

Efecto de las temperaturas sobre el comportamiento de la balsa *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam. Urb.) en las condiciones del cambio climático en la provincia Los Ríos, Ecuador



<https://cu-id.com/2377/v30n3e09>

Effect of temperatures on the behavior of the raft *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam. Urb.) under the conditions of climate change in the Los Ríos province, Ecuador

 Mario Herrera Soler^{1*},  Cesil J. Moreno Garzón²

¹GESICAP. Centro de Gestión Internacional de Capacitación y Posgrado, Cuba

²KATAVAL. Empresa proveedora de agua Ecuador, Ecuador

RESUMEN: Las diferentes especies forestales que crecen y se desarrollan en las áreas ecuatorianas responden a requerimientos climáticos específicos de cada especie, por lo que la coincidencia ecológica que logren alcanzar en los hábitats donde se asientan, será una garantía para lograr producciones madereras aceptables, además de representar una acción sostenible al involucrarse la satisfacción social, los buenos resultados económicos y la protección y conservación del ambiente. Los estudios llevados a cabo sobre el efecto de las temperaturas sobre la Balsa (*Ochroma pyramidale*) en la provincia Los Ríos en los escenarios 2011 - 2040; 2041 - 2070; y 2071 - 2100 encontró que el aumento de las temperaturas en el escenario RCP 6.0 2011-40 favoreció el hábitat de la Balsa, determinando que las regiones hacia el Norte, con temperaturas bajas, pasarán a la categoría de Favorables. Los mayores aumentos de las temperaturas en los escenarios 2041-70 y 2071-100 determinaron que regiones hacia el Sur pasarán a la categoría de Moderadas y Desfavorables, respectivamente. Por otra parte, El aumento de las temperaturas en el escenario RCP 8.5 2011-40 determinó que las regiones hacia el Norte se favorecieron, pasando de Moderadas a Favorables, mientras que algunas regiones hacia el Sur pasarán de Favorables a Moderadas. En el escenario 2041-70 más del 80% de las regiones al Sur pasaron a Moderadas con secciones en Desfavorables, mientras que en el 2071-100 más del 80% de las regiones al Sur pasaron a la categoría de No Favorable.

Palabra clave: requerimientos climáticos, agrotecnia, plantaciones forestales.

ABSTRACT: The different forest species that grow and develop in Ecuadorian areas respond to specific climatic requirements of each species, so the ecological coincidence that they manage to achieve in the habitats where they settle will be a guarantee to achieve acceptable wood production, in addition to representing a sustainable action involving social satisfaction, good economic results and the protection and conservation of the environment. The studies carried out on the effect of temperatures on the Balsa (*Ochroma pyramidale*) in the Los Ríos province in the scenarios of the periods 2011 - 2040; 2041 - 2070; and 2071 - 2100 found that the increase in temperatures in the RCP 6.0 2011-40 scenario favored the pond habitat, determining that the regions to the North, with low temperatures, will move to the Favorable category. The greatest increases in temperatures in the 2041-70 and 2071-100 scenarios determined which regions to the South for the pond will move to the Moderate and Unfavorable category, respectively. On the other hand, the increase in temperatures in the RCP 8.5 2011-40 scenario determined that the regions towards the North for the pond will be favored, going from Moderate to Favorable, while some regions towards the South will go from Favorable to Moderate. In the 2041-70 scenario, more than 80% of the southern regions for the raft moved to Moderate with sections in Unfavorable, while in 2071-100 more than 80% of the southern regions moved to the Unfavorable category.

Keyword: climatic requirements, agrotechnics, forest plantations.

*Autor para correspondencia: Mario Herrera Soler. E-mail: mariohscu@gmail.com

Recibido: 27/04/2024

Aceptado: 14/05/2024

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización del estudio.

Contribución de los autores: Los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo en la siguiente proporción: Dr. Mario Herrera Soler (1): 60%; MSc. Cesil J. Moreno Garzón (2); 40%. Contribución de autoría: 1- 60%; 2- 40%. Manejo de datos: 60%; 2- 40%. Análisis de datos: 60%; 2- 40%. Investigación: 60%; 2- 40%. Supervisión: 60%; 2- 40%. Validación: 60%; 2- 40%.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUCCIÓN

(Informe de síntesis AR5, s. f.) Son muchas las evidencias que abogan por un cambio en las condiciones climáticas del planeta. En variados informes de fuentes de alto prestigio pertenecientes a organismos internacionales se exponen, de manera categórica, las modificaciones que han ido sufriendo los tenores de las temperaturas, los volúmenes de precipitaciones y sus traslados a períodos que no responden a la norma climática (Informe de síntesis AR5, s. f.).

Millones de hectáreas de bosques son talados destinados a la producción maderera (Ickowitz et al., 2015); (Wessel & Quist-Wessel, 2015); (Barima et al., 2016); (Veldkamp et al., 2020). Este proceso, adversamente, afecta la biogeoquímica del carbono, causando la emisión de grandes volúmenes de CO₂ hacia la atmósfera. Mientras, la tasa de carbón orgánico del suelo declina debido a la tala, determinando pérdidas drásticas entre un 20 a un 50% del almacenaje original y de la biomasa en general (Henry et al., 2009); (van Straaten et al., 2015); (Veldkamp et al., 2020); (Asigbaase et al., 2021). Todo lo anterior puede ser mitigado con una explotación racional dirigida por un manejo agroclimático.

Los ascensos en las temperaturas vienen ocurriendo desde la década de los 60, pero es en esta última etapa que lo hace con una mayor intensidad y sus efectos se reflejan en descensos de la cubierta de nieve de diversos paisajes que por tiempos remotos existieron originalmente, lo que a su vez ha determinado elevaciones del nivel de los océanos en muchas regiones del planeta. En estas dos últimas décadas se hace notoria la intensidad del ascenso de las temperaturas, lo cual no tiene ningún antecedente en nuestra geografía.

La Agroclimatología permite descubrir las interrelaciones existentes en el sistema suelo - planta - atmósfera, de modo que se pueda garantizar un manejo racional de los cultivos en correspondencia con los resultados derivados de esa interrelación (Herrera et al., 2015). Las investigaciones en este sentido muestran las potencialidades de los servicios ambientales, sus coincidencias y diferencias, las oportunidades y las amenazas, las que gestionadas con la antelación suficiente reducen los impactos, elevan la eficiencia del sistema productivo y se logra la sostenibilidad agraria.

Se reporta que las anomalías en el clima han impactado el hábitat de las poblaciones forestales lo que debe agudizarse en el futuro. El estudio de la relación entre las condiciones climáticas y los requerimientos de las plantaciones forestales es necesario para eliminar o mitigar los impactos perjudiciales y potenciar los Favorables, lo que favorecería el ordenamiento ecológico en aras de un desarrollo sostenible (Rahman et al., 2018).

El ordenamiento ecológico responde fundamentalmente a las condiciones climáticas imperantes y perspectivas, por ser un factor que es imposible modificar, por lo que se precisa su conocimiento para poder eliminar o mitigar sus impactos o llevar a cabo las medidas de adaptación correspondientes. Dentro de los diferentes niveles de ordenamiento ecológico, el local es el más importante, por ser la base de todo el sistema y célula principal de los procesos de producción.

Derivado de esta problemática, se hace necesario caracterizar el efecto del cambio climático en las plantaciones de Balsa a partir del comportamiento de las condiciones térmicas en los diferentes escenarios climáticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se lleva a cabo en la Provincia de Los Ríos, situada en el centro del país, en la zona geográfica conocida como región litoral o costa. Su capital administrativa es la ciudad de Babahoyo, mientras la urbe más grande y poblada es Quevedo. Ocupa un territorio de unos 6.254 km², es la décimo quinta provincia del país por extensión. Limita al norte con Santo Domingo de los Tsáchilas, por el este con Cotopaxi y Bolívar, al noroccidente con Manabí y al oeste y al sur con Guayas.

Los Ríos está constituida por 13 cantones, con sus respectivas parroquias urbanas y rurales. Según el último censo nacional (2010), en el territorio fluminense habitan 778.115 personas, es la cuarta provincia más poblada del país después de Guayas, Pichincha y Manabí.

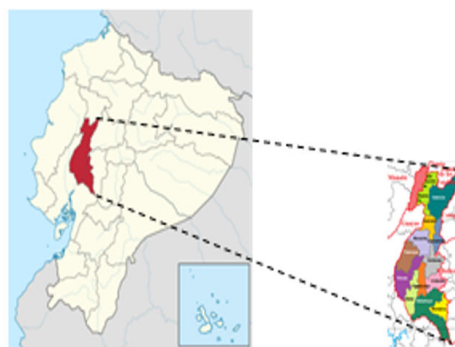


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio de la provincia de Los Ríos.

Una primera fase es la determinación de los requerimientos hidrotérmicos de algunas especies forestales (Oldfield, 2016); (Seemann et al., 2012); (Rojas O., 1983), estos se determinaron a través de la revisión bibliográfica, donde ocuparon un papel importante aquellos estudios localizados en Ecuador y en América del Sur, entre ellos la Ficha Técnica No. 3 sobre las especies forestales, las que presentan sus requerimientos hídricos y térmicos.

Esta investigación parte de los resultados alcanzados por las “Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático”

(Armenta G., 2016); con la red de estaciones meteorológicas georreferenciadas en la provincia de Los Ríos; y un sistema que permite la interpolación de información espacial y la generación de estaciones virtuales, se presentan las proyecciones climáticas de precipitación y temperatura media para Ecuador y sus regiones naturales, bajo los escenarios de Cambio Climático del Quinto Reporte de Evaluación (AR5) del IPCC y utilizando dos modelos climáticos globales seleccionados del proyecto CMIP5: el RCP 6 y el RCP 8.5 (Vías Representativas de Concentración), por ser los de mayor variabilidad e impacto dentro del siglo que se analiza y que ofrece escenarios que permitan una imagen robusta que cubra las coyunturas más amplias. La proyección bajo cada uno de los escenarios se generó usando el método de Ensamble Ponderado de Fiabilidad (REA), para los periodos futuros 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100 tomando como periodo de referencia 1981-2005. Se analizaron los promedios anuales tanto para las temperaturas, como para las precipitaciones. Se utilizaron 20 puntos geográficos en la provincia:

Patricia Pilar	Jauneche	Pueblo viejo
Los Angeles	Mocache	Baba
El Copal	Quinsaloma	Montalvo
Valencia	Palenque	Montalvo S
Valencia N	Ventanas	Inés María
Buena Fe	Vinces	Babahoyo
Pichilingüe	Urdaneta	

Esta información de base se integra en el software AgroclimMap que cuenta con un sistema de información geográfica y permite realizar operaciones espaciales para determinar los comportamientos de las condiciones hidrotérmicas y su coherencia con los requerimientos agroclimáticos de las especies forestales seleccionadas.

Las etapas del **esquema metodológico** para el estudio agroclimático fueron basadas en: (Herrera et al., 2015); (Rojas O., 1983)

Elementos: Precipitaciones (P), Temperaturas máximas, mínimas y medias

Se trabajó con datos decenales de temperaturas y precipitaciones como información básica, lo que brinda garantía para que los valores mensuales y anuales se produzcan desde bases originales.

Los requerimientos climáticos de las especies forestales se obtuvieron de las Notas Técnicas Ecuatorianas, por lo que responden a los intereses del lugar donde se desarrolla la investigación.

Tabla 2. Requerimientos agroclimáticos de la *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (balsa) y de *Tectona grandis* Linn F. (teca) en la provincia de Los Ríos.

Especies forestales	Temperatura (°C)
<i>Ochroma pyramidale</i> (balsa)	22 - 27

Las condiciones de las temperaturas se evalúan como Favorables en el rango de 23.3-25.8 °C; Moderadamente Favorables 22-23.3 °C y 25.8-27 °C; Desfavorables <22 °C ; >27 °C. En los esquemas de la provincia el color verde identifica las condiciones Favorables; el marrón las Moderadas; y el rojo las Desfavorables.

Para el análisis se utilizaron hojas de cálculo y procesamiento de datos como Excel, CropWat, ClimWat y el software Agroclim-Map (Herrera et al., 2015), Cálculo de la temperatura media, Interpolación por el método del inverso de la distancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la temperatura media bajo el efecto de los escenarios climáticos RCP 6.0, 2011-2040; RCP 6.0, 2041-2070 y RCP 6.0, 2071-2100, y su relación con los requerimientos de *Ochroma pyramidale* (cav. Ex lam.) Urb. (balsa) en la provincia de Los Ríos.

Para las condiciones actuales el comportamiento de las temperaturas encontró condiciones Favorables en la mayor parte de la provincia, con excepción de la región en el extremo Norte por temperaturas por debajo de los requerimientos de la Balsa. El aumento de las temperaturas en el escenario 2011-2040 de 1 °C, determinó que la región con condiciones Moderadas transitara a Favorables y que las regiones restantes mantuvieran su condición Favorable, determinando que toda la provincia exhiba condiciones Favorables (Figura 2).

Estos resultados coinciden con (Hijmans et al., 2005) que reporta temperaturas superiores a 22 °C en la provincia de Los Ríos.

Las menores temperaturas se ubican hacia el Norte de la provincia, alcanzando los mínimos absolutos en Patricia Pilar, El Copal y Los Ángeles. (Wu et al., 2011) obtuvo que estas variaciones de temperatura ocurren espacialmente en tipos de ecosistemas y en zonas climáticas, determinando en algunas zonas incremento del crecimiento y en otras, aumento de la respiración, retrasando el desarrollo. Estas reacciones dependerán de si la disponibilidad de agua se incrementa o decrece (Chen et al., 2013).

En el escenario RCP 6.0, 2041-70 las condiciones para la Balsa pasan de Favorables a Moderadas en los sectores de Pichilingue, Jauneche, Mocache, Palenque, Puebloviejo, Baba y Babahoyo (Figura 3). Para el escenario 2071-2100 las condiciones se agravan, alcanzando cerca del 80% de la provincia la condición de Desfavorable.

PRIMERA ETAPA

Escenarios climáticos futuros para la provincia de Los Ríos.
Definición de Requerimientos Hidrotérmicos de las especies forestales.
Recopilación de datos climáticos: INAHMI, ClimWat, CropWat, AgroclimMap (30 años de datos decenales).

SEGUNDA ETAPA

Elaboración de elementos meteorológicos del área bajo estudio
Valores por Década (10 días): Considera la inercia del cultivo, almacenamiento de agua de un suelo promedio y el período entre cada fase de desarrollo.
Aplicación de CROPWAT (FAO), Microsoft EXCEL y el software Agroclim-Map.
Cálculo de los percentiles 25 (sequía) y 75% (inundación) de las precipitaciones.

Elementos: Precipitaciones (P), Temperaturas máximas, mínimas y medias.

TERCERA ETAPA

Evaluación de las condiciones hidrotérmicas de las especies forestales.
Determinación de las condiciones hidrotérmicas en los diferentes escenarios climáticos
Obtención de esquemas agroclimáticos por SIG y gráficos del comportamiento de las precipitaciones y de la temperatura media.

CUARTA ETAPA

Obtención de mapas agroclimáticos por SIG.

QUINTA ETAPA

Evaluación de condiciones agroclimáticas para la selección de áreas.

SEXTA ETAPA

Síntesis y presentación de resultados.

ZONIFICACION AGROCLIMATICA

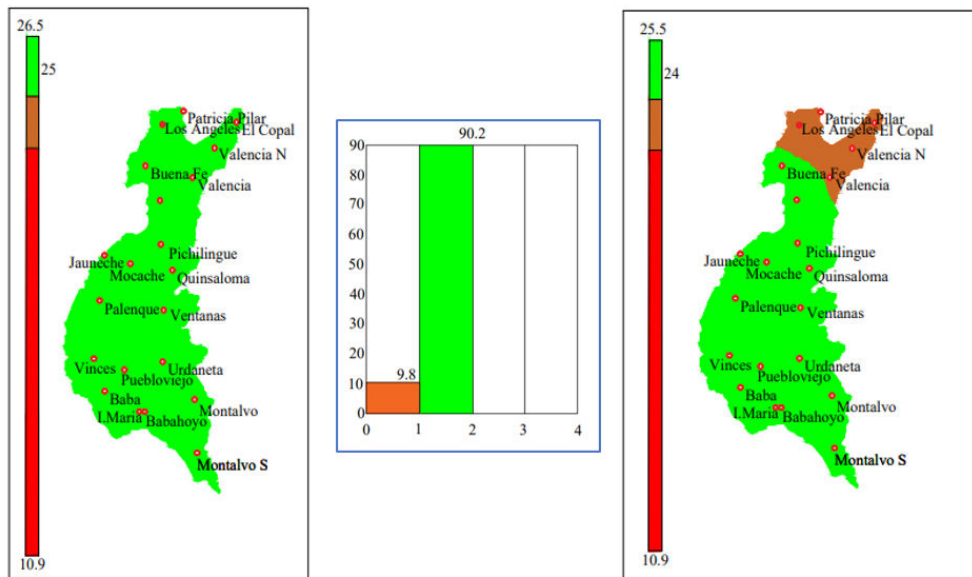


Figura 2. Comportamiento de la temperatura media en el período actual (izquierda) y en el escenario RCP 6.0, 2011-40 (derecha) relacionado con los requerimientos de la *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (Balsa) en la provincia de Los Ríos. Se presenta el gráfico de porcentaje de área afectada por cada categoría.

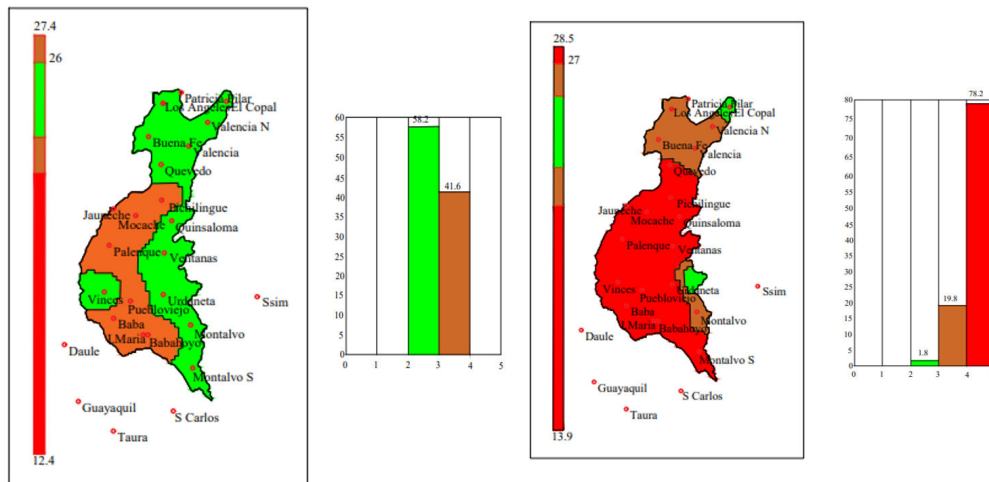


Figura 3. Comportamiento de la temperatura media en los escenarios RCP 6.0, 2041-70 (izquierda) y RCP 6.0, 2071-2100 (derecha) relacionado con los requerimientos de la *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (Balsa) en la provincia de Los Ríos. Se presentan los gráficos de porcentaje de área afectada por cada categoría.

Caracterización de la temperatura media bajo el efecto de los escenarios climáticos RCP 8.5, 2011-2040; RCP 8.5, 2041-2070 y RCP 8.5, 2071-2100, y su relación con los requerimientos de *Ochroma pyramidale* (cav. Ex lam.) Urb. (balsa) en la provincia de Los Ríos

El escenario RCP 8.5, 2011-40 es similar al RCP 6.0, 2041-70, determinado por la mayor elevación de la temperatura del primero. Se favorecen los cantones al Sur que tenían temperaturas más bajas que los requerimientos de la Balsa, mientras que pasan de Favorables a Moderadas las condiciones de los sectores Jauneche, Mocache, Palenque, I.María y Babahoyo. En el escenario 2041-70, aunque las condiciones empeoran, todavía es exigua el área con condiciones Desfavorables. Los sectores con condiciones Desfavorables son Jauneche, Pichilingue, Baba, Babahoyo e I.María las condiciones Moderadas imperan para este escenario, alcanzando un 52,2% (Figura 5).

Para el escenario 2071-2100 las temperaturas alcanzan sus mayores valores, determinando que el 86,9% de la provincia alcance condiciones Desfavorables. El resto es de condiciones Moderadas y ausencia total de favorabilidad para la Balsa (Figura 4, 5).

CONCLUSIONES

1. El aumento de las temperaturas en el escenario RCP 6.0 2011-40 favoreció el hábitat de la balsa, determinando que las regiones hacia el Norte, con temperaturas bajas, pasarán a la categoría de Favorables. Los mayores aumentos de las temperaturas en los escenarios 2041-70 y 2071-100 determinaron que regiones hacia el Sur para la balsa pasarán a la categoría de Moderadas y Desfavorables, respectivamente.
2. El aumento de las temperaturas en el escenario RCP 8.5 2011-40 determinó que las regiones hacia

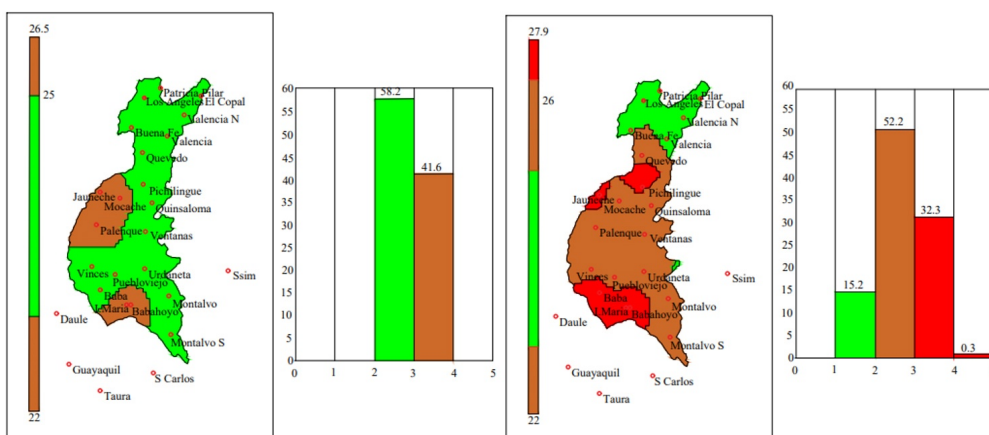


Figura 4. Comportamiento de la temperatura media en los escenarios RCP 6.0, 2011-40 (izquierda) y RCP 6.0, 2041-2070 (derecha) relacionado con los requerimientos de la *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (Balsa) en la provincia de Los Ríos. Se presentan los gráficos de porcentaje de área afectada por cada categoría.

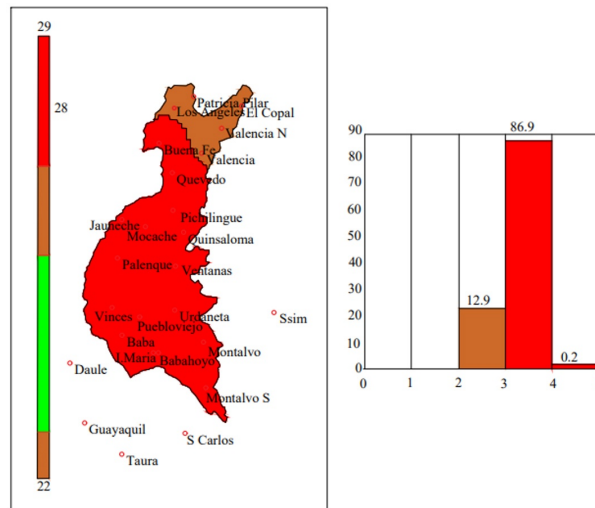


Figura 5. Comportamiento de la temperatura media en los escenarios RCP 6.0, 2071-2100 relacionado con los requerimientos de la *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. (Balsa) en la provincia de Los Ríos. Se presenta el gráfico de porcentaje de área afectada por cada categoría.

el Norte para la balsa se favorecieron, pasando de Moderadas a Favorables, mientras que algunas regiones hacia el Sur pasarán de Favorables a Moderadas. En el escenario 2041-70 más del 80% de las regiones al Sur para la balsa pasaron a Moderadas con secciones en Desfavorables, mientras que en el 2071-100 más del 80% de las regiones al Sur pasaron a la categoría de No Favorable.

- Los cantones al Sur se favorecen con el cambio climático, por cuanto las temperaturas tienden a estar por debajo de los requerimientos de la Balsa y esta elevación está más cerca de estos requerimientos.
- Los escenarios 2011-40 determinaron que las condiciones Favorables alcanzaran el 100% del área; en el 2041-70 el 58.2%; y en el 2071-100 sólo alcanzó 1,8%, predominando el Desfavorable con un 78.2%.

REFERENCIAS

- Armenta G. (2016). *Proyección climática de precipitación y temperatura para Ecuador bajo distintos escenarios de cambio climático*. UPS. <https://www.ups.edu.ec/noticias?articleId=611537&byid>
- Asigbaase, M., Dawoe, E., Lomax, B. H., & Sjoersten, S. (2021). Biomass and carbon stocks of organic and conventional cocoa agroforests, Ghana. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 306, 107192. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107192>
- Barima, Y. S. S., Kouakou, A. T. M., Bamba, I., Sangne, Y. C., Godron, M., Andrieu, J., & Bogaert, J. (2016). Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified forest of Haut-Sassandra (Ivory Coast). *Global Ecology and Conservation*, 8, 85-98. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.08.009>
- Chen, T., Werf, G. R., Jeu, R. a. M., Wang, G., & Dolman, A. J. (2013). A global analysis of the impact of drought on net primary productivity. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(10), 3885-3894. <https://doi.org/10.5194/hess-17-3885-2013>
- Henry, M., Valentini, R., & Bernoux, M. (2009). Soil carbon stocks in ecoregions of Africa. *Biogeosciences Discussions*, 6(1), 797-823. <https://doi.org/10.5194/bgd-6-797-2009>
- Herrera, M., Moutahir, H., González, C. A., Chirino, E., & Bellot, J. (2015). Assessing the Crop Growing Period According to the Climate Change Forecasts for Marina Baixa (SE Spain). *Agricultural Sciences*, 6(9), Article 9. <https://doi.org/10.4236/as.2015.69103>
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & 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>
- Ickowitz, A., Slayback, D., Asanzi, P., & Nasi, R. (2015, enero 1). Agriculture and deforestation in the Democratic Republic of the Congo: A synthesis of the current state of knowledge. *CIFOR-ICRAF*. <https://doi.org/10.17528/cifor/005458>
- Informe de síntesis AR5: Cambio climático 2014 — IPCC*. (s.f.). Recuperado 14 de mayo de 2024, de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Oldfield, J. (2016). Mikhail Budyko's (1920-2001) contributions to Global Climate Science: From heat balances to climate change and global ecology. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 7, 682-692. <https://doi.org/10.1002/wcc.412>

- Rahman, M., Islam, M., Wernicke, J., & Bräuning, A. (2018). Changes in Sensitivity of Tree-Ring Widths to Climate in a Tropical Moist Forest Tree in Bangladesh. *Forests*, 9(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/f9120761>
- Rojas O., E. M. (1983). *Zonificación Agroecológica para el Cultivo de Caña de Azúcar en Costa Rica.* Vol. ISSN-0534-5391. IICA.
- Seemann, J., Chirkov, Y. I., Lomas, J., & Primault, B. (2012). *Agrometeorology*. Springer Science & Business Media.
- van Straaten, O., Corre, M. D., Wolf, K., Tchienkoua, M., Cuellar, E., Matthews, R. B., & Veldkamp, E. (2015). Conversion of lowland tropical forests to tree cash crop plantations loses up to one-half of stored soil organic carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(32), 9956-9960. <https://doi.org/10.1073/pnas.1504628112>
- Veldkamp, E., Schmidt, M., Powers, J., & Corre, M. (2020). Deforestation and reforestation impacts on soils in the tropics. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1, 1-16. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0091-5>
- Wessel, M., & Quist-Wessel, P. M. F. (2015). Cocoa production in West Africa, a review and analysis of recent developments. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 74-75(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2015.09.001>
- Wu, Z., Dijkstra, P., Koch, G., Penuelas, J., & Hungate, B. (2011). Responses of terrestrial ecosystems to temperature and precipitation change: A meta-analysis of experimental manipulation. *Global Change Biology*, 17, 927-942. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02302.x>

Dr. Mario Herrera Soler. Centro de gestión internacional de capacitación y posgrado, cuba, GESICAP.
MSc. Cesil J. Moreno Garzón. Empresa Provedora de agua KATAVAL, Ecuador.