeficiente de variación)
BIO 16	Precipitación del trimestre más lluvioso
BIO 17	Precipitación del trimestre más seco
BIO 18	Precipitación del trimestre más cálido
BIO 19	Precipitación del trimestre más frío
ELEV	Elevación

Dinámica de nicho

Se utilizó el análisis PCA-env (Broennimann *et al.*, 2012) para comparar los nichos climáticos de *P. cecropiifolia* entre la región global para todo el Ecuador, para ello se usaron los dos primeros ejes para definir el espacio ambiental este a su vez se dividió en 100 000 celdas, y los puntos de presencias se convirtieron en densidades de ocurrencias. En base a estos valores, se estimó un índice de ocupación. Esta métrica permitió la comparación imparcial de las densidades de ocurrencia, cuando los entornos no estaban igualmente disponibles. Finalmente, los valores del índice de ocupación se representaron en el espacio ambiental para delimitar el nicho climático de la especie. Posteriormente, se comparó utilizando la superposición de nicho y la equivalencia de nicho (Broennimann *et al.*, 2007). A partir de estas comparaciones se logró identificar las zonas de nicho dentro del espacio territorial.

Finalmente se proyectó geográficamente la presencia del modelo de *P. cecropiifolia*, dividiendo la probabilidad de ocurrencia en las siguientes cinco categorías: los valores por debajo del valor umbral se consideraron ausentes; umbral bajo, 0 – 0.25, medio entre 0.25 y 0.50, alto, entre 0.50 - 0.75; óptimo, 0.75 – 1. Los modelos finales fueron obtenidos con salida logística, y se utilizó la presencia mínima de entrenamiento y la maximización de la suma de umbrales de sensibilidad y especificidad para definir la presencia y ausencia de datos binarios (Scrivanti y Anton, 2020). Para cada umbral se utilizaron valores medios de 100 iteraciones. A partir de los valores de los gráficos del histograma, el área ocupada en Ecuador se contó por el número total de cuadrados de las capas ambientales. Por último, se estableció las áreas más idóneas para la implementación de plantaciones frutales comerciales con *P. cecropiifolia* a lo largo de las 6 provincias amazónicas del Ecuador.

RESULTADOS

La prueba de calibración del modelo para *P. cecropiifolia* arrojó resultados excelentes con un AUC= 0.918. Las variables más influyentes para su distribución geográfica con un total del 94.5 % de contribución al modelo MaxEnt destacaron el Bio 14 con el 55%, Bio 2 con el 15%, Bio 12 con el 7.1%, Bio 6 con el 6%, Bio 19 con el 3.5%, Bio 15 con el 3%, Bio 9 con el 2.6%, Bio 7 con el 1.9%, Bio 5 con el 1% y finalmente la Elevación con el 1% (Tabla 2). Este último no representa un porcentaje significativo ya que en su mayoría los sitios de ocurrencia donde se encuentra la especie en las 6 provincias la fluctuación del gradiente altitudinal en de 150 m.

La BIO 14 es clave en este estudio ya que indica que las condiciones de aridez o poca disponibilidad de agua a las cuales puede estar sometida *P. cecropiifolia* puede limitar la presencia o adaptación de la especie en estudio, especialmente porque esta resultó ser dependiente de un mínimo de humedad para sobrevivir o reproducirse. Por lo cual bajo el análisis de esta variable se establece que la escasez de agua afecta la distribución de *P. cecropiifolia* a lo largo de la Amazonía ecuatoriana principalmente en las etapas de brinzal y latizal. De la misma manera el BIO 2 representa la diferencia promedio entre la temperatura máxima diurna y la temperatura mínima nocturna lo cual explica que la especie limita su crecimiento y producción debido a la variabilidad térmica diaria promedio que experimenta principalmente en áreas de bosque secundario.

La BIO 12 representa la suma total de la precipitación (en milímetros) que se acumula a lo largo de un año, pues, tomando en consideración esto se asume que *P. cecropiifolia* necesita suelos limosos y arcillosos con

un porcentaje de humedad elevado para poder desarrollar sus funciones fisiológicas de una manera adecuada además de rangos de pH entre 5.5 y 6.5. En la modelación se predice cómo los cambios en los patrones de precipitación ya sean por procesos naturales o por cambio climático, pueden influir en la distribución de la especie en estudio principalmente en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo lo cual indica que una disminución en la precipitación anual puede llevar a la contracción del rango geográfico como individuo dependiente de condiciones húmedas, mientras que un aumento como se ve en las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe podría facilitar la expansión hacia otros lugares.

Mediante el análisis de la BIO 6 en el modelamiento se establece que la temperatura mínima del mes más frío corresponde a 22 °C lo que indica que *P. cecropiifolia* no soportará o no se podrá desarrollarse en sitios con condiciones térmicas que estén por debajo de la indicada, durante o parte del año, ya que sus límites de tolerancia térmica no le permiten cumplir sus funciones fisiológicas limitando su tasa de crecimiento reproducción y supervivencia, esta baja de temperaturas afecta principalmente en la época de producción de frutos y semillas ya que dañan tejidos vegetales y reducir la viabilidad de las semillas lo que traería consecuencias en cuanto a su distribución y frecuencia dentro del Bosque húmedo tropical.

En la modelación de distribución la BIO 19 se establece que las condiciones de precipitación durante los meses más fríos fueron de 3500 mm lo que indica que temporadas largas sin lluvias afectan la capacidad de la especie para persistir en un área determinada. Cambios en esta variable debido al cambio climático, como una disminución de la precipitación invernal, podrían modificar los patrones de distribución de *P. cecropiifolia* (Vistin *et al.*, 2021), sin olvidarnos de la humedad que también es crucial para su desarrollo y supervivencia; En lo que respecta a la variable BIO 15 que indica la variabilidad de la precipitación a lo largo del año se establece que esta especie no soporta extensos tiempos de sequía, es decir que los sitios donde se pretende establecer plantaciones comerciales con esta especie deben gozar de la presencia de lluvias durante todo el año.

El modelo de distribución de especies (SDM) revelan que *P. cecropiifolia* tiene una distribución potencialmente más amplia en la Amazonia centro en las provincias de Napo y Pastaza mientras que en la parte sur en las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe (Figura 2), no obstante, la idoneidad para la implementación de cultivos con esta especie se da en las 6 provincias que conforman el oriente ecuatoriano, pero en diferentes áreas. En la provincia de Sucumbíos la idoneidad máxima se

registra en los cantones Putumayo, Cuyabeno y Shushufindi, mientras que en la provincia de Orellana su mayor idoneidad se registra en el cantón Loreto y en una extensión menor en el cantón La joya de los Sachas, de la misma manera en la provincia de Napo los sitios de mayor idoneidad se modelaron en la parte sur este principalmente en los cantones de Archidona y Carlos Julio Arosemena Tola.

Mediante el procesamiento de la media establecida por el software MaxEnt con el potencial de distribución de *P. cecropiifolia* se determinó una área total de 19 560.91 Km² a lo largo de la amazonia ecuatoriana en sus 6 provincias dentro de esta se estableció el Modelo de Distribución de Especies (SDM) por categorías depreciando la categoría baja ya que en esta es muy difícil que se pueda desarrollar con valores de 0.00 a 0.25 donde como resultado se obtuvo que la 5 300.23 Km² corresponden a la categoría media con valores de

0.25 a 0.50, mientras que 2 800.35 Km² pertenecen a la categoría Alta que presenta valores de 0.50 a 0.75, finalmente debido a las condiciones climatológicas principalmente de precipitación que se presentan en los cantones de Arajuno, Santa Clara, Taisha, Tiwintza, Limón Indanza, San Juan Bosco, Gualaquiza, El Pangui, Yantzaza, Yacumbí, Zamora, Centinela del Cóndor, Paquisha, Nangaritza y Palanda la categoría de óptima se establece en 11 460.33 Km², estas áreas permitirían efectuar planes de reforestación, forestación, reposición y revegetación con *P. cecropiifolia*; Tomando en cuenta que la extensión amazónica en el Ecuador es de 120 000 Km² versus los 11 460.33 Km² quiere decir que aproximadamente el área propicia para la sobrevivencia y producción con esta especie según los datos del modelado representa el 9.55% del territorio nacional como apto para la producción con esta especie.

Tabla 2. Contribución de las variables bioclimáticas utilizadas para determinar el nicho ecológico y predecir la distribución geográfica potencial de *P. cecropiifolia* con 99 réplicas.

Código	Variables ambientales	Contribución (%)	Permutación (%)
BIO14	Precipitación del mes más seco	55	7
BIO 2	Rango medio diurno	15.4	16.6
BIO 12	Precipitación anual	7.1	0
BIO 6	Temperatura mínima del mes más frío	6	0
BIO-19	Precipitación del trimestre más frío	3.5	2
BIO 15	Estacionalidad de la precipitación	3	31.6
BIO 9	Temperatura media del trimestre más seco	2.6	6
BIO 7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)	1.9	1.4
BIO 5	Temperatura máxima del mes más cálido	1	3.8
Elevación	Elevación	1	17.1
Otras	BIO (4, 17, 1, 11, 3, 8, 18, 10, 13)	5.5	14.5

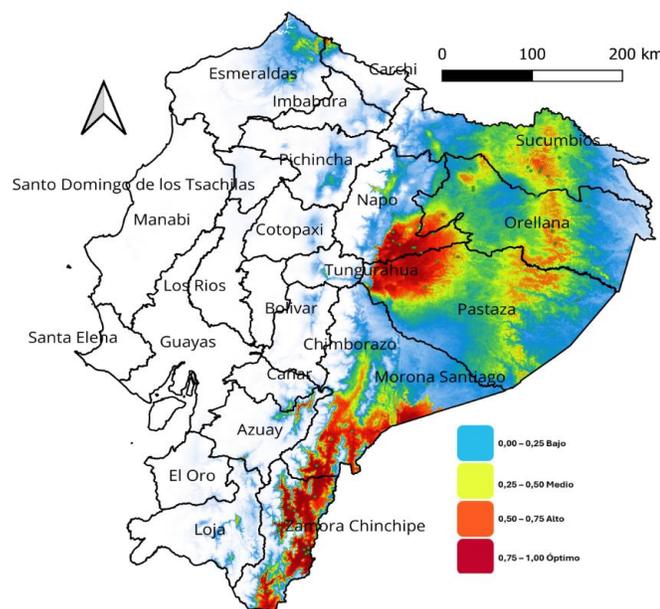


Figura 2. Distribución espacial modelada por MaxEnt para *P. cecropiifolia* en Ecuador: color rojo regiones (óptimas), color anaranjado regiones (altas); color amarillo regiones (medias); color azul regiones (bajas) para el establecimiento de plantaciones frutales.

Tabla 3. Superficies establecidas mediante el modelado con categorías óptimas para *P. cecropiifolia* en las 6 provincias de la Amazonía ecuatoriana.

Provincia	Cantón	Superficie	Km ²	(%)
Sucumbíos	Putumayo	23 002	442.06	3.86
	Cuyabeno	17 289		
	Shushufindi	3 912		
Orellana	La Joya de los Sachas	28 486	1 423.56	12.42
	Loreto	113 870		
Napo	Archidona	34 670	795.93	6.95
	Carlos Julio Arosemena Tola	44 923		
Pastaza	Arajuno	133 425	3 001.15	26.19
	Santa Clara	166 690		
Morona Santiago	Taisha	94 836	2 731.27	23.83
	Tiwintza	45 040		
	Limón Indanza	34 267		
	San Juan Bosco	83 998		
	Gualaquiza	14 986		
Zamora Chinchipe	El Panguí	53 759	3 066.36	26.76
	Yantzaza	23157		
	Yacumbí	39 459		
	Centinela del Cóndor	31 230		
	Paquisha	15 085		
	Nangaritza	9 958		
	Palanda	133 988		

En efecto en la Amazonía centro y sur es donde se concentra los sitios con mayor idoneidad para albergar a esta especie principalmente en la provincia de Pastaza lugar donde las condiciones climáticas (precipitación y temperatura) que requiere *P. cecropiifolia* son favorables según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI, (2024). En esta provincia geográficamente los lugares más idóneos se encuentran al oeste en los cantones de Arajuno y Santa Clara indicando un 26.19% con una categoría óptima. En la provincia de Morona Santiago los lugares idóneos se ubican en la parte centro sur principalmente en los cantones de Taisha, Tiwintza, Limón Indanza, San Juan Bosco y finalmente en Gualaquiza con un 23.83% de lugares idóneos (Tabla 3). Paralelamente en la provincia de Zamora Chinchipe la idoneidad se concentra en la parte norte sur y este en los cantones de El Panguí, Yantzaza, Yacumbí, Zamora, Centinela del Condor, Paquisha, Nangaritza y Palanda con un 26.76% de áreas aptas para el establecimiento de plantaciones con esta especie.

Se proyectó geográficamente las líneas isotermas e isoyetas dentro del modelo de distribución geográfica en la Amazonía ecuatoriana para analizar de mejor manera el porqué de la presencia de la especie en determinados lugares y no en toda la región amazónica (Figura 3). En cuanto a la precipitación se puede observar que al oeste de la provincia de Pastaza y sureste de la provincia de Napo se registran precipitaciones que van desde los 5 000 a los 6 000 mm anuales en promedio esto concuerda con los resultados

del algoritmo de máxima entropía que reflejó como producto del modelado en el software MaxEnt, se asume que en este lugar las precipitaciones se comportan de una manera frecuente a lo largo del año gracias a que se encuentra cerca de la cordillera oriental precisamente en la alta amazonia; por otra parte también influye la presencia de grandes masa boscosas protegidas aledañas denominadas Bosques y vegetación protectora como son Parte de la cordillera de los Llanganates con 79 762.81 ha, Bosque de la cordillera Habitagua con 11 164.02 ha, Bosques de Moravia con 603.87 ha, Bosque en Venecia con 208.70 ha, Bosque selva viva con 538.84 ha, Bosques de la cuenca de los ríos Colonso Tena Shitie Inchillaquí con 11 984.85 ha, Bosque de la cuenca alta del río Suno con 73 290.64 ha y finalmente Los bosques del cerro Sumaco y cuenca alta del río Suno que en conjunto rodean a los sitios con los valores más óptimos para la presencia de *P. cecropiifolia* en la amazonia centro. De la misma manera en las provincias de Morona Santiago y Zamora Chinchipe en su parte oeste limitan con la cordillera oriental motivo por el cual se forman microclimas dentro de las microcuencas lo que favorece a las condiciones ideales para el desarrollo de *P. cecropiifolia* al gozar de una precipitación media anual que va desde los 2 500 mm hasta los 4 000 mm anuales en promedio. Un factor clave para que estos sitios gocen de estas características bioclimáticas es la presencia aledaña de grandes masas boscosas protegidas como son el Bosque protector Kutuku Shaimi con 343 929.17 ha, Bosque el Zarza con 3 642.69 ha, Bosque Alto Nangaritza con 128 572.26 ha,

Bosque Colambo Yacuri con 76 706.49 ha, Bosque el Ingenio y Santa Rosa con 12 102.28 ha, Bosque El Bosque con 2 196.48 ha y el Bosque Corazón de Oro con 51 289.42 ha. Por último, en las provincias de la amazonia norte Orellana y Sucumbios hay ciertas áreas donde se registran precipitaciones que van desde los 1

750 mm hasta los 7 000 mm anuales (Figura 3) pero esta alta variabilidad de las lluvias limita la presencia y desarrollo normal de esta especie y por consiguiente la implementación de frutales con fines de producción a gran escala.

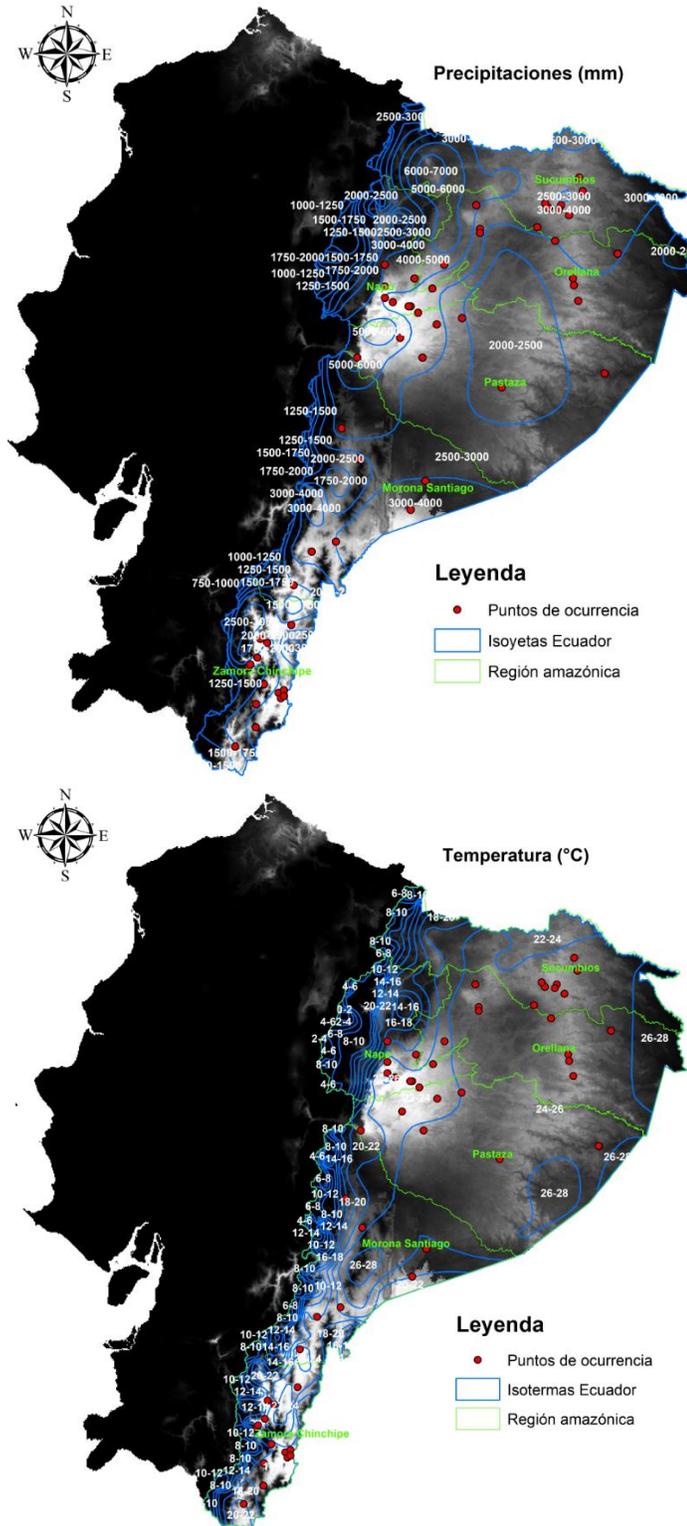


Figura 3. Precipitaciones y temperaturas medias en la región amazónica del Ecuador.

La temperatura mínima que necesita *P. cecropiifolia* según el modelo de distribución geográfica en el mes más frío corresponde a 22 °C lo que indica que en las áreas destinadas a plantaciones comerciales con esta especie debe ser igual o superior a lo largo de todo el año. Las áreas con categorías óptimas resultado del modelado y el solapamiento de las líneas isotermas corroboraron los valores medios de temperatura requeridos los cuales en la Amazonía centro registraron valores de 22 a 26 °C mientras que en la Amazonía sur valores de 22 a 24 °C.

DISCUSIÓN

Los resultados arrojados por el algoritmo de máxima entropía en base a las 10 variables bioclimáticas que contribuyen a establecer los lugares más idóneos para implementar plantaciones frutales con *P. cecropiifolia* se encuentran en la parte centro de la amazonia ecuatoriana en la provincia de Pastaza esto concuerda con estudios efectuados por Moya, (2006) donde manifiesta que debido a la influencia de la alta amazonia, las perturbaciones tropicales principalmente por la convergencia de los vientos, la baja presión que se genera y la influencia de las Masas de Aire Tropical Continental (MATC) favorece a una mayor estabilidad térmica con un mayor porcentaje de precipitaciones lo que resulta propicio para la presencia y permanencia de la especie.

Una vez que se ha determinado dentro de las 6 provincias de la amazonia ecuatoriana los lugares con mayor idoneidad para el establecimiento de plantaciones comerciales hay que tener en cuenta también la parte fenológica y la parte ecológica de la especie ya que antes de implementar plantaciones a gran escala hay que determinar un factor clave que son los polinizadores, en ese sentido (Falcao y Lleras, 2010, Masaquiza *et al.*, 2020, Cevallos *et al.*, 2023) manifiestan que los principales agentes polinizadores de *P. cecropiifolia* son insectos de la familia Apidae, *Oxytrigona obscura*, *Trigona dellatarreana* y *Trigona* sp. Paralelamente se concuerda con lo que manifiesta Janick y Paull (2008) aseverando que para que se lleve con normalidad la fructificación y buena conformación de las semillas necesita de un rango térmico de 22 a 24 °C y una precipitación de 5 000 a 6 000 mm en la época de invierno que es cuando esta especie comienza su proceso de fructificación en los meses de septiembre a diciembre.

Reportes similares sobre las condiciones óptimas para su desarrollo manifiesta Janick y Paull (2008) en el oeste de Brasil donde esta especie se encuentra en estado silvestre como un elemento del sotobosque y del dosel inferior dentro de los bosques tropicales altos. Como planta domesticada, se considera una especie que exige luz, aunque esto puede ser una adaptación al

cultivo en bosque secundarios. El árbol está adaptado a los trópicos húmedos de tierras bajas, con una temperatura media anual entre 20 y 28 °C. Aunque en su libro manifiesta que la temperatura más alta que tolerará no se conoce, de la misma manera afirma que la precipitación en esta zona varía de 1 500 a 4 000 mm/año, y la humedad relativa del aire varía de 60 a 85% concordando con las condiciones modeladas para esta especie en la amazonia ecuatoriana. Se reporta que estudios efectuados en Ecuador, Perú y Brasil sobre el comportamiento de esta especie en la época seca muy prolongada da paso a una caída de los frutos antes de madurar. Un buen drenaje es esencial ya que incluso las plantaciones sometidas de 5 a 7 días a inundaciones matarán a los árboles adultos. La especie crece naturalmente en oxisoles y ultisoles. En general, prefiere suelos bien drenados, bien estructurados y de superficie arcillosa, aunque estos generalmente sean pobres en nutrientes. De igual manera también en Colombia se ha observado simbiosis micorrízica aislándose al menos 11 especies de *Glomus*, *Gigaspora* y *Acaulospora* lo que puede explicar la adaptación a suelos con baja fertilidad propios de la amazonia.

Conocer los efectos que provocan las condiciones ambientales en *P. cecropiifolia* antes de la implementación de plantaciones frutales es importante ya que no solo la temperatura y la precipitación juegan un papel importante en su producción sino que también otros escenarios ambientales como lo manifiesta Pedrosa *et al.* (2018) donde afirman que las condiciones ambientales tienen efectos significativos en todas las características morfológicas de esta especie como son la masa, dimensiones de los frutos, semillas, pulpa y en la relación masa-pulpa-fruto ya que esto aumentan en ambientes con mayor luz disponible y suelos arenosos, el número de frutos por racimo, la relación masa semilla-fruto, la relación altura de planta y la densidad de la madera aumentan en ambientes con menor luz disponible y suelos limosos más fértiles así como un aumento significativo en la densidad de la madera debido al aumento en el contenido de potasio.

Con respecto a su función como especie que ayuda a la rehabilitación del ecosistema tropical se concuerda con lo que afirma Barrero-Medel *et al.* (2021) donde manifiesta que *P. cecropiifolia* tiene una capacidad notable para adaptarse a diferentes tipos de suelos, desde pobres en nutrientes hasta aquellos más ricos como los encontrados en la parte norte de las provincias de Orellana, Pastaza y Zamora Chinchipe y sur en la provincia de Napo, además, este comportamiento la convierte en una especie clave para la restauración ecológica y la agroforestería. Existe una alta relación en lo concluido en sus estudios cuando afirma que el calentamiento global podría reducir significativamente su hábitat en las próximas décadas

debido principalmente al cambio de uso de suelo y a la inestabilidad de los patrones climatológicos globales. Asimismo, (González y Torres, 2010) enfatizan también en la importancia de esta especie como parte de las cadenas alimenticias locales y su valor cultural en comunidades amazónicas.

Si analizamos la proyección que tendría esta actividad en el sentido de la conservación nos convertiríamos en parte de la solución para sanear los problemas medioambientales que se presentan en estas zonas los cuales enfatiza Granda y Yáñez, 2017, Vistin *et al.* (2023) y que son la deforestación, cambio de uso de suelo, ganadería intensiva, minería y contaminación petrolera al ralentizar los procesos degenerativos dentro de este ecosistema mediante la incorporación de plantaciones a gran escala con esta especie nativa, pues con la ejecución de esta actividad lograríamos la obtención de frutos para su comercialización, madera, saborizantes y pigmentos además de la captura de carbono al mismo tiempo que se frenaría la presión que actualmente sufre el Bosque Húmedo Tropical en las 6 provincias amazónicas garantizando en el futuro que este entorno siga generando servicios ecosistémicos y conservando su exuberante biodiversidad.

De los 19 560 Km² resultado del modelado se determina que son sitios donde el logaritmo de máxima entropía estima que se pueden efectuar acciones como la implementación de plantaciones y agroforestería dentro de proyectos y programas de reforestación, reposición, rehabilitación forestal y agroforestería. El aporte de este trabajo radica en determinar las áreas más idóneas dentro de 6 provincias, cantones, parroquias como una propuesta de sustentabilidad ecológica y mecanismo para ralentizar el cambio climático.

CONCLUSIONES

La calibración del modelo para *P. cecropiifolia* resultó ser excelente puesto que se obtuvo un AUC = 0.918 paralelamente las variables bioclimáticas más influyentes para el nicho ecológico de la especie fueron la Bio 14, 2 y 12 ya que entre las tres suman un 77.1% de representatividad del modelo; por lo cual se establece que los umbrales necesarios para el desarrollo de *P. cecropiifolia* en cuanto a temperatura es de 22 – 26 °C y una precipitación de 4 000 a 6 000 mm anuales.

El modelo de nicho ecológico demostró ser un método confiable para predecir la distribución potencial de *P. cecropiifolia* en las 6 provincias de la amazonia ecuatoriana, ya que al comparar las áreas modeladas versus las ocurrencias *in situ* de la especie se obtuvo un 95% de certeza en los 20 puntos de control en las 6 provincias amazónicas del Ecuador mediante el

solapamiento del ráster medio (Plot) resultado del modelado y las áreas óptimas de crecimiento; así se establece que 19 560 Km² es el área total para el establecimiento de plantaciones frutales con la especie. En la escala de categorías establecidas para el modelo de distribución potencial se define que el área de categoría media ocupa una extensión de 5 300.23 Km², el área alta abarca una extensión de 2 800.35 Km² y finalmente una categoría de óptima 11 460.33 Km² por lo que establece que en el 16.3% de territorio amazónico ecuatoriano se puede implementar cultivos intensificados con *P. cecropiifolia* en su mayoría en las provincias de Pastaza, Napo, Morona Santiago y Zamora Chinchipe.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) al Decanato de Investigaciones, quienes a través de su apoyo constante hacia los proyectos de investigación permiten contribuir positivamente al desarrollo de estudios científicos forestales, ecológicos y socioeconómicos en diferentes ecosistemas buscando siempre mecanismos de sostenibilidad y adaptación al Cambio climático.

Funding. This research work was founded by Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Conflict of interest. There is no conflict of interest to declare

Compliance with ethical standards. Due to the nature of this work, this research does not require approval from an ethical committee

Data availability. Data is available with the corresponding author upon reasonable request.

Author contribution statement (CRediT). **D.A. Vistin** - Conceptualization. Investigation Visualization. Formal Analysis. Writing-original draft, **L.D. Cabezas** - Project administration. Supervision. Writing-original draft, **J.E. Balseca** – Writing-original draft. Investigation. Supervision, **L.F. Medina**. Investigation. Writing-original draft. Writing-review & editing.

REFERENCES

- Arenas-Castro, S., Regos, A. and González-Moreno., P., 2022. Modelos de distribución de especies en ecosistemas forestales. In: R.M. Navarro Cerrillo, P. González Moreno, M.A. Varo Martínez and A.J. Ariza Salamanca, ed. *Geociencias aplicadas a la gestión forestal*. Córdoba:UCOPress. pp. 396-441. <https://www.uco.es/ucopress/images/librosgr>

- [atuitos/978-84-9927-819-3/9788499278193.pdf](https://doi.org/10.1016/j.tsa.2025.100001)
- Barrero-Medel, H., Vistín, D., Bastidas, H., Muñoz, E., Zárate, Y. and Guerra, D., 2021. Cuban Journal of Forest Sciences. *CFORES Journal*, 9(3), pp.377–394. http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v10n1/en_2310-3469-cfp-10-01-44.pdf
- Bizama, G., 2020. Invasión de *Drosophila suzukii* (Matsumura) en Chile: utilizando los modelos de distribución de especies como herramienta de bioseguridad. *Revista Chilena de Entomología*, 46, pp. 61–71. <https://www.scielo.cl/pdf/rche/v46n1/0718-8994-rche-46-01-61.pdf>
- Broennimann, O., Treier, U.A., Müller-Schärer, H., Thuiller, W., Peterson, A.T. and Guisan, A., 2007. Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecology Letters*, 10(8), pp.701–709. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01060.x>
- Broennimann, O., Fitzpatrick, M.C., Pearman, P.B., Petitpierre, B., Pellissier, L., Yoccoz, N.G., Thuiller, W., Fortin, M.J., Randin, C., Zimmermann, N.E., Graham, C.H. and Guisan, A., 2012. Measuring ecological niche overlap from occurrence and spatial environmental data. *Global Ecology and Biogeography*, 21(4), pp.481–497. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2011.00698.x>
- Carbajal, A., 2018. *Manual de Nutricion y Dietética*. Madrid:Universidad Complutense de Madrid. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/36607>
- Cevallos, A., Baquero, M., Guamán, S. and Masaquiza, D., 2023. La meliponicultura: una alternativa de conservación y aprovechamiento sostenible de abejas nativas en la Amazonía ecuatoriana. *Tesla Revista Científica*, 3(1), p. e157. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i1.e157>
- Falcao, M. and Lleras, E., 2010. Aspectos fenológicos ecologicos e de produtividade do Mapati (*Pourouma cecropiifolia* Mart). *Acta Amazonica*, 10(4), pp.711-724. https://www.scielo.br/j/aa/a/FGRLDdNH7Nt_hbbJKssjTwKq/?format=pdf&lang=pt
- Gallegos, M., Díaz, B. and López, J., 2021. Componentes bioactivos y usos potenciales de la uva silvestre *Pourouma cecropiifolia* en la agroindustria, una revisión. *Revista Científica Agropecuaria*, 1, pp. 40–42. <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/recien/article/view/622>
- GBIF., 2024. *Servicio de información sobre diversidad biológica mundial*. GBIF. <https://www.gbif.org/>
- González, A. and Torres, G., 2010. Manual de cultivo de uvilla *Pourouma cecropiifolia* Martius. Iquitos:Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, p. 43. <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/publ536.pdf>
- Godoy, D. and Cardozo, B., 2022. Caracterización de especies vegetales: Una estrategia de educación ambiental en el Paujil - Caquetá. *Revista Científica del Amazonas*, 5(10), pp.67–77. <https://doi.org/10.34069/RA/2022.10.06>
- Granda, M. and Yáñez, P., 2017. Perception study of benefits of socio bosque programme in ecuadorian amazon region. *La Granja*, 26(2), p.28. <https://doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.03>
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones, P.G. and Jarvis, A., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), 2024. *Pronósticos*. <https://servicios.inamhi.gob.ec/>
- Janick, J. and Paull, R., 2008. *La enciclopedia de frutas y frutos secos*. Wallingford, Reino Unido: CABI. <http://www.cabi.org/cabebooks/ebook/20113366221>
- López, V., Espíndola, F., Callles, J. and Ulloa, J., 2013. *Amazonía ecuatoriana bajo presión*. Quito:Ecociencia. <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00635.pdf>
- Masaquiza, D., Lino, C. and Amilcar, C., 2020. Africanization of honeybees (*Apis mellifera* L.). Review. *Agrisost*, 26(2), pp.1–13. <https://core.ac.uk/download/pdf/479036689.pdf>

- Moya, R., 2006. Climas Del Ecuador. In *Climas del Ecuador*, Quito: Ministerio de energía y minas. pp. 1–14. <https://www.inamhi.gob.ec/gisweb/Historicos/METEOROLOGIA/CLIMATOLOGIA/pdf/Climas%20del%20Ecuador%202006.pdf>
- Pasache, G., Málaga, J., Puitiza, A., Yábar, G. and Arones, I., 2023. Nicho ecológico de la *Anchoa nasus* “SAMASA” en la bahía de Pisco Perú. *Ecología Aplicada*, 22(2), pp. 79–90. <https://doi.org/10.21704/rea.v22i2.2084>
- Pedrosa, H.C., Clement, C.R. and Schietti, J., 2018. The domestication of the amazon tree grape (*Pourouma cecropiifolia*) under an ecological lens. *Frontiers in Plant Science*, 9, p.203. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00203>
- Rodríguez, L., Suárez, J., Rodriguez, W., Artunduaga, K., Lavelle, P., 2021. Agroforestry systems impact soil macroaggregation and enhance carbon storage in Colombian deforested Amazonia, *Geoderma*, 384, p.114810. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114810>.
- Scrivanti, L.R. and Anton, A.M., 2020. Spatial distribution of *Poa scaberula* (poaceae) along the andes. *Helicon*, 6, p.e05220. <https://doi.org/10.1016/j.helicon.2020.e05220>
- Tropicos., 2024. *Missouri Botanical Garden. Tropicos. Saint Louis, Missouri.* <https://www.tropicos.org/home>
- Vargas-Tierras, Y.B., Prado-Beltrán, J.K., Nicolalde-Cruz, J.R., Casanoves, F., Virginio-Filho, E. de M. and Viera Arroyo, W.F., 2018. Caracterización y rol de los frutales amazónicos en fincas familiares en las provincias de Sucumbíos y Orellana (Ecuador). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(3), pp.485–499. https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num3_art:812
- Valdés, M.A., Díaz, K., Rodríguez, Y. and Hernández, H., 2024. Sistemas agroforestales en la región amazónica Ecuatoriana. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), pp.8587-8613. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10185
- Vistin, D. and Barrero, H., 2017. Floristic study of the green forest always montanoof the community of Guangras, Ecuador. *Avances*, 19, pp.218–226. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637867021003>
- Vistin, D., Herrera, G., Basantes, E. and Sanchez, H., 2023. Restauración ecológica del bosque siempre verde montano alto en los andes tropicales del Ecuador. La Plata: Puerto Madero Editorial Académica . <https://doi.org/10.55204/pmea.30>
- Vistin, D., Muñoz, E. and Ati, G., 2021. Escenario de cambio climático del bosque siempreverde del páramo Reserva de producción de fauna Chimborazo-Ecuador. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 24, pp.56. <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.3448>
- Viafara-Banguera, D., Reyes-Mera, J. and Abreu-Naranjo, R., 2024. Caracterización nutricional de la pulpa de la fruta pitón (*Grias neuberthii*) de la Amazonía ecuatoriana *Revista Multidisciplinaria Investigación Contemporánea* [en línea], 2(2), pp. 96-115. <https://doi.org/10.58995/redlic.rmic.v2.n2.a66>