

## Condiciones edafoclimáticas actuales y futuras para establecimiento de la balsa (*Ochroma ssp.*) con pastos en el Oriente Ecuatoriano

Carlos Alberto Nieto Cañarte<sup>1</sup>, Macías Suárez Jordán Hernán<sup>1</sup>, Víctor Manuel Guamán Sarango<sup>1</sup>,  
Byron Andres Burgos Carpio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador

Corresponding author: Carlos Alberto Nieto Cañarte, [cnieto@uteq.edu.ec](mailto:cnieto@uteq.edu.ec)

(Recibido: 29-11-2023. Publicado: 26-12-2023.)

DOI: 10.59427/rcli/2023/v23.167-178

### Resumen

*El objetivo general de la investigación fue: Evaluar las áreas climáticamente adecuadas en condiciones actuales y futuras para establecimiento de plantaciones de balsa en pastos como una iniciativa silvopastoril en la Amazonía Ecuatoriana. La investigación se desarrolló en la Amazonía ecuatoriana que se encuentra conformada por seis provincias: Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. La investigación es de tipo descriptiva y explicativa, bajo el método analítico, deductivo y sintético; se realizó una modelización espacial mediante el software SIG de parámetros como temperatura, precipitación, elevación y textura, para determinar las áreas más propicias del establecimiento de la balsa en pasto, se realizó una zonificación agroecológica de la Amazonía ecuatoriana. Los resultados evidencian que la mayoría de las provincias de la Amazonía del Ecuador se encuentran dentro de los parámetros edafoclimáticos óptimos para el establecimiento del cultivo de balsa en pasto; pero la zonificación evidenció que la provincia de Morona Santiago es la que presenta mayor territorio con idoneidad alta para este cultivo, siendo la provincia de Napo, la cual no presenta idoneidad alta y se ubica únicamente en idoneidad media. La propuesta está encaminada a la conservación del suelo mediante la utilización de procesos sostenibles. Se concluye que la Amazonía puede albergar balsa en pasto dentro de las zonas señaladas, pero se debe realizar por profesionales capacitados y con conocimiento en el tema.*

**Palabras claves:** Agropastoril, silvopastoril, sostenibilidad, edafoclimático.

### Abstract

*The general objective of the research was: Evaluate the climatically suitable areas in current and future conditions for the establishment of raft plantations in pastures as a silvopastoral initiative in the Ecuadorian Amazon. The research was carried out in the Ecuadorian Amazon, which is made up of six provinces: Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago and Zamora Chinchipe. The research is descriptive and explanatory, using the analytical, deductive and synthetic method; A spatial modeling was carried out using GIS software of parameters such as temperature, precipitation, elevation and texture, to determine the most favorable areas for the establishment of the pond in grass, an agroecological zoning of the Ecuadorian Amazon was carried out. The results show that the majority of the provinces of the Ecuadorian Amazon are within the optimal edaphoclimatic parameters for the establishment of raft cultivation on grass; But the zoning showed that the province of Morona Santiago is the one with the largest territory with high suitability for this crop, being the province of Napo, which does not present high suitability and is only located in medium suitability. The proposal is aimed at soil conservation through the use of sustainable processes. It is concluded that the Amazon can host grass rafting within the indicated areas, but it must be carried out by trained professionals with knowledge on the subject.*

**Keywords:** Agropastoral, silvopastoral, sustainability, edaphoclimatic.

## 1. Introducción

La Amazonía u Oriente es la región más controvertida del mundo, y su enorme biodiversidad y culturas nos permiten asegurar que es el ecosistema más fascinante y complejo de la Tierra. Ecuador ocupa una pequeña parte de la cuenca amazónica, pero tiene un carácter ecológico muy específico debido a su territorio ubicado en la región oriental, donde se originó la red hidrológica amazónica. En este espacio donde las personas combinan la capacidad de supervivencia con el conocimiento del uso de los recursos naturales (Cadilhac et al., 2017). El espacio amazónico del Ecuador, es escenario de varios conflictos durante el llamado desarrollo regional y nacional, amenazando la supervivencia de las especies (incluidos los humanos) que la habitan, muchas áreas forestales se han perdido en los últimos años debido al crecimiento demográfico en la región oriental, donde la superficie forestal se utilizó para el desarrollo agrícola y ganadero; además por la falta de sistemas productivos sostenibles (Suárez et al., 2015). Una de las alternativas, de producción sostenible, son los sistemas silvopastoriles, una alternativa productiva, ambiental para recuperar áreas degradadas, incrementar y fusionar en un mismo espacios cultivos agrícolas y forestales, garantizando de esta manera la utilización de espacios que son destinados a especies de flora y fauna endémicos; siendo interesante su aplicación dentro del área Amazónica donde el 82 % de la superficie de uso agropecuaria ésta dedicado a pastizales, lo que demuestra la importancia de la actividad pecuaria ganadera como sistema económico para los campesinos (Anchundia et al., 2018).

Los sistemas de bosques y pastizales también son una opción para revertir la degradación de los pastizales al mejorar la protección física del suelo y promover la restauración de la fertilidad mediante el uso de especies de árboles. acodar y manejar los nutrientes. Barrera et al., describieron el sistema silvopastoril como un sistema biológico en desarrollo dinámico y continuo. Su desarrollo abarca muchas etapas diferentes y se caracteriza por evaluar sus constituyentes, entre ellos el suelo en términos de estructura y composición, animales, plantas, sustratos de pastos, flora y fauna, animales aéreos y del suelo, reciclaje de nutrientes, ganado y sus derivados, abiótico y factores antropogénicos, incluidos los factores socioeconómicos (Barrera et al., 2017). Sin embargo, el problema se sitúa en la falta de conocimiento de algunos pobladores locales, productores y campesinos, donde no existe ayuda estatal de ministerios que trabajen entregando tecnologías y conocimientos, para la conservación de los recursos naturales del área de la Amazonía ecuatoriana, y sobre todo con alternativas de producción amigables y sostenibles con el ambiente donde existan, varios cultivos impidiendo se siga deforestando la Amazonía por la necesidad de espacios para el desarrollo de la seguridad alimentaria y crecimiento socio económico de la región.

Dentro de la población amazónica, existe una falta de conocimientos técnicos y de socialización de alternativas de producción sostenibles, al igual que información disponible en la web sobre las condiciones climáticas adecuadas para cultivos específicos como el pasto, materia prima para el desarrollo pecuario ganadero indispensable en la alimentación de la población, si bien para el cultivo de balsa existen datos dentro de reportes de instituciones como el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP) sobre condiciones óptimas del cultivo, no existen datos sobre la modelización bajo sistemas de información geográfica, donde se sitúen mapas de zonificación agroecológica para determinar el área óptima para el desarrollo de ambos cultivos dentro de la Amazonía ecuatoriana.

## 2. Metodología

La investigación se desarrolló en la Amazonía ecuatoriana que se encuentra conformada por seis provincias: Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. La región se caracteriza por su gran riqueza biológica y el endemismo, de especies de flora y fauna muchos de los cuales se encuentran dentro de sus bosques, parques y reservas han sido reconocidos y preservados por instituciones ambientales nacionales e internacionales, ayudando a la preservación de gran parte de sus ecosistemas (Vargas et al., 2014). En la figura 1 se aprecia el mapa de ubicación del cantón Valencia.

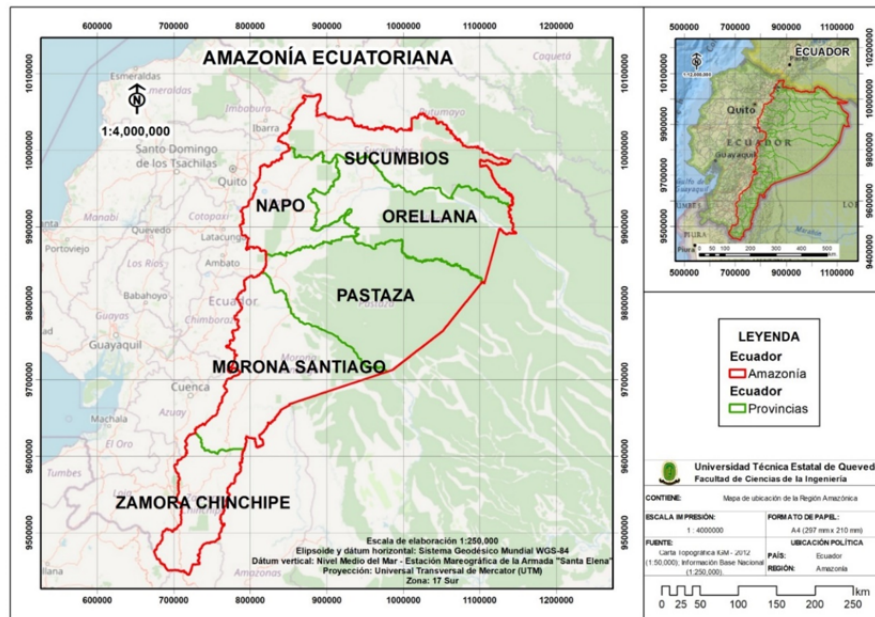


Figura 1: Mapa de ubicación del cantón Valencia.

A continuación en la figura 2, se presenta el mapa específico de localización, en donde se presenta la zona de la Amazonía ecuatoriana en la que se encuentra cultivo de pasto:

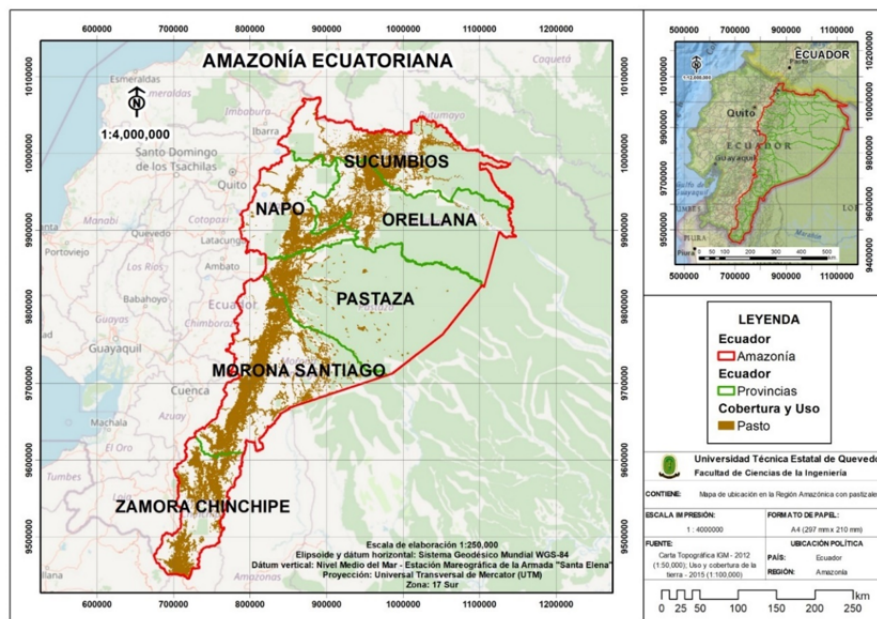


Figura 2: Localización de cultivo de pasto a lo largo de la Amazonía ecuatoriana.

A continuación en la tabla 1, se mencionan las condiciones meteorológicas de la región amazónica:

Tabla 1: Parámetros y promedios de condiciones edafoclimáticas de zona de estudio.

Parámetros	Promedio
Altitud	100 - 800 msnm
Temperatura	22 - 30°C
Humedad relativa	75 y 90 %
Precipitación anual	3000 a 4000 mm
Heliofanía	0.00 - 11.90 horas/sol/día
Topografía	Irregular

**Fuentes de recopilación de información:** la información fue obtenida en el SIGAGRO (Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria), INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), ambas instituciones pertenecientes al Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesca; la información climática fue recopilada del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología); además información complementaria recopilada de bibliotecas de universidades e institutos de investigación especializados (hidrometeoro lógicos, cartográficos, ambientales, etc.), y organismos no gubernamentales. Se usaron cartas topográficas con escala 1:50.000 provenientes del Instituto Geográfico Militar (IGM) que incluyen información básica sobre: curvas de nivel, red hidrográfica, sistema vial, centros poblados y cotas altitudinales. También se utilizó información de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial a nivel cantonal y provincial, donde se encuentra ubicada el área de estudio, como lo son mapas de suelos, zonificación de cultivos, la información fue revisada, proyectada con el Dátum WGS84 17 Sur, finalmente fue tratada y editada con ayuda del software SIG, de acuerdo a los objetivos de la presente investigación.

**Diseño de la investigación:** la investigación no es experimental, pero contempla un plan transversal para analizar las variables climáticas de la zona de la Amazonía ecuatoriana, se utilizó también de programas SIG para proyectar mapas de zonificación agroecológica basados en estimaciones climáticas y determinar las zonas óptimas, permitiendo su plantación dentro de cultivos de pastos a fin que converjan ambos cultivos mediante sistemas silvopastoriles.

### **Requerimientos edafoclimáticos de la balsa y las condiciones ambientales del Oriente Ecuatoriano**

Para la elaboración de la modelización espacial se emplearon extensiones y herramientas del software ArcGIS, principalmente enfocadas en el manejo, estratificación, proyección, recorte, conversión y creación de rasters (Kipfer, 2021). ArcCatalog, ayudó a organizar y gestionar los archivos de datos e información SIG, por medio de herramientas de exploración, administración, previsualización de archivos y gestión de los metadatos (Singh et al., 2019); y del ArcToolbox, se obtuvieron herramientas de geoprocamiento.

La información espacial en ArcMap se organizó por medio de conjuntos de capas (Layers) en las que se pudieron depositar capas específicas correspondientes a elementos temáticos (features), el archivo es un elemento temático de extensión “shp” (shapefile). Para esto fue necesario utilizar como fuente de información las capas de división provincial, cantonal, poblados, curvas de nivel, ríos sencillos, ríos dobles, senderos y vías pertenecientes al territorio ecuatoriano, y partir de estos datos se escoge la información de las provincias amazónicas.

### **Áreas óptimas para el establecimiento de la balsa asociada al pasto en la Oriente Ecuatoriano**

La zonificación agro-ecológica (ZAE), de acuerdo con los criterios de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), define zonas con base en combinaciones de suelo, fisiografía y características climáticas (Angulo-Romero et al., 2023). Los parámetros particulares usados en la definición se centraron en los requerimientos climáticos y edáficos de los cultivos y en los sistemas de manejo bajo los que éstos se desarrollan (Orlando, 2020).

Cada zona tiene una combinación similar de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras, y sirve como punto de referencia de las recomendaciones diseñadas para mejorar la situación existente de uso de tierras, ya sea incrementando la producción o limitando la degradación de los recursos. El resultado de la zonificación consistió en un mapa agroecológico donde se presenta la zona de la Amazonía ecuatoriana en donde existe presencia de pastos, determinando así cual de esta áreas presenta las condiciones edafoclimáticas y agroecológicas para la producción de balsa y así puedan converjan ambos cultivos mediante el método silvopastoril, la caracterización de las mismas se llevó a cabo mediante de tablas de atributos y la identificación de los usos potenciales en cada una de las celdas agroecológicas. Los elementos de entrada o criterios para el modelo de zonificación agroecológico fueron precipitación, altitud, textura de suelo, elevación, pendiente, y temperatura con sus respectivas unidades de medidas, detallando el método utilizado para los criterios con sus estándares (óptimo, bueno y satisfactorio) obtenidas de fuentes bibliográficas y su porcentaje de ponderación. Con la herramienta weighted overlay se unen las reclasificaciones de cada uno de los criterios teniendo como resultado la zonificación de los cultivos seleccionados del área de estudio.

Para las condiciones futuras, se usaron modelos climáticos: en este caso, el Modelo Climático Global “GCM” a usar es el GISS-E2.1-G, específicamente del período 2041-2060 (los valores mensuales fueron promedios de 20 años). Cuyas variables a analizar son Precipitación y Temperatura media (obtenida del promedio entre temperatura máxima y temperatura mínima). Con las Trayectorias Socioeconómicas Compartidas “SSP” 1 (SSP126) y 5 (SSP585).

### 3. Resultados y discusión

#### Requerimientos edafoclimáticos de la balsa y las condiciones ambientales del Oriente Ecuatoriano

El parámetro correspondiente a temperatura indica que la zona en la que se localizan las provincias de Sucumbios, Orellana, Pastaza y parte de Morona Santiago tienen una temperatura promedio de 26.03 °C, mientras que la mayor parte de la Napo tiene una temperatura de 5.37 °C misma que es fría debido a los bosques que allí se encuentran. Sin embargo, se considera que gran parte de la Amazonía tiene una temperatura adecuada para la producción de balsa misma que requiere para un crecimiento óptimo entre a 25-32°C. A continuación, se presentan en las figuras 3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14 y 15 los mapas de requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de balsa.

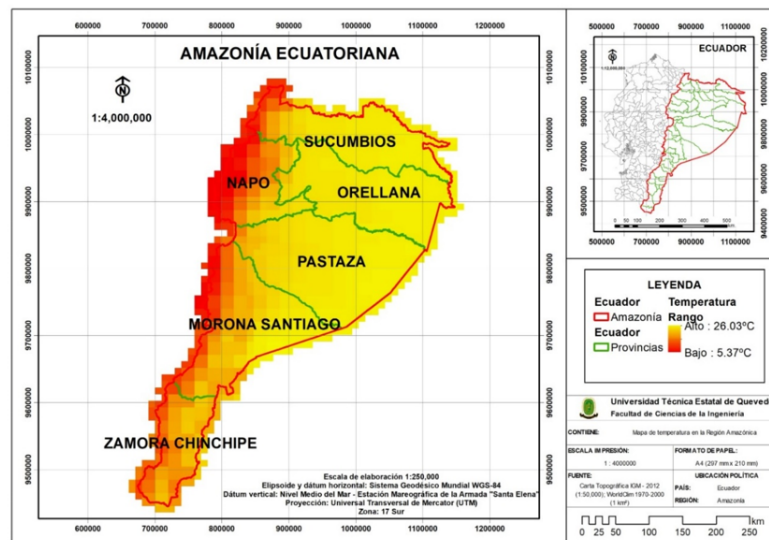


Figura 3: Mapa de temperatura.

El parámetro correspondiente a precipitación indica que las provincias ubicadas en la Amazonía ecuatoriana registran los promedios siguientes: la provincia de Sucumbios, Orellana, Pastaza y una pequeña parte de la zona norte de la provincia de Morona Santiago alcanzan una precipitación máxima de 4387 mm, mientras las provincias de Napo, Morona Santiago y la totalidad del territorio de la provincia de Zamora Chinchipe registran una precipitación de 679 mm. Si comparamos con lo indicado por Marshall, quien indica que la precipitación mínima para el cultivo de balsa debe ser de 1500 mm anuales, evidencia que las provincias de la Amazonía donde sería óptimo este tipo de cultivo para que converja junto al pasto sería en las provincias de Sucumbios, Orellana, y la parte norte de Pastaza ya que dentro de esta zona se encuentra la precipitación idónea para su producción.

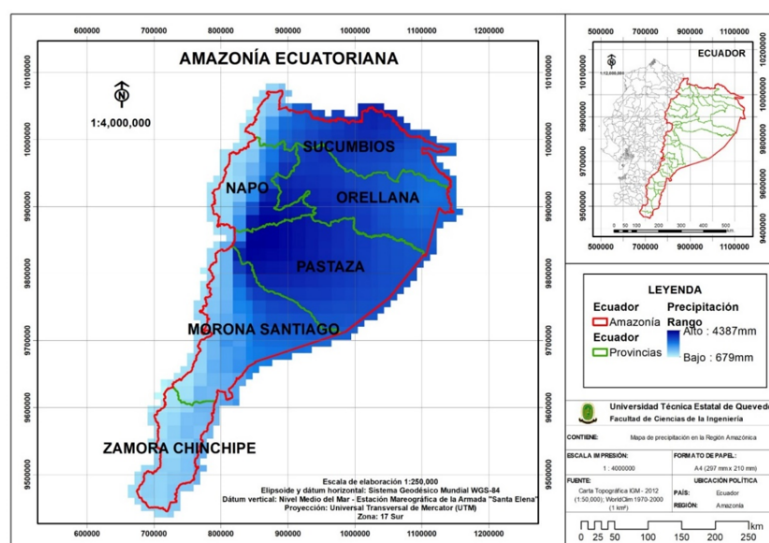


Figura 4: Mapa de precipitación.



El parámetro correspondiente a elevación indica que la zona de influencia entre la sierra y la Amazonía tiene una elevación de 5869 msnm, mientras que la mayor parte del territorio amazónico y en donde se encuentran la provincia de Sucumbios, Orellana, Pastaza y parte de la zona Norte de Morona Santiago una elevación de 133 msnm. Que de acuerdo a los requerimientos de la balsa respecto a elevación dentro de la Amazonía hay sitios donde puede ser acto su siembra sobre pasto.

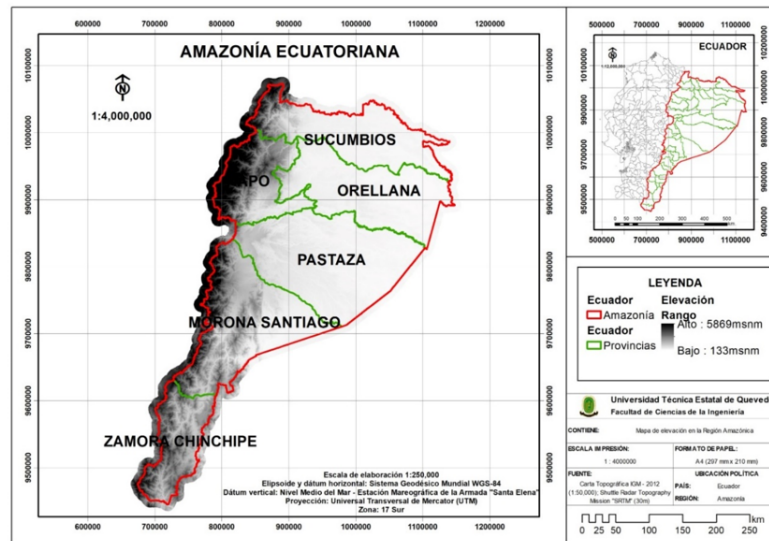


Figura 5: Mapa de elevación.

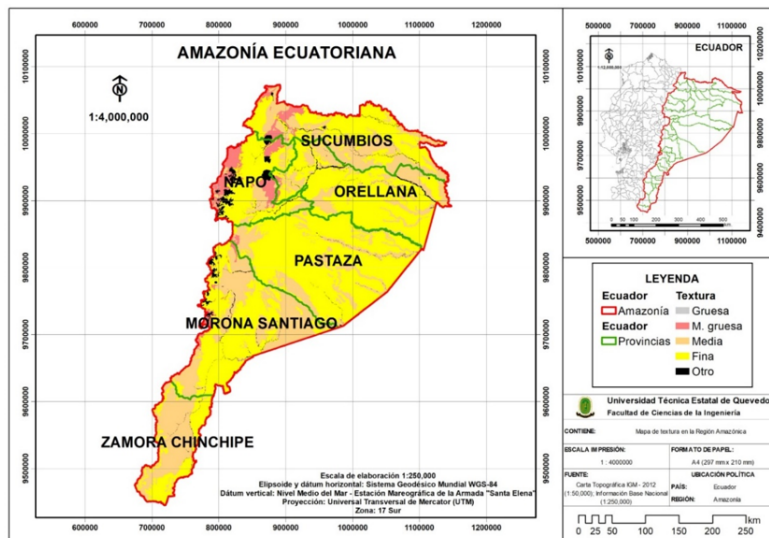


Figura 6: Mapa de textura.

El parámetro correspondiente a Textura del suelo evidencia que dentro de la Amazonía ecuatoriana existe principalmente una textura fina que se entiende principalmente en las provincias de Pastaza, Orellana y el centro sur de Morona Santiago, y norte de Sucumbios y el centro de la provincia de Napo, seguido de Textura media con mayor presencia en la provincia de Zamora Chinchipe, mientras la textura M. gruesa se encuentra principalmente en Napo. No se evidencia textura de suelo gruesa dentro de la amazónica.

#### Identificación de áreas óptimas para el establecimiento de la balsa asociada al pasto en el Oriente Ecuatoriano

Se recalcularon los pesos para identificar las zonas climáticas adecuadas para los cultivos, la clase 1 correspondiente a idoneidad alta del parámetro temperatura tiene presencia en gran parte del territorio amazónico, seguido de la clase 2 correspondiente a idoneidad media con presencia en casi todas las provincias a excepción de

la provincia de Orellana, respecto a la clase 3 idoneidad baja existen presencia en las zonas de influencia y zonas limítrofes con las provincias de la Sierra, la clase 3 tampoco tiene presencia en las provincias de Orellana.

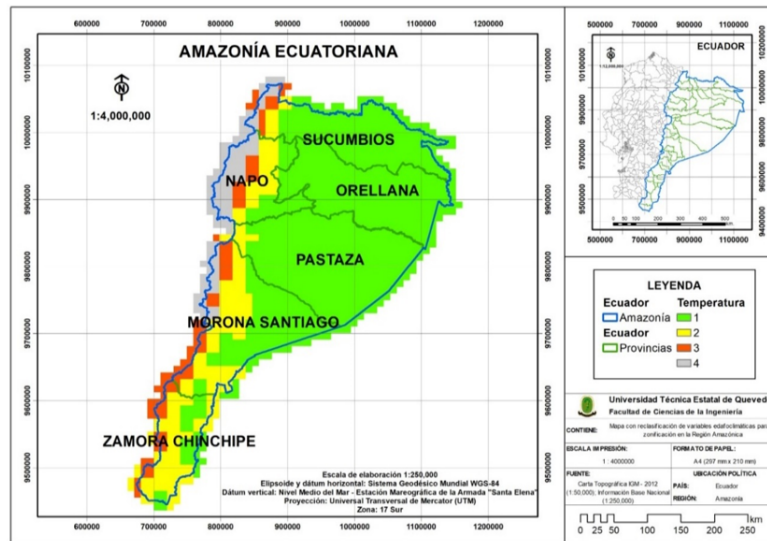


Figura 7: Mapa de reclasificación de la temperatura.

Se identificó que la precipitación de clase 1 (idoneidad alta) se encuentra presente en gran parte del territorio de la provincia de Morona Santiago, y en pequeños fragmentos de suelos de la provincia de Orellana, Napo y Sucumbíos, no existe presencia de esta clase en la provincia de Pastaza. En la clase 2 (idoneidad media) mantiene presencia únicamente en 3 de las 6 provincias del Oriente, siendo Pastaza donde presenta alta idoneidad, seguido por Sucumbíos y Orellana; mientras la clase 3 (idoneidad baja) tiene una mayor presencia dentro de la provincia de Zamora Chinchipe, seguido de provincia de Morona Santiago, Napo y Sucumbíos. Mientras que la clase 4 (ninguna idoneidad) se encuentra en pequeñas franjas entre los límites de la región amazónica y región sierra.

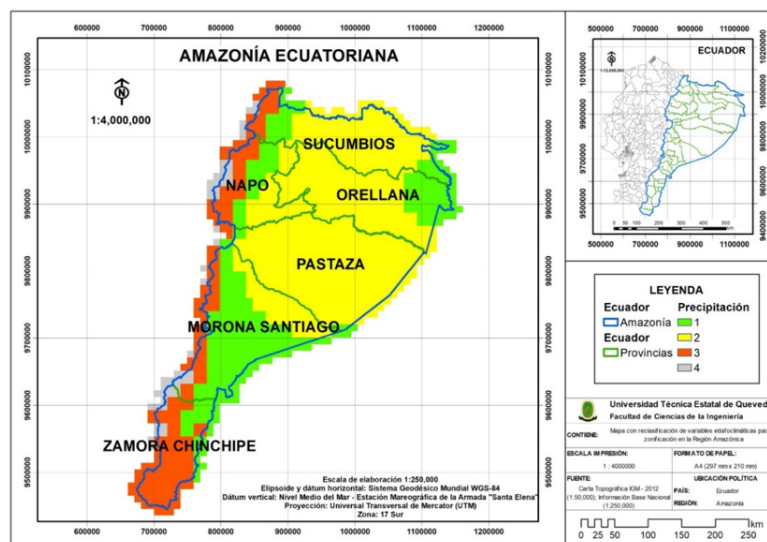


Figura 8: Mapa de reclasificación de la precipitación.

La elevación dentro de la región amazónica, respecto a la clase 1 idoneidad alta representada por color verde mantiene una distribución en gran parte del territorio sobre todo en las provincias de Pastaza, Orellana, Sucumbíos, mientras que la clase 2 idoneidad media mantiene presencia en las provincias de Zamora Chinchipe, Morona Santiago, Napo y parte de Sucumbíos, mientras que la clase 3 idoneidad baja, se encuentra presente en Napo y Morona Santiago.

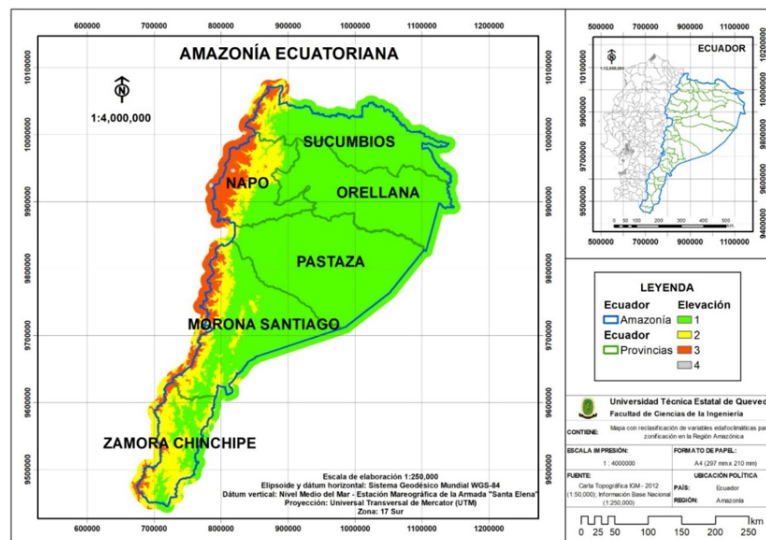


Figura 9: Mapa de reclasificación de la elevación.

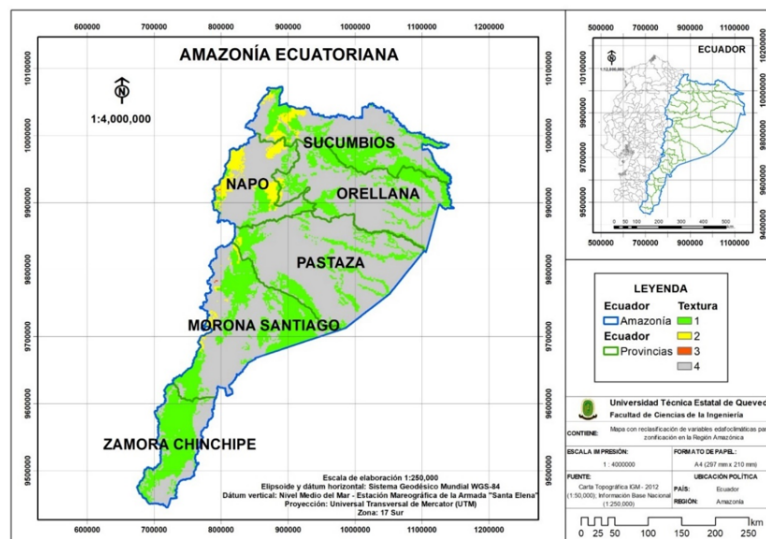


Figura 10: Mapa de reclasificación de la textura.

La textura del suelo dentro de la provincia de la Amazonia ecuatoriana la clase 1 correspondiente a idoneidad tiene presencia en todas las provincias de la amazonia, existiendo menor incidencia de la misma dentro de Napo, siendo la provincia donde existe la mayor presencia de clase idoneidad media (representada por el color amarillo) seguido de la provincia de Sucumbios. Pero en toda la región amazónica la textura del suelo de clase 4 con idoneidad ninguna tiene una gran distribución dentro de la amazonia.

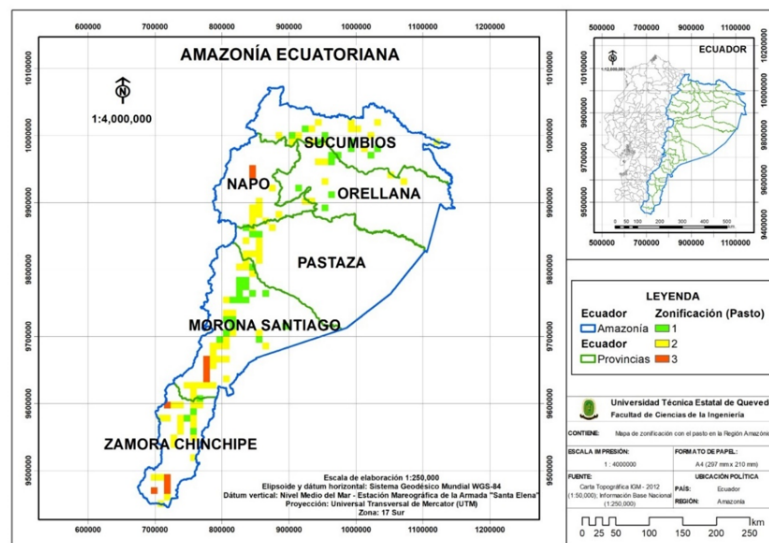
La zonificación agroecológica de los cultivos (ZAE) permite la delimitación de superficies homogéneas que suplan los requerimientos de los mismos, mediante la distribución equitativa de las plantas, conforme a las exigencias agroecológicas. La FAO define la zonificación agroecológica como la división de un área en unidades más pequeñas, que tienen similares características relacionadas con su aptitud y potencial de producción. Como resultado de este proceso se identifican 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. Cada zona tiene una combinación similar de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras, y sirve como punto de referencia de las recomendaciones diseñadas para mejorar la situación existente de uso de tierras, ya sea incrementando la producción o limitando la degradación de los recursos. Los párrafos introductorios permiten, ratificar lo ya indicado dentro de los aportados teóricos respecto la zonificación agroecológica. En la figura 4 se muestra la zonificación agroecológica de las provincias cuyos territorios forman parte de la Amazonía ecuatoriana, la idoneidad de cultivos de pasto dentro de esta zona se interpreta de la siguiente manera.



- La clase 1 representado por el color verde, corresponde a una idoneidad alta, descrita por Gómez-Trujillo et al., (2016) como “aquella clase en donde se sitúa un suelo acompañado de condiciones edafoclimáticas perfectas para el crecimiento de un cultivo en específico (p.34). Se puede observar que dentro de la provincia de Morona Santiago es donde más espacios con idoneidad alta existen dentro de la zona amazónica, seguido de Sucumbios, Orellana, Zamora Chinchipe, mientras que en Napo no existen ninguna zona de esta clase para el cultivo de Pasto y por ende no será apropiado la combinación de los cultivos de Pasto y Palma como parte del proceso de silvicultura.

- La clase 2 con idoneidad media representada en la figura 13 de color amarillo es la que mantiene mayor presencia dentro del territorio amazónico en específico en las provincias de Morona Santiago, Zamora Chinchipe, seguido de Pastaza Sucumbios y al sur este de Napo. Que si comparamos con el mapa de localización (Figure 2), podemos observar que la mayoría de los cultivos de pasto se encuentran dentro de la amazonia.

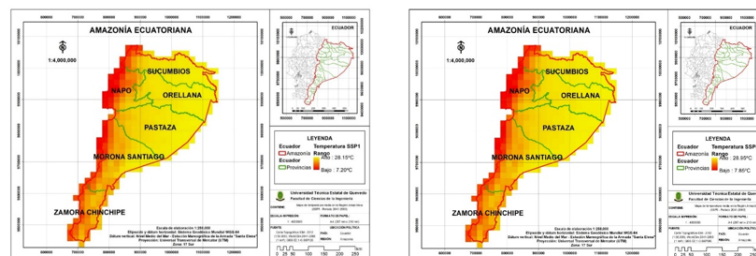
- La clase 3 representado por el color rojo y que corresponde a la clase baja, tiene presencia en solo 3 de las 6 provincia amazónicas, se observa dentro de Napo en la parte centro norte de su territorio; también al sur de la provincia de Morona Santiago, y pequeñas franjas al norte y Sur de Zamora Chinchipe



**Figura 11:** Mapa de zonificación agroecológica con pasto dentro de la amazonia.

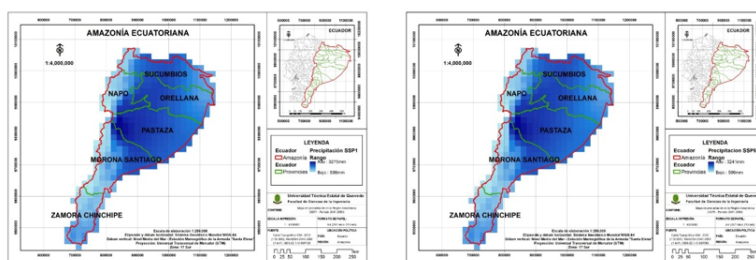
### Proyecciones futuras de los requerimientos edafoclimáticos de la balsa de la Amazonía ecuatoriana

Las proyecciones de temperatura respecto a SPP1 dentro de la amazonia ecuatoriana se encontrarán en un rango alto máximo de 28.15 °C y mínimo de 7.20 °C. Mientras que según SSP5 estará en un rango máximo de 28,95 °C y un mínimo de 7,85 °C. Siendo aun la temperatura de la Amazonía ecuatoriana apta para el cultivo de balsa la cual requiere para un crecimiento óptimo entre a 25-32°C.



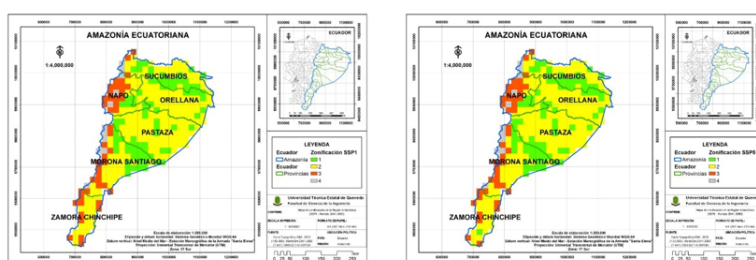
**Figura 12:** Mapa de temperatura SSP1 y SSP5 (2041-2060).

Las proyecciones de precipitación respecto a SPP1 dentro de la amazonia ecuatoriana se encontrarán en un rango alto máximo de 3275 mm y mínimo de 596 mm. Mientras que según SSP5 estará en un rango máximo de 3241 mm y un mínimo de 599 mm. Siendo la precipitación del Oriente Ecuatoriano en su mayoría apta para el cultivo de balsa, la cual requiere una mínima de 1500 mm por año, la cual se registra en gran parte del territorio amazónico según las proyecciones futuras presentadas.



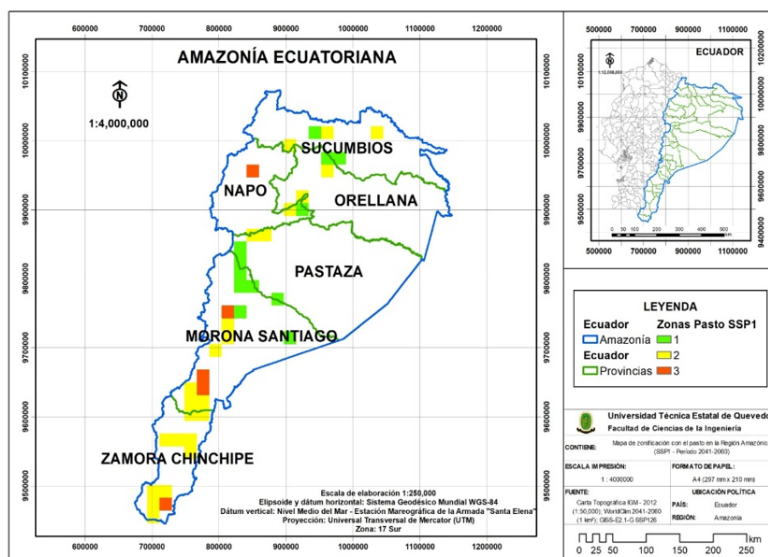
**Figura 13:** Mapa de precipitación, en escenario SSP1 y SSP5 (2041-2060).

Según la proyección de SSP1 y SSP5, la idoneidad media (color amarillo) será la de mayor presencia para el cultivo de balsa en toda la Amazonía ecuatoriana, seguido de una idoneidad alta, con presencia en casi todas sus provincias a excepción de Napo, donde la idoneidad es baja, debido a condiciones climáticas como temperatura y precipitación, así mismo en las provincias de Zamora Chinchipe y la zona límite de Morona Santiago. Y zonas con ninguna idoneidad, en las provincias de Sucumbios, Morona Santiago y Napo.



**Figura 14:** Mapa de zonificación de la balsa, en escenario SSP1 y SSP5 (2041-2060).

Considerando, el escenario actual del cultivo de pasto se presentan proyecciones de su presencia en 20 años dentro de la amazonia ecuatoriana. Se proyecta que según SSP1 en la idoneidad alta habrá presencia de pasto en un 45 %, mientras en la idoneidad media de un 40 % y un 15 % en idoneidad baja. Según SSP5 la idoneidad alta tendrá presencia de pasto en un 46 %, la idoneidad media 44 % y un 10 % de idoneidad baja.



**Figura 15:** Mapa de zonificación de la balsa con pasto, en escenario SSP1 (2041-2060).

Mediante la realización de mapas edafoclimáticos, se identificaron varios parámetros para el cultivo de balsa dentro de la Amazonía ecuatoriana (temperatura, precipitación, elevación textura). De acuerdo al mapa de temperatura las provincia amazónicas mantienen un temperatura promedio de 26.03 de °C, sin embargo hay zonas límites de la serranía ecuatoriana que su temperatura puede llegar hasta 5.37 °C, siendo esta última no idónea para el

cultivo de balsa, que de acuerdo a Rocafuerte (2018) la producción de balsa debe tener durante toda su fase de plantación y reproducción una temperatura entre los 25-32°C, siendo Sucumbíos, Orellana, Pastaza y parte de Morona Santiago sitios óptimos para su producción, el trabajo de González et al. (2018) también tiene similitud con lo indicado ya que en su investigación indicó que la temperatura promedio de la balsa se sitúa entre 24 a 30 °C.

Mientras que para el parámetro precipitación se identificó que las provincias de la amazonia ecuatoriana mantienen un mínimo de 679 m. m. (parte de Napo, Morona Santiago y la totalidad del territorio de la provincia de Zamora Chinchipe) hasta 4387 mm (Sucumbíos, Orellana, Pastaza y una pequeña parte de la zona norte de la provincia de Morona Santiago), encontrándose gran parte de la amazonia ecuatoriana dentro del rango indicado, ya que bajo los estudios de Marín et al. (2018) el cultivo de balsa requiere una precipitación mínima de 15mm, valores indicado son los manifestado en el trabajo de Ibarra et al. (2020) quien indicado que la Balsa requiere entre 2000 y 3400 mm para que su cultivo alcance una buena producción.

El mapa de elevación permitió identificar que dentro de la amazonia ecuatoriana existe una elevación que va desde 133 msnm hasta 5869 msnm, que de acuerdo a lo indicado por Toledo-González et al. (2019) se encuentra dentro del rango indicado para el cultivo de balsa misma que sobrevive en una elevación de hasta 6000 msnm. La textura del suelo dentro de la Amazonía ecuatoriana es fina en gran parte de este territorio, siendo apta para el cultivo de balsa, según los protocolos indicados por el autor.

## 4. Conclusiones

La caracterización edafoclimática en la Amazonía ecuatoriana, permitió conocer que la temperatura se encuentra en un rango de 5.37 °C (zonas límites de la serranía ecuatoriana) pero en gran parte se sitúa en 26.03 de °C siendo un rango óptimo para el cultivo de balsa; para el parámetro precipitación se identificó que las provincias de la amazonia ecuatoriana mantienen un mínimo de 679 m. m. (parte de Napo, Morona Santiago y la totalidad del territorio de la provincia de Zamora Chinchipe) hasta 4387 mm (Sucumbíos, Orellana, Pastaza y una pequeña parte de la zona norte de la provincia de Morona Santiago). El mapa de elevación permitió identificar que dentro de la amazonia ecuatoriana existe una elevación que va desde 133 msnm hasta 5869 msnm, mientras la textura del suelo presenta en gran parte de su territorio una capa fina seguida de capa media. Los mapas de zonificación agroecológica permitieron observar que dentro de la provincia de Morona Santiago es donde más espacios con idoneidad alta existen dentro de la zona amazónica, seguido de Sucumbíos, Orellana, Zamora Chinchipe, mientras que en Napo no existen ninguna zona de esta clase para el cultivo de Pasto y por ende no será apropiado la combinación de los cultivos de Pasto y Palma como parte del proceso de silvicultura. Es importante tener en cuenta que la mayoría de los cultivos de pasto que actualmente se encuentran dentro de amazonia ecuatoriana se ubican dentro de la clase 1 (idoneidad alta) y 2 (idoneidad media). Se diseño un plan de acción para la protección del recurso suelo, para la plantación de balsa sobre pasto, dentro de las estrategias propuestas destaca la utilización de la siembra directa para evitar la pérdida de carbono del suelo, pero sobre todo un diagnóstico preliminar donde se evalué las condiciones del suelo mediante análisis físico químico del mismo; además para alcanzar una producción sostenible se propone el emplear fertilizantes orgánicos como compost, estiércol y turba etc. También es necesario frenar la erosión, mediante una agricultura de contorno, que tengan en cuenta el abrir canales para el paso del agua durante el proceso de escorrentía.

## 5. Referencias bibliográficas

- Anchundia, D. M., Herrada, M. R., & Montalvan, E. L. S. (2018). Sistemas agroforestales con cultivo de cacao fino de aroma: entorno socio-económico y productivo. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 6(1).
- Angulo-Romero, E., Beate, B., & Romero-Cóndor, C. (2023). Zonificación del gradiente geotérmico en la cuenca Oriente de Ecuador a partir de temperatura de fondo de pozos. *Boletín de Geología*, 45(1).
- Barrera, J. A., Giraldo, B., Castro, S., García, L., & Darza, M. (2017). Sistemas agroforestales para la Amazonia. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9).
- Cadilhac, L., Torres, R., Calles, J., Vanacker, V., & Calderón, E. (2017). Desafíos para la investigación sobre el cambio climático en Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 3(1).
- Caicedo, C. (2020). Agroforestería: Una Alternativa De Agricultura Sostenible En La Amazonía Ecuatoriana. *Revista Científica Ecuatoriana*, 7(C).
- Gómez-Trujillo, E. A., Martínez-Andrades, E., Rivas-García, J. A., & Villalobos-Maradiaga, E. M. (2016). La seguridad y soberanía alimentaria. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 2(1).

- González, B., Oviedo, B., & Simba, L. (2018). Un cultivo resiliente para enfrentar el cambio climático, la balsa (*Ochroma pyramidale* sw). *Revista Científica Ciencia y Tecnología*, 20(Vol. 18 Núm. 20 (2018)).
- Ibarra Sánchez, E. B., Oñate Chiliquinga, Á. L., & Villavicencio Poveda, Á. H. (2020). Modelado para la determinación del poder calorífico de la gasificación de la balsa en instalaciones downdraft mediante redes neuronales artificiales. *Científica*, 24(2).
- Marín, R. C., Marín, R. C., Bueno, M. O., Cespedes, D. G., Cordova, P. M., & Reasco, W. L. (2018). Aceleración de la germinación de semillas de balsa (*Ochroma pyramidale*) por medio de métodos físicos y biológicos. *UTCiencia "Ciencia y Tecnología al Servicio Del Pueblo,"* 5(3).
- Orlando Villacreses, A. L. (2020). Zonificación de la susceptibilidad a incendios forestales en el recinto Las Mercedes, comuna Sancán, cantón Jipijapa, Ecuador. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Rocafuerte, M. (2018). Reforestación comercial de 20 hectáreas de balsa a desarrollarse en la comuna las balsas, parroquia colonche, cantón Santa Elena, provincia de la Península de Santa Elena. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*.
- Singh Bhatia, T., Singh, H., Litoria, P. K., & Pateriya, B. (2019). Web GIS Development using Portal for ArcGIS, ArcGIS Server and Web AppBuilder for ArcGIS. *International Conference on Science and Technology*, 10(1).
- Suárez Salazar, J. C., Duran Bautista, E. H., & Patiño, G. R. (2015). Macrofauna edáfica asociada con sistemas agroforestales en la Amazonía Colombiana. *Acta Agronomica*, 64(3).
- Toledo-González, K. A., Levy-Tacher, S. I., Macario-Mendoza, P. A., & de Nova-Vázquez, J. A. (2019). Germination of two varieties of *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) urb. From the Lacandon Jungle, Chiapas. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 25(1).
- Vargas, B. J. C., Leonard, I., Uvidia, H., Ramírez, J. L., Torres, V., Andino, M., & Benítez, D. (2014). El crecimiento del pasto *Panicum maximum* vc Mombaza en la Amazonía Ecuatoriana. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 15(9).
- Wilson, J., Bayón, M., & Díez, H. (2019). Posneoliberalismo y urbanización plantearia en la Amazonía ecuatoriana. *Revista Economía*, 67(105). <https://doi.org/10.29166/economia.v67i105.1985>