UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE

Proyecto de investigación previo la obtención del Grado Académico de Magíster en Manejo Forestal Sostenible

TEMA

CONDICIONES HIDROTÉRMICAS RELEVANTES PARA LA ZONIFICACIÓN DE PLANTACIONES DE MELINA (*Gmelina arborea*) EN LA PROVINCIA LOS RÍOS.

AUTOR

ING. FÉLIX ROLANDO ARZUBE PLAZA

DIRECTORA

DRA. YARELYS FERRER SÁNCHEZ. PhD

QUEVEDO – ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN MANEJO FORESTAL SOSTENIBLE

Proyecto de investigación previo la obtención del Grado Académico de Magíster en Manejo Forestal Sostenible

TEMA

CONDICIONES HIDROTÉRMICAS RELEVANTES PARA LA ZONIFICACIÓN DE PLANTACIONES DE MELINA (*Gmelina arborea*) EN LA PROVINCIA LOS RÍOS.

AUTOR

ING. FÉLIX ROLANDO ARZUBE PLAZA

DIRECTORA

DRA. YARELYS FERRER SÁNCHEZ. PhD

QUEVEDO – ECUADOR

2019

CERTIFICACIÓN

La Dra. Yarelys Ferrer Sánchez. PhD., en calidad de Directora del proyecto de investigación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en Manejo Forestal Sostenible.

CERTIFICA:

Que el ING. FÉLIX ROLANDO ARZUBE PLAZA, autor del proyecto de investigación titulado **"CONDICIONES HIDROTÉRMICAS RELEVANTES PARA LA ZONIFICACIÓN DE PLANTACIONES DE MELINA (*Gmelina arborea*) EN LA PROVINCIA LOS RÍOS"** ha sido revisado en todos sus componentes, el mismo que está apto para la presentación y sustentación formal ante el tribunal respectivo.

Quevedo, Agosto del 2019

DRA. YARELYS FERRER SÁNCHEZ PhD.
DIRECTORA

AUTORÍA

Los criterios, resultados, análisis, conclusiones y recomendaciones expuestas en el presente trabajo de investigación son de total y exclusiva responsabilidad del autor.

_____

ING. FÉLIX ROLANDO ARZUBE PLAZA

DEDICATORIA

A mis padres:

Inés María

Por su apoyo incondicional y absoluto durante mi formación profesional.

Félix Olmedo

A mis hermanas:

Por mostrarme siempre el camino hacia la superación.

Maribel, Verónica y María Cristina

A mi familia:

Xiomara

Por brindarme siempre el apoyo y la fuerza emocional durante el desarrollo de la investigación.

Joel

Rolando

Romina

Renata

A mis amigos de clases:

Por estar siempre atentos y dispuestos a apoyarnos en esta formación académica.

Carlos, Gary, Henry, Yonny, Jorge, Ricardo

AGRADECIMIENTOS

Los tiempos de Dios son perfectos, frase celebre en la familia. Agradecido con Dios por darme esta oportunidad de seguir triunfando en la vida y en la formación académica.

Un agradecimiento especial a la Dr. Yarelys Ferrer Sánchez PhD. por el trabajo tutorial realizado durante el proceso de la investigación.

A la Unidad de Postgrado de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, docentes de los diferentes módulos y personal administrativo por su dedicación y entereza durante el desarrollo de la maestría de Manejo Forestal Sostenible.

Gracias a la Ing. Carmen Parraga Padilla, por estar siempre sonriente y dispuesta a ayudar en cada tema solicitado en la Unidad de Postgrado, Usted hace la diferencia.

PRÓLOGO

Conocer el entorno físico en el que crecen y se desarrollan las especies biológicas siempre ha sido un objetivo para aquellos que se encargan de su manejo. La correspondencia entre las diferentes etapas de desarrollo y las condiciones imperantes son determinantes para alcanzar buenos resultados. La Agroclimatología es la parte de la Climatología que estudia las relaciones cultivo – ambiente y constituye una importante fuente de información para la planificación de la agrotecnia en general, lo que comprende desde la fecha de siembra hasta la cosecha e incluye la manifestación de los períodos críticos, probabilidad de riesgos, aparición de plagas y la programación de tareas para potenciar las condiciones beneficiosas y eliminar las perjudiciales.

Para lograr un desarrollo adecuado de las áreas forestales se requiere del conocimiento de las condiciones climáticas y de los requerimientos que cada especie exige del clima, de manera que se pueda lograr la coherencia agroclimática necesaria que garantice el uso eficiente de los servicios ambientales. La utilización directa de estos servicios, sin la modificación antropogénica es parte de las acciones que se realizan para alcanzar la sostenibilidad en el sector forestal. Se reducen los costos ambientales y las inversiones, determinante para alcanzar la sostenibilidad y la elevación de la eficiencia económica.

En la provincia Los Ríos la producción de Melina (*Gmelina arborea*) alcanza volúmenes importantes, por lo que existe una gran cantidad de territorio involucrado en esta producción, es así que se vuelve un elemento de alta prioridad observar todas aquellas acciones que viabilicen la conservación del medio ambiente. Los estudios agroclimáticos de la Melina dirigidos al reconocimiento de las interacciones entre el clima y la especie resulta una operación que garantiza un accionar sostenible.

La determinación del comportamiento del abastecimiento hídrico y térmico en relación con los requerimientos agroclimáticos de la Melina, su comportamiento espacial y temporal, sus niveles de probabilidad y la evaluación de los riesgos que se presenta en la investigación **“CONDICIONES HIDROTÉRMICAS RELEVANTES PARA LA ZONIFICACIÓN**

DE PLANTACIONES DE MELINA (*Gmelina arborea*) EN LA PROVINCIA LOS RÍOS" constituye una actualización del inventario climático que se encuentra bajo condiciones de altas modificaciones de los escenarios y sus implicaciones sobre las áreas forestales. Estos resultados serán de una gran utilidad para desarrollar un esquema de manejo que responda a estas modificaciones en el marco de un desarrollo sostenible.

DR. MARIO HERRERA SOLER PhD.
AGROCLIMATÓLOGO Y AGROECÓLOGO

RESUMEN EJECUTIVO

Las condiciones agroclimáticas han sido modificadas en los años recientes, lo que puede ser atribuido a la intensificación del efecto de invernadero y sus consecuencias sobre el cambio climático, estas condiciones tienen una influencia significativa sobre el crecimiento y desarrollo de las plantaciones forestales. La reducción de la producción maderera, el ataque de plagas y la manifestación de sequías son entre otras las consecuencias de estas modificaciones. Esta investigación evalúa las condiciones hidrotérmicas en la provincia Los Ríos relacionadas con la Melina (*Gmelina arborea*) a través de los requerimientos agroclimáticos (temperatura del aire y las precipitaciones) de esta especie. La provincia Los Ríos presenta condiciones favorables o moderadamente favorables, con ausencia de condiciones desfavorables, tanto para las precipitaciones, como para las temperaturas. Los eventos de sequía y de sobre humedecimiento tienen una mínima probabilidad de ocurrencia por los resultados de los percentiles 25 y 75%, respectivamente. Aunque con algunas heterogeneidades, la provincia presenta condiciones idóneas para el desarrollo de las plantaciones de Melina.

Palabra clave: **condiciones agroclimáticas, zonificación, forestal**.

ABSTRACT

Agroclimatic conditions have been modified in recent years, which can be attributed to the intensification of the greenhouse effect and its consequences on climate change, these conditions have a significant influence on the growth and development of forest plantations. The reduction of wood production, the attack of plagues and the manifestation of droughts are among others the consequences of these modifications. This research evaluates the hydrothermal conditions in the Los Ríos province related to Melina (Gmelina arborea) through the agroclimatic requirements (air temperature and rainfall) of this species. Los Ríos province has favorable or moderately favorable conditions, with no unfavorable conditions, both for rainfall and for temperatures. Drought and humidification events have a minimal probability of occurrence due to the results of the 25th and 75% percentiles, respectively. Although with some heterogeneities, the province presents ideal conditions for the development of Melina plantations.

Key words: **agroclimatic conditions, zoning, forestry.**

ÍNDICE DE CONTENIDO

Página.

PORTADA……. i

HOJA EN BLANCO …… ii

COPIA DE LA PORTADA ……..... iii

CERTIFICACIÓN …… iv

AUTORÍA …… v

DEDICATORIA……. vi

AGRADECIMIENTO ……. vii

PROLOGO……. viii

RESUMEN EJECUTIVO ……..... x

ABSTRACT ……..... xi

ÍNDICE DE CONTENIDOS ……. xii

ÍNDICE DE TABLAS…….. xiv

ÍNDICE DE FIGURAS ...…….. xv

INTRODUCCIÓN ……. xvi

CAPITULO I MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN…… 1

1.1 Ubicación y Contextualización de la Problemática …….. 2

1.2 Situación Actual de la Problemática …….. 5

1.3 Problema de Investigación …….. 7

1.3.1 Problemas general ……... 7

1.3.2 Problemas derivados …… 7

1.4 Delimitación del Problema ……... 7

1.5 Objetivos ……... 8

1.5.1 Objetivo General ……... 8

1.5.2 Objetivos Específicos …….. 8

1.6 Justificación ……..... 8

CAPITULO II MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN……..…... 10

2.1 Ubicación y Contextualización de la Problemática …… 11
2.2 Situación Actual de la Problemática …… 16
2.3 Problema de Investigación …… 21

CAPITULO III METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN ……. 22

3.1 Tipo de Investigación……..……..…… 23
3.2 Métodos utilizados en la investigación …… 23
3.3 Población y Muestra …… 25
3.4 Fuentes de Recopilación de Información…….**....** 25
3.4.1 Técnicas de investigación…… 25
3.5 Instrumentos de la investigación……..... 25
3.6 Procesamiento y análisis de información…… 26
3.7 Elaboración del Marco Teórico…… 27

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN……...…..…… 28

4.1 Caracterización de la suma de precipitaciones en la provincia Los Ríos y su relación con los requerimientos de *Gmelina arborea* (Melina)…… 29
4.1.1 Comportamiento de la suma de precipitaciones anuales para el percentil 25 y 75……. 36
4.2 Caracterización de las temperaturas medias en la provincia Los Ríos y su relación con los requerimientos de la *Gmelina arborea* (Melina)…….. 37

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES…….**..** 40

5.1 CONCLUSIONES……..……..…… 41
5.2 RECOMENDACIONES ……. 42

BIBLIOGRAFÍA ……..……..……..**..** 43

ANEXOS ……..……..……..…….. 50

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

Tabla 1 Valores de la suma de precipitaciones anual en la provincia Los Ríos categorizadas por sectores: Norte; Central y Sur…….. 30

Tabla 2 Valores de la suma de precipitaciones mensual en la provincia Los Ríos categorizadas por sectores: Norte; Central y Sur……..……. 30

Tabla 3 Rangos de favorabilidad de la suma de precipitaciones anuales para Gmelina arborea (Melina)…….. 30

Tabla 4 Rangos de sumas de precipitaciones mensuales de acuerdo a las condiciones de favorabilidad para la Gmelina arborea (Melina)…. 32

Tabla 5 Condiciones de favorabilidad de la temperatura media para Gmelina arborea (Melina)…… 38

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1	Ubicación de la zona de estudio de la provincia Los Ríos……..	5
Figura 2	Comportamiento de la suma de temperaturas anuales y mensuales en la provincia Los Ríos…….	29
Figura 3	Sumas de precipitaciones anual por cantón en la provincia Los Ríos y evaluación de sus condiciones de favorabilidad en relación con los requerimientos de la Gmelina arborea (Melina)……	32
Figura 4	Sumas de precipitaciones mensual por cantón en la provincia Los Ríos y evaluación de sus condiciones de favorabilidad en relación con los requerimientos de la Gmelina arborea (Melina)…….	33
Figura 5	Caracterización de las condiciones de favorabilidad de la suma de precipitaciones anuales para Gmelina arborea (Melina)……	34
Figura 6	Caracterización de las condiciones de favorabilidad de la suma de precipitaciones mensuales para la Gmelina arborea (Melina)…..	35
Figura 7	Comportamiento de la suma de precipitaciones anuales para el los percentiles 25 y 75% en la provincia Los Ríos…….	36
Figura 8	Comportamiento de la temperatura media por sector en la provincia Los Ríos……..	37
Figura 9	Temperatura promedio mensual por cantón en la provincia Los Ríos y evaluación de sus condiciones de favorabilidad en relación con los requerimientos de Gmelina arborea (Melina)……..	38
Figura 10	Caracterización de las condiciones de favorabilidad de la suma de precipitaciones mensuales para la Gmelina arborea (Melina)…..	39

Figura 11 Evaluación de las condiciones hidrotérmicas Favorables y Moderadamente Favorables para la Gmelina arbórea…….. 45

INTRODUCCIÓN

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. Hay múltiples evidencias de la presencia del cambio climático (IPCC, 2014), lo que podría eliminarse o mitigarse a través de estudios agroclimáticos (Cinitzina, 1973).

Ha sido reportado que las modificaciones en el clima han afectado al crecimiento y desarrollo de las plantaciones forestales alrededor del mundo, y se predice que tales impactos se intensificarán en el futuro en los trópicos. Es por lo tanto de mucha importancia estudiar las condiciones climáticas y su relación con los requerimientos de las plantaciones forestales para poder realizar el ordenamiento ecológico necesario (Rahman et al., 2018).

En las plantaciones forestales ecuatorianas se está manifestando una deforestación sistemática que está estrechamente relacionada con la colonización agrícola, la expansión de la ganadería y el descontrol desmedido del aprovechamiento forestal, que va desde la tala excesiva hasta el desarrollo de plantaciones forestales en zonas climáticas no favorables.

La programación del uso del suelo y el uso de los recursos naturales es importante para conservar la coherencia ecológica organismo – ambiente, que es la garantía de utilizar sosteniblemente los servicios ambientales y obtener producciones con la preservación ambiental necesaria.

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 todos los procesos de producción local. Unido a esta estrategia se debe considerar las condiciones climáticas, que relacionadas con

las condiciones de los cultivos se especializa en la agroclimatología, herramienta determinante para alcanzar la eficiencia productiva de modo sostenible.

El objetivo de esta investigación fue determinar las condiciones hidrotérmicas de la provincia de Los Ríos relacionada con los requerimientos agroclimáticos de la Melina (*Gmelina arborea*). Los resultados podrán mostrar las áreas y períodos favorables para esta especie y brindar el marco para llevar a cabo un manejo eficiente.

El proyecto de investigación cuenta con cinco capítulos: el primer capítulo denominado Marco conceptual de la investigación en que presentan el problema, los objetivos y la justificación de la tesis. Un segundo capítulo Marco teórico de la investigación dedicado a presentar la fundamentación conceptual, teórica y legal que sustenta esta investigación. Se hace énfasis en aquellos conceptos que se relacionan con la pesquisa en cuestión. Un tercer capítulo Metodología de la investigación que muestra los procedimientos metodológicos utilizados para el desarrollo de la tesis. Se enfatiza en las herramientas de informática que se aplican para obtener analizar la información y obtener los resultados. Un cuarto capítulo Resultados y discusión en que se presentan mapas y gráficos para mostrar las áreas afectadas por las condiciones agroclimáticas y su coherencia con los requerimientos de la especie forestal. Un capítulo final Conclusiones y Recomendaciones, en que se hace hincapié en las áreas favorecidas o no en función de su similitud con los requerimientos de la Melina.

CAPÍTULO I.

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El sector económico que presenta mayor vulnerabilidad ante las anomalías del clima es el agropecuario, pues más del 90% de sus acciones se desarrollan a cielo abierto. Lo anterior se traduce en disminución de la producción agrícola, impactos sobre la calidad de la producción y alteración de los niveles económicos de la población dependiente de este sector. Es urgente encontrar las medidas necesarias que integren un accionar de reducción de los riesgos climáticos unido a un manejo sostenible del medio ambiente. Un alto porcentaje de los suelos se encuentran erosionados o están en un nivel determinado de erosión, por las condiciones climáticas peligrosas; grandes extensiones de tierra son manejadas con tecnologías de la "Revolución Verde" a espaldas de las condiciones agrometeorológicas imperantes; y las pérdidas agrícolas ante los eventos extremos alcanzan cifras millonarias en la actualidad. En general se tiene que el manejo agroecológico se dirige más a las acciones relacionadas con la contaminación del entorno, la erosión de los suelos o el uso de insumos que a los riesgos devenidos del clima.

La producción agrícola se desarrolla en el ambiente físico y a expensas de sus desviaciones y anomalías, las que se producen con mayor frecuencia con la influencia del cambio que se viene operando en el clima. 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, hiendo 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).

Ha ido aumentando la frecuencia con que los sistemas agroproductivos han tenido que enfrentarse con eventos extremos para desarrollar sus acciones. Estos eventos pueden

provocar destrucciones masivas de la infraestructura, cultivos, ganado, y la pérdida de vidas humanas (Gommes, 1999a y Gommes, 1999b). 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. La presencia de este fenómeno puede provocar desastres como la manifestación de incendios forestales (Cardil, 2015).

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. Se investigó las respuestas del crecimiento radial de los árboles a los cambios climáticos regionales en los bosques tropicales húmedos. Se seleccionaron tres especies en función de sus distintos límites de anillos de crecimiento y su amplia distribución alrededor de los trópicos. Primero, se simuló las respuestas de crecimiento al clima durante los últimos 66 años (1950–2015) en función de las relaciones entre el clima y el crecimiento. A continuación, se proyectó el crecimiento de árboles hasta el final del siglo actual (2016–2100) bajo diferentes escenarios de cambio climático (Rutas de concentración representativa, RCP). Las tres especies produjeron cronologías de índice de ancho de anillo estadísticamente robustas que cubren el siglo actual y el siglo pasado. El análisis del crecimiento climático reveló que la temperatura (mensual, anual y estacional) afectó significativamente negativamente el crecimiento radial de los árboles en las tres especies. La precipitación antes de la actual estación de crecimiento y el año actual después de la precipitación influyeron positivamente en el crecimiento radial. El crecimiento radial de los árboles también se vio afectado por anomalías de la temperatura (Rahman et al., 2018).

Si no se tienen en consideración las condiciones meteorológicas, entonces se está a expensas de lo que ocurre cada día y se estaría desprovisto de cualquier plan o estrategia ante estos fenómenos. Estas condiciones pueden provocar eventos de sequía, con efectos perjudiciales para la Melina (Gmelina arbórea). Los factores que influyen en los sistemas de producción

agrícola como las condiciones agroclimáticas (distribución y cantidades de lluvias, fertilidad del suelo, drenaje del suelo, pendiente, microclima, entre otros), tenencia de la tierra, secuencia de cultivos y prácticas de cultivo, deben ser suficientemente conocidos. En los trópicos, los diferentes sistemas de producción agrícola y ganadería predominantes en cada región ecológica están estrictamente relacionados con el clima, el tipo de suelo y la presión social sobre la tierra (De las Salas, 1990).

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).

La Melina *(Gmelina arborea)* es una especie de importancia forestal debido a su adaptabilidad a diferentes ambientes tropicales, su rápido crecimiento y su alta calidad de madera para múltiples usos. Si bien la especie prospera en las tierras bajas tanto húmedas como secas, es en éstas donde la disponibilidad hídrica constituye la principal limitante para la producción (Rojas et al., 2012).

Las experiencias adquiridas en todo este tiempo en Meteorología Agrícola, han permitido validar toda una gama de instrumentos metodológicos y herramientas científicas que, de ser aplicadas en el ámbito nacional de manera sistemática, elevarían la eficiencia en la gestión de los sistemas agrarios.

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 al nivel global.

La investigación se llevó a cabo en la provincia Los Ríos (Fig. 1), Ecuador que ocupa un territorio de unos 6254 km2, lo que incluye las ciudades de Quevedo, Valencia, Buena Fe y otras.

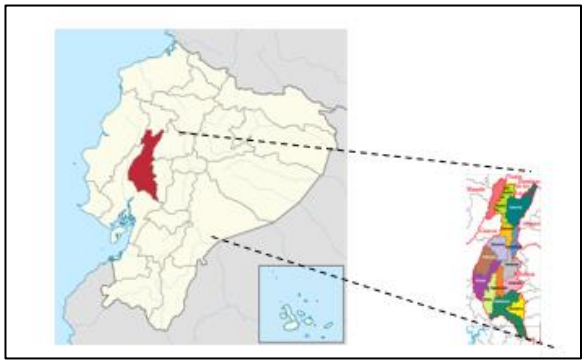


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio de la provincia Los Ríos.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

Estudios recientes sobre el estado de las condiciones agroclimáticas de las áreas boscosas en la provincia de Los Ríos no se han llevado a cabo, por lo que existe una alta desinformación sobre la coherencia ecológica existente entre los requerimientos de las especies boscosas y las condiciones climáticas, lo que es una de las causas del impacto que han recibido las áreas boscosas. El monitoreo necesario de las condiciones agroclimáticas y su comparación sistemática con los requerimientos de las áreas boscosas no se desarrolla de forma adecuada. 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). A su vez el cambio climático con el aumento de las temperaturas determina que las especies que habitan en los lugares fríos se vayan extinguiendo, mientras las que existen en condiciones de mayor temperatura migran hacia lugares más fríos, fenómeno que ha recibido el nombre de termofiliación (Joshi, 2015).

Las condiciones bajo las cuales se ha desarrollado la producción de las plantaciones forestales, de forma general, data de un largo período de tiempo, donde se han obtenido producciones aceptables. Esas condiciones han ido cambiando, haciéndose más intensos con la crisis

resultante del cambio climático, lo que se agrava con la deforestación que ocurre en las propias 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 entorno natural.

A partir de los planteamientos anteriores se presenta el siguiente árbol de problemas:

Del esquema anterior se puede concluir lo siguiente:

El sistema de producción de la Melina (*Gmelina arborea*) 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.

1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.2 Problema general

¿Sera que la ausencia de una gestión agrometeorológica adecuada determina el aumento de la vulnerabilidad ante las anomalías que se presentan en las condiciones del tiempo y la reducción de la producción de las áreas forestales?

1.3.2 Problemas derivados

¿Cuál es el comportamiento de las condiciones de la temperatura del aire en relación con los requerimientos de la Melina en la provincia Los Ríos?

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

1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El presente trabajo de investigación se estableció dentro de los siguientes límites:

CAMPO: CIENCIAS FORESTALES
ÁREA : AGROCLIMATOLOGÍA
ASPECTO: CONDICIONES HIDROTÉRMICAS RELEVANTES PARA LA ZONIFICACIÓN DE PLANTACIONES DE MELINA (*Gmelina arborea*) EN LA PROVINCIA LOS RÍOS

SECTOR: CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE LA MELINA
DÓNDE: PROVINCIA LOS RÍOS
CUANDO: PERIODO DE 30 AÑOS (1988-2018)

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

- Evaluar las condiciones hidrotérmicas relevantes para la zonificación de las plantaciones de *Gmelina arborea* en la provincia Los Ríos.

1.5.2 Objetivos específicos

- Evaluar las condiciones térmicas en relación con los requerimientos de la *Gmelina arborea* (Melina) en la provincia Los Ríos en un período de 30 años.
- Establecer las condiciones hídricas en relación con los requerimientos de la *Gmelina arborea* (Melina) en la provincia Los Ríos en un período de 30 años.
- Estructurar el esquema de manejo de la *Gmelina arborea*, en función de las condiciones agroclimáticas por cantón de la provincia Los Ríos.

1.6 JUSTIFICACIÓN

Para el Ministerio del Ambiente, asegurar que los recursos forestales del país se manejen de forma sustentable es un tema de prioridad nacional. En este sentido, el 28 de diciembre del

año 2005 se emitió el Decreto Ejecutivo Nº 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. Este 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).

La planificación del ordenamiento rural sobre bases ecológicas es fundamental para la conservación y protección del patrimonio natural. El mapeo de los recursos naturales de los entornos que serán intervenidos para su explotación 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 (Golley y Bellot, 1999).

Los estudios de vulnerabilidad y adaptación en la agricultura deben estar centrados en una primera etapa al análisis de los posibles impactos en los sistemas productivos, identificando a partir de estos estudios las regiones más vulnerables. Este análisis puede partir del 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.

El mejor conocimiento del agroclima posibilitaría, junto a otras tareas, contribuir a la optimización del manejo fitotécnico adecuado al contar con la selección de la alternativa más adecuada a las condiciones agroclimáticas de cada región, asegurando la racionalización de los recursos del entorno.

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 agrícola (Herrera, 2000).

El desarrollo de una caracterización agroclimática de la Melina (*Gmelina arborea*) permitiría reconocer el comportamiento del sistema suelo – planta – clima, su posible coherencia y las acciones para optimizar el funcionamiento del sistema respecto a la sincronía entre las condiciones climáticas y los requerimientos del cultivo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACION

2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

2.1.1 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 (Carrera, 2014).

2.1.2 Hidrotérmicos

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.

2.1.3 Clima

Son las condiciones promedios 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 proporción de tierras y mares y de la continentalidad.

2.1.4 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.

2.1.5 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.

2.1.6 Condiciones agroclimáticas

Estas condiciones se establecen estadísticamente para una serie de años que debe tener como mínimo 30 años, aunque en el caso que nos 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.

2.1.7 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.

2.1.8 Características generales de *Gmelina arborea*

La Melina es una especie exótica que tiene características que la favorecen como su rápido crecimiento y sus bellos veteados, lo que la hace idónea como planta ornamental. Cuenta con una mediana resistencia y con aptitud para la construcción. Por todas estas peculiaridades ingresó en Ecuador para apoyar la producción de madera en la industria, ebanistería y sectores de la construcción. Se considera un árbol con características óptimas para la producción de pulpa y papel, además de producir un follaje que es apreciado por el ganado y su corteza, raíces y frutos presenta propiedades medicinales y es una excelente especie melífera. Es mejoradora del suelo por su alto aporte de materia orgánica y está dotada de una alta capacidad de rebrote, lo que facilita obtener cosechas adicionales de un mismo árbol. Estas particularidades la dotan con buenas condiciones para el fomento de sistemas agroforestales y la sitúan en un lugar preferente en comparación con otras especies nativas (MAGAP, 2018; Rojas, 2004).

2.1.9 Nomenclatura de la especie

Nombre científico: (*Gmelina arborea Roxb*) Familia: Verbenaceae Sinónimos: *Gmelina arborea Linn* Nombres comunes: En América tropical se conoce como melina, en Indonesia se le conoce como yemaney en la India gamari o gumadi. Otros nombres son gemelina, gmelina, gumhar, kashmir, tree, malay beachwood, snapdragon, teca blanca (MAGAP, 2018).

2.1.10 Ecología y distribución de la especie

Originario del Asia, en especial de la India en el Sub Himalaya, esporádicamente encontrándose en el Oeste y Sur de la India, se ha difundido a países del cinturón tropical, es un árbol razonablemente fuerte para su peso. Se cultiva en zonas de vida de bosque húmedo y muy húmedo de la región tropical; como también en bosque húmedo montano bajo de la región subtropical (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Colombia, 2016).

2.1.11 Distribución natural

En su área de distribución natural se desarrolla en hábitat que varían desde húmedos hasta secos. Se encuentra en forma natural principalmente en las selvas mixtas de Birmania, asociado a *Tectona grandis*, *Terminalia tomentosa*, varias especies de latifoliadas y bambúes. Su máximo desarrollo lo alcanza en los bosques más húmedos de Birmania, sobre todo en valles húmedos y fértiles, en estas condiciones puede crecer hasta los 1 200 m de altitud (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Colombia, 2016; Rojas, 2004).

2.1.12 Introducción de melina en países tropicales

La especie ha sido introducida en muchos países tropicales incluyendo Filipinas, Malasia, Gambia, Costa Rica, Burkina Faso, Costa de Marfil, Nigeria y Malawi, África; también es común encontrarla en Cuba, Colombia, Ecuador, Brasil, Venezuela, Guatemala y en la zona tropical de México (Rojas, 2012).

2.1.13 Distribución geográfica e importancia de la especie para el país.

La Melina se encuentra distribuida en las zonas tropicales del país, establecida en las Provincias de Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Noroccidente de Pichincha, Los

Ríos, parte de las provincias del Guayas, el Oro, y ciertas provincias amazónicas, concentrándose en ellas la mayor cantidad de superficie plantada con esta especie. En el Ecuador con la creación de los incentivos para establecer plantaciones forestales de interés comercial, se la considera a la melina como una especie importante para este tipo de programa, por atribuir diferentes ventajas que presta, es decir por su rápido crecimiento y los diferentes usos que se le otorgan (MAGAP, 2018).

2.1.14 Condiciones agroclimáticas.

Estas condiciones se establecen estadísticamente para una serie de años que debe tener como mínimo 30 años, aunque en el caso que nos 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.

2.1.15 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.

2.1.16. Zonificación.

Es la acción de identificar las similitudes y diferencias que caracterizan a una región en relación con una característica física, química o biológica. La zonificación climática se realiza en función de una o varias variables climáticas.

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Aspectos generales.

Para garantizar la coherencia ecológica, garantía de la sincronía entre la manifestación de las condiciones climáticas y los requerimientos de los cultivos, que asegura producciones estables y la sostenibilidad necesaria, es preciso el desarrollo de investigaciones agroclimáticas de las variables fundamentales para el crecimiento y desarrollo de los cultivos que delimiten los rangos y umbrales climáticos en los cuales los cultivos se pueden desarrollar espacialmente (Herrera, 2000).

Está probado que las condiciones climáticas están sujetas a cambios (IPCC, 2014), lo que ha sido probado por las múltiples condiciones anómalas que se han manifestado en muchas regiones del mundo, además de que es meritorio conceder un espacio a la variabilidad climática que se ha acentuado en las últimas décadas, por lo que el estudio probabilístico de las condiciones hidrotérmicas garantizaría la reducción del riesgo de los sistemas de producción en las empresas forestales. El cultivo de la Melina, en la provincia Los Ríos, se encuentra muy extendido representando una fuente principal de sustento económico, además, su importancia para la economía del país es esencial, ya que genera una importante fuente de trabajo.

La optimización del sistema suelo – planta – atmósfera a través de la caracterización de las condiciones hidrotérmicas aseguraría la coherencia ecológica del sistema de producción de la

Melina permitiendo reconocer las oportunidades y amenazas para el desarrollo de una producción sostenible.

La producción de Melina en el Ecuador está priorizada en la región tropical y subtropical de la costa por la Subsecretaría de Producción Forestal del MAGAP (SPF). Se está trabajando en la introducción de la especie con los agricultores de la zona y en los productores de madera en la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas (MAGAP, 2015). 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, entre ellas la G. arbórea.

Esta especie presenta un gran potencial para la industria, por tanto se hace indispensable aplicar principios básicos de manejo forestal, con el objetivo de aumentar la productividad y la adaptabilidad de esta especie introducida, así como la conservación a largo plazo de su diversidad genética (Mesen, 2001).

Entre los riesgos naturales que tienen que enfrentar las plantaciones forestales están los siguientes: riesgos biológicos (enfermedades, y plagas) y los riesgos físicos y catastróficos (tormentas, incendios). Los cuales pueden ser mitigados seleccionando las especies, realizando actividades de mejoramiento genético, adecuados raleos y matafuegos (Redín, 2016). En la propuesta de este trabajo no se contemplan los estudios agroclimáticos dirigidos a potenciar el manejo de las áreas forestales, que parten desde su ubicación, hasta la gestión de las plagas y el abastecimiento hídrico, cuando estas lo requieren.

En el Ecuador considerando que existe un gran potencial para el sector forestal se busca incentivar la producción de madera, 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). Lo anterior

está en directa sintonía con ubicar lugares donde las condiciones climáticas coincidan con los requerimientos de las especies forestales que se pretenden fomentar.

La agrometeorología moderna hace uso de las herramientas tecnológicas y metodológicas que permiten un mejor acceso a las interrelaciones en el sistema suelo – planta – atmósfera. La aplicación de sistemas de información geográfica que refleja el comportamiento espacial de las condiciones agroclimáticas en cada región; 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 (Gommes, 1992). Estas herramientas se emplean en elevar la eficiencia del manejo de los cultivos en general, lo que es aplicable a las áreas forestales. En proyectos forestales, un factor de importancia a considera es el referido a la factibilidad ambiental del mismo, en la que se busca realizar un análisis al impacto ambiental que ocasionaría la implementación de la plantación. Es importante minimizar cualquier efecto que se podría ver como negativo tanto por los organismos de control como por la sociedad en general y las comunidades aledañas (Redín, 2016).

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. En estudios sobre la influencia del clima sobre algunos parámetros de calidad de la madera del Eucalipto (*Eucalyptus grandis*) se concluyó que el valor absoluto de la Deformación Lateral Liberada es más baja y la Tasa de Crecimiento Lateral y la Densidad del Xilema son más altas mientras más cercana a la zona ecuatorial. También se encontró 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).

Los seguros agropecuarios actúan como un amortiguador de las pérdidas causadas por los eventos extremos, de sequías o inundaciones, que causan daños a la economía agrícola. Los mismos eventos extremos que se manifiestan en los países en desarrollo sufren más estas condiciones que en los países desarrollados, por carecer de la salvaguarda de un seguro (Mata

y Herrera, 2019). Es en estos casos donde la herramienta agrometeorológica juega un papel relevante en proteger el erario agrícola de las inclemencias del clima.

Durante varios años ha habido una creciente preocupación en la comunidad científica sobre los rápidos cambios en los ecosistemas de bosques tropicales. Las posibles consecuencias de estos cambios son los que se derivan respecto a los presupuestos de carbono y el cambio climático (Eva y Ashard, 2007).

El clima es un recurso natural que determina la productividad de los ecosistemas en general y de las plantaciones forestales en particular. En estudios sobre la altura máxima del dosel de las plantaciones forestales al nivel global se encontró 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 (Zhang et al., 2016). El estudio confirma que la altura del dosel de las plantaciones forestales está fuertemente controlada por el clima actual, aunque con un importante papel complementario de la influencia del manejo de las diferentes culturas.

Aunque las fuentes fluviales de la Amazonía parecen invulnerables, hay trabajos que muestran evidencias del frágil equilibrio hidrológico en su sección occidental. 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 (Maeda et al., 2015). No cabe dudas, que el monitoreo sistemático de las condiciones climáticas en las áreas forestales será necesario para poder tomar decisiones efectivas sobre el devenir de este sector en el futuro.

Algunos modelos indican que el cambio del clima puede llevar a un aumento en la frecuencia de sequías en el Amazonas (Cox et al., 2008), con el potencial de desencadenar cambios en el bioma (léase plantaciones forestales, bosques naturales) a gran escala (Salazar y Nobre, 2010), aunque en la actualidad hay poca evidencia observacional de la hidrología en los procesos y respuestas de la vegetación enfrentando estos cambios (Maeda et al., 2015).

El comportamiento de la evapotranspiración en la región ecuatoriana también es de gran interés, pues si las precipitaciones garantizan la humedad del suelo, si la evapotranspiración aumenta, entonces esto podrá revertir cualquier resultado positivo. En estudios sobre el comportamiento de la evapotranspiración se muestra una fuerte estacionalidad en ET para estaciones cercanas al ecuador (2 ° -3 ° S), con ET que aumenta durante la estación seca (junio-septiembre) y disminuye durante la estación húmeda (diciembre-marzo), ambos correlacionados (0,75 a 0,94) y en fase con el ciclo anual de radiación neta. En las estaciones ubicadas más al sur (9 ° -11 ° S) no se pudo identificar una estacionalidad clara ni en la radiación neta ni en la ET. Para estas estaciones más al sur, la radiación neta y la ET aún están correlacionadas (0.76-0.92) en la estación húmeda, pero las correlaciones disminuyen en la estación seca (0-0.71), que probablemente esté asociada con el estrés hídrico.

Cada uno de estos estudios, con sus respectivos aportes, podrá enriquecer el acervo científico de los decisores para llevar a cabo un manejo racional y sostenible de las plantaciones forestales.

2.2.2 Descripción morfológica de la especie.

La Melina es una especie de rápido crecimiento, oportunista en los bosques húmedos y se clasifica como una pionera de vida larga. Su capacidad de rebrote es excelente y los brotes

presentan un crecimiento rápido y vigoroso. Es caducifolia, en las zonas secas, puede llegar a medir 30 m de altura y presentar más de 80 cm de diámetro. Crece usualmente con un fuste limpio de 6 hasta 9 m y con una copa cónica (Rojas, 2012).

Copa: presenta una copa amplia en sitios abiertos, pero en plantación su copa es densa y compacta.

Corteza: lisa o escamosa, de color marrón pálida a grisácea, en árboles de 6 a 8 años de edad se exfolia en la parte engrosada de la base del tronco y aparece una nueva corteza, de color más pálido y lisa (MAGAP, 20118).

Raíz: presenta un sistema radical profundo, aunque puede ser superficial en suelos con capas endurecidas u otros limitantes de profundidad. Fuste: tiene un fuste marcadamente cónico, por lo regular de 50-80 cm de diámetro, en ocasiones hasta de 143 cm, sin contrafuertes pero en ocasiones engrosado en la base (Rojas, 2012)

Hojas: grandes (10-20 cm de largo), simples, opuestas, enteras, dentadas, usualmente más o menos acorazonadas, de 10-25 cm de largo y 5-18 cm de ancho, decoloradas, el haz verde y glabra, el envés verde pálido y aterciopelado, nerviación reticulada, con nervios secundarios entre 3 y 6 pares y estípulas ausentes. Usualmente la especie se defolia durante los meses de enero o febrero en casi todas las regiones donde se cultiva. Las hojas nuevas se producen en marzo o a principios de abril.

Flores: numerosas, amarillo-anaranjadas, en racimos, monoicas perfectas, cuya inflorescencia es un racimo o panícula cimosa terminal, cáliz tubular, corola con 4-5 sépalos soldados a la base del ovario, de color amarillo brillante, cáliz de 2,5 cm de largo y 4 estambres (Rojas, 2004).

Frutos: es un fruto carnoso tipo drupa, de forma ovoide u oblonga, carnoso, suculento, con el pericarpio coriáceo y endocarpio óseo, de color verde lustroso, tornándose amarillo brillante al madurar, momento en que caen al suelo, lo que facilita su recolección. Para producir un kg de semilla de melina se necesita aproximadamente 14 kg de frutos. Semillas: las semillas de

esta especie se encuentran formando parte del endocarpio del fruto, son de forma elipsoidal, comprimidas, de 7-9 mm de largo; testa color café, lisa, opaca, membranosa, muy delgada; el embrión es recto, comprimido, de color amarillocrema y ocupa toda la cavidad de la semilla; los cotiledones son dos, grandes, planos, carnosos y elipsoidales; la radícula es inferior y corta (Rojas, 2012).

2.2.3 Datos y sitios de investigación

La provincia Los Ríos es una de las 24 provincias que conforman la República del Ecuador, 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, siendo 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.

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

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.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

En la Tercera Comunicación sobre el Cambio Climático emitida por el Ministerio de Medio Ambiente en el Ecuador se plantea una estrategia nacional de adaptación que tiene como objetivo fundamental la reducción de la vulnerabilidad social, económica y ambiental frente a los impactos del cambio climático (MAE, 2017).

Las variaciones en el clima, visto en cuatro regiones de Ecuador, producidas de manera consistente a lo largo del tiempo con referencia a varios de sus principales parámetros: precipitación, temperatura máxima y mínima absoluta de acuerdo con la normativa vigente, es una clara evidencia de la modificación que experimenta el sistema climático (MAE, 2017).

Los estudios dirigidos al análisis de las condiciones agroclimáticas y su impacto sobre la producción forestal constituyen la vía para eliminar o mitigar los efectos del clima sobre la efectividad del manejo de las plantaciones forestales, aumentando la productividad y reduciendo los costos de su gestión.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación fue de carácter inductiva – deductiva, estando centrado su objetivo en determinar los períodos favorables y no favorables para el desarrollo de la Melina, tanto espacial como temporalmente: períodos y áreas con condiciones idóneas para esta especie y donde no existan tales condiciones brindará la información necesaria para eliminar o mitigar los impactos negativos.

Para la determinación de los requerimientos hidrotérmicos de la Melina se aplicaron los métodos propuestos por los estudios de zonificación agroecológica y agroclimática en el caso de las plantaciones forestales (Davitaya, 1965; Budyko, 1974; Chirkov, 1986;; Rojas, 1993; Herrera, 2000). Se determinaron los requerimientos hidrotérmicos de la Melina a través de la revisión bibliográfica, donde ocupó un papel importante aquellos estudios localizados en Ecuador y en América del Sur, entre ellos la Ficha Técnica No. 3 sobre la especie Melina (*Gmelina arborea*), la que presenta sus requerimientos hídricos y térmicos.

Se trabaja con una red de estaciones meteorológicas georreferenciadas y un sistema que permite la interpolación de información espacial y la generación de estaciones virtuales. Este sistema funciona como un sistema de información geográfica y permite realizar operaciones espaciales para determinar los comportamientos de las condiciones hidrotérmicas. Estas condiciones se compararon con los requerimientos agroclimáticos del cultivo de la Melina en función del abastecimiento térmico e hídrico de la región.

3.2 MÉTODOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÒN

El método inductivo–deductivo es el método de investigación aplicado en esta investigación, el cual parte de conocimientos particulares y los extiende a conocimientos generales. En esta investigación se parte de que la Melina requiere de condiciones climáticas específicas para un eficiente crecimiento y desarrollo. El método sería descubrir en el proceso de investigación cuáles son las condiciones favorables espacial y temporalmente.

Las etapas del esquema metodológico para el estudio agroclimático estuvieron basadas en: Herrera (2000); Eldin y Rojas (1983) y Gulinova (1974).

PRIMERA ETAPA
Definición de Requerimientos Hidrotérmicos
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 para la Melina (Gmelina arborea).
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.
ZONIFICACION AGROCLIMATICA

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

Se tomó una población de datos 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.

Muestra

La muestra coincide con la población utilizada.

3.4 FUENTES DE RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

Las fuentes de información fueron el INAHMI, la FAO-CropWat y FAO-ClimWat para las variables climáticas y las ubicaciones en coordenadas geográficas de las estaciones meteorológicas.

3.4.1 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Se aplicaron técnicas de Análisis Numérico y Matemática Aplicada con aplicación de Cálculo Matricial a través de mapas que contenían los valores de las variables bajo análisis (temperaturas del aire decenales y precipitaciones decenales).

3.5 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

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

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

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

Los instrumentos estadísticos aplicados fueron los percentiles 25 y 75% que identifican las condiciones de sequía y de inundación para las precipitaciones.

Se utilizaron para la presente investigación los siguientes instrumentos:

- Revisión bibliográfica de los requerimientos climáticos de la Melina.
- 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.

Cálculo del Percentil 25 y 75%.

3.6 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

- 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 la Melina.
- Análisis de histogramas de las áreas afectadas por las condiciones climáticas que influyen sobre el cultivo en cuestión.
- Creación de matrices de temperaturas máximas y mínimas decenales en un período de 30 años para la obtención de la matriz de temperatura media 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 para cada cantón de la provincia Los Ríos.
- Comparación de matrices de las temperaturas medias y de suma de precipitaciones con los requerimientos de la Gmelina arbórea (Melina) y localización de las áreas Favorables, Moderadamente Favorables y No Favorables.

3.7 ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO.

Se realizó una exhaustiva investigación bibliográfica sobre las exigencias o requerimientos de los cultivos o especies en relación con las condiciones meteorológicas y climáticas.

La Climatología es considerada una ciencia básica porque estudia los fundamentos teóricos, forma de expresión, registro y computo de la información meteorológica y climática. Luego los elementos del clima se enfocan en sus aspectos bioclimáticos y se desarrolla una metodología adecuada para conocer las exigencias meteorológicas de los cultivos. Lo anterior es reportado por climatologistas como Jansa (1983), Budyko, Geiger (1963). Estas ramas de la Climatología son las que se ubican en la Bioclimatología y la Agroclimatología.

Por otra parte, la Ecología define las zonas ecoclimáticas en las que se desarrollan determinadas especies y los umbrales de temperatura y precipitaciones que presentan esas regiones para la existencia de determinada vida biológica. Las clasificaciones climáticas tienen como base fundamental para presentar sus tipos de clima a las temperaturas y las precipitaciones, pudiendo enumerar la clasificación de Koppen y de Holdridge.

El uso de las sistemas de información geográfica que 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 rangos definidos para poder evaluar condiciones de favorabilidad o no para el espacio o para la especie que se desee desarrollar.

El uso de la agroclimatología para optimizar los recursos, aumentar la coherencia ecológica entre hábitat y especie o para eliminar o mitigar riesgos devenidos de las condiciones presentes en los territorios está extendido por muchas agencias medioambientales que tienen representación mundial, como son la FAO y la OMM. Se habla así de una Agricultura Inteligente (Smart Agriculture) que hace un amplio uso de las condiciones climáticas monitoreadas por SIGs, sensores remotos y señales satelitales, acciones que han aumentado la eficiencia de la gestión agrícola cuando son utilizados.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

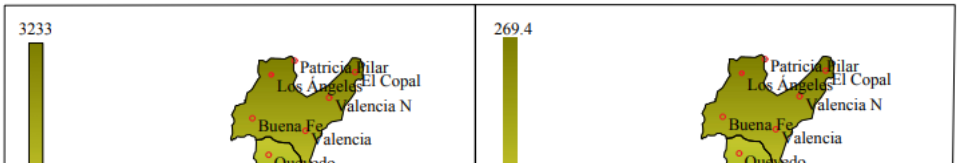
4.1 CONDICIONES HÍDRICAS EN RELACIÓN CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA *GMELINA ARBOREA* (MELINA) LA PROVINCIA LOS RÍOS.

Los mapas muestran que las mayores sumas de precipitaciones, tanto mensuales como anuales, se localizan hacia el Norte de la provincia Los Ríos donde se confinan como zonas más favorecidos el de Patricia Pilar, Los Ángeles, Valencia N, Buena Fe y Valencia (Figura 2). Para estos lugares las precipitaciones anuales y mensuales fluctúan entre los rangos 2456.97 - 2729.52 mm y 204.75 – 227.46 mm, respectivamente. Con valores intermedios y hacia el Sur le siguen Quevedo, Pichilingue, Jauneche, Mocache, Quinsaloma, Palenque y Ventanas.

Para estos lugares las precipitaciones anuales y mensuales fluctúan entre los rangos 1815.77 – 2266.47 y 151.31 – 188.87, respectivamente. Un poco más hacia el Sur y con valores discordantes respecto a la localidad se encuentra Babahoyo y con valores afines se sitúan Puebloviejo. En el extremo Sur se localizan cantones con los menores valores: Vinces, Urdaneta, Baba y Montalvo. Para estos cantones la precipitaciones anuales y mensuales fluctúan en los rangos 1559.24 – 1838.3 y 129.94 – 153.19. Los resultados anteriores coinciden con Higmans et al., (2005) que reporta los mayores valores de precipitaciones hacia el Norte de la zona central y hacia el Sur los menores. Estas diferencias en las precipitaciones permiten augurar diferencias en la productividad primaria neta, por la fuerte correlación existente entre estas variables (Zhao y Running, 2010).

Figura 2 .Comportamiento de la suma de precipitaciones anuales y mensuales en la provincia de Los Ríos.

Babahoyo	Jauneche	IMaria	Pichilingue	Patricia Pilar	Vinces	Palenque
1918.65	**1815.77**	1678.29	2174.35	2622.55	**1559.24**	**1838.30**
Ventanas	Urdaneta	Montalvo	Montalvo-S	Quinsaloma	Quevedo	Valencia
2007.22	1737.55	1675.02	1624.54	2171.54	**2266.47**	2701.45
Buena Fe	Los Ángeles	Valencia N	El Copal	Baba	Mocache	Puebloviejo



2456.97	2624.40	2668.29	**2729.52**	1663.80	1909.40	1767.74

Los valores de la suma de precipitaciones anuales y mensuales se muestran en las tablas 1 y 2:

Tabla 1. Valores de la suma de precipitaciones anual en la zona central del litoral ecuatoriano categorizadas por sectores: sector Norte ; sector C l ; y secto . Los valo n negrita representan los mínimos y máximos valores en cada sector.

Babahoyo	Jauneche	IMaria	Pichilingue	Patricia Pilar	Vinces	Palenque
159.89	**151.31**	139.86	181.20	218.55	**129.94**	**153.19**
Ventanas	Urdaneta	Montalvo	Mor S	Quinsaloma	vedo	Valencia
167.27	144.80	139.59	135.38	180.96	**188.87**	225.12
Buena Fe	Los Ángeles	Valencia N	El Copal	Baba	Mocache	Puebloviejo
204.75	218.70	222.36	**227.46**	138.65	159.12	147.31

Tabla 2. Valores de la suma de precipitaciones mensual en la provincia de Los Ríos categorizadas por sectores: sector Norte ; sector Central ; y sector Sur . Los valores en negrita representan los mínimos y máximos valores en cada sector.

Teniendo en consideración que los requerimientos hídricos de la Melina fluctúan entre 1000 y 4500 mm (Ficha Técnica, 2018), se puede establecer diferentes rangos de condiciones favorables o no favorables para el crecimiento y desarrollo de esta especie. De esta forma se definen tres condiciones distribuidos en seis rangos:

CONDICIONES DE SUMA DE PRECIPITACIONES PARA LA MELINA	
FAVORABLES	1875 – 2750; 2751 - 3625
MODERADAMENTE FAVORABLES	1000 – 1875; 3625 - 4500
NO FAVORABLES	< 1000; > 4500

Tabla 3. Rangos de favorabilidad de la suma de precipitaciones anuales para *Gmelina arborea* (Melina).

En el siguiente gráfico se presenta la condición de favorabilidad en relación con la suma de precipitaciones anuales que presenta cada cantón de la provincia de Los Ríos según su capacidad para satisfacer los requerimientos hídricos de la Gmelina arbórea (Melina) (Figura 3).

En la Figura 3 se refleja que los sectores con mejores condiciones para satisfacer los requerimientos hídricos de la Melina son Valencia, Valencia N, Los Ángeles, Patricia Pilar y Buena Fe. Le siguen en esa condición favorable los sectores de Quevedo, Quinsaloma, Pichilingue y Mocache. Característica particular de estos sectores es que presentan condiciones de favorabilidad por defecto. Los restantes sectores presentan condiciones Moderadamente Favorables por defecto igualmente. No se presentan condiciones No Favorables en ninguno de los cantones, lo que indica que las incapacidades pueden ser solventadas racionalmente al contar con servicios ambientales cercanos a los requerimientos de la Melina. Estas condiciones coinciden con los presentados por Higmans et al. (2005). Es posible enunciar que el impacto de las precipitaciones sobre el crecimiento y desarrollo de las poblaciones forestales, donde la presencia de la Melina es significativa, es positivo de forma general.

Es importante tener la percepción de que la información acerca del potencial hídrico con que cuenta cada cantón respecto a la Melina, posibilita realizar evaluaciones sobre la viabilidad de los proyectos de desarrollar plantaciones forestales donde esté presente esta especie forestal, por las consecuencias derivadas de la modificación de las precipitaciones debidas al cambio climático (Ngomaet al., 2018). En el caso de las plantaciones forestales las condiciones climáticas juegan un importante rol al asegurar un crecimiento y desarrollo acelerado.

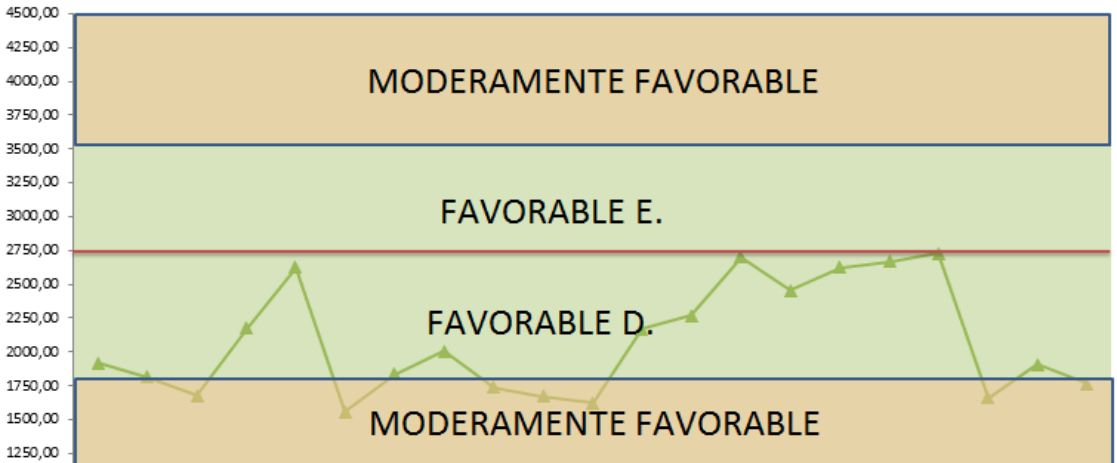


Figura 3. Sumas de precipitaciones anual por cantón en la provincia de Los Ríos y evaluación de sus condiciones de favorabilidad en relación con los requerimientos de la *Gmelina arborea* (Melina).

Teniendo en consideración que los requerimientos hídricos de la Melina fluctúan entre 1000 y 4500 mm (Ficha Técnica, 2018), se puede establecer diferentes rangos de condiciones favorables o no favorables para el crecimiento y desarrollo de esta especie.

De esta forma se definen tres condiciones distribuidos en seis rangos (Tabla 4):

CONDICIONES DE PRECIPITACIÓN MEDIA PARA LA MELINA	
FAVORABLES	156 – 229; 230 - 302
MODERADAMENTE FAVORABLES	83 - 156; 302 - 375
NO FAVORABLES	< 83; > 375

Tabla 4. Rangos de sumas de precipitaciones mensuales de acuerdo a las condiciones de favorabilidad para la *Gmelina arborea* (Melina).

En el siguiente gráfico se presenta la condición de favorabilidad en relación con la suma de precipitaciones mensuales que presenta cada cantón de la provincia de Los Ríos según su capacidad para satisfacer los requerimientos hídricos de la Gmelina arbórea (Melina) (Figura 4).

En el gráfico se refleja que los sectores con mejores condiciones para satisfacer los requerimientos hídricos de la Melina son Valencia, Valencia N, Los Ángeles, Patricia Pilar y Buena Fe. Le siguen en esa condición favorable los sectores de Quevedo, Quinsaloma, Pichilingue y Mocache. Característica particular de estos sectores es que presentan condiciones de favorabilidad por defecto. Los restantes sectores presentan condiciones Moderadamente Favorables por defecto igualmente. No se presentan condiciones No Favorables en ninguno de los cantones, lo que indica que las incapacidades pueden ser solventadas racionalmente al contar con servicios ambientales cercanos a los requerimientos de la Melina.

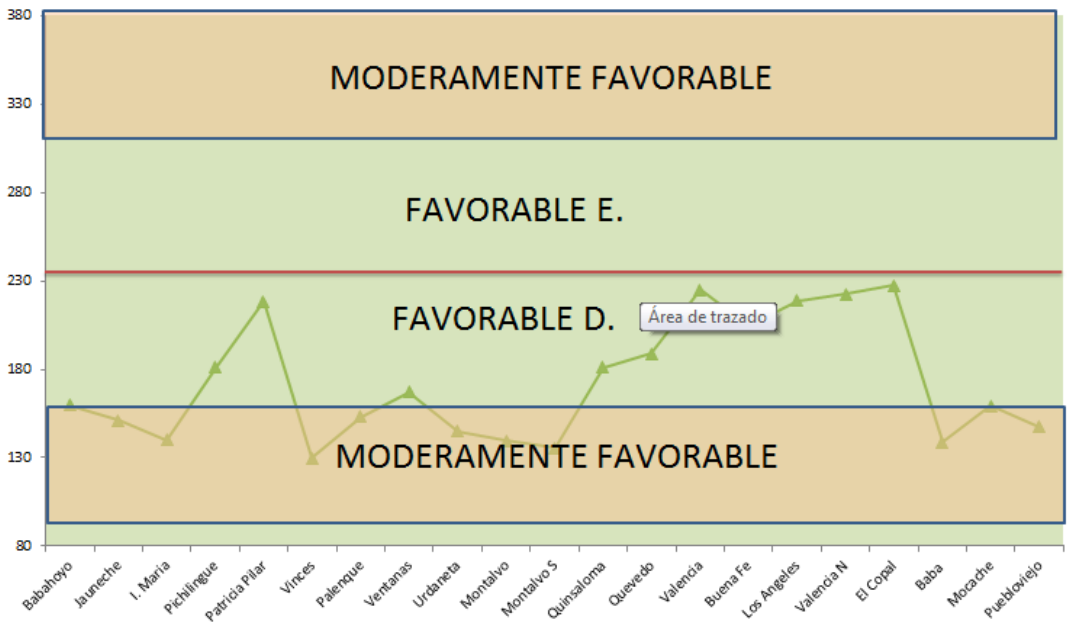


Figura 4. Sumas de precipitaciones mensual por cantón en la provincia de Los Ríos y evaluación de sus condiciones de favorabilidad en relación con los requerimientos de la *Gmelina arborea* (Melina).

En la Figura 5 se presenta el mapa de la suma de precipitaciones anuales promedios para la provincia de Los Ríos según las categorías de satisfacción de las necesidades hídricas definidas en la Tabla 3. El mapa cuenta sólo con dos categorías: una región al Sur con condiciones Moderadamente Favorables que se extiende en la provincia en un 46,1% y otra región localizada al Norte con categoría Favorable que cuenta con el 53,9% del territorio en cuestión. La región hacia el Sur y a partir de Mocache y Ventanas hacia abajo incluyen los sectores de Palenque, Urdaneta, Vinces, Puebloviejo, Baba, Montalvo e I. María, con excepción de Babahoyo que llega a alcanzar valores superiores. Hacia el Norte y partiendo de los sectores señalados antes como limítrofes se localizan Quinsaloma, Pichilingue, Quevedo, Valencia, Buena Fe, Valencia N, Los Ángeles y Patricia Pilar.

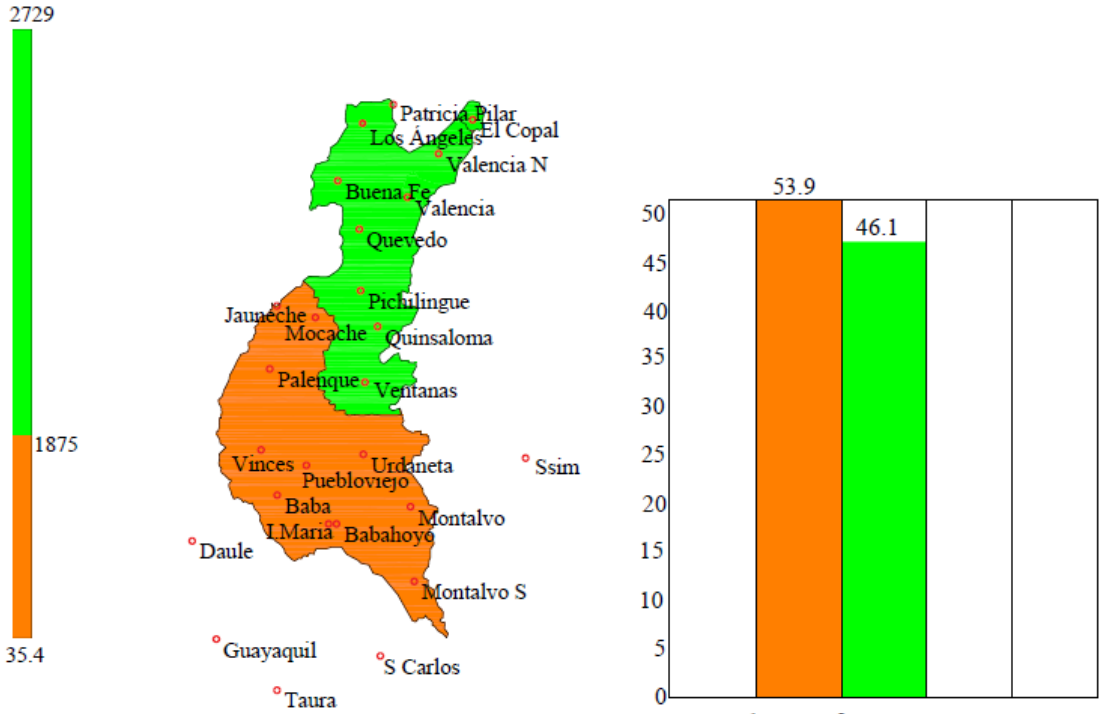


Figura 5. Caracterización de las condiciones de favorabilidad de la suma de precipitaciones anuales para *Gmelina arborea* (Melina).

En la Figura 6 se presenta el mapa de la suma de precipitaciones mensuales promedios para la provincia de Los Ríos zona central del litoral ecuatoriano según las categorías de satisfacción de las necesidades hídricas definidas en la Tabla 4. Lo primero que puede asaltar a la vista en el mapa es que la categoría de Favorable por exceso (230–302) no existe en la zona central ni la de Poco Favorable (35,4-83). Como se aprecia en el mapa la provincia queda dividida en dos regiones en relación las categorías siguientes: una región situada hacia el Norte a partir de los cantones de Ventanas y Mocache con categoría de Favorable y que alcanza el 52,9% de la provincia; y la otra región hacia el Sur desde Jauneche y Palenque hacia abajo con categoría de Moderadamente Favorable, con el 47,1% restante.

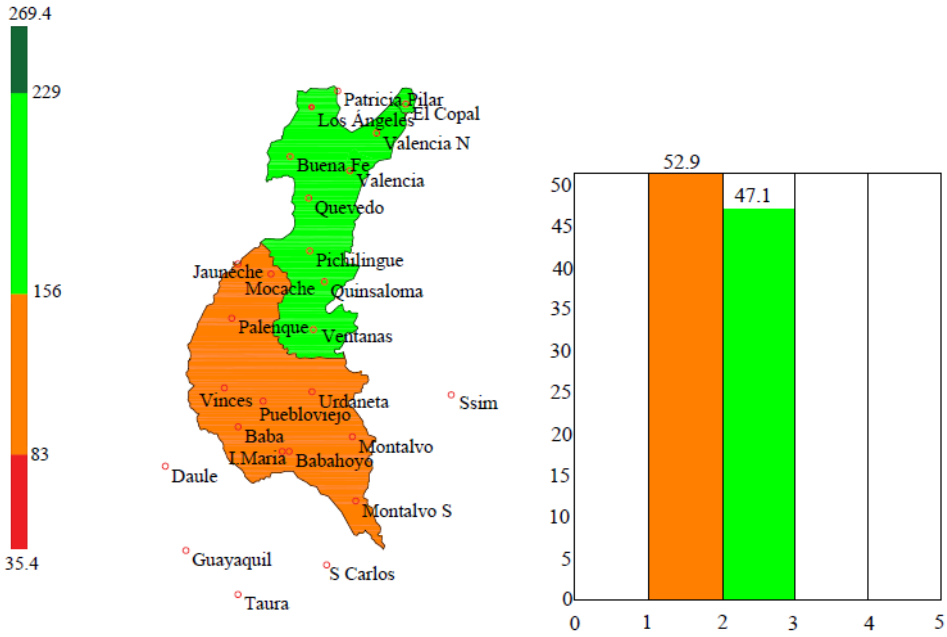


Figura 6. Caracterización de las condiciones de favorabilidad de la suma de precipitaciones mensuales para la *Gmelina arborea* (Melina).

La Melina tolera un amplio rango de sitios y condiciones ambientales pero crece mejor donde los extremos de temperatura y precipitaciones promedios están entre 18 – 35 ºC y 1778 – 2286 mm, respectivamente.

4.1.1 Comportamiento de la suma de precipitaciones anuales para el percentil 25 y 75.

En la Figura 7 se presentan los mapas de la suma de precipitaciones para los percentiles 25 y 75 en la provincia de Los Ríos. Para el percentil 25 la suma de precipitaciones fluctúa entre 1295,3 y 2364,9 mm, mientras que para el percentil 75 lo hace entre 1706,2 y 3186,7 mm. Las condiciones de 1295 mm, correspondiente al percentil 25, representa la capacidad mínima de precipitaciones anuales con que cuenta la provincia, por lo que se categoriza como "moderadamente favorable" según los requerimientos de la Melina, superando así en casi 300 mm a las condiciones "no favorables". La capacidad máxima de la provincia está dentro de la categoría de "favorables", por lo que la probabilidad de que se alcancen valores que produzcan inundaciones superiores a 4500 mm es mínima.

En general, las condiciones de riesgo para la Melina de que se produzcan impactos por sequía o por inundaciones son pequeñas, por lo que las inversiones en general en la provincia de Los Ríos encuentran condiciones que favorecen una producción adecuada.

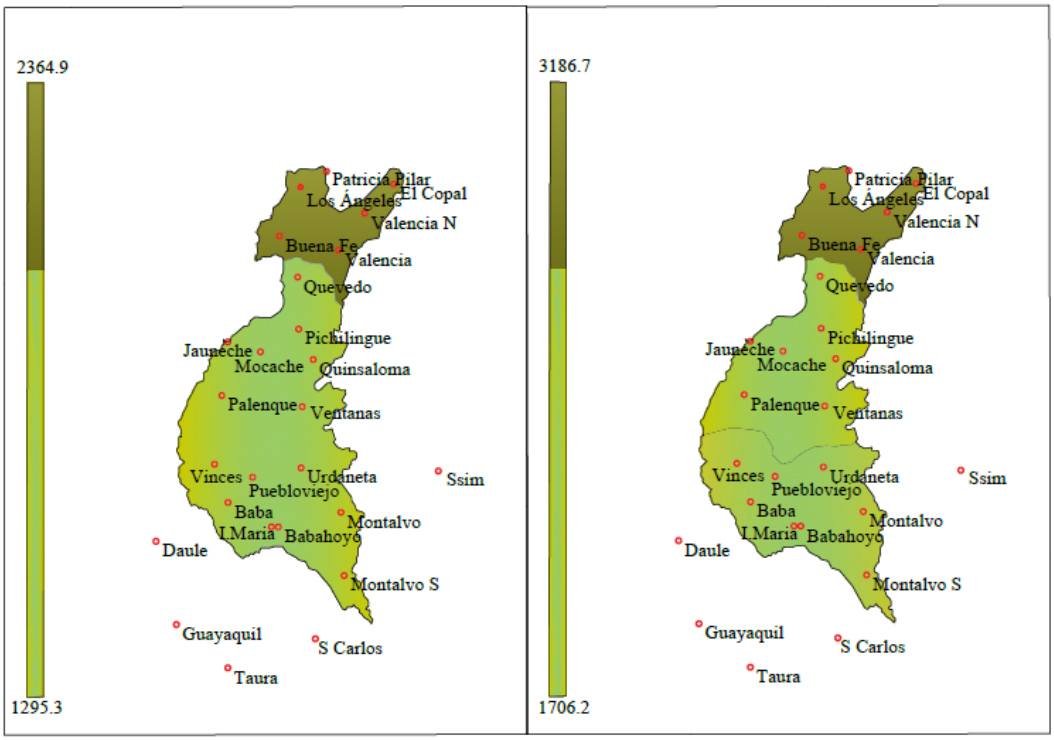


Figura 7. Comportamiento de la suma de precipitaciones anuales para el los percentiles 25 y 75% en la provincia de Los Ríos.

Los sectores que presentan mejores condiciones para satisfacer los requerimientos hídricos de la Melina son Patricia Pilar, Quevedo, Valencia, Buena Fe, Los Ángeles y Valencia Norte, todos con sumas de precipitaciones anuales que superan los 1900 mm. Las condiciones menos favorables se localizan en los sectores de Babahoyo, I. María, Vinces, Palenque, Urdaneta, Montalvo, Baba, Mocache y Puebloviejo.

4.2 CONDICIONES DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS EN LA PROVINCIA LOS RÍOS Y SU RELACIÓN CON LOS REQUERIMIENTOS DE LA *GMELINA ARBOREA.*

En la Figura 8 se presenta el mapa del comportamiento de la temperatura media en la provincia de Los Ríos, la que fluctúa entre 23, 1 y 25,3 ºC. Las tonalidades más claras, coincidentes con los menores valores se localizan hacia el Norte, mientras que las más oscuras, coincidentes con los mayores valores, se ubican hacia el Sur. Los cantones con mayores valores son: Babahoyo, Baba, Vinces, Palenque, Ventanas, Mocache y Puebloviejo. Estos resultados coinciden con Higmans et al. (2005) que plantea que las temperaturas en la zona central del litoral ecuatoriano alcanzan valores superiores a 22 ºC.

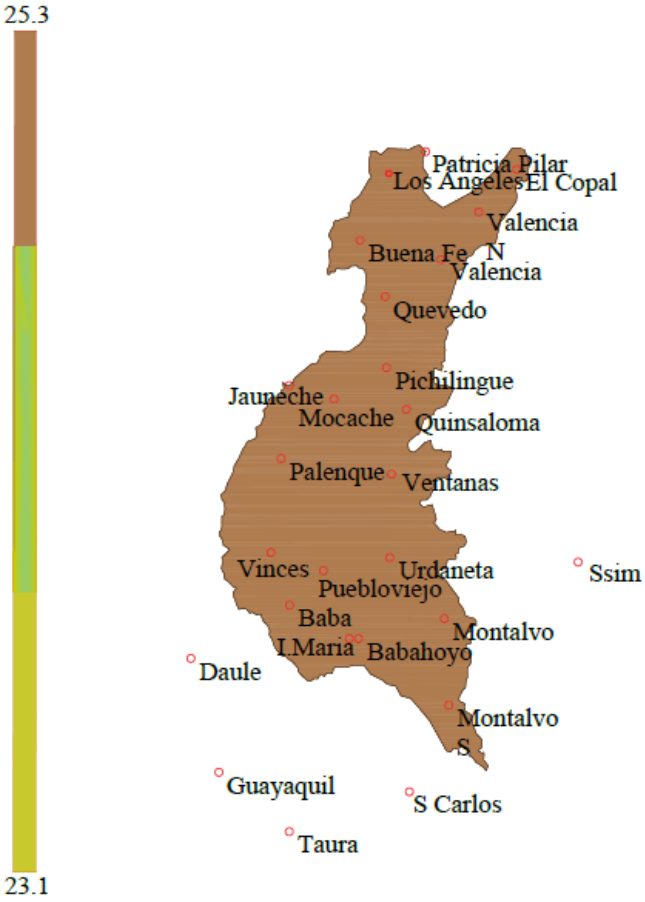


Figura 8. Comportamiento de la temperatura media por sector en la provincia de Los Ríos.

Teniendo en consideración que los requerimientos térmicos de la Melina fluctúan entre 18 y 35 ºC según lo reportado por Onyekwelu (2004) y entre 22 y 27 ºC como temperaturas óptimas según Ficha Técnica (2018), si se consideran los resultados del primero se concluye que las condiciones son favorables en todo el territorio. Si se eleva el nivel de exigencia y se toma el rango propuesto por la Ficha Técnica, entonces se puede dividir en sub rangos de favorabilidad, quedando de la siguiente forma:

CONDICIONES DE FAVORABILIDAD DE LA TEMPERATURA MEDIA PARA LA MELINA	
FAVORABLES	23.26 – 25.75
MODERADAMENTE FAVORABLES	22 – 23.25; 25.76 - 27
NO FAVORABLES	< 22; > 27

Tabla 5. Condiciones de favorabilidad de la temperatura media para *Gmelina arborea* (Melina).

Teniendo en consideración las condiciones de favorabilidad del comportamiento de la temperatura media para la Melina se presenta el gráfico de temperatura media vs sectores, en que se refleja que los sectores de Patricia Pilar, Los Ángeles y El Copal están en la categoría Moderadamente Favorable, mientras que los restantes cantones presentan condiciones favorables (Figura 9).

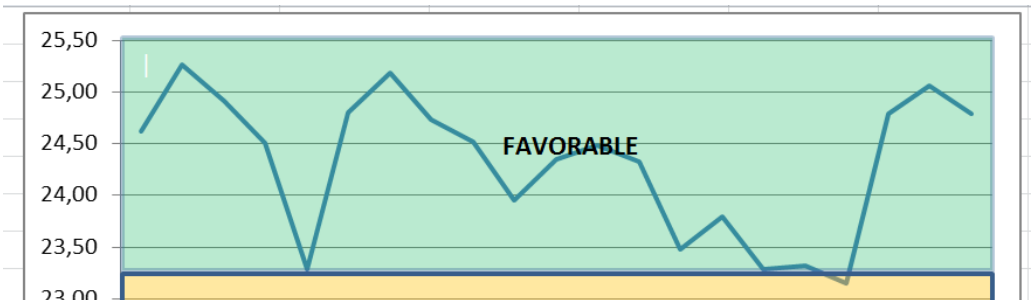


Figura 9. Temperatura promedio mensual por cantón en la provincia de Los Ríos y evaluación de sus condiciones de favorabilidad en relación con los requerimientos de *Gmelina arborea* (Melina).

En la Figura 10 se presenta el mapa que presenta las condiciones de favorabilidad de la temperatura media para la melina. Se denota que las categorías que alcanza la provincia de Los Ríos son las de favorables, para el 90,2% del territorio, que incluye 18 cantones y el de Moderadamente Favorable para el resto de la zona central con un 9,8% del territorio.

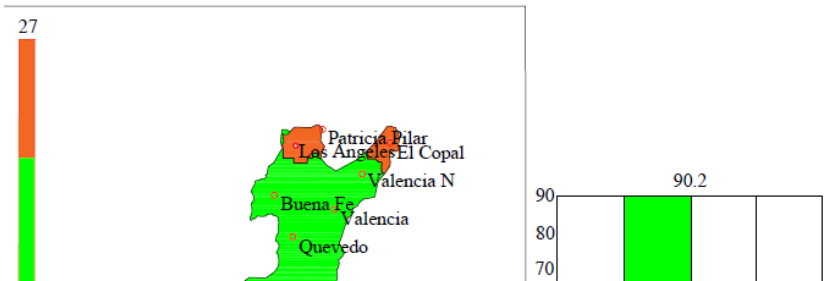


Figura 10. Caracterización de las condiciones de favorabilidad de las temperaturas mensuales para la *Gmelina arborea* (Melina).

4.1.3 Esquema de manejo de Gmelina arborea en función de las condiciones agroclimáticas por cantón.

Las condiciones agroclimáticas resultantes brindan la oportunidad de proponer un esquema de manejo si se consideran los requerimientos de la Melina y se comparan con esas condiciones.

1. Las condiciones de temperatura son favorables para el 90% de la provincia y moderadamente favorables para el 10% restante, por lo que las temperaturas no presentan condiciones limitantes para el crecimiento y desarrollo de la Gmelina arbórea. Los cantones afectados por estas condiciones son Patricia Pilar, Los Ángeles y Valencia N, lo que puede determinar resultados productivos menores que los obtenidos en los cantones restantes.
2. Las condiciones de las precipitaciones son favorables para el 53,9% de la provincia y moderadamente favorables para el 46,1%. Las afectaciones son por defecto para los cantones Vinces, Urdaneta, Montalvo, Baba y Portoviejo. Estas afectaciones pueden ser mitigadas mediante el riego en el período de verano, lo que supliría el déficit

hídrico. Es preciso apuntar que la probabilidad de que se presenten condiciones de sequía son mínimas, pues la suma de precipitaciones para el percentil 25 (1295,3 mm) supera en 300 mm a las condiciones no favorables de acuerdo a los requerimientos de la Melina.

3. En la evaluación integrada de las condiciones hídricas y térmicas resultó que las condiciones favorables se posiciona hacia el Norte a partir de Mocache y Ventanas, alcanzando un 40,2% de la provincia, con la excepción de una pequeña porción del territorio. El territorio restante se categoriza como Moderadamente Favorable, alcanzando un 59,8 del territorio.

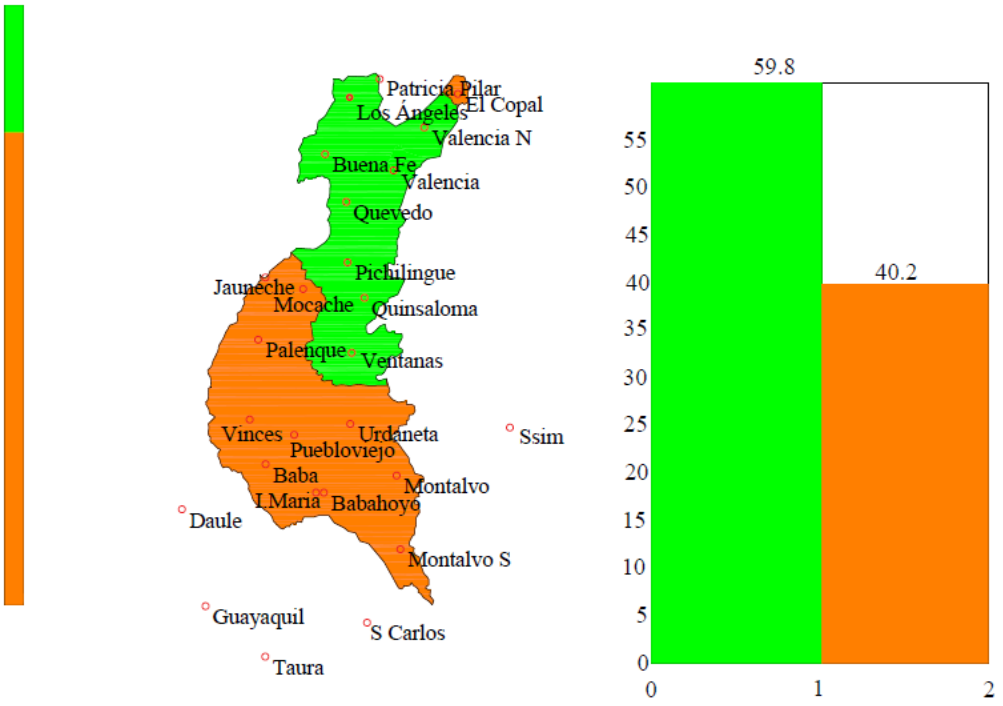


Figura 11. Evaluación de las condiciones hidrotérmicas Favorables y Moderadamente Favorables para la Gmelina arbórea.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Las mayores sumas de precipitaciones se localizan hacia el Norte de la provincia, siendo los sectores más favorecidos: Patricia Pilar, Los Ángeles, Valencia N, Buena Fe y Valencia con precipitaciones anuales y mensuales que fluctúan entre los rangos 2456.97 - 2729.52 mm y 204.75 – 227.46 mm, respectivamente. Los menores valores se localizan hacia el Sur en los cantones: Vinces, Urdaneta, Baba y Montalvo, con precipitaciones anuales y mensuales que fluctúan en los rangos 1559.24 – 1838.3 y 129.94 – 153.19, respectivamente.

2. Las mayores temperaturas se ubican hacia el Sur de la provincia, alcanzando los mayores valores en Babahoyo, Baba, Vinces, Palenque, Ventanas, Mocache y Puebloviejo con temperaturas medias superiores a 24,5 ^{o}C.

3. De los 21 sectores estudiados, 13 (más del 60%) presentan condiciones favorables para el desarrollo de la Melina en relación con la suma de precipitaciones anuales. Los sectores son: Babahoyo, Pichilingüe, Patricia Pilar, Palenque, Ventanas, Quinsaloma, Quevedo, Valencia, Buena Fe, Los Ángeles, Valencia N, El Copal y Mocache, que incluye al 46,1% del territorio. Los sectores restantes se ubican en los Moderadamente Favorables con un 53,9% del territorio. Las condiciones desfavorables no se presentan en el territorio. Resultados similares se presentan en la suma de precipitaciones mensuales, con diferencias poco significativas.

4. Los resultados del Percentil 25 para la suma de precipitaciones anuales de 1295 mm se ubica en las condiciones Moderadamente Favorables, por lo que la probabilidad de que existan eventos de sequía son mínimas. Mientras que el Percentil 75 coincide con las condiciones Favorables, indicando que la probabilidad de que se alcance el nivel de 4500 mm, categorizado como inundación, es mínima.

5. Las condiciones que presenta la temperatura media en la provincia es satisfactoria, pues el 90,2% de la provincia, que incluye 18 sectores, se ubica en la categoría de Favorable, el resto de la provincia con un 9,8% del territorio, que incluye tres sectores, se categoriza como Moderadamente Favorable para el resto de la provincia con un 9,8% del territorio.

6. Las condiciones de temperaturas no presentan condiciones limitantes para el crecimiento y desarrollo de la Melina, dependiendo de las condiciones de las precipitaciones el potencial productivo de la Melina, que presenta ligeras afectaciones en los sectores Jauneche, I.María, Vinces, Urdaneta, Montalvo, Baba y Puebloviejo, por la baja probabilidad de que se creen impactos por sequía.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Extender estudios similares hacia otras provincias dedicadas a la explotación de las áreas forestales.

2. Realizar estudios dirigidos a evaluar la vulnerabilidad de la Melina a las plagas en función de las condiciones climáticas imperantes en la provincia Los Ríos.

3. Desarrollar estudios agroecológicos acerca de la modelación del sistema forestal que incluya otras variables climáticas y los suelos para el pronóstico de la Producción Primaria Neta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bamako, Mali, 18-22 May 1992. WMO and CTA, Geneva, 29-37.

Beek, R. (1992). Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: Estudio de caso en los robledales de altura de la cordillera de Talamanca. Costa Rica. Serie Técnica. INFORME TECNICO 200. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales.

Budyko, M. I., (1974). Climate and Life. Academic Press London, LTD, 508 p.

Buesso, R. (1997). Establecimiento y manejo de regeneración natural, EMAPIF. Yanaranguila, La Esperanza, Honduras. 74 pag.

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.

Chirkov, Y. I., (1986). Agrometeorología. Guidrometeoizdat, Leningrado, 320 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.

Cuasquer, E, Jiménez, E. & Gaybor, A. (2008). Plan de manejo para la declaratoria de bosque y vegetación protectora a los predios de la cooperativa agropecuaria y forestal Murocomba. UTEQ.

Davitaya, F., Trusov, I. I. (1965). Los Recursos Cilmáticos de Cuba. Instituto Cubano del Libro. Academia de Ciencias de Cuba, 68 p.

De las Salas, G. (1990). Sistemas agroforestales: una estrategia de producción/protección de la tierra para terrenos escarpados en los trópicos. Meteorología y Agroforestería. Una publicación electrónica del World Agroforestry Center

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.

Diario de hidrometeorología. 8 (3), pp. 380-395.

Diéguez, A. U.; M. Barrio A.; F. Castedo D.; A. D. Ruíz G.; M. F. Alvaréz T.; J. G. Alvaréz G. y A. Rojo A. (2003). Dendrometría. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 327 p.

Eldin, M., Rojas, O. (1983). 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.

Finegan, B.; Guillen, L. (1992). Crecimiento y rendimiento de bosques húmedos secundarios en Sarapiquí y los factores que los determinan. In: II

Congreso Forestal Nacional (1992, San José, costa Rica). Resumen de ponencias. San José, Costa Rica. p 142-144.

Foumier, L.A. & M.E. Herrera. (1979). Importancia científica, económica y cultural de un sistema de pequeñas reservas naturales en Costa Rica. Agron. Costar. 3: 53-55.

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. 1992. Applications agrométéorologiques pour le petit exploitant agricole. Proc.

Gulinova, N. V. (1974). Métodos Agroclimáticos de Elaboración de las Observaciones. Guidrometeoizdat, Leningrado, 151 p.

Hasler, N. , Avissar, R. (2007). ¿Qué controla la evapotranspiración en la cuenca amazónica?

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.S. (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, La Habana.

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

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

Joshi, A. (2015). El cambio climático está provocando grandes cambios en los bosques tropicales. Mongabay LATAM, Periodismo Ambiental Independuente. https://es.mongabay.com/2015/11/el-cambio-climatico-esta-provocando-grandes-cambios-en-los-bosques-tropicales/

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 planninig techniques. New York: Wiley-Interscience.

Louman, B; Quirós, D; Nilsson, M. (2001). Silvicultura de bosques latifoliados tropicales con énfasis en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 265 p.

MAE, Ministerio del ambiente. (2012). Línea base de deforestación del ecuador continental, quito-ecuador.

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

Maeda, EE , Kim, H. , Aragão, LEOC , Famiglietti, JS , Oki, T. (2015). Interrupción del equilibrio hidroecológico en el suroeste de la Amazonia mediado por la sequía. Cartas de investigación geofísica. 42 (18) , pp. 7546-7553.

MAGAP (2018). /Fichas técnicas de Especies Forestales/Ficha Técnica Nº 3: MELINA. Promadera Sustentable. Programa de incentivos para la reforestacion con fines comerciales.

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). Evaluacion del indice 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

McDonnell, MJ & T.A. Pickett. (1990). Eeosystem structure and funetion along urban-rural gradients: An unexploited opportunity fOf ecology. Ecology. 71: 1232-1237.

Mesen, F. (2001). Introducción al mejoramiento genético forestal. Curso nacional sobre identificación, selección y manejo de rodales semilleros, 29.

Ministerio de Agricultura, Vivienda y Desarrollo Territorial Colombia. Dacenas Forestales en Colombia. http://maderas.ut.edu.co/especies/pagina_especie.php?especie=MELINA: [Recuperado el 26/12/2016]

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.

Muñoz-Pedreros, A., Larraín, A. (2002). Impacto de la actividad silvoagropecuaria sobre la calidad del paisaje en un transecto del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural 75: 673-689.

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 of a workshop on La radio rurale et la diffusion des informations agrométéorologiques,

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.

Pérez, M. , Luyten, K. , Michel, R. , Riou, C. , Blondin, B. (2005). Análisis de la expresión del portador de hexosa de Saccharomyces cerevisiae durante la fermentación del vino: se expresan transportadores de Hxt de baja y alta afinidad. FEMS Yeast Res 5 (4-5): 351-61.

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.

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.

Rojas, Andrea; Moreno, Leonardo; Melgarejo, Luz Marina; Rodríguez M., Miguel A. (2012). Physiological response of Gmelina (Gmelina arborea Roxb.) to hydric conditions of the colombian Caribbean Agronomía Colombiana, vol. 30, núm. 1, enero-abril, pp. 52-58.

Rojas, F. M. (2004). Capítulo I. Botánica y Ecología. Manual para productores de Melina en Costa Rica. Cártago.

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.

Valerio, J. y Salas, C. (1997). Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales. Manual Técnico. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Ministerio de desarrollo sostenible y ambiente (MDSMA). Santa Cruz, BO. Bolivia. 85 p.

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 ecologia. 104 (2) , pp. 469-478

Zhao, M. S. and Running, S. W. (2010). Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009, Science, 329, 940–943, doi:10.1126/science.

ANEXOS

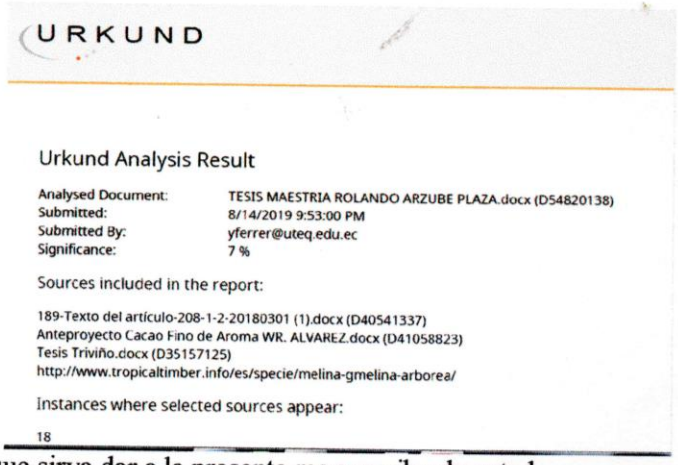
Anexo 1. Resultado del URKUND

Quevedo, 23 de agosto de 2019

Dr. Carlos Zambrano
COORDINADOR DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES Y FORESTALES
Presente.-

De mi consideración:
La presente es con el objeto de poner a vuestra consideración el informe emitido por el sistema, de la herramienta anti plagio URKUND del Proyecto de Investigación de la Maestría en Manejo Forestal Sostenible titulada "**CONDICIONES HIDROTÉRMICAS RELEVANTES PARA LA ZONIFICACIÓN DE PLANTACIONES DE MELINA (*Gmelina arborea*) EN LA PROVINCIA LOS RÍOS, AÑO 2019"** del Ing. Félix Rolando Arzube Plaza.

Como directora de la tesis certifico que este trabajo de investigación ha cumplido con los parámetros establecidos en el Reglamento de Postgrado (7%), para cuyo efecto estoy adjuntando la captura de pantalla emitida por el URKUND.



URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS MAESTRIA ROLANDO ARZUBE PLAZA.docx (D54820138)
Submitted: 8/14/2019 9:53:00 PM
Submitted By: yferrer@uteq.edu.ec
Significance: 7 %

Sources included in the report:

189-Texto del artículo-208-1-2-20180301 (1).docx (D40541337)
Anteproyecto Cacao Fino de Aroma WR. ALVAREZ.docx (D41058823)
Tesis Triviño.docx (D35157125)
http://www.tropicaltimber.info/es/specie/melina-gmelina-arborea/

Instances where selected sources appear:

18

Por la atención que sirva dar a la presente me suscribo de usted.

Atentamente,

Dra. Yarelys Ferrer Sánchez PhD.
DIRECTORA DE TESIS