

Efectos del cambio climático sobre el comportamiento
de las especies forestales
Tectona grandis L. f. y *Ochroma pyramidale*
(Cav. ex Lam.) Urb. En la Provincia De los Ríos

ELÍAS CUASQUER FUEL
CESIL JACOBO MORENO GARZÓN

Efectos del cambio climático sobre el comportamiento
de las especies forestales
Tectona grandis L. f. y *Ochroma pyramidale*
(Cav. ex Lam.) Urb. En la Provincia De los Ríos

Efectos del cambio climático sobre el comportamiento
de las especies forestales

Tectona grandis L. f. y *Ochroma pyramidale*
(*Cav. ex Lam.*) Urb. En la Provincia De los Ríos

ELÍAS CUASQUER FUEL
CESIL JACOBO MORENO GARZÓN



Efectos del cambio climático sobre el comportamiento
de las especies forestales
Tectona grandis L.f. y *Ochroma pyramidale*
(*Cav. ex Lam.*) Urb. En la Provincia De los Ríos

© ELÍAS CUASQUER FUEL
CESIL JACOBO MORENO GARZÓN
Universidad Técnica Estatal de Quevedo

2021,
Publicado por acuerdo con los autores.
© 2021, Editorial Grupo Compás
Guayaquil-Ecuador

Grupo Compás apoya la protección del copyright, cada uno de sus textos han sido sometido a un proceso de evaluación por pares externos con base en la normativa del editorial.

El copyright estimula la creatividad, defiende la diversidad en el ámbito de las ideas y el conocimiento, promueve la libre expresión y favorece una cultura viva. Quedan rigurosamente prohibidas, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total o parcial de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma por cualquiera de sus medios, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright.

Editado en Guayaquil - Ecuador
Primera edición

ISBN: 978-9942-33-485-5



Cita.

Cuasquer, E., Moreno, C. (2021) Efectos del cambio climático sobre el comportamiento de las especies forestales *Tectona grandis* L. f. y *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. En la Provincia De los Ríos. Editorial Grupo Compás.

PRÓLOGO

La conservación y protección de los bosques debe ser una tarea sistemática en la que deben estar involucrados múltiples sectores del gobierno y la población de los países por la importancia que tienen para la vida en el planeta. Fuente de oxígeno y sumidero de carbono, constituyen una parte importante de los ecosistemas para el mantenimiento de la existencia.

El cambio climático es una realidad, así como las consecuencias que acarreará si no se considera su irremediable presencia y su intensificación en los próximos años, lo que estará estrechamente relacionado con los resultados que en el sector agrícola y forestal se puedan alcanzar en función del manejo que se debe observar en los sistemas de producción agrícola y forestal.

La producción forestal en la provincia Los Ríos adquiere una connotación importante por los altos volúmenes de madera que se desarrolla en su territorio, producción que cubre no sólo necesidades nacionales, si no también internacionales. Es así que una considerable cantidad de personas y familias dependen de los resultados productivos que se logren en este sector de la producción.

El desarrollo de la investigación “EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LAS ESPECIES FORESTALES *Tectona grandis* L. f. y

Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb. EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS” constituye una vía que puede garantizar el logro de producciones estables si se consideran los resultados y recomendaciones que en ella se generan, lo que posibilitará eliminar riesgos y conseguir con ello producciones sostenibles.

DR. MARIO HERRERA SOLER PhD.
AGROCLIMATÓLOGO Y AGROECÓLOGO

INTRODUCCIÓN

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 (IPCC, 2014).

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 (IPCC-DDC, 2013).

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, 2000). 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.

UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La producción agropecuaria y en especial el sector forestal se desarrolla a expensas de las condiciones naturales, por lo que las modificaciones en el clima, las perjudiciales y las favorables van a tener un impacto directo sobre la eficiencia de la producción forestal. Para conocer con antelación las condiciones que han de afrontar las plantaciones forestales es necesario aplicar las medidas necesarias que eliminen o mitiguen los efectos perjudiciales sobre el ecosistema forestal. Es urgente encontrar las medidas que integren un accionar de reducción de los riesgos climáticos unido a un manejo sostenible del medio ambiente. El manejo sostenible depende del dominio del comportamiento de las condiciones climáticas, lo que facilitará adoptar las medidas necesarias que garanticen una producción eficiente de los ecosistemas forestales (Pan *et al.*, 2015).

La gestión de los sistemas de producción tiene que ser coherente con estas anomalías para poder prevenirlas y eliminar o mitigar sus consecuencias. Estas modificaciones climáticas se intensifican en vastos territorios de la República de Ecuador, causando impactos significativos en la producción agrícola. Muchos autores han demostrado la estrecha relación existente entre la Productividad Primaria Neta y la dinámica de las variables climáticas (Delire *et al.*,

2008; Pan *et al*, 2015). El impacto de las condiciones climáticas puede ser diverso, yendo desde las intensas sequías a las inundaciones o al aumento de la evapotranspiración producto de la elevación de las temperaturas (Burton *et al.*, 2008; Wu *et al.*, 2011).

Las modificaciones de las condiciones climáticas se han ido intensificando en las condiciones térmicas e hídricas. La búsqueda de nuevos espacios que reúnan las condiciones idóneas, la creación de nuevas variedades y otras medidas se han adoptado para que las afectaciones sean las mínimas en la productividad de los sistemas forestales. Las modificaciones del clima pueden provocar destrucciones masivas de la infraestructura, cultivos, ganado, y la pérdida de vidas humanas (Gommes, 1999). Los años climáticos tienen un comportamiento más lejano de la norma condicionada por la presencia del evento ENOS, que determina que se enfrenten años secos o húmedos, en dependencia de la región. Las modificaciones del evento ENOS cada vez más está impactando a las regiones que están bajo su influencia, por lo que se agudizan los desastres provocados por las fuertes sequías, inundaciones e incendios forestales.

Ecuador es uno de los países más vulnerables ante el cambio climático. El retroceso de los glaciares, el aumento del nivel del mar y fenómenos de variabilidad climática, principalmente los asociados a El Niño/La Niña, afectan

significativamente a diversos sectores y aspectos de la vida humana, tales como agricultura, economía, salud, entre otros. El inminente cambio climático que se está presentando en el planeta impone nuevos retos a afrontar para el país, con el fin de reducir el impacto del mismo y/o adaptarse a las nuevas condiciones climáticas (Armenta *et al.*, 2016).

Se ha informado que el cambio climático global afecta el crecimiento de los árboles en todo el mundo y se prevé que dichos impactos se intensifiquen bajo el cambio climático futuro, particularmente en los trópicos. Por lo tanto, es importante estudiar las relaciones entre el clima y el crecimiento de los árboles tropicales para comprender cómo respondieron a la variabilidad climática pasada y para predecir cómo responderán a los cambios climáticos futuros (Rahman *et al.*, 2018).

Dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMUNCC) y el Protocolo de Kyoto, Ecuador y 193 países asumieron diversos compromisos en materia de cambio climático. Entre estos compromisos están: la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, adopción de medidas de mitigación y adaptación frente al cambio climático, y la elaboración de comunicaciones nacionales periódicas que incluyan, entre otros elementos, el inventario de gases de efecto invernadero, la descripción de las medidas adoptadas o

previstas a adoptar para aplicar la Convención, y los programas y medidas de adaptación y mitigación al cambio climático. Bajo este último elemento, es necesario generar diversos escenarios de cambio climático, que muestren las diferentes variaciones que podrían presentarse en el clima de Ecuador bajo diferentes desarrollos económicos, tecnológicos y sociales, y la adopción de medidas relacionadas a los mismos.

Sin embargo, lograr un futuro sostenible para la agricultura implicará más que solo intensificar la producción. En cambio, es necesario tener una visión más holística de un problema que abarca la necesidad de mejorar la fertilidad y la salud del suelo; Reducción del riesgo de plagas, enfermedades, y brotes de malezas; mejora de los medios de vida rurales y urbanos; mayor resiliencia al cambio climático; y oportunidades para el crecimiento económico (Montes-Londoño, 2018).

A través de las experiencias desarrolladas por la Meteorología Agrícola se han aplicado toda una serie de herramientas y metodologías que contribuyen al mejor entendimiento de las relaciones del sistema planta-suelo-atmósfera, lo que favorece la adopción de las medidas necesarias que garanticen una adecuada eficiencia productiva.

Se impone una estrategia de producción para la producción forestal que contemple la caracterización de

las condiciones hidrotérmicas, por ser las variables que tienen una mayor influencia sobre los resultados productivos de estas especies. Al considerar estas condiciones meteorológicas y climáticas correspondientes al corto y largo plazo se logran respuestas eficientes ante los embates de los eventos extremos que en la actualidad viene determinando la variabilidad climática y el cambio climático a nivel global.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

Existe desinformación sobre el estado de las condiciones agroclimáticas de las plantaciones forestales en la provincia de Los Ríos, lo que puede estar influyendo en el comportamiento de las mismas a causa de que las modificaciones de estas condiciones climáticas no alcancen la coherencia necesaria con los requerimientos climáticos de las especies forestales. Existe una deforestación sistemática y en aumento que alcanzan las 47.497 ha anuales y que contribuye al cambio climático en la región (Mogrovejo, 2017).

El cambio de las condiciones climáticas puede afectar la producción de las plantaciones forestales, por lo que es preciso detectar estas modificaciones a través de estudios sobre los escenarios climáticos actuales y futuros. Es cierto que las condiciones climáticas han ido cambiando, haciéndose más intensos, lo que se agrava con la deforestación que ocurre en las plantaciones forestales

(Sánchez, 2010). Alcanzar resultados productivos similares a los obtenidos en décadas pasadas requiere de significativas inversiones en la gestión, que al final impactan al medio ambiente, reducen la capacidad regenerativa del entorno y su potencial productivo natural. Hacer uso de los servicios ambientales potencia la sinergia del sistema productivo y reduce el deterioro del entorno natural.

El sistema de producción forestal en la provincia de Los Ríos está desprovisto de una gestión agrometeorológica adecuada, lo que determina el aumento de su vulnerabilidad ante las anomalías que se presentan en las condiciones del tiempo, lo que determina la reducción de la producción.

PROBLEMAS DERIVADOS

¿Será que la gestión ineficiente de las áreas forestales afecta su productividad en la provincia de Los Ríos?

¿Cuál es el comportamiento de las condiciones de las precipitaciones en relación con los requerimientos de las especies forestales en la provincia de Los Ríos?

¿Como influye la ausencia de una gestión productiva futura ante las condiciones climáticas de los escenarios en la provincia de Los Ríos?El 28 de diciembre del año 2005

se emitió el Decreto Ejecutivo N° 998, mediante el cual se “Declara en Estado de Emergencia el Control y la Supervisión de Sector Forestal Ecuatoriano”, que fue renovada mediante Decreto Ejecutivo 1196 del 1 de marzo del 2006. Resulta un tema de prioridad nacional que los recursos forestales del país se manejen de forma sustentable. De lo anterior se deriva que el desarrollo territorial debe involucrar la implementación de sistemas de gestión de riesgos y de manejo eficiente de los recursos naturales, con el fin de involucrar a la gestión del territorio en la problemática de la adaptación y mitigación al cambio climático (SENPLADES, 2013).

El mapeo de los recursos naturales de los entornos que serán intervenidos para su explotación, según lo reporta Golley y Bellot (1999), garantiza el manejo sostenible de los recursos, pues se conocen las potencialidades y limitaciones, los umbrales de usos en función de aquellas especies que se quieren desarrollar, evitando traspasar los valores que pueden resultar impactantes para el entorno.

Desde mediados del siglo XX el sistema climático ha presentado cambios sin precedentes, en comparación con los registros de observaciones que se tienen desde 1850. Entre estos cambios se destacan: el marcado calentamiento de la atmósfera y el océano, con incrementos superiores a 1°C a nivel global; la reducción de la cantidad y extensión de las masas de hielo y nieve; el

considerable aumento del nivel del mar en los últimos 25 años y el incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (Armenta *et al.*, 2016).

Para Ecuador, las observaciones globales muestran que desde inicios del siglo XX, la temperatura se ha incrementado entre 0,4 y 0,8°C, mientras que la precipitación, desde ese mismo año, no ha presentado cambios significativos (Armenta *et al.*, 2016).

Para lograr una mejor comprensión de las interacciones entre el sistema climático terrestre, los ecosistemas y las actividades humanas, la comunidad científica ha desarrollado y utilizado diversas herramientas y metodologías. Una de ellas es el uso de “escenarios”, los cuales pueden definirse como descripciones coherentes, internamente consistentes y convincentes de un posible estado futuro del mundo (IPCC-DDC, 2013).

Los escenarios no deben asumirse como pronósticos o predicciones. Cada escenario es una imagen alternativa de cómo el futuro puede mostrarse bajo determinadas condiciones en un tiempo dado. Por lo general se utiliza un conjunto de ellos con el fin de mostrar, de la mejor manera posible, el rango de incertidumbre en las proyecciones climáticas (IPCC-DDC, 2013).

Estas trayectorias de forzamiento radiactivo no están asociadas con escenarios socioeconómicos o de emisión

únicos, sino que pueden resultar de la combinación de diferentes futuros económicos, tecnológicos, demográficos, políticos e institucionales. Una vez determinadas estas vías, se desarrollan las proyecciones climáticas asociadas a ellas, y en forma simultánea se generan los escenarios socioeconómicos y de emisiones que llevarían hacia esas trayectorias. Con los resultados de las proyecciones y los escenarios se realizan los análisis de impacto, vulnerabilidad y adaptación respectivos.

El estudio de los escenarios climáticos y su proyección en las áreas forestales se centrarán en los impactos productivos y su regionalización a partir del nivel de las vulnerabilidades encontradas. Este análisis puede iniciarse con el estudio de los diferentes escenarios climáticos que han de enfrentar las regiones agrícolas a partir del estudio de los cambios en el régimen térmico y de precipitaciones que debe acompañar a estos escenarios. Una segunda etapa tendría como objetivo la propuesta de las posibles medidas de adaptación que aseguren el menor daño a los rendimientos y a la seguridad alimentaria en general.

En los estudios sobre el sistema suelo – planta – clima, dirigidos a la producción agrícola de los cultivos para el desarrollo sostenible de las regiones agrícolas y el ordenamiento territorial se debe partir de las condiciones agroclimáticas de la región en cuestión, lo que garantizará la coherencia ecológica entre las condiciones

agroclimáticas y el sistema de producción forestal (Herrera, 2000).

Bosque

El bosque es una de las formas de vida fisionómicas básicas, por medio del cual las comunidades bióticas pueden ser clasificadas. Caracterizados por la predominancia de plantas leñosas, los bosques se encuentran muy desarrollados en lugares con superficies planas, climas húmedos y fuera de las regiones polares. Como sucede con todos los tipos de comunidades bióticas, el bosque puede definirse en diferentes formas. Una de las más simples puede ser considerada directamente en función de los árboles que lo componen y que son los que le dan a la comunidad boscosa su fisionomía característica (Rincón, 2009).

Hidrotérmico

Condiciones de temperatura y humedad del aire presente en un ecosistema. Estas condiciones se caracterizan decenalmente, considerando la inercia de las plantas respecto a las condiciones físicas del ambiente, las que se reflejan con un cierto retraso.

Clima

Son las condiciones promedias del tiempo meteorológico, medidas en un período de 30 años o más en un territorio

significativamente extenso. El clima es función de la posición latitudinal de la Tierra, de la proporción de tierras y mares y de la continentalidad (Cinitzina, 1973).

Precipitación

Es la altura del agua que alcanzan las lluvias en una localidad medida en milímetros (mm). La lluvia es medida con un pluviómetro o registrada con un pluviógrafo. Las precipitaciones son un elemento fundamental en la ecuación de balance hídrico, una herramienta fundamental para el pronóstico de riego. Las especies forestales requieren de ciertos niveles de precipitaciones para satisfacer sus necesidades hídricas (Cinitzina, 1973).

Temperatura

Es la medida de las condiciones térmicas del aire en una región determinada. Las regiones se caracterizan por sus temperaturas medias, máximas y mínimas, variables importantes para el desarrollo de las especies forestales (Cinitzina, 1973).

Requerimientos agroclimáticos

Esas condiciones se alinean en las exigencias térmicas, hídricas, lumínicas, higroscópicas y calidad del aire. Se define como aquellas condiciones que los cultivos exigen en cada una de las fases de desarrollo para que este se realice de manera óptima.

Condiciones agroclimáticas.

Estas condiciones se establecen estadísticamente para una serie de años que debe tener como mínimo 30 años, aunque en el caso que no se cumpla con esta condición se debe elaborar con los datos existentes. Son aquellas condiciones climáticas que existen en el entorno de los cultivos y que influyen en su crecimiento y desarrollo.

La Agroclimatología evalúa la aptitud de los territorios, regiones o zonas, respecto a las condiciones climáticas, para la satisfacción de los requerimientos de los sistemas agrícolas. Entre las tareas fundamentales de la Agroclimatología se encuentran las siguientes (Cinitzina, 1973):

- i) Revelación de las regularidades climáticas del territorio objeto de estudio con el fin de racionalizar la utilización de los recursos ambientales.
- ii) Fundamentación climática de los métodos de manejo de la producción agrícola y de las condiciones de trabajo de la maquinaria agrícola.
- iii) Fundamentación climática de las medidas de lucha con las plagas de los cultivos.
- iv) Estudio del clima y del microclima de las plantas con el objetivo de su posible mejoramiento para la producción agrícola.

Factores antropogénicos

Los factores antropogénicos pueden influir sobre la regeneración natural de los bosques tropicales secos siendo uno de sus principales componentes el fuego, muchas veces ocasionado por el ser humano. Entre más seca sea la zona, más probable son los incendios. Todas las especies del trópico seco tienen que saber convivir con el fuego y a lo mejor sacar ventaja de él. Una quema puede ser comparada en cierta medida con una limpieza. Una parte de la vegetación será aniquilada y otra quedará con más espacio para desarrollarse (Faurby *et al.*, 1998).

Esto puede favorecer a la regeneración en el caso de que ésta no sea dañada en gran medida por el fuego, ya que se reduce la competencia por espacio y nutrientes entre la especie forestal y las malezas del sitio; pero también, el fuego puede dañar en gran medida la regeneración eliminándola completamente cuando está en estado de plántula, o cuando esta no es abundante. Después de los fuegos más feroces, tal vez solamente quedan las semillas en la tierra, en esta situación. La semilla que nazca más rápido y con más vitalidad será la que podrá tomar ventaja del nuevo espacio y la calidad de nutrientes liberados por las plantas quemadas (Faurby *et al.*, 1998).

Manejo forestal.

El manejo forestal es un proceso de toma de decisiones para la administración de una propiedad forestal a través del tiempo. Así, una de las definiciones más aceptadas de manejo forestal de acuerdo con Leuschner (1990) es: “el estudio y aplicación de técnicas analíticas, que permitan la selección de aquellas alternativas de manejo, que mejor contribuyan al logro de los objetivos empresariales”. Está claro que, debido a los largos ciclos de producción y a las numerosas alternativas de manejo, las posibilidades de aprender por experiencia o experimentación directa son limitadas. En consecuencia, para un manejo forestal racional se necesitan modelos matemáticos capaces de predecir los efectos de los tratamientos, especialmente en bosques con manejo intensivo.

CONDICIONES TÈRMICAS DEL CAMBIO CLIMÀTICO

Se prevé que la temperatura media global del aire en la superficie aumente en varios grados durante el próximo siglo y, si bien los aumentos previstos en las próximas décadas suelen ser consistentes entre los modelos climáticos, existe una considerable variabilidad de predicción a partir de modelos múltiples conjuntos, en escalas de tiempo más largas para diferentes escenarios de emisiones y regiones geográficas. También es probable que

se produzcan cambios en la ocurrencia de eventos de temperaturas extremas, con aumentos previstos en episodios más intensos, frecuentes y de mayor duración (olas de calor), junto con menos episodios más fríos (IPCC, 2007).

En general, se puede apreciar que la temperatura mantendría una tendencia al aumento similar en los 4 RCP hasta mitad de siglo, y desde allí, para cada uno de ellos el cambio de esta variable es diferente. En el RCP 2.6 la tasa de incremento de la temperatura es prácticamente nula, e incluso, en algunos casos ésta cambia su tendencia de aumento a disminución. Los demás escenarios mantienen su tendencia al aumento hasta finales de siglo, siendo el RCP 8.5 el que mayor incremento de la temperatura presenta, con valores superiores a 2°C en todas las estaciones. Los mayores incrementos se presentarían en las estaciones de la Costa, Amazonía y Galápagos, y particularmente, en estas dos últimas regiones, los incrementos superan los 3°C (Armenta et al, 2016). Estas condiciones son extrapolables a la provincia Los Ríos, tal y como se presentan en los mapas de este documento.

CONDICIONES HÍDRICAS DEL CAMBIO CLIMATICO

Numerosos autores han demostrado la existencia de una estrecha relación entre los cambios en la Productividad

Primaria Neta (PPN) forestal y la dinámica en las variables climáticas (Delire et al., 2008; Pan et al., 2015). Sin duda, los patrones de la PPN pueden responder a cambios en las variables climáticas. Por lo tanto, inferir los patrones de las centrales nucleares y evaluar la sensibilidad de las PPN al cambio global y las perturbaciones naturales es esencial porque profundiza nuestra comprensión de la respuesta de los ecosistemas al cambio climático (Ngoma et al, 2018). Por lo tanto, la severidad de las sequías es esperada, así como las inundaciones, en dependencia de las regiones del planeta de que se trate.

Para poder apreciar cómo sería el cambio de la precipitación bajo las proyecciones de los escenarios RCP, a manera de ejemplo se presentan las series mensuales de esta variable para 4 estaciones de cada una de las regiones del país: Inguincho (ubicada en la Sierra Norte), Portoviejo (ubicada en la Costa Norte), Nuevo Rocafuerte (al oriente de la Amazonía) y San Cristóbal (ubicada en el archipiélago de Galápagos). Las series y los análisis fueron generados para las 137 estaciones con datos para esta variable (Armenta et al, 2016).

En general, se concluye que la precipitación no presentaría cambios significativos en el periodo 2011-2100, sin embargo, para la estación ubicada en Galápagos se presentarían incrementos superiores al 10% bajo el RCP 8.5. Además, se observa que en las estaciones de la

Amazonía Oriental y del archipiélago de Galápagos habría incrementos en los eventos de variabilidad climática asociados a aumentos de precipitación (Armenta et al, 2016). Estas condiciones son extrapolables a la provincia Los Ríos, tal y como se presentan en los mapas de este documento.

Trayectorias de Concentración Representativa (RCP, por sus siglas en inglés).

En el Quinto Informe IPCC han definido 4 nuevos escenarios de emisión, las denominadas Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés). Éstas se caracterizan por su Forzamiento Radiativo (FR) total para el año 2100 que oscila entre 2,6 y 8,5W/m².

Las cuatro trayectorias RCP comprenden un escenario en el que los esfuerzos en mitigación conducen a un nivel de forzamiento muy bajo (RCP2.6), 2 escenarios de estabilización (RCP4.5 y RCP6.0) y un escenario con un nivel muy alto de emisiones de GEI (RCP8.5). Los nuevos RCP pueden contemplar los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático del siglo XX frente a los escenarios de emisión utilizados en el IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4) (denominados SRES, por sus siglas en inglés) que no contemplaban los efectos de las posibles políticas o

acuerdos internacionales tendentes a mitigar las emisiones.

Las condiciones climáticas están sujetas a cambios (IPCC, 2014), cuestión que ha sido demostrada por las tendencias del clima desde el siglo pasado, en que se acentuaron estas anomalías y desviaciones de la norma climática. El estudio de estas condiciones es la garantía de poder actuar con tiempo suficiente para eliminar o mitigar los impactos.

La producción forestal en el Ecuador está priorizada en la región tropical y subtropical de la costa por la Subsecretaría de Producción Forestal del MAGAP (SPF). Se trabaja con diferentes especies en la provincia Los Ríos, pero con el mismo manejo que data del siglo pasado, sin considerar las modificaciones del clima ocurridas a nivel global (MAGAP, 2016). Desde el 2014 el MAGAP, a través de la SPF implementó el “Programa de incentivos para la reforestación con fines comerciales”, potenciando la productividad, competitividad y sostenibilidad del negocio forestal con varias especies.

Las plantaciones forestales tienen que afrontar diferentes riesgos, entre los que se enumeran los siguientes: riesgos biológicos (enfermedades, y plagas) y los riesgos físicos y catastróficos (tormentas, incendios). Estos riesgos pueden ser mitigados seleccionando las especies, realizando actividades de mejoramiento genético, adecuados raleos y matafuegos (Redín, 2016).

Se busca incentivar la producción de madera en el Ecuador considerando que existe un gran potencial para el sector forestal, por lo que la competencia no es un factor que pueda afectar el negocio, al tratarse de un sector al cual el Gobierno busca mejorar la participación en el mercado mundial. Un factor importante a considerar en el proyecto es la ubicación de los proveedores y la disponibilidad de los insumos que se requieren para la actividad. Por lo que, el proyecto debe ubicarse en un lugar estratégico, destinado a este tipo de cultivos, pilar fundamental en la adecuada implementación y desarrollo del mismo (Redín, 2016).

Gommes (1999) reporta que la aplicación de sistemas de información geográfica en las investigaciones agrometeorológicas es clave para descubrir los espacios idóneos para el desarrollo agrícola en general. Mediante la interpolación que descubre el comportamiento de las variables y de índices en espacios sin estaciones y la creación de estaciones virtuales que hace extensivo el análisis agroclimático se fortalece la gestión de la investigación agrometeorológica. Su aplicación sistemática eleva la eficiencia del manejo de los cultivos en general, lo que es aplicable a las áreas forestales.

En general, las condiciones climáticas van a jugar un papel importante en la calidad de la producción maderera, donde las condiciones térmicas e hídricas tienen una

influencia importante. Se encontró de esa manera que las tasas de crecimiento más altas promueven una mayor longitud de la fibra en las plantaciones de clima tropical. En los climas subtropicales se encontró que los diámetros de los árboles son menores y producen tensiones en la madera con menores ángulos de microfibra. Concluyendo que el Eucalipto más cercano al ecuador producirá madera de mayor calidad (Kojima *et al.*, 2009).

La herramienta agrometeorológica juega un papel relevante en proteger el erario agrícola de las inclemencias del clima a través de los seguros agropecuarios, los que actúan como un amortiguador de las pérdidas causadas por los eventos extremos, de sequías o inundaciones, que causan daños a la economía agrícola. Eventos extremos similares que se manifiestan en los países en desarrollo sufren más los daños por estas condiciones que en los países desarrollados, por carecer de la salvaguarda de un seguro (Mata y Herrera, 2019).

Las posibles consecuencias del cambio climático respecto a los cambios con respecto a los presupuestos de carbono y las modificaciones en las temperaturas y las precipitaciones son de creciente preocupación en la comunidad científica, sobre todo por sus graves afectaciones a los ecosistemas de bosques tropicales (Eva y Ashard, 2007).

Zhang et al., 2016, en estudios sobre la altura máxima del dosel de las plantaciones forestales a nivel global encontraron una relación inversa con la latitud (o sea, en el Ecuador los doseles más altos), aunque con una alta variabilidad geográfica. La evapotranspiración real y la precipitación anual fueron los factores más correlacionados con la altura máxima del dosel, apoyando así la hipótesis de dinámica de agua-energía. Sin embargo, la limitación de agua surgió como un factor clave en los biomas tropicales y templados dentro de regiones geográficas específicas, mientras que la limitación de energía fue un factor más importante en las regiones boreales donde la temperatura es más limitada para los árboles que para el agua.

En estudios desarrollados por Alley *et al.* (1995) descubrió que el equilibrio hidrológico se encontraba en condiciones de una elevada fragilidad. En años con condiciones climáticas promedio no se muestran déficits de agua, pero este equilibrio se puede romper durante los eventos de sequía. Se muestra en el trabajo que este efecto puede persistir por espacio de varios años, hasta que los patrones hidrológicos logran recuperarse. A esto hay que agregar que el cambio climático puede exacerbar los eventos de sequía en la Amazonía (Cox *et al.*, 2008), lo que pudiera desencadenar cambios graves en el bioma amazónico (Salazar y Nobre, 2010).

El estudio del cambio climático y sus consecuencias sobre las áreas forestales podrán servir para prevenir los daños que sobre estos ecosistemas resulten y al final poder sacar provecho de estas condiciones, las que pueden resultar favorables si se les maneja preventivamente.

La investigación de este libro está basada 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.

Es uno de los más importantes centros administrativos, económicos, financieros y comerciales del Ecuador. Las actividades principales de la provincia son el comercio, la ganadería, la industria y la agricultura.

Se centró en la evaluación del cambio climático y su repercusión en las condiciones agroclimáticas de algunas

especies forestales en el espacio y en el tiempo, con el fin de determinar la favorabilidad de las regiones en los escenarios futuros en la provincia de Los Ríos.

En la provincia de Los Ríos, Ecuador (Figura 2), que ocupa un territorio de unos 6254 km², lo que incluye la localidad de Quevedo, La Esperanza y San Carlos. Esta es la localidad donde se desarrolló la investigación.

Una primera fase es la determinación de los requerimientos hidrotérmicos de algunas especies forestales (Davitaya, 1965; Budyko, 1974; Chirkov, 1986; Rojas, 1993; Herrera, 2000), éstos 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.

Los resultados alcanzados por las “Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático” (Armenta *et al.*, 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.

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.

Partiendo de los resultados alcanzados sobre los escenarios climáticos en la provincia de Los Ríos y de los requerimientos hidrotérmicos de algunas especies forestales para un eficiente crecimiento y desarrollo. El método sería descubrir en el proceso de investigación cuáles son las condiciones favorables espacial y temporalmente en los diferentes escenarios climáticos.

Se evaluaron las condiciones térmicas e hídricas a partir de los resultados obtenidos en “Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático” por Armenta *et al.*, (2016). Se realizaron comparaciones de los escenarios climáticos 2011-40, 2041-70 y 2071-100 con el escenario actual según los modelos climáticos globales RCP 6 y RCP 8.5, de moderado y mayor impacto en las modificaciones del clima con las estrategias económicas y sociales globales en la actualidad. A continuación, se muestran las etapas del esquema metodológico para el estudio agroclimático:

Las etapas del esquema metodológico para el estudio agroclimático fueron basadas en: Herrera (2000); Eldin y Rojas (1993) y Gulinova (1974).

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 mapas agroclimáticos por SIG y gráficos del comportamiento de las precipitaciones y de la temperatura media.

Cuarta etapa

Obtención de mapas agroclimáticos por SIG y gráficos del comportamiento de la suma de probabilidades para la suma de precipitaciones.

Quinta etapa

Evaluación de las condiciones agroclimáticas para la selección de áreas y épocas óptimas.

Sexta etapa

Síntesis y presentación de resultados. Zonificación Agroclimática

Evaluación de las condiciones agroclimáticas.

Determinación de los escenarios climáticos en la provincia de Los Ríos a partir de las “

Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático (Armenta *et al.*, 2016).

Creación de matrices de temperaturas máximas y mínimas decenales en un período de 30 años para la obtención de la matriz de temperatura media de cada uno de los escenarios climáticos para cada cantón de la provincia Los Ríos.

Creación de la matriz de la suma de precipitaciones decenales en un período de 30 años para la obtención de la acumulada mensual y anualmente de cada uno de los escenarios climáticos para cada cantón de la provincia Los Ríos.

Comparación de matrices de las temperaturas medias y de suma de precipitaciones de los diferentes escenarios climáticos con los requerimientos de las especies forestales y localización de las áreas Favorables, Moderadamente Favorables y No Favorables.

La población de datos base de 30 años de las temperaturas máximas y mínimas decenales y la suma de precipitaciones decenales del INAHMI, FAO-ClimWat y FAO-CropWat en la provincia Los Ríos. Se crean las bases de los escenarios climáticos a partir de la data base y de las condiciones preliminares de los escenarios climáticos.

La base de datos parte de los resultados obtenidos en las “Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para Ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático” (Armenta *et al.*, 2016).

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

El análisis agroclimático es una metodología aprobada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la FAO para las investigaciones agrometeorológicas.

Se utilizó para la presente investigación los siguientes instrumentos:

Revisión bibliográfica de los requerimientos climáticos de algunas especies forestales.

Comportamiento de las condiciones hidrotérmicas de los escenarios climáticos futuros.

Mapa geográfico de la provincia Los Ríos con las ubicaciones de sus cantones.

Hojas de cálculo y procesamiento de datos como Excel, CropWat, ClimWat y el software Agroclim-Map (Herrera *et al*, 2000), Cálculo de la temperatura media, Interpolación por el método del inverso de la distancia.

El análisis de la satisfacción de los requerimientos de los cultivos en función de las condiciones climáticas parte de la Agroclimatología que forma parte de la Climatología. La comparación de los requerimientos y de las condiciones climáticas es la base para conocer el grado de favorabilidad de una región para el crecimiento y desarrollo de una especie biológica. Lo anterior es reportado por climatologistas como Jansa (1983), Budyko (1974) y Geiger (1963). Estas ramas de la Climatología son las que se ubican en la Bioclimatología y la Agroclimatología.

La integración de la Ecología, para definir las zonas ecoclimáticas en las que se desarrollan determinadas especies, identificando los umbrales de temperatura y precipitación de esas regiones para la existencia de determinada especie biológica y las clasificaciones climáticas que caracterizan el ambiente físico, que tiene

como base fundamental los tipos de clima, la temperatura y la precipitación, en las que las clasificaciones de Köppen y de Holdridge son las que permiten el análisis de las regiones y su compatibilidad para el desarrollo de determinadas especies biológicas (Jansa (1983), Geiger (1963)).

El uso de los sistemas de información geográfica permite la construcción de matrices espaciales, útiles para la localización de regiones que presentan características diversas, facilitando la identificación de categorías que estarán representadas en diferentes rangos definidos para poder evaluar condiciones de favorabilidad de las regiones para la especie que se desea desarrollar.

El uso de la información sobre los escenarios climáticos y de la Agroclimatología para optimizar los recursos, aumentar la coherencia ecológica entre hábitat y especie o para eliminar o mitigar riesgos derivados de las condiciones presentes en los territorios, está extendido por agencias medioambientales que tienen representación mundial, como son la FAO y la OMM para evaluar el impacto del cambio climático en los escenarios futuros y poder establecer las medidas para eliminar o mitigar los impactos.

Las fuentes de información son el INAHMI, la FAO-CropWat y FAO-ClimWat para las variables climáticas y la

ubicación de coordenadas geográficas de las estaciones meteorológicas.

El uso de matrices y de mapas para el cálculo de la suma de precipitaciones, las temperaturas medias y las condiciones que coinciden con los requerimientos de algunas especies forestales.

Análisis de histogramas de las áreas afectadas por las condiciones climáticas que influyen sobre el cultivo en cuestión.

**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 transitará a Favorables y que las regiones restantes mantuvieran su condición Favorable, determinando que

toda la provincia exhiba condiciones Favorables (Figura 3).

Estos resultados coinciden con Higmans *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. Para el escenario 2071-2100 las condiciones se agravan, alcanzando cerca del 80% de la provincia la condición de Desfavorable.

**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).

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.

**CARACTERIZACIÓN DE LA SUMA ANUAL DE
PRECIPITACIONES 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.**

Según las “Proyecciones Climáticas de Precipitación y Temperatura para Ecuador, bajo Distintos Escenarios de Cambio Climático” (Armenta, et all. 2016), el comportamiento de las precipitaciones es de un aumento del 10% para el escenario 2011-40 y el 2041-70 y de un 20% para el 2071-100, de acuerdo al escenario RCP 6.0, lo que se manifiesta para la totalidad de la provincia de Los Ríos.

Los escenarios RCP 6.0, 2011-40 y RCP 6.0, 2041-70 son similares, por lo que el segundo mapa de la Figura 7 representa a ambos escenarios. Las condiciones actuales reflejan regiones favorables hacia el Norte y moderadas hacia el Centro y Sur de la provincia. En los escenarios 2011-40 y 2041-70 con el aumento de las precipitaciones, las áreas con categoría de favorable pasaron a moderadas por exceso, mientras que las áreas moderadas por defecto pasaron a favorables.

Los resultados anteriores, acerca de las condiciones actuales, coinciden con los reportados por Higmans *et al.* (2005), donde se refleja que la provincia Los Ríos presenta precipitaciones anuales entre 1000 y 2000 mm hacia el Sur y superiores de 2000 hacia el Norte.

McKnight y Darrel (2000) encontraron resultados similares en la provincia, con precipitaciones superiores a 2000 mm. Las modificaciones en el modelo de precipitaciones, producto del cambio climático, provocará afectaciones en los recursos forestales, lo que ha demostrado Ngoma *et al.* (2018).

En el escenario 2071-2100 y un mayor aumento de las precipitaciones, las áreas hacia el Norte mantuvieron su categoría de moderadas y una pequeña zona pasó a la categoría de desfavorable. Por otro lado, las regiones hacia el Sur pasaron en su mayor parte a la categoría de favorable, manteniéndose pequeñas áreas como moderadas.

**CARACTERIZACIÓN DE LA SUMA ANUAL DE
PRECIPITACIONES 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.**

Según las “Proyecciones Climáticas de Precipitación y Temperatura para Ecuador, bajo Distintos Escenarios de Cambio Climático” (Armenta, et all. 2016), el comportamiento de las precipitaciones es de un aumento del 10% para el escenario 2011-40 y de un 20% para el 2041-70 y el 2071-100, de acuerdo al escenario RCP 6.0, lo que se manifiesta para la totalidad de la provincia Los Ríos.

En general, las condiciones del aumento de las precipitaciones para los escenarios RCP 8.5 determinará mejorías para el Sur de la provincia y condiciones menos favorables hacia el Norte. El complementario aumento de las precipitaciones en el Norte determinó que las áreas favorables pasaran a moderadas en el 2011-40 y a moderadas y desfavorables en los escenarios 2041-70 y 2071-2100.

En el escenario 2011-40 las condiciones favorables aumentarán un 27%, mientras que para los escenarios 2041-70 y 2071-2100 lo hará en un 35%.

**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 *Tectona grandis L.f.*
(TECA) EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS.**

Según las “Proyecciones Climáticas de Precipitación y Temperatura para Ecuador, bajo Distintos Escenarios de Cambio Climático” (Armenta, et all. 2016), el comportamiento de la temperatura media para el escenario 2011-40 es de un aumento de 1 °C para toda la provincia; de 1,5 a 2,5 °C para el escenario 2041-70; y de 3 a 3,5 °C para el 2071-100, de acuerdo al escenario RCP 6.0, lo que se manifiesta para la totalidad de la provincia Los Ríos.

En las condiciones actuales, la provincia presenta temperaturas que son limitantes por defecto hacia el Norte, alcanzando en esa dirección condiciones Moderadas para la Teca. Con el aumento de la temperatura media en el escenario 2011-40, esa región se torna Favorable y una pequeña porción de área, entre los cantones Ventanas y Urdaneta alcanza condición de Moderada. Con este escenario la provincia gana en mejores condiciones para el desarrollo de la Teca.

Las menores temperaturas se ubican hacia el Norte de la provincia, alcanzando los mínimos absolutos en las

estaciones de 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 los escenarios 2041-70 y 2071-100 las condiciones se vuelven más dañinas pues hacia el Sur de la provincia aumentan las condiciones Moderadas en detrimento de las Favorables. En el primero de los escenarios estas condiciones abarcan el 28,9% de la provincia, mientras que en el segundo escenario la cifra llega al 86,2%, quedando sólo una pequeña zona hacia el Norte a partir de Buena Fe y Valencia y otra más pequeña entre los cantones Ventanas y Urdaneta .

**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 *Tectona grandis L. f.*
(TECA) EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS.**

Las condiciones que se encontraron en los escenarios RCP 8.5, 2011-40 y 2041-70 son similares a los encontrados en el RCP 6.0 2011-40 y 2071-100, respectivamente. Los aumentos de temperatura pronosticados por las “Proyecciones Climáticas de Precipitación y Temperatura para Ecuador, bajo Distintos Escenarios de Cambio Climático” (Armenta, et all. 2016), resultaron similares. En el escenario RCP 8.5, 2071-100 las condiciones de toda la provincia se tornan Moderadas por superar los límites máximos de los requerimientos térmicos para la Teca.

**CARACTERIZACIÓN DE LA SUMA DE
PRECIPITACIONES 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
Tectona grandis L. f. (TECA) EN LA PROVINCIA
DE LOS RÍOS.**

Según las “Proyecciones Climáticas de Precipitación y Temperatura para Ecuador, bajo Distintos Escenarios de Cambio Climático” (Armenta, et all. 2016), el

comportamiento de las precipitaciones es de un aumento del 10% para el escenario 2011-40 y el 2041-70 y de un 20% para el 2071-100, de acuerdo al escenario RCP 6.0, lo que se manifiesta para la totalidad de la provincia Los Ríos. En comparación con el período actual, las condiciones favorables para el desarrollo de la Teca se reducirán y aumentarán las desfavorables, lo que se evidencia en la siguiente Figura.

Los escenarios 2011-40 y 2041-70 son similares con aumento hacia el Sur de las condiciones Moderadas y Desfavorables, pasando los cantones de Quevedo, Pichilingue y Quinsaloma de Moderadas a Desfavorables; y de Favorables a Moderadas los sectores de Jauneche, Palenque, Ventanas, Urdaneta, I.María y Babahoyo. Las condiciones Favorables se reducen en un 19%; las Moderadas en un 8% y las Desfavorables aparecen con un 36,5%.

Los resultados anteriores, acerca de las condiciones actuales, coinciden con los reportados por Higmans *et al.* (2005), donde se refleja que la provincia Los Ríos presenta precipitaciones anuales entre 1000 y 2000 mm hacia el Sur y superiores de 2000 hacia el Norte.

McKnight y Darrel (2000) encontraron resultados similares en la provincia, con precipitaciones superiores a

2000 mm. Las modificaciones en el modelo de precipitaciones, producto del cambio climático, provocará afectaciones en los recursos forestales, lo que ha demostrado Ngoma *et al.* (2018).

En el escenario 2071-2100 las condiciones Desfavorables profundizan más hacia el Sur determinando que varios cantones pasen de condiciones Favorables a Moderadas o Desfavorables. Es así que los sectores de Quevedo, Pichilingue, Quinsaloma y Ventanas pasen de condiciones Moderadas a Desfavorables. Por otra parte, todos los cantones que ostentaban categoría de Favorables pasaron a Moderadas, con excepción del cantón Vinces. Más del 98% de la provincia presentará condiciones Desfavorables o Moderadas .

CARACTERIZACIÓN DE LA SUMA DE PRECIPITACIONES 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 *Tectona grandis L. f.* (TECA) EN LA PROVINCIA DE LOS RÍOS.

Según las “Proyecciones Climáticas de Precipitación y Temperatura Para Ecuador, bajo Distintos Escenarios de Cambio Climático” (Armenta, et all. 2016), el comportamiento de las precipitaciones es de un aumento del 10% para el escenario 2011-40 y de un 20% para el

2041-70 y el 2071-100, de acuerdo al escenario RCP 8.5, lo que involucra a la totalidad de la provincia Los Ríos. En comparación con el período actual, las condiciones favorables para el desarrollo de la Teca se reducirán y aumentarán las desfavorables.

En el escenario 2011-2040 se extenderán hacia el Sur las condiciones desfavorables con la misma distribución que se presentó en el escenario RCP 6.0 en el período 2011-40.

Los escenarios climáticos 2041-70 y 2071-100 son similares con diferencias insignificantes, las que se reflejan en los mapas siguientes. Las condiciones desfavorables para la teca se extenderán hacia el Sur en ambos escenarios, aumentando entre un 11-12% en ambos escenarios. Las zonas moderadas y desfavorables alcanzarán el 98% del área total de la provincia y se definen como afectaciones por exceso de precipitaciones, las que se mueven en el entorno de 2200 mm o superiores a este valor.

El aumento de las temperaturas en el escenario RCP 8.5 2011-40 determinó que las regiones hacia el Norte para la balsa se favorecieran, pasando de Moderadas a Favorables, mientras que algunas regiones hacia el Sur pasarán de Favorables a Moderadas. Para la teca este escenario es similar al RCP 6.0. En el escenario 2041-70 más del 80% de las regiones al Sur para la balsa pasaron a Moderadas con secciones en No favorables, mientras que en el 2071-

100 más del 80% de las regiones al Sur pasaron a la categoría de No Favorable. En el caso de la teca el escenario RCP 8.5, 2041-70 se comporta idéntico al RCP 6.0 y en el 2071-100 toda la provincia apareció con condiciones moderadas.

Con el aumento de las precipitaciones en los escenarios RCP 8.5, las condiciones Favorables para la balsa aumentan hacia el Sur, aunque algunas estaciones hacia el Norte pasan a la condición de No Favorable, como son El Copal, Los Ángeles y Patricia Pilar, por la incidencia de altas precipitaciones presente en las condiciones actuales. Para la teca las condiciones en el 2011-40 son similares al RCP 6.0, 2041-70, mientras que los escenarios 2041-70 y 2071-100 son similares al RCP 6.0, 2071-100, con un ligero aumento de las condiciones No Favorables hacia el Sur en el escenario 2071-100 de 56 a 57,6%.

El aumento de las temperaturas en el escenario RCP 6.0 2011-2040 favoreció el hábitat de la balsa y de la teca, determinando que las regiones hacia el Norte, con temperaturas bajas, pasarán a la categoría de Favorables. En los escenarios 2041-2070 y 2071-2100 determinaron que regiones hacia el Sur para la balsa pasarán a la categoría de Moderadas y No Favorables, respectivamente, mientras que para la teca se mantuvieron las condiciones favorables hacia el centro y Sur. El aumento de las precipitaciones para la balsa en el escenario RCP 6.0

produjo beneficios con aumento de las condiciones Favorables que alcanzaron el 71,7%, con perjuicio para las estaciones hacia el Norte por la alta pluviosidad, donde la estación de Valencia alcanzó categoría de No Favorable. Para la teca el aumento en el 2011-40 y en el 2041-70 provocó que las estaciones hacia el Norte pasaran a No Favorables y en el 2071-100 hacia el Sur se torna Moderada, manteniendo el perjuicio hacia el Norte.

BIBLIOGRAFÍA

- Alley, W.M. et al. (1995). Sustainability of Ground-Water Resources (86 pp. Mb).
<http://water.usgs.gov/pubs/circ/circ1186/>
- Armenta, G., Villa, J. Y Jácome, P. (2016). Proyecciones climáticas de precipitación y temperatura para ecuador, bajo distintos escenarios de cambio climático. Escenarios de Cambio Climático para Precipitación y Temperatura en Ecuador. Estudio Técnico Completo.
- Armenta, G., Villa, J. y Jácome, P. (2016). Proyecciones Climáticas De Precipitación Y Temperatura Para Ecuador, Bajo Distintos Escenarios De Cambio Climático. Proyecciones del clima futuro para Ecuador en base a IPCC-AR5. Quito, Ecuador.
- Asamblea Nacional (2008) *Constitución de la República del Ecuador*, Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008. Última modificación: 01-ago.-2018.
- Budyko, M. I., (1974). *Climate and Life*. Academic Press London, LTD, 508 p.
- Burton, A. J., Melillo, J. M., and Frey, S. D. (2008). Adjustment of Forest Ecosystem Root Respiration as Temperature Warms, *Journal of Integrative, Plant Biology*, 50, 1467-1483.

- Chen, T., Werf, G. R., Jeu, R. A. M., Wang, G., and Dolman, A. J. (2013). A global analysis of the impact of drought on net primary productivity. , Hydrology and Earth System Sciences, 17(10), 3885.
- Chirkov, Y. I., (1986). Agrometeorología. Guidrometeoizdat, Leningrado, 320 p.
- Cinitzina, N. I. (1973). Agroclimatología. Leningrado, Guidrometeoizdat, 344 p.
- Cox, P. M., P. P. Harris, C. Huntingford, R. A. Betts, M. Collins, C. D. Jones, T. E. Jupp, J. A. Marengo, and C. A. Nobre (2008), Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution, Nature, 453(7192), 212–215, doi:10.1038/nature06960.
- Davitaya, F., Trusov, I. I. (1965). Los Recursos Cilmáticos de Cuba. Instituto Cubano del Libro. Academia de Ciencias de Cuba, 68 p.
- Delire, C., Ngomanda, A., and Jolly, D. (2008). Possible impacts of 21st century climate on vegetation in Central and West Africa, Global and Planetary Change, 64, 3-15.
- Delire, C., Ngomanda, A., and Jolly, D.: Possible impacts of 21st century climate on vegetation in Central and

West Africa, *Global and Planetary Change*, 64, 3-15, 2008.

Eldin, M., Rojas, O. (1993). A System of Agroclimatic Zoning to Evaluate Climatic Potential for Crop production. In : Cusak, D. F. (Ed.). *Agroclimatic Information for Development. Reviving the Green Revolution*. Boulder, Colorado (USA), Westview. pp. 83-91.

Eva, H., Ashard, F. (2007). Evaluar y resaltar los cambios en los bosques en los trópicos utilizando conjuntos de datos multiescala (Capítulo de libro). *Hacer que el desarrollo mundial funcione: alternativas científicas a la teoría económica neoclásica*. pp. 394-401

Faurby, O., Barahona. (1998). *Silvicultura de las especies maderables nativas del trópico seco de Nicaragua*. Nitlapn, UCA. Managua, Nicaragua. 131 pag.

Geiger, R. (1963). The Climate Near the Ground. *American Journal of Physics* 19(3).

Golley, F. and Bellot, J. (1999). *Rural Planning from an Environmental Systems Perspectives*. Springer Science+Business Media. New York.

- Gommes, R. 1999. Applications agrométéorologiques pour le petit exploitant agricole. Proc. of a workshop on La radio rurale et la diffusion des informations agrométéorologiques, Bamako, Mali, 18-22 May 1992. WMO and CTA, Geneva, 29-37.
- Gulinova, N. V. (1974). Métodos Agroclimáticos de Elaboración de las Observaciones. Guidrometeoizdat, Leningrado, 151 p.
- Herrera, M. (2000). Contribución metodológica a la zonificación agroclimática de la caña de azúcar: Caracterización agroclimática de las áreas cañeras de la provincia La Habana. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Agraria de la Habana.
- Herrera, M. and Gonzales, C. (2007) AgroClim: Un software para ciencia y la docencia. Premio Relevanteen Forum Provincial, Ciudad Habana, Cuba.
- Higmans, 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: 1965–1978.

IPCC (2014). WGII AR5 Summary for Policymakers. Climate Change. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. [Consultado 10 Noviembre 2017] Disponible en http://www.hko.gov.hk/climate_change/ed_package/doc/impacts_av.pdf

IPCC, I. P. (2007). Cambio Climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza.

IPCC-DDC (2013). Definition of Terms Used Within the Pages DDC.

Jansa Guardiola JM. (1983). Curso de Climatología. Editorial Instituto Nacional de Meteorología.

Kojima, M., Minoru, F., Yamamoto, H., Yoshida, M. Nakai, T. (2009). Effects of the lateral growth rate on wood quality parameters of *Eucalyptus grandis* from different latitudes in Brazil and Argentina. *Forest Ecology and Management* 257 (2009) 2175–2181.

Leuschner, W. (1990). Forest regulations, harvest scheduling and planning techniques. New York: Wiley-Interscience.

MAE. (2017). Tercera Comunicación Nacional del Ecuador sobre Cambio Climático. © Ministerio del Ambiente del Ecuador, mayo 2017. ISBN: 976-994-22-145-2

MAGAP, 2016. Agricultores de Santo Domingo de los Tsachilas recién incentivos forestales. <http://www.agricultura.gob.ec/?s=melina>: [Recuperado el 17/11/2018].

Mata, D. y Herrera, M. (2019). Evaluación del índice potencial productivo del cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L.). Aceptado para publicar en *Biotecnia. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud* <http://biotecnia.unison.mx>

McKnight, H. y Darrel, M. (2000). *Physical Geography: A Landscape Appreciation*. Capítulo Climate Zones and Types. Editor: Prentice Hall.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2013). Nuevos escenarios de emisión:RCPs. http://www.oscc.gob.es/es/general/salud_cambio_climatico/Nuevos_escenarios_emision_RCPs.htm.

Ministerio del Ambiente (2017) *Código Orgánico del Ambiente*, Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017. Quito

Mogrovejo Jaramillo, Pablo Renato (2017). Bosques y cambio climático en Ecuador: el regente forestal como actor clave en la mitigación del cambio climático. Quito, 116 p. Tesis (Maestría en Cambio Climático y Negociación Ambiental). Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. Área de Estudios Sociales y Globales.

Montes-Londoño, Irene. (2018). Integración de paisajes: agroforestería para la conservación de la biodiversidad y la soberanía alimentaria. Avances en Agroforestería (ADAG, volumen 12): pp 47-78.

Ngoma J., Braakhekke, M., Kruijt, B., Moors, E., Supit, I., Speer, J., VinyaR., Leemans, R. (2018). Response of Net Primary Productivity of Zambezi teak forests to climate change along a rainfall gradient in Zambia. Biogeosciences Discuss., <https://doi.org/10.5194/bg-2018-421> Manuscript under review for journal Biogeosciences Discussion started: 24 October.

Ngoma, J., Braakhekke, M., Kruijt, B., Moors, E., Supit, I., Speer, J., Vinya, R. & Leemans, R. (2018). Response of Net Primary Productivity of Zambezi teak forests to climate change along a rainfall gradient in Zambia. Biogeosciences Discuss.,

<https://doi.org/10.5194/bg-2018-421> Manuscript under review for journal Biogeosciences.

Pan, S., Dangal, S. R. S., Tao, B., Yang, J., and Tian, H. (2015). Recent patterns of terrestrial net primary production in Africa influenced by multiple environmental changes, *Ecosystem Health and Sustainability*, 1(5), 18.

Pan, S., Dangal, S. R. S., Tao, B., Yang, J., and Tian, H. (2015). Recent patterns of terrestrial net primary production in Africa influenced by multiple environmental changes, *Ecosystem Health and Sustainability*, 1(5), 18.

Rahman, M., Islam, M., Bräuning, A. (2018). Se proyecta que el crecimiento radial de los árboles disminuirá en los árboles de bosque húmedo del sur de Asia bajo el cambio climático. *Cambio global y planetario*, Volumen 170, Noviembre: Páginas 106-119.

Redín, M. (2016). Evaluación financiera y análisis de riesgo de un proyecto de inversión forestal desarrollado en el Ecuador. Tesis de Maestría en Finanzas y Gestión de Riesgos. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, Área de Gestión

- Rincón, E. (2009). Bosque de galería y ripario. Fichas de los patrones de las coberturas de la tierra de la Amazonia Colombiana. Bogotá D.C.
- Rojas, O. (1993). Algunas aplicaciones de la agrometeorología en la seguridad alimentaria. Documento de Trabajo. Serie Agrometeorológica, Número 5. FAO, Roma, Italia, 38 p.
- Salazar, L. F., and C. A. Nobre (2010), Climate change and thresholds of biome shifts in Amazonia, *Geophys. Res. Lett.*, 37, 1–5, doi:10.1029/2010GL043538.
- Sánchez, M. (2010). La deforestación contribuye a empeorar el calentamiento global. *Meteorología en Red. Cambio Climático*. <https://www.meteorologiaenred.com/la-deforestacion-contribuye-a-empeorar-el-calentamiento-global.html>
- SENPLADES. (2013). Plan Nacional para el Buen Vivir. 2013-2017. Quito. Secretaría Técnica Nacional de Planificación y Desarrollo.
- Wu, Z., Dijkstra, P., Koch, G. W., Peñuelas, J., and Hungate, B. A. (2011). Responses of terrestrial ecosystems to temperature and precipitation change: a meta-analysis of experimental manipulation, *Global Change Biol.*, 17, 927-942.

Wu, Z., Dijkstra, P., Koch, G. W., PeñUelas, J., and Hungate, B. A. (2011). Responses of terrestrial ecosystems to temperature and precipitation change: a meta-analysis of experimental manipulation, *Global Change Biol.*, 17, 927-942.

Zhang, J. , Nielsen, SE , Mao, L. , Chen, S. , Svenning, J.-C. (2016). Factores regionales e históricos complementan el clima actual en la configuración de la altura de la cubierta forestal mundial. *Revista de ecología.* 104 (2) , pp. 469-478.

Descubre tu próxima lectura

Si quieres formar parte de nuestra comunidad,
regístrate en <https://www.grupocompas.org/suscribirse>
y recibirás recomendaciones y capacitación



   @grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

compAs
Grupo de capacitación e investigación pedagógica



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

ISBN: 978-9942-33-485-5



@grupocompas.ec
compasacademico@icloud.com

compas
Grupo de capacitación e investigación pedagógica