



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

TEMA:

Análisis espacio-temporal de las condiciones climáticas en la zona central del Litoral ecuatoriano y su relación con el rendimiento de *Tectona grandis* L.f. (teca).

AUTOR:

Llerena Garaví Luis Eduardo

DIRECTOR:

Vlassova Lidia PhD.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Llerena Garaví Luis Eduardo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; el cual no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Llerena Garaví Luis Eduardo

CC. 0920365855

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

La suscrita, **Vlassova Lidia PhD**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el Estudiante **Llerena Garaví Luis Eduardo**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Análisis espacio-temporal de las condiciones climáticas en la zona central del Litoral ecuatoriano y su relación con el rendimiento de *Tectona grandis* L.f. (teca)**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal, bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Vlassova Lidia PhD

DIRECTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICACIÓN DEL URKUND EMITIDA POR EL TUTOR DE TESIS

La suscrita, **GEOG. LIDIA VLASSOVA, PhD**, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifico que la estudiante Llerena Garaví Luis Eduardo realizó el proyecto de investigación titulado “**ANÁLISIS ESPACIO-TEMPORAL DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS EN LA ZONA CENTRAL DEL LITORAL ECUATORIANO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO DE *Tectona grandis* L.f. (teca)**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Forestal, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto, y luego de haber obtenido 4% en el sistema antiplagio URKUND. Por lo cual solicito se prosiga con los trámites pertinentes para solicitar **TRIBUNAL DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** del Sr. **Llerena Garaví Luis Eduardo**.

Atentamente,

GEOG. LIDIA VLASSOVA,

PhD

DIRECTORA DE

PROYECTO DE

INVESTIGACIÓN

CERTIFICACIÓN DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Document Information

Analyzed document	Proyecto_Investigacion_Llerena_Garavi_Luis.docx (D84873830)
Submitted	11/12/2020 1:33:00 AM
Submitted by	
Submitter email	lvlassova@uteq.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	lvlassova.uteq@analysis.urdund.com

Sources included in the report

W	URL: https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5347/1/ESTUDIO%20DE%20LA%20VAR ... Fetched: 6/6/2020 3:05:07 AM		4
W	URL: https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/12371/1/68295940.pdf Fetched: 7/13/2020 10:21:14 PM		5

< VOLVER A LA VISTA GENERAL DEL ANÁLISIS



CONFIGURACI

REMITENTE
lvlassova@uteq.edu.ec

ARCHIVO
Proyecto_Investigacion_Llerena_Garavi_Luis.docx

SIMILITUD
9 %

COINCIDENCIAS

FUENTES

DOCUMENTO COMPLETO



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“Análisis espacio-temporal de las condiciones climáticas en la zona central del Litoral
ecuatoriano y su relación con el rendimiento de *Tectona grandis* L.f. (teca)”,

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniero Forestal.

APROBADO POR:

Ing. José Luis Muñoz Marcillo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Edison Hidalgo Solano Apuntes

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Ing. Edwin Miguel Jiménez Romero

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a la Facultad de Ciencias Ambientales y a los docentes que ayudaron a mi formación profesional al Ing. José Luis Muñoz, Ing. Rolando López, Ing. Edwin Jiménez, Ing. Elías Cuásquer, Ing. Fidel Troya, Ing. Héctor Gomezcoello, Ing. Edison Solano, Ing. Malena Martínez y de una manera especial a mi directora de tesis Lidia Vlassova PhD., por su paciencia y colaboración prestada durante el proceso de duración del presente proyecto de investigación.

A mis mejores amigas Nicolle Macas y Génesis Molina por ser las mejores del mundo, dándome su cariño y apoyo incondicional a pesar de que hubo veces que no me porté como un verdadero amigo, no saben lo agradecido que estoy de haberlas conocido y demostrarme que la amistad verdadera aún existe, las adoro como no tienen idea.

A mi amiga Marjorie Cedeño por ser una amiga incondicional y desinteresada, tienes todo mi cariño, por eso y más, te adoro.

A mi compañera de tesis Helen Zambrano por tenerme la paciencia y ayudarme en todo este proceso.

A mis amigos Ariana Zambrano, Alex Guerrero, Wladimir Gómez, José Ignacio Ponce, Jaritza Vélez, Jocselyn Guerrero por ser compañeros de buenos momentos, apoyo en todo el proceso.

A mis amigos Joel Izquierdo, Kevin Silva, Daniel Consuegra, Marcelo Herrera, Isaac Álava,
Dhamar Parra por ser compañeros de risas, apoyo y aventuras.

DEDICATORIA

A mí papá, por ser mi pilar fundamental y darme todo lo que necesité, a pesar de las dificultades siempre encontró la manera de sacarnos adelante, eres y serás siempre el mejor, te amo.

A mi mamá, que a pesar de la distancia que nos separa, siempre supo preocuparse por mí y ayudarme en lo que ha podido, la amo mucho.

A mi segunda mamá Lolita Cagua, a pesar de no ser su hijo de sangre supo brindarme su amor y apoyo como si lo fuera y no hay manera suficiente de agradecerle todo lo que ha hecho por mí, la amo mucho.

A mi otro papá Pedro Giraldo, por abrirme las puertas de su hogar y tratarme como un miembro más de su familia, se lo agradezco mucho, te adoro.

A mis queridos hermanos; Bryan Giraldo, José Giraldo, Diego Giraldo por considerarme un hermano más, además del apoyo y paciencia que me dan, los adoro mucho.

A mi adorada hermana María Giraldo, por ser la hermana menor que nunca tuve y darme su amor y apoyo incondicional, te adoro con todo mi corazón.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación tuvo como finalidad la aplicación de un conjunto de herramientas de análisis de datos espacio-temporales integradas en un SIG que permitan a los investigadores, el reconocimiento de patrones o comportamientos de actividades. Como objetivo general se propuso analizar la relación entre temperatura y precipitación con las variables dasométricas en las plantaciones de teca en la zona litoral del Ecuador en el período 2008-2019. A partir de ahí se definieron diferentes metas como determinar la variabilidad espacial y temporal de las variables temperatura y precipitación en las 6 diferentes haciendas que pertenecen al grupo empresarial ENDESA-BOTROSA, dichos datos de las variables fueron tomados de las diferentes estaciones meteorológica y geoportales de la NASA, CHRS y Worldclim teniendo como resultado las haciendas con mayor temperatura fue la de Yuracyacu y con menor precipitación la hacienda de San Pedro. Al finalizar, se procedió a elaborar una cartografía predictiva del IMA (Incremento medio anual) de las plantaciones de teca por medio del software estadístico SPSS utilizando la correlación de componentes correlacionados para así determinar las variables predictivas que fueron más relevantes en las zonas de estudio, tales como Y, temperatura de febrero, temperatura de abril, temperatura de junio, temperatura de julio, temperatura de agosto, temperatura de septiembre, temperatura de octubre, temperatura de noviembre y precipitación de julio que a su vez fueron utilizadas para el modelo de regresión lineal y se definió que las variables Y (latitud), temperatura de febrero, temperatura de agosto y precipitación de julio fueron las más relevantes, además que con el análisis de ANOVA del modelo de regresión lineal puntualizó significancia entre todas las variables predictivas y con esto se obtuvo los datos finales a utilizar en la fórmula final para cuantificar el IMA proyectado para el período 2040 – 2060. Llegando a la conclusión que los sitios más óptimos para el crecimiento de teca son la zona de Yuracyacu y La Palma con 3,35 cm y 3,29 cm respectivamente. Siendo así las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos las más aptas para esta especie.

Palabras claves: espacio-temporal, climáticas, predictivos.

ABSTRACT

The purpose of this research project was to apply a set of spatial-temporal data analysis tools integrated into a GIS that allow researchers to recognize patterns or behaviors of activities. As a general objective, it was proposed to analyze the relationship between temperature and precipitation with the dasometric variables in teak plantations in the coastal zone of Ecuador in the period 2008-2019. From there, different goals were defined, such as determining the spatial and temporal variability of the temperature and precipitation variables in the 6 different farms that belong to the ENDESA-BOTROSA business group, said data of the variables were taken from the different meteorological stations and geoportals of NASA, CHRS and Worldclim, resulting in the farms with the highest temperature was the Yuracyacu farm and the San Pedro farm with less precipitation, with this already determined, a predictive mapping of the IMA of the teak plantations was prepared by means of the software SPSS statistic using the correlation of correlated components to determine the predictive variables that were most relevant in the study areas, such as Y, February temperature, April temperature, June temperature, July temperature, August temperature, temperature of September, October temperature, November temperature and precipitation of July which in turn were used for the linear regression model and it was defined that the variables Y (latitude), February temperature, August temperature and July precipitation were the most relevant, in addition to the ANOVA analysis of the The linear regression model specified the significance between all the predictive variables and with this the final data to be used in the final formula to quantify the projected IMA for the period 2040 - 2060 was obtained. Concluding that the most optimal sites for the growth of teak are the area of Yuracyacu and La Palma with 3.35 cm and 3.29 cm respectively. Thus, the provinces of Santo Domingo de los Tsáchilas and Los Ríos are the most suitable for this species.

Key words: space-time, climatic, predictive

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Figura 1</u> Ubicación geográfica de los sitios de estudio en las provincias de Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Guayas. _____	24
<u>Figura 2.</u> Distribución de la variabilidad climática de temperatura en las provincias de Los Ríos, Santo Domingo de Los Tsáchilas y Guayas _____	35
<u>Figura 3.</u> Distribución de la variabilidad climática de precipitación en las provincias de Los Ríos, Santo Domingo de Los Tsáchilas y Guayas _____	36
<u>Figura 4.</u> Anomalías de temperatura para la Hacienda La Palma _____	37
<u>Figura 5.</u> Anomalías de temperatura para la Hacienda Yuracyacu _____	38
<u>Figura 6.</u> Anomalías de temperatura para la Hacienda San Pedro _____	38
<u>Figura 7.</u> Anomalías de temperatura para la Hacienda San Carlos _____	39
<u>Figura 8.</u> Anomalías de temperatura para la Hacienda El Vergel _____	40
<u>Figura 9.</u> Anomalías de temperatura para la Hacienda San Pablo. _____	40
<u>Figura 10.</u> Anomalías de precipitación para la hacienda La Palma _____	41
<u>Figura 11.</u> Anomalías de precipitación para la hacienda Yuracyacu _____	42
<u>Figura 12.</u> Anomalías de precipitación para la hacienda San Pedro _____	42
<u>Figura 13.</u> Anomalías de precipitación para la hacienda San Carlos. _____	43
<u>Figura 14.</u> Anomalías de precipitación para la hacienda El Vergel _____	43
<u>Figura 15</u> Anomalías de precipitación para la hacienda San Pablo _____	44
<u>Figura 16.</u> Gráfico P-P normal de regresión Residuo tipificado. _____	48
<u>Figura 17.</u> Gráfico de dispersión de la variable dependiente. _____	49
<u>Figura 18</u> Mapa predictivo del IMA de la especie teca, para el periodo 2040-2060. _____	50

ÍNDICE DE TABLAS

<u>Tabla 1.</u> Localización de los sitios de estudio en la División Política Cantonal	24
<u>Tabla 2.</u> Variables usadas en el modelo de regresión Lineal	31
<u>Tabla 3.</u> Predictores obtenidos de la regresión de componentes correlacionados.	45
<u>Tabla 4.</u> Variables introducidas/eliminadas obtenidos del modelo final	46
<u>Tabla 5.</u> Coeficiente de correlación de Pearson múltiple R y a su cuadrado.	47
<u>Tabla 6.</u> Resumen del ANOVA	47
<u>Tabla 7.</u> Coeficientes de regresión parcial.	<u>48</u>

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Análisis espacio-temporal de las condiciones climáticas en la zona central del Litoral ecuatoriano y su relación con el rendimiento de <i>Tectona grandis</i> L.f. (teca)				
Autor:	Llerena Garaví Luis Eduardo				
Palabras clave:	Espacio-temporal	Climática	Predictivas		
Fecha publicación:					
Editorial:	FCAMB; Carrera de Ingeniería Forestal; Llerena, L.				
Resumen: (hasta 300 pal	El presente proyecto de investigación tuvo como finalidad la aplicación de un conjunto de herramientas de análisis de datos espacio-temporales integradas en un SIG que permitan a los investigadores, el reconocimiento de patrones o comportamientos de actividades. Como objetivo general se propuso analizar la relación entre temperatura y precipitación con las variables dasométricas en las plantaciones de teca en la zona litoral del Ecuador en el período 2008-2019. A partir de ahí se definieron diferentes metas como determinar la variabilidad espacial y temporal de las variables temperatura y precipitación en las 6 diferentes haciendas que pertenecen al grupo empresarial ENDESA-BOTROSA, dichos datos de las variables fueron tomados de las diferentes estaciones meteorológica y geoportales de la NASA, CHRS y Worldclim teniendo como resultado las haciendas con mayor temperatura fue la de Yuracyau y con menor precipitación la hacienda de San Pedro, con esto ya determinado se procedió a elaborar una cartografía predictiva del IMA de las plantaciones de teca por medio del software estadístico SPSS utilizando la correlación de componentes correlacionados para así determinar las variables predictivas que fueron más relevantes en las zonas de estudio, tales como Y, temperatura de febrero, temperatura de abril, temperatura de junio, temperatura de julio, temperatura de agosto, temperatura de septiembre, temperatura de octubre, temperatura de noviembre y precipitación de julio que a su vez fueron utilizadas para el modelo de regresión lineal y se definió que las variables Y (latitud), temperatura de febrero, temperatura de agosto y precipitación de julio fueron las más relevantes, además que con el análisis de ANOVA del modelo de regresión lineal punizó significancia entre todas las variables predictivas y con esto se obtuvo los datos				

	finales a utilizar en la fórmula final para cuantificar el IMA proyectado para el período 2040 – 2060. Llegando a la conclusión que los sitios más óptimos para el crecimiento de teca son la zona de Yuracyacu y La Palma con 3,35 cm y 3,29 cm respectivamente
Descripción:	
URI:	

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país que posee una diversidad de regiones aptas para el desarrollo de plantaciones forestales, provisto de una gran gama de recursos naturales, suelos muy fértiles, condiciones agrológicas apropiadas, tiene ventajas competitivas y climáticas, aun así, el sector forestal no ha sido aprovechado en una forma eficiente, siendo este uno de los sectores productivos con mayor potencial de desarrollo y crecimiento. Entre las variedades forestales que el país produce, la teca se ha destacado por su cotizada calidad maderable, hecho que le ha permitido ser conocida como la teca dorada, la más cercana en semejanza a la originaria de Birmania (Myanmar) (Dalmau *et al.*, 2004).

La teca fue introducida en Ecuador hace unos 50 años en la Estación Experimental Pichilingue, demostrando una perfecta aclimatación y prometedores resultados requiriendo de climas con una estación seca ben definida (de 3 a 6 meses), temperaturas medias anuales de 22° y 28 ° C., y altitudes entre los 0 y los 1000 msnm (Dalmau *et al.*, 2004).

SIG es un conjunto de herramientas compuestos por hardware, software, datos y usuarios, que permite capturar, almacenar, administrar y analizar información digital, así como realizar gráficos y mapas, y representar datos alfanuméricos (Pucha *et al.*, 2017).

Los sistemas de información geográfica (SIG) están siendo aplicados a diferentes campos en los que el modelado dinámico de los fenómenos exige la componente temporal y el contexto espacial en el que se desarrollan. La variable temporal implica considerar aspectos como las escalas de tiempo, la granularidad y el comportamiento cíclico de algunos eventos, que hacen que la tarea sea algo más compleja que el simple añadido a la base de datos de columnas con indicación del instante de inicio y de terminación (García *et al.*, 2014).

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- **Problematización de la investigación**

El clima es un importante agente impulsor de la distribución de las especies forestales y del ritmo de crecimiento y estructura de los bosques; y el cambio climático puede por lo tanto tener efectos potenciales significativos en la hidrología de los bosques de montaña y especialmente en el caudal hídrico disponible aguas abajo. El no implementar un análisis espacio-temporal para conocer las características climáticas que afectan la productividad en árboles de teca (*Tectona grandis*) generará menores rendimientos e ingresos económicos al momento del aprovechamiento de plantaciones de esta especie. Con el fin de determinar evidencias y efectos del cambio climático en la provincia de Los Ríos, en el presente trabajo se estudia la variabilidad espacio temporal de la precipitación a partir de la reconstrucción histórica de los campos de precipitación mensual.

- **Diagnóstico**

Los bajos rendimientos volumétricos probablemente se deben a la variabilidad climática. En la zona central del Litoral ecuatoriano no existe información sobre cuáles son los lugares

ptimos para el establecimiento de plantaciones de teca, por ello es necesario un análisis espacio-temporal de condiciones climáticas que ayuden a conocer los lugares precisos para su plantación.

- **Pronóstico**

Un análisis espacio-temporal de las condiciones climáticas a nivel local con aplicación de los sistemas de información geográfica podrá evaluar efectos de los cambios en los patrones climáticos y servir de base para la selección de las áreas más aptas para establecimiento de plantaciones de teca.

- **Formulación del problema**

¿Cuál es la relación entre temperatura y precipitación con las variables dasométricas en las plantaciones de teca en la zona litoral del Ecuador en el período 2008-2019?

- **Sistematización**

¿Cuál es la variabilidad espacial y temporal de temperatura y precipitación en la zona litoral del Ecuador período 2008-2019?

¿Cuáles son los modelos estadísticos predictivos de variables dasométricas a partir de las variables climáticas?

¿Cómo elaborar una cartografía predictiva para teca en la propiedad del grupo empresarial ENDESA-BOTROSA?

- **Objetivos**

- **General**

Analizar la relación entre temperatura y precipitación con las variables dasométricas en las plantaciones de teca en la zona litoral del Ecuador en el período 2008-2019.

- **Específicos**

- Determinar la variabilidad espacial y temporal de temperatura y precipitación en la zona litoral del Ecuador período 2008-2019.
- Seleccionar los modelos estadísticos predictivos de variables dasométricas a partir de las variables climáticas.
- Elaborar una cartografía predictiva para teca en la propiedad del grupo empresarial ENDESA-BOTROSA.

- **Hipótesis**

Ho: Las condiciones climáticas no afectan a los rendimientos de las plantaciones forestales de *Tectona grandis*.

H₁: Las condiciones climáticas si afectan a los rendimientos de las plantaciones forestales de *Tectona. grandis*.

- **Justificación**

Debido a la escasez de información acerca de la relación que hay entre las variables climáticas (temperatura y precipitación) y rendimientos volumétricos de plantaciones forestales de teca puede ser la causante de pérdidas muy grandes de productividad en la época de aprovechamiento ya que el establecimiento de esta especie no es muy adecuado en ciertas zonas debido a las condiciones climáticas y por consecuencia las empresas no generan ingresos fructíferos. Por eso la importancia de realizar análisis espaciales para conocer las zonas favorables para el establecimiento de plantaciones de teca y tengan rendimientos óptimos.

La presente de investigación tiene como finalidad el implemento de un conjunto de herramientas de análisis de datos espacio-temporales integradas en un SIG que permitan a los investigadores, el reconocimiento de patrones o comportamientos de actividades en las plantaciones forestales de teca.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Generalidades de la *Tectona grandis* L.f. (teca)

La teca es una de las principales maderas de frondosas que existen en el mundo, respetada por su color claro, excelente fibra y su durabilidad (Pandey y Brown, 2000).

2.1.2. Taxonomía

La teca como otras especies forestales cuentan con descripción taxonómica, Fonseca (2014) considera la siguiente descripción:

Reino: Plantae

Filum: Spermatophyta

Subphylum: Angiospermae

Clase: Dicotyledonae

Orden: Lamiales

Familia: Lamiaceae (Verbenaceae).

2.1.3. Descripción botánica

La teca es un árbol muy grande y deciduo que en su hábitat natural normalmente alcanza 30 metros de altura y un metro de diámetro y ocasionalmente 45 metros de altura. La corteza tiene hasta 2 cm de espesor, de color café grisácea y ligeramente fisurada. La teca tiene un fuste limpio cilíndrico que en algunas veces aparece estriado en la base y con frecuencia provisto de contrafuertes nervados en los árboles viejos. En los bosques del área natural de la especie (de la India a Tailandia), los árboles dominantes sobrepasan los 30 metros de altura y los 80 cm de diámetro, con fustes limpios de ramas hasta 2/3 de la altura total producto de la poda natural (OIMT, 2011).

Las hojas son opuestas, grandes, de 11 a 85 cm de largo y de 6 a 50 cm de ancho, con pecíolos gruesos, limbos membráceos o subcoriáceos, nervios prominentes en ambas caras. Inflorescencia en panículas erectas terminales de 40 cm hasta 1,0 m de largo. Pedicelos de 1 a 4 mm de largo. Flores de cáliz campanulado, color amarillo verdoso, estilo blanco amarillento, más o menos pubescente con pelos ramificados (Chaves y Fonseca, 1991). El fruto es una drupa cuadrilobulada, de color castaño claro, finamente vellosa, con pericarpio afelpado que encierra una semilla bastante dura. Es un fruto seco indehisciente, en drupa esférica (Muñoz *et al.*, 2012).

2.1.4. Distribución geográfica

Sólo se da de forma natural en la India, Myanmar, la República Democrática Popular Lao y Tailandia, y se ha aclimatado en Java (Indonesia). También se ha establecido en toda la zona tropical de Asia, en el África Tropical y en América Latina y el Caribe (Costa Rica, Colombia, Ecuador, El Salvador, Panamá, Trinidad y Tobago y Venezuela). Ha sido introducida en algunas islas de la región del Pacífico (Papúa Nueva Guinea, Fiji y las Islas Salomón) y en el norte de Australia de forma experimental (Pandey y Brown, 2000).

2.1.5. Clima

Desde el punto de vista de la interacción clima y el establecimiento de plantaciones forestales, la precipitación mínima requerida 1200 mm/año, también como factor de importancia la duración, cuando hay sequía de tres meses, el efecto sobre el crecimiento y la salud de los árboles se convierte en determinante productivo de los bosques plantados, con precipitaciones mayores a 2500 mm, se presentarían inconvenientes por el exceso de humedad en el suelo, mayores riesgos de problemas fitosanitarios y problemas logísticos (Bedoya, 2014).

La teca presenta mayor tasa de crecimiento en localidades con precipitación anual de 1250 mm a 3750 mm asociado con un período de tres a cinco meses secos, temperaturas mínimas de 13 °C a 17 °C y máximo 39 °C a 43 °C, especie exigente en luz y sensible a las Heladas. En América Central el mayor crecimiento se observó en altitudes inferiores a los 500 m, con estación seca de 4 a seis meses y temperatura media entre 23 °C y 27 °C. En Brasil la especie es cultivada en localidades con precipitación media anual entre 1500 mm a 2750 mm, temperaturas máximas de 35 °C a 40 °C y mínimas de 15 °C a 20 °C, y tres a cuatro meses secos (Pelissari *et al.*, 2014).

2.1.4. Suelo

La teca puede crecer en una gran variedad de suelos, su mejor desarrollo se da en suelos profundos, bien drenados, aluviales y fértiles, con una concentración de pH de neutro a ácido. Generalmente los bosques de teca son terrenos montañosos con un suelo formado de basalto y granito. Cuando las plantaciones se siembran en tierras bajas y con mal drenaje tienden a fracasar. Los suelos para plantaciones de teca deben tener una resistencia a la penetración menor a 3 Kg/cm² (Carrera, 2012).

2.1.5. Análisis espacio-temporal

Manejar datos espacio temporales, es un tema común en los procesos de recolección de datos. Con los avances tecnológicos, se han generado nuevos retos computacionales para manejar este tipo de datos altamente volumétricos (Androva y Boland, 2011).

La información geográfica es inherente espacial y temporal. Las aplicaciones geográficas a menudo exigen un enfoque integrador para examinar los cambios y las interacciones en el espacio y el tiempo. Los sistemas de información geográfica temporal (SIG) son capaces de incorporar la temporalidad a las bases de datos geoespaciales y permitir la consulta, el análisis y el modelado espacio-temporal. Actualmente, los SIG temporales comerciales o de dominio público admiten datos espaciales basados en células (es decir, rásteres) u objetos de datos

espaciales con uno o conjuntos restringidos de geometría simples, en su mayoría datos basados en puntos o líneas únicamente (Yuan, 2008).

2.1.6. Datos espacio-temporales

Los SIG facilitan la gestión y representación de datos espaciales, permitiendo modelar comportamientos de diversas actividades en un contexto espacial y que interactúan con atributos temporales. Diversos estudios permitieron incrementar las capacidades y desarrollar herramientas que contemplan el análisis de variables temporales (Durango, 2013). Estos estudios se fundamentan en el hecho de que los datos espaciales son una representación del mundo real y que la representación implica la incorporación de modelos dinámicos dependientes de las variables espaciales y temporales (Rodríguez *et al.*, 2009).

Los datos espacio-temporales se almacenan en diferentes formatos digitales. Algunos ejemplos de los formatos más usados son los siguientes: NetCDF (*Networked Common Data Form*), HDF (*Hierarchical Data Format*), XML (*eXtensible Markup Language*), GML (*Generalized Markup Language*) y KML (*Keyhole Markup Language*). Diferentes instituciones, dependiendo de su uso y necesidades, generaron estos formatos. Las comunidades SIG requieren la creación de estos formatos para atender la compactibilidad y portabilidad, entre otras características (Ramachandran *et al.*, 2004).

2.1.6. Anomalías Climáticas

La palabra clima se asocia a las características del estado medio de la atmosfera junto con su variabilidad y cambios. Los estudios sobre anomalías climática analizan las variaciones en un intervalo de tiempo determinado, también las diferencias entre climas de distintas épocas. Las anomalías climáticas incluyen, por lo tanto, variaciones a largo plazo o tendencia,

variaciones en escalas de décadas y de siglos, variaciones interanuales y variaciones intra-estacionales (Cuadrat y Martín, 2007).

2.1.7. La importancia de la calidad de los datos

A pesar de su gran importancia, la calidad de los datos espaciales no ha sido una preocupación hasta hace relativamente poco tiempo. Las razones por las que la calidad de los datos empieza a considerarse como un elemento de gran relevancia en el ámbito geográfico son principalmente dos (Van, 2005):

- Aparición de los SIG;
- Amplio crecimiento del volumen de datos espaciales disponibles, especialmente los derivados de satélites (Van, 2005).

Estos dos factores, inevitablemente unidos, han favorecido que el volumen de trabajo sobre datos espaciales sea mayor y que además se use un número más elevado de datos distintos. La preocupación por la calidad de los datos es básica por el simple hecho de que los datos de mala calidad generan invariablemente resultados de mala calidad. Utilizar un dato de mala calidad es equivalente a utilizar un método equivocado. Si el modelo no es cierto, no importa la buena calidad de los datos, ya que los resultados que arrojará tampoco lo serán (Olaya, 2016).

2.1.8. Formatos de almacenamiento de datos espaciales

El objeto con el que se trabaja puede ser de dos tipos de formatos ráster (archivo de imagen) y vectorial (cobertura) (Puerta *et al.*, 2011).

2.1.8.1. Formato ráster

Captura información mediante los medios: Scanner, satélite, fotografía aérea, cámaras de video entre otros. Son fotografías, imágenes digitales capturadas por satélites (LandSat, Spot) o información digital de un mapa. Trabaja con celdas de igual tamaño que poseen un valor; el tamaño de la celda define el nivel de detalle de la información. Este modelo está orientado para representar fenómenos tradicionalmente geográficos que varían continuamente en el espacio; como la pendiente del terreno, altitud o precipitación. El modelo ráster también es llamado imagen (Puerta *et al.*, 2011).

En este modelo, el espacio geográfico es dividido en sectores de forma regular denominada comúnmente píxel. De esta forma se establece una malla coordenada de píxeles en la que cada píxel va a tomar el valor de la información geográfica que se encuentre en la posición del píxel. Cuanto más pequeño sea el tamaño de píxel más precisa será la representación de la información (Puerta *et al.*, 2011).

- **JPEG:** Es el poder de ajustar el grado de compresión, se abrevia frecuentemente JPG debido a que algunos sistemas operativos solo aceptan tres letras de extensión;
- **TIFF:** Es un formato creado por la empresa Aldus y Microsoft, mantiene la calidad de la imagen, pero el archivo es muy pesado;

- **IMG:** Es el archivo nativo del programa ERDAS (Puerta *et al.*, 2011).

2.1.8.2. Estructuración ráster de los datos

Enumeración exhaustiva: Todas y cada una de las unidades de la rejilla tienen un valor asignado. Esto supone una gran cantidad de información puesto que todos los píxeles están presentes, siendo la misma información reiterativa puesto que por ejemplo para el caso de polígonos, todos los píxeles de la misma clase y contiguos tienen el mismo valor del atributo temático asignado (Medina, 2015).

Codificación run-length: Es un procedimiento que sirve para compactar la información del mapa aprovechando los píxeles contiguos de una misma fila o columna con igual valor (Medina, 2015).

2.1.9. Formato vectorial

El formato vectorial (shape) puede ser creado a partir de fuentes de información espacial existente, o pueden ser generados desde ArcGIS, donde podemos añadir elementos. La composición de una cobertura vectorial en ArcGIS consta de tres o más archivos con el mismo nombre, pero con extensiones diferentes (Puerta *et al.*, 2011):

BRUNAS: Este tipo de dato tiene gran rapidez en despliegue y visualización, además que pueden ser editados (modificados), los objetos de una cobertura vectorial pueden estar representados: puntos, línea y polígonos (Puerta *et al.*, 2011).

2.1.10. Error en la calidad de datos

El concepto básico es el error, que no es sino la discrepancia existente entre el valor real y el valor recogido en una capa. El error puede ser de dos tipos: sistemático y aleatorio. Dos términos importantes en el estudio de la calidad son la precisión y la exactitud. La precisión indica el nivel de detalle con el que se recoge la información (Olaya, 2016).

Dependiendo del uso que se pretenda dar a una capa de datos geográficos, se requerirá de una u otra precisión. Un trabajo geodésico requerirá medir la localización de un punto con precisión milimétrica, mientras que para un muestreo para inventario forestal es suficiente localizar las parcelas correspondientes con una precisión mucho menor (Olaya, 2016).

2.1.11. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los sistemas de Información Geográfica (SIG) surgieron en la década el 60, a partir del avance en distintas áreas vinculadas con la informática, la geografía, la cartografía y la información. Si bien su historia es relativamente reciente, la tecnología de los SIG ha tenido un crecimiento muy importante y muy acelerado desde sus primeros años y hoy, puede

observarse una amplia y muy variada utilización en distintas áreas de nuestra sociedad (Medina, 2015).

Por el tipo de información que almacenan y analizan, los SIG son una herramienta que se utiliza en distintas áreas de la sociedad, muy variadas entre ellas. La información sobre el espacio geográfico no es un recurso exclusivo de los geógrafos o los medioambientalistas sino también un recurso para muchos proyectos y organizaciones vinculadas con diferentes temáticas, como salud, educación, seguridad, demografía o marketing, por dar sólo algunos ejemplos. Como consecuencia, los SIG generalmente involucran a profesionales, técnicos y especialistas de distintas áreas en equipos de trabajo multidisciplinarios (Medina, 2015).

La finalidad principal de un SIG, en un proyecto o dentro de una organización, es generar información geográfica (a partir de un modelo del espacio geográfico) para dar soporte a la toma de decisiones, un proceso que usualmente, no involucra la suficiente consideración información espacial. Aunque para muchos especialistas la finalidad de los Sistemas de Información Geográfica es clara y contundente, distintas circunstancias han hecho que actualmente se observen usos inadecuados de esta tecnología, desaprovechándose sus verdaderas capacidades y las inversiones –muchas veces elevadas- en hardware, software, datos y capacitación (Medina, 2015).

Uno de los usos inadecuados más comunes de un SIG es su utilización, casi exclusiva, para “inventario de datos geográficos” (confección de cartografía) y la consecuente “producción de mapas”. Si bien es cierto que los SIG poseen herramientas para desarrollar estas tareas y que la implementación de un SIG requerirá inicialmente la confección de la cartografía que servirá de base al sistema, es muy común encontrar usuarios, proyectos y organizaciones que no “pasan” de esta “etapa natural” (Medina, 2015).

2.1.12. ArcGIS

Es un sistema de información geográfica, el cual posee una interface gráfica de usuario, de manejo sencillo con el ratón, posibilita cargar con facilidad datos espaciales y tabulares para ser mostrados en forma de mapas, tablas y gráficos, también provee las herramientas necesarias para consultar y analizar los datos y presentar los resultados como mapas con calidad de presentación. Algunos ejemplos de lo que se puede obtener es cartografía temática, creación y edición de datos, análisis espacial, geocodificación de direcciones, etc. ArcGIS se compone de tres aplicaciones incluidas en ArcInfo, ArcEditor y ArcView, las cuales son ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox (Orduña, 2007).

2.1.13. Correlación.

La finalidad de la correlación es examinar la dirección y fuerza de la asociación entre dos variables cuantitativas. Así conoceremos la intensidad de la relación entre ellas y si, al aumentar el valor de una variable, aumenta o disminuye el valor de la otra variable. Para valorar la asociación entre dos variables, la primera aproximación suele hacerse mediante un diagrama de dispersión (Laguna, 2014).

Hay dos coeficientes de correlación que se usan frecuentemente: el de Pearson (paramétrico) y el de Spearman (no paramétrico, se utiliza en aquellos casos donde las variables examinadas no cumplen criterios de normalidad o cuando las variables son ordinales). El coeficiente de correlación Pearson evalúa específicamente la adecuación a la recta lineal que defina la relación entre dos variables cuantitativas. El coeficiente no paramétrico Spearman mide cualquier tipo de asociación, no necesariamente lineal (Laguna, 2014).

2.1.14. Coeficiente de correlación de Pearson (r)

Este coeficiente nos informa del grado de relación entre las dos variables. Si la relación es lineal perfecta, r será 1 ó -1. El coeficiente r será positivo si la relación es positiva (al aumentar x aumenta y), y r será negativo en el caso contrario (si al aumentar x , disminuye y). En general, valores (absolutos) de $r > 0,80$ se consideran altos, aunque esto depende del número de parejas de datos con los que hemos realizado el cálculo y del nivel de seguridad con el que queremos extraer nuestras conclusiones (Laguna, 2014).

2.1.14.1. Propiedades del coeficiente de Pearson

Adimensionalidad: Al dividir la suma de cuadrados del producto XY entre las raíces individuales de las sumas de cuadrados de X y Y , se obtiene un índice sin dimensiones que se origina cuando las unidades del numerador se cancelan con las del denominador. Esta propiedad representa una ventaja esencial que hace de este coeficiente una medida versátil y fácilmente interpretable (Hernández *et al.*, 2018).

Rango definido entre -1 y 1: Este coeficiente puede entenderse como el coseno del ángulo formado por los vectores asociados a X y Y . Cuando dicho ángulo es cercano a 0, el coseno tiende a 1, lo que implicaría que las variables poseen una alta proximidad en el espacio. Situación similar se presenta cuando el ángulo es aproximadamente igual a 180, en cuyo caso, el coseno será igual a -1 e indicará que las variables siguen exhibiendo una elevada cercanía, pero en direcciones opuestas. Ahora bien, cuando el ángulo entre los vectores es de 90 grados o similar, el coseno tenderá a 0 y esto supondrá que las variables son ortogonales, y que, en consecuencia, no están relacionadas linealmente (Hernández *et al.*, 2018).

Relación lineal: Esta propiedad es una de las más importantes y tal vez sea en la que más errores de interpretación se comenten. Es fundamental distinguir que lo que mide el coeficiente de Pearson es la fuerza y la dirección de la relación lineal entre las variables. Así, un $r_{XY} = \pm 1$ indicará que hay una perfecta asociación lineal positiva o negativa – según sea el signo – entre X y Y. En este orden de ideas, un $r_{XY} = 0$ será evidencia de que no existe relación lineal entre las características de interés, pero no constituye prueba alguna de independencia. En otras palabras, si el coeficiente de correlación es nulo, únicamente se podría establecer que no hay asociación lineal entre las variables, aunque pueda existir otro tipo de vinculación (Hernández *et al.*, 2018).

Simetría: La simetría en este caso establece que, sin importar si se intercambian las posiciones de X y Y, el resultado del coeficiente será el mismo. En términos matemáticos, esto podría expresarse a través de la igualdad $r_{XY} = r_{YX}$, lo que a su vez implica que al realizar un análisis de correlación, ninguna de las características de interés debe asumirse como explicativa de la otra (Hernández *et al.*, 2018).

Independencia con respecto al origen y a la escala: el valor de r de Pearson una vez ha sido calculado, no cambiará a pesar de que se modifique el origen o la escala de los datos; es decir, el coeficiente no se ve afectado por aquellas transformaciones lineales que se apliquen a las variables. En palabras simples, sumar o restar constantes uniformemente a cada variable no alterará el resultado, lo mismo si se multiplica o divide (Hernández *et al.*, 2018).

2.1.15. Regresión lineal.

- La regresión lineal permite predecir el comportamiento de una variable (dependiente o predicha) a partir de otra (independiente o predictora).
- Tiene presunciones como la linealidad de la relación, la normalidad, la aleatoriedad de la muestra y homogeneidad de las varianzas.
- La regresión no prueba causalidad.

- La línea de regresión no debe extenderse más allá de los datos obtenidos (Dagnino, 2014).

La regresión se usa para la identificación de relaciones potencialmente causales o bien, cuando no existen dudas sobre su relación causal, para predecir una variable a partir de la otra. Cuando dos variables tienen una relación de tipo determinista, el valor de una define exactamente el valor de la otra. En los fenómenos biológicos, sin embargo, la relación entre las variables es de tipo aleatorio ya que existen múltiples factores, muchos de ellos desconocidos, que influyen sobre la relación que existe entre las dos variables. En el primer caso, al hacer mediciones en una relación determinista, los resultados caerán muy cerca de la línea de regresión; la cercanía o coincidencia de los puntos observados con esa línea estará definida por el error de la medición. En el segundo caso, a esta variabilidad se debe agregar aquella introducida por esos múltiples factores adicionales (Dagnino, 2014).

2.1.16. Análisis de Varianza (ANOVA)

Los modelos de ANOVA son técnicas de Análisis Multivariante de dependencia, que se utilizan con datos procedentes de diseños con una o más variables independientes cualitativas (medidas en escalas nominales u ordinales) y una variable dependiente cuantitativa (medida con una escala de intervalo o de razón). En este contexto, las variables independientes se suelen denominar factores y la variable dependiente se conoce como respuesta (Ordan *et al.*, 2010).

Los modelos ANOVA permiten, básicamente, comparar los valores medios que toma la variable dependiente en J poblaciones en las que los niveles de factores son distintos, con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas según dichos niveles o si, por el contrario, la respuesta en cada población es independiente de los niveles de factores. Se trata, por tanto, de un contraste paramétrico que extiende el caso de J poblaciones el contraste de la igualdad de medias entre dos poblaciones independientes (Ordan *et al.*, 2010).

Aunque existen muchos y muy diferentes modelos de ANOVA, puede obtenerse una clasificación bastante simple de los mismos atendiendo a tres criterios: El número de factores, el tipo de muestreo afectado sobre los niveles de los factores y el tipo de aleatorización utilizada para seleccionar las muestras representativas de cada población y agrupar sus elementos (o unidades experimentales) en los distintos grupos que se desea comparar (Ordan *et al.*, 2010).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Imágenes satelitales

De acuerdo con Correa (2018) las imágenes satelitales se deben extraer, organizar, procesar, interpretar y llevarlas a un mapa digital o análogo para brindar la información de análisis requerida. Previamente es necesario elegir la resolución más adecuada, que, según diferentes autores, depende de las características de la escena y la variación deseada, del conocimiento previo de la zona de estudio y los niveles de referencia para la clasificación de los objetos en la imagen, así como la determinación de las variables que deben ser involucradas y las relaciones existentes entre ellas mismas para obtener la información precisa y apropiada, lo cual es posible gracias a los SIG.

2.2.2. Principales factores meteorológicos

De acuerdo con Chamba y Chuncho (2011) el concepto de clima engloba a un gran conjunto de variables pertenecientes a los distintos subsistemas atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera. Éstos interaccionan de forma no lineal, con diferentes escalas de tiempo que van desde días (tiempo atmosférico) a millones de años (procesos geológicos) y diferentes escalas espaciales que van desde metros (micrometeorología) a escala planetaria. De todo el gran abanico de posibilidades de variables y escalas que permiten describir el clima, en general se estudian dos variables, la precipitación y la temperatura.

2.2.3. Temperatura

De Fina y Ravelo (1983) definen a la temperatura como el elemento climático que indica el grado de calor o frío sensible en la atmósfera teniendo como fuente generadora de dicho calor el sol. La temperatura se mide en el termómetro y su unidad de medida es el grado centígrado (°C). La tierra no recibe igual energía solar en todas sus partes por lo tanto hay variación de temperatura y esta es dada por muchas causas entre las cuales tenemos: la altitud, distancia al mar, latitud, relieve, etc.

2.2.4. Precipitación

Castillo (1996) define a la precipitación como la caída de partículas líquidas o sólidas de agua. La precipitación es la fase del ciclo hidrológico que da origen a todas las corrientes superficiales y profundas, debido a lo cual su evaluación y el conocimiento de su distribución, tanto en el tiempo como en el espacio son problemas básicos en hidrología.

2.2.5. Condiciones climáticas en el Ecuador

En base a lo establecido por INAMHI (2001) en el Ecuador el régimen de precipitaciones en condiciones normales depende de la región natural; así en la Región Litoral o Costa el período lluvioso comienza en el mes de diciembre o enero y termina en el mes de mayo con un máximo de precipitaciones en los meses de febrero a abril, siendo por lo general marzo el mes que registra valores mayores de precipitación; es decir es una distribución MONOMODAL. La época seca se inicia en el mes de mayo y finaliza en el mes de septiembre.

2.2.6. Factores que controlan las condiciones climáticas en el Ecuador

INAMHI (2001) establece que las características climatológicas del Ecuador, son como las de cualquier otra parte del planeta, responden a una diversidad de factores que modifican su condición natural, tales como: latitud geográfica, altitud del suelo, dirección de las cadenas montañosas, vegetación, acercamiento y alejamiento del Océano, corrientes marinas y los vientos.

2.2.7. Características estacionales de la vegetación

El tiempo atmosférico guarda un cierto ritmo de regularidad con el calendario, si bien se presentan ocasionalmente anormalidades, tales como avances térmicos (golpes de calor y sequía) o retrocesos al frío (régimen de nevadas y heladas). También es importante la oportunidad de las lluvias (que no sean extemporáneas) y sus valores normales (ni diluvios ni sequía) (García y Pallares, 2015).

Los montes y bosques se han ido adaptando al ritmo anual atmosférico, según el clima y el suelo de cada región natural. Sobre los árboles influye la *atmósfera* que rodea su tronco, ramas y fronda y el tipo de suelo y su estado físico y químico, donde germinan las semillas y se desarrollan las raíces (García y Pallares, 2015).

2.2.8. Características climáticas de la teca

La “teca” se ha plantado con fines comerciales en el trópico cálido, especialmente en áreas inferiores a los mil metros de elevación sobre el nivel del mar, Briscoe (1995). En Centro América uno de los factores limitantes para el crecimiento de “teca” es la altitud por encima de los 1000 Msnm; además los autores encontraron la altitud como un factor ambiental que mostró diferencias en la estimación indirecta del índice de sitio, presentando los más altos

rendimientos por debajo de los 100 Msnm, (Chávez y Fonseca, 1991). Esta especie requiere una elevación de no más de 1300 Msnm. Además, requiere una estación seca bien definida, en los lugares donde se distribuye naturalmente, que comprende de tres a siete meses, con una precipitación media anual que va de los 760 a 5,000 mm y una temperatura media anual de 21 ° C a 28 ° C. Lamprecht (1990).

Lo óptimo para la especie es al menos contar con 4 meses secos con menos de 60 mm de precipitación, con precipitaciones medias entre 1250 y 3750 mm al año y temperaturas medias anuales entre 22 ° C y 27 ° C, (Zúñiga, 2012). Así mismo Briscoe (1995), reporta que esta especie ha sido plantada en áreas con precipitaciones superiores a los 1000 mm por año. Para Centro América, los factores más relacionados con la estimación indirecta del índice de sitio parecen ser los ambientales, específicamente la precipitación; definiendo en gran medida el crecimiento de la especie, ya que los mayores incrementos se producen en sitios con una variación entre 2500 a 3000 mm por año (Zúñiga, 2012). La elevación al parecer es otro factor importante para la especie, ya que bajo los 100 Msnm. es donde se han encontrado los mejores rendimientos Chaves y Fonseca (1991).

CAPÍTULO III

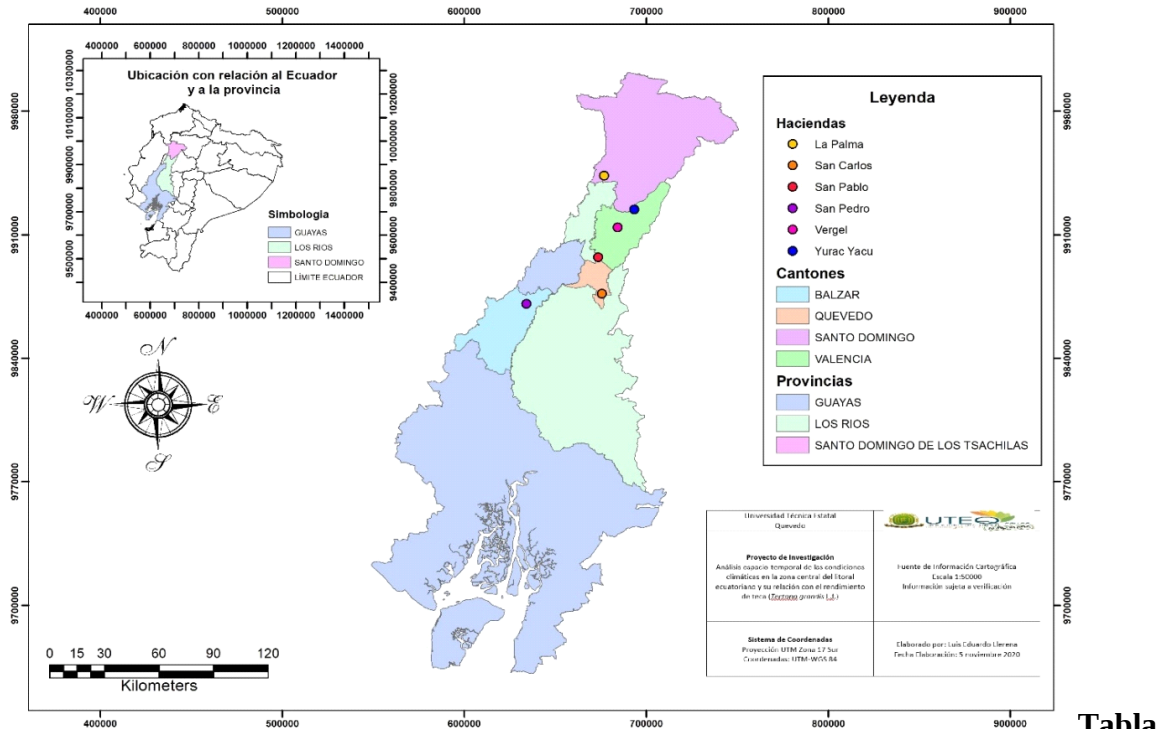
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- **Localización y características del área de estudio**

- **Localización del área de estudio**

La presente investigación se realizó en 6 sitios de plantaciones de *Tectona grandis* ubicados en la zona central del litoral ecuatoriano (provincia de Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Guayas) pertenecientes al grupo empresarial ENDESA BOTROSA.

Sitio	Nombre del sitio	Cantón	Localización	
			Este	Sur
1	La Palma	Santo Domingo	676891	9943499
2	San Carlos	Quevedo	675633	9876629
3	San Pablo	Valencia	673682	9897237
4	Vergel	Valencia	684216	9914156
5	Yuracyacu	Valencia	693367	9924381
6	San Pedro	Balzar	634105	9870829



Tabla

1. Localización de los sitios de estudio en la División Política Cantonal

Figura 1 Ubicación geográfica de los sitios de estudio en las provincias de Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Guayas.

- **Límites**
- **Límites de la provincia de Los Ríos**

La provincia de Los Ríos limita al Norte con la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, al Sur y Oeste con la provincia del Guayas, por el Este con las provincias de Cotopaxi y Bolívar y al noroccidente con la provincia de Manabí.

- **Límites de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas**

La provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas limita al Norte y al Este con la provincia de Pichincha, al Sureste con la provincia de Cotopaxi, al Sur con la provincia de Los Ríos, al Noroeste limita con la provincia de Esmeraldas y al Oeste con la provincia de Manabí.

- **Límites de la provincia del Guayas**

La provincia del Guayas limita al Norte con la provincia de Manabí y Los Ríos, al sur con la Provincia de El Oro, al este con las provincias de Bolívar, Chimborazo, Cañar y Azuay y al oeste con la provincia de Santa Elena y el Océano Pacífico.

- **Características edafoclimáticas de la provincia de Los Ríos**

Altitud media.....30 msnm
Precipitación media anual.....2249,4 mm
Temperatura promedio anual.....25,1 ° C
Humedad Relativa.....83%
Topografía.....Irregular

Fuente: Promedio de anuarios meteorológicos período 1990-2013 (INAMHI, 2018).

- **Características edafoclimáticas de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas**

Altitud media.....625 msnm
Precipitación media anual.....3349,4 mm
Temperatura promedio anual.....19,1 ° C
Humedad Relativa.....87%
Topografía.....Irregular

Fuente: Promedio de anuarios meteorológicos período 1990-2013 (INAMHI, 2018).

- **Características edafoclimáticas de la provincia del Guayas**

Altitud media.....32 msnm

Precipitación media anual.....	1713,5 mm
Temperatura promedio anual.....	26,1 ° C
Humedad Relativa.....	81,8%
Topografía.....	Irregular

Fuente: Promedio de anuarios meteorológicos período 1990 - 2013 (INAMHI, 2018).

- **Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo cuantitativa-deductiva, debido a que se hizo uso de los datos de diámetros para conseguir los incrementos medios anuales (IMA) y su vez también datos de precipitación y temperatura originarios de las estaciones meteorológicas de las haciendas y portales web de la NASA.

- **Métodos de investigación**

En la presente investigación se empleó el método Hipotético-Deductivo y Cuantitativo, ya que por medio del análisis de la relación entre las variables climáticas (temperatura y precipitación) y las variables dasométricas de las plantaciones de teca se pudo determinar los lugares más óptimos para la plantación de dicha especie.

- **Fuentes de recopilación de información**

Se reunió información a través de artículos, tesis, portales web, los cuales permitieron realizar las etapas del proyecto.

- **Diseño de la investigación**
- **Datos**
- **Campo**

Los primordiales datos que se adquirieron fueron los de campo, los cuales fueron proporcionados por el grupo empresarial Endesa-Botrosa. Dichos datos fueron:

- Datos de diámetro
- IMA DAP
- Altura
- IMA altura
- Datos de estaciones meteorológicas presentes en las haciendas (temperatura y precipitación)

- **Datos de dos tipos**

Dado a que no existía un registro total de las variables obtenidos de campos para los años de estudios, tanto de temperatura como de precipitación, se procedió a buscar recursos de datos de geoportales web científicos.

- **Temperatura**

Las variables de temperatura se las pudo obtener del geoportal de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) del servidor Giovanni, en el cual se descargó capas rasters que sirvieron para el periodo de estudio 2008-2019.

- **Precipitación**

Los variables de precipitación se obtuvieron del CHRS (Center of Hydrometeorology and remote sensing), en el cual se descargó rasters para el periodo de estudio 2008-2019.

- **Línea base de temperatura y precipitación**

Para poder conseguir datos de la línea base se descargó capas rasters del geoportal de WorldClim, dicha línea base se la utilizó para obtener variables de promedios de 30 años de temperatura y precipitación, estos datos se utilizaron para entender la variación espacial del clima en el lugar de estudio.

- **Pendiente y elevación**

Las variables de elevación y pendiente se consiguieron a partir de la separación de valores de la capa raster bio 33 adquiridas del geoportal de WorldClim.

- **Realización de ANOVA para conocer si existe diferencia significativa entre datos climáticos obtenidos de las estaciones meteorológicas de los sitios de estudio y datos climáticos obtenidos del portal web.**

En este estudio se menciona para el contraste de igualdad de medias para las muestras independientes. Entre todo si existe diferencia significativa, estructura o variable climática y requerimientos de teca entre áreas muestrales y períodos analizados.

Para definir la diferencia significativa entre este par de datos, se efectuó un análisis del ANOVA mediante el programa estadístico SPSS, por lo tanto, se determinó que no existe diferencia significativa entre las fuentes de datos, se muestra en (ANEXOS 1 y 2). Para ello se planteó:

H^0 = No existen diferencias significativas entre los dos grupos de datos, $p = >0.05$ al 95%

H_a = Si existen diferencias significativas entre los dos grupos de datos, $p = <0.05$ al 95%

- **Análisis de variabilidad**

El análisis de variabilidad de la temperatura y precipitación se hizo tomando en cuenta los diagramas de barras y análisis visual de mapas de distribución de estas variables mediante imágenes rasters que se descargaron de los geoportales web y mediante el software ArcMap a través de su complemento Spatial Analyst Tools se extrajo los valores, donde:

Temporal = análisis de barras

Espacial = Cartografía

- **Elaboración de cartografía de análisis de variación climática**

Para realizar la cartografía se empleó capas del geoportal Worlclim de temperatura y precipitación, siendo estas la línea base para el enlace de datos climáticos obtenidos del geoportal CHRS y Giovanni de la NASA para datos de temperatura.

Con el software Arcmap, a través del implemento Spatial Analyst Tools se sacó valores de las variables para elaborar gráficos de precipitación, temperatura y anomalías para cada período de cada lugar estudiado.

- **Análisis de correlación**

- **Coefficiente de correlación de Pearson**

Para disminuir dimensión y hallar las variables más importantes se efectuó el análisis correlacional. Dicho tipo de análisis instaura y cuantifica la función interpolación de superficies a partir de datos del lugar de estudio y estación meteorológica.

Con el índice se midió la co-variación entre las variables relacionadas linealmente, eso hace referencia a la media de los productos cruzados de las puntuaciones estandarizadas de las variables X y Y.

Se define con la siguiente fórmula;

- **Modelo de regresión lineal**

Se examinó las variables dependientes e independientes, en base a la clasificación sencilla de la información, para definir variables predictivas más relevantes, a través del software estadístico SPSS.

- Fórmula del modelo de regresión lineal:

$$Y = f(X_1; X_2; X_3; \dots; X_k;)$$

Donde:

$X_1; X_2; X_k$: son las distintas variables que se suponen potencialmente relevantes como factores explicativos de la primera.

- Modelo de bondad de ajuste:

$$R^2 = 1 - SCR / SCT$$

Donde:

SCR: Suma de los cuadrados de los residuos.

SCT: Suma de cuadrado total.

Las variables que se usó en el modelo de regresión lineal fueron:

Tabla 2. Variables usadas en el modelo de regresión Lineal

Variables	
Dependiente	Independiente
IMA_Dap	X
	Y
	Elevación
	t2
	t4
	t6
	t7
	t8

	t9
	t10
	t11
	p7

- **Estadísticos para selección del modelo**

Para la ecuación conseguida por el análisis de regresión lineal se tomaron como estadísticos de selección: coeficiente de determinación (R^2), coeficientes no estandarizados y nivel de significancia.

- **Creación de cartografía de las variables dinámicas usando funciones de interpolación de SIG ArcGis**

Será la fase de creación de mapas temáticos en los que codificará la información de las variables dasométricas y climáticas del proyecto.

- **Elaboración de cartografía predictiva**

Para realizar la cartografía predictiva se empleó escenarios obtenidos del geoportal CHELSA, escenario 45 para precipitación y temperatura. Y por medio el software ArcMap se efectuó interpolación de datos del IMA proyectado para el período 2040-2060. Con valores conseguidos del modelo de regresión lineal se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{IMA} = (\text{Constante } 111,93) + 0,0000124 * Y - 0,507 * t_2 + 0,185 * t_8 + 0,011 * p_7$$

Donde:

Constante: Valor obtenido del resultado de cuadro de coeficientes estandarizados.

0.0000124: Valor obtenido de coeficiente estandarizados de la variable temperatura de julio.

t₂: Valor que se obtendrá de la extracción de datos del raster del escenario 45 para temperatura con el programa Arcmap y su herramienta de Extract multi values to point.

0,185: Valor obtenido de coeficiente estandarizados de la variable temperatura de agosto.

t8: Valor que se obtendrá de la extracción de datos del raster del escenario 45 para temperatura.

0,011: Valor obtenido de coeficiente estandarizados de la variable precipitación de julio.

p7: Valor que se obtendrá de la extracción de datos del raster del escenario 45 para precipitación.

- **Instrumentos de investigación**

- **Fuentes primarias**

La información se obtuvo del grupo empresarial ENDESA-BOTROSA, de su archivo de datos de las plantaciones de teca, como de las estaciones meteorológicas presentes en los lugares de estudio en el cual se utilizaron materiales como (Navegador digital Gps, bolígrafo, unidad USB).

- **Fuentes secundarias**

Las fuentes secundarias ayudaron al desarrollar el argumento de la investigación, las fuentes secundarias que se utilizó son: libros, tesis, artículos científicos y documentos científicos, sitios web científicos.

- **Tratamiento de datos**

Para esta investigación se utilizó el software ArcGIS para el mapeo, softwares estadísticos Excel Stats y SPSS para la tabulación y estadística de datos para conseguir los resultados y conclusiones para elaboración de las tablas de datos en la investigación.

- **Recursos humanos y materiales**
- **Materiales de campo**
 - Receptor GPS Navegador
- **Materiales de oficina**
 - Ordenador
 - Impresión
 - Carpetas
 - CD's
 - Software estadístico (SPSS, Excel) y Software ArcMap

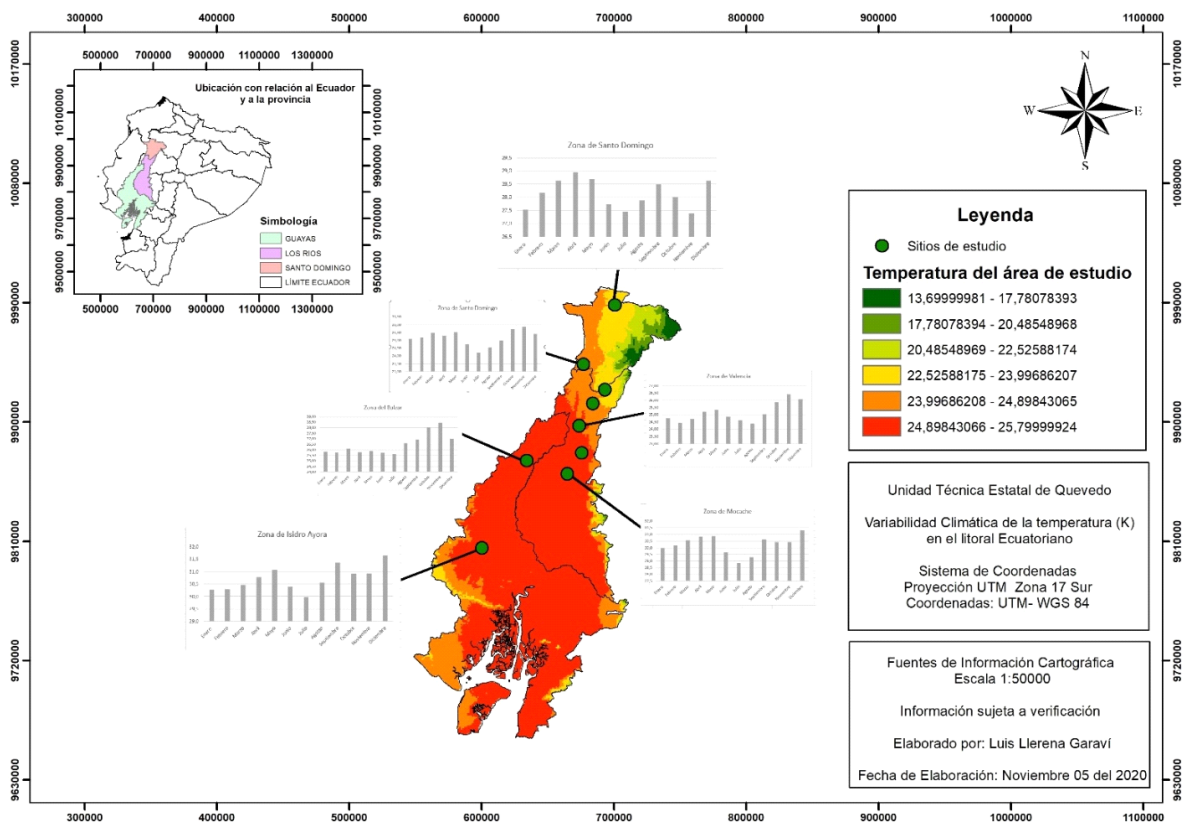
CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

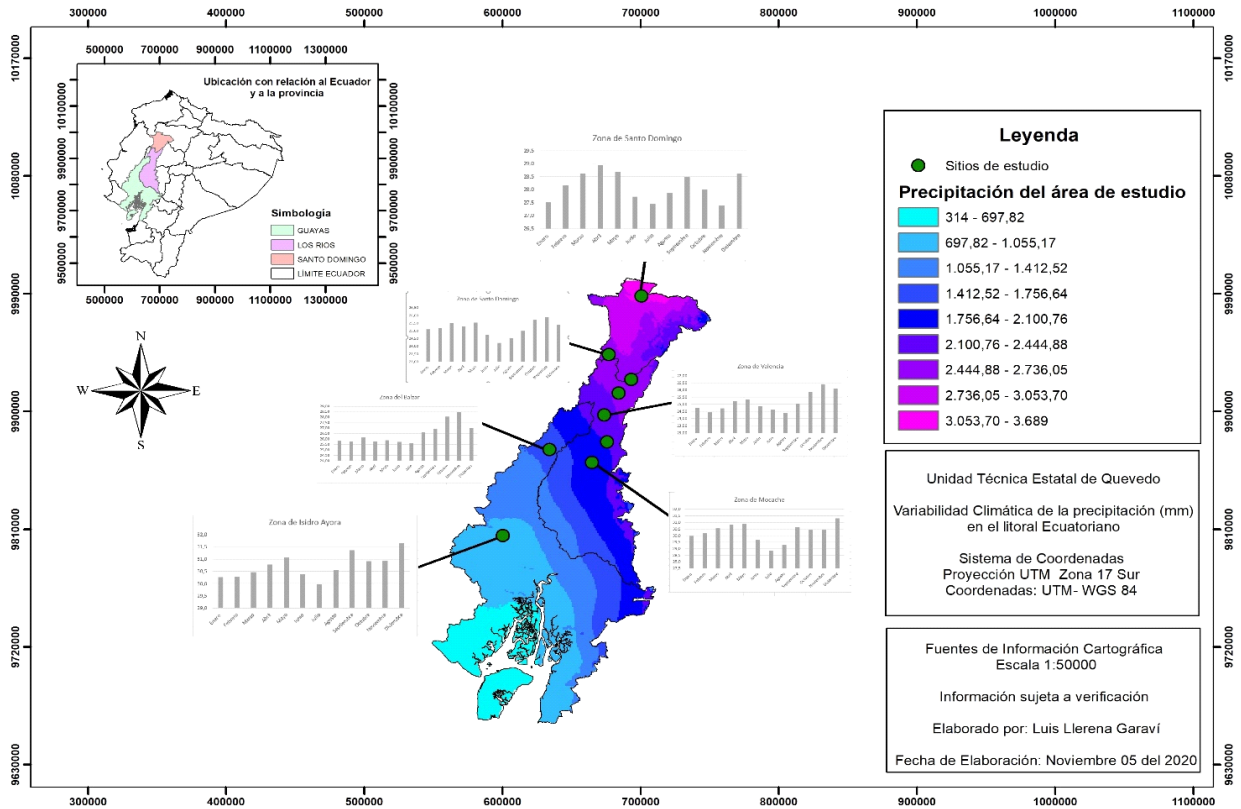
4.1.1. Distribución espacio temporal de la variabilidad climática en la zona del litoral ecuatoriano

4.1.1.1. Variabilidad climática temperatura



La figura 2 representa las tendencias intermensuales de la temperatura a partir de una línea base con un promedio de 30 años, en la cual se indica niveles de temperatura altos sobre los meses de octubre y noviembre para la zona de Santo Domingo y de Balzar, el mes de noviembre para la zona de Valencia, el mes de diciembre para la zona Isidro Ayora y de Mocache. Se expresan valores que van desde los 22,52 °C a 23,99 °C para la provincia de Sto. Domingo de los Tsáchilas; 24,89 °C a 25,79 °C para la provincia del Guayas y 23,99 °C a 24,89 °C para la provincia de Los Ríos en los promedios de temperatura media anual.

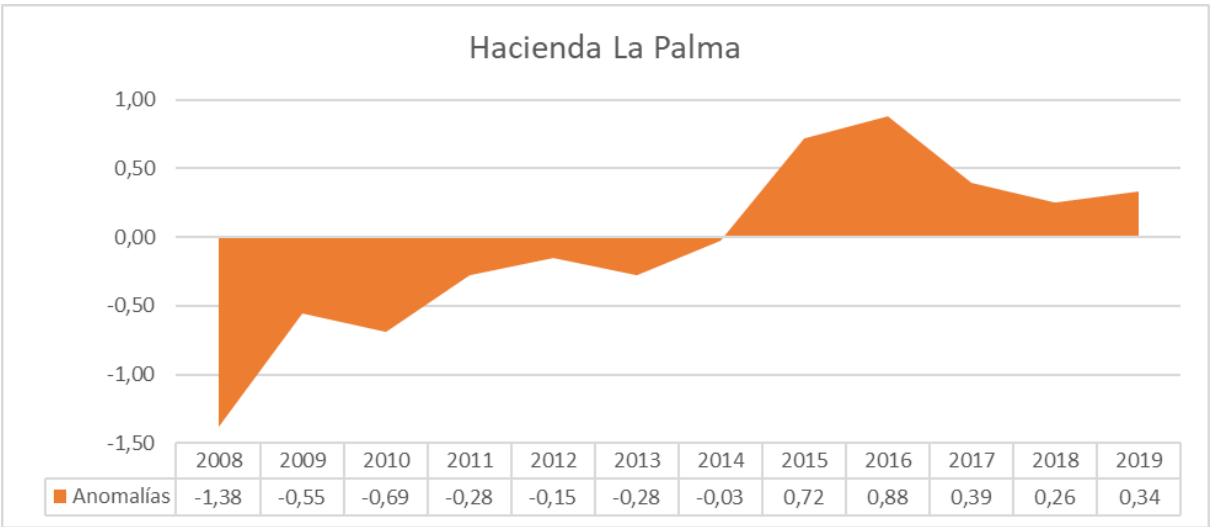
4.1.1.2. Variabilidad climática precipitación



La figura 3 representa las tendencias intermensuales de precipitación partir de una línea base con promedio de 30 años, en la cual se indica niveles de mayor precipitación en el mes de marzo para la zona de Sto. Domingo; el mes de febrero para Balzar; el mes de marzo para Valencia; los meses de febrero y marzo para Mocache y el mes de marzo para Isidro Ayora. Y en base a esto, se expresan valores que van desde 2444 mm a 2736 mm para la provincia de Sto. Domingo de los Tsáchilas; 2100 mm a 2444 mm para la provincia de Los Ríos y 697 mm a 1055 mm para la provincia del Guayas en datos de precipitación anual.

4.1.1.3. Anomalías de las tendencias interanuales de temperatura para los seis sitios de estudio

Con el fin de determinar la variación interanual de la temperatura en los sitios de estudio, se calculó seis gráficas de anomalías extraídas de las variaciones de temperatura por arriba o por debajo de la media de los periodos 2008 – 2019.



En la figura 4 se observa que en la hacienda La Palma las anomalías negativas se registran en el periodo del 2008 a 2014, y las anomalías positivas se registran de los años 2015 al 2019, en base a esto se determinó que los años 2015 y 2016 cuentan con una intensidad mayor.

En la figura 5 se observa que en la hacienda Yuracyacu, las anomalías negativas no tienen ningún registro en el periodo 2010 - 2019, sosteniendo así que solo existen anomalías positivas en dicho periodo, y los años que mayores anomalías registran son 2015 y 2016 respectivamente

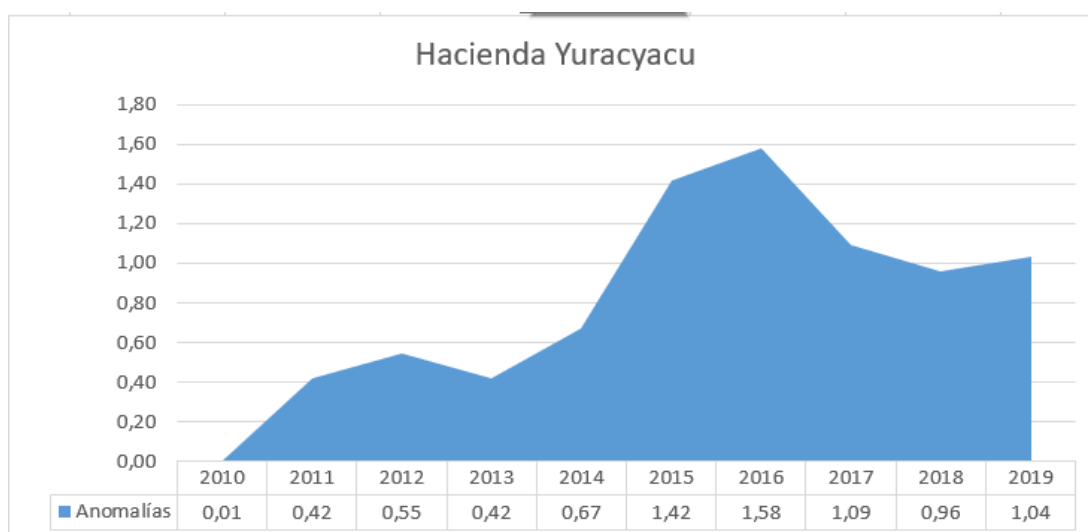
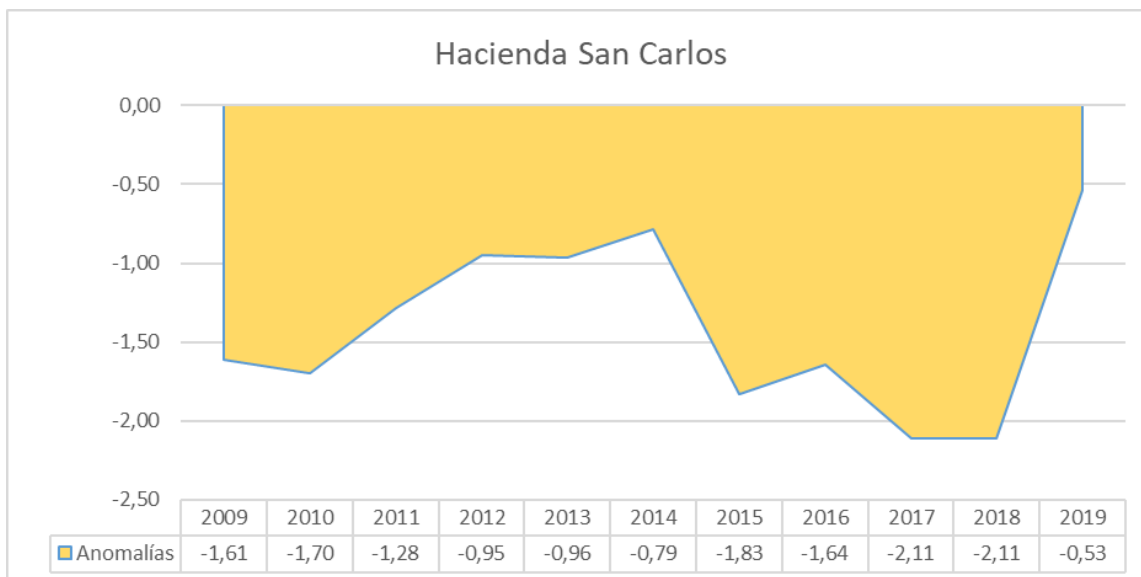


Figura 5. Anomalías de temperatura para la Hacienda Yuracyacu

En la figura 6 se observa que en la hacienda San Pedro las anomalías negativas se registran en el periodo 2009 a 2011, las anomalías positivas se registran de los años 2012 al 2018, y retorna una anomalía negativa en el año 2019.

Figura 6. Anomalías de temperatura para la Hacienda San Pedro



En la figura 7 se observa que en la hacienda San Carlos, los años 2009 – 2019 solo presentan anomalías negativas, sosteniendo así que no existen anomalías positivas en dicho periodo, y los años que menor anomalías registran son 2017 y 2018 respectivamente.

En la figura 8 se observa que en la hacienda El Vergel las anomalías positivas se registran en el periodo 2010 al 2016, siendo la más alta la del 2014 y las anomalías negativas se presentan en los años 2017 y 2018, y en el año 2019 se volvió a presentar anomalías positivas.

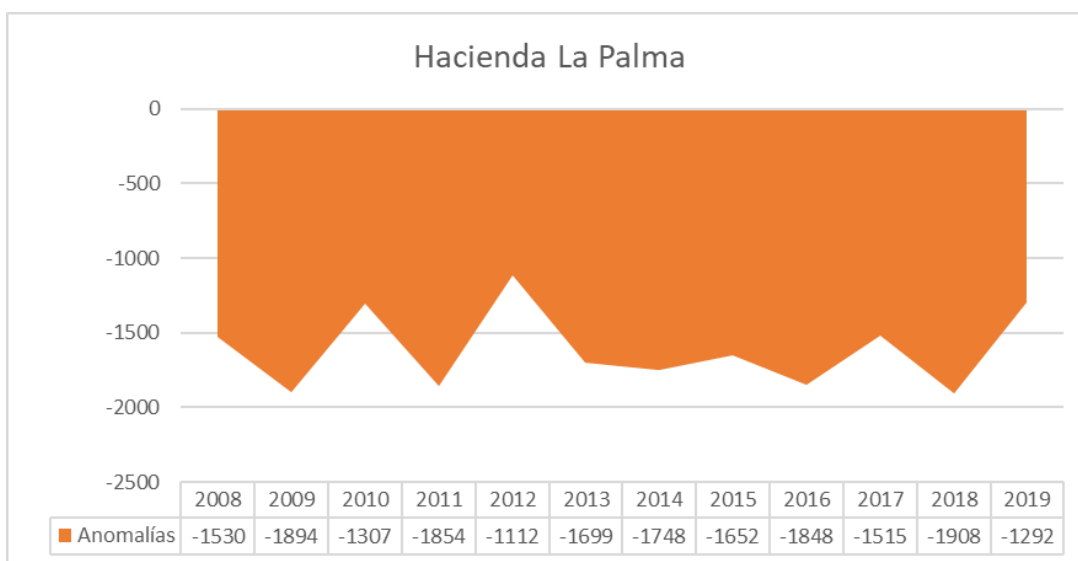
Figura 8. Anomalías de temperatura para la Hacienda El Vergel

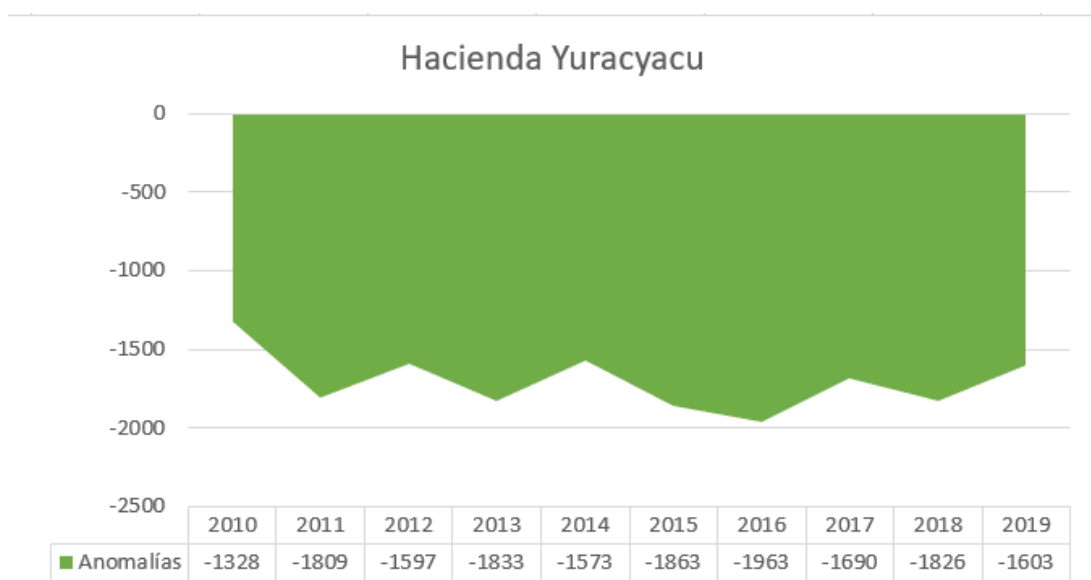
En la figura 9 se observa que en la hacienda San Pablo las anomalías negativas se registran en el periodo 2009 al 2019, las anomalías positivas solo se presentan en el año 2014, en los años 2016 al 2019 se vuelven a presentar anomalías negativas, siendo el 2018 el que presenta las anomalías más bajas.

Figura 9. Anomalías de temperatura para la Hacienda San Pablo.

4.1.1.4. Anomalías de las tendencias interanuales de precipitación para los seis sitios de estudio

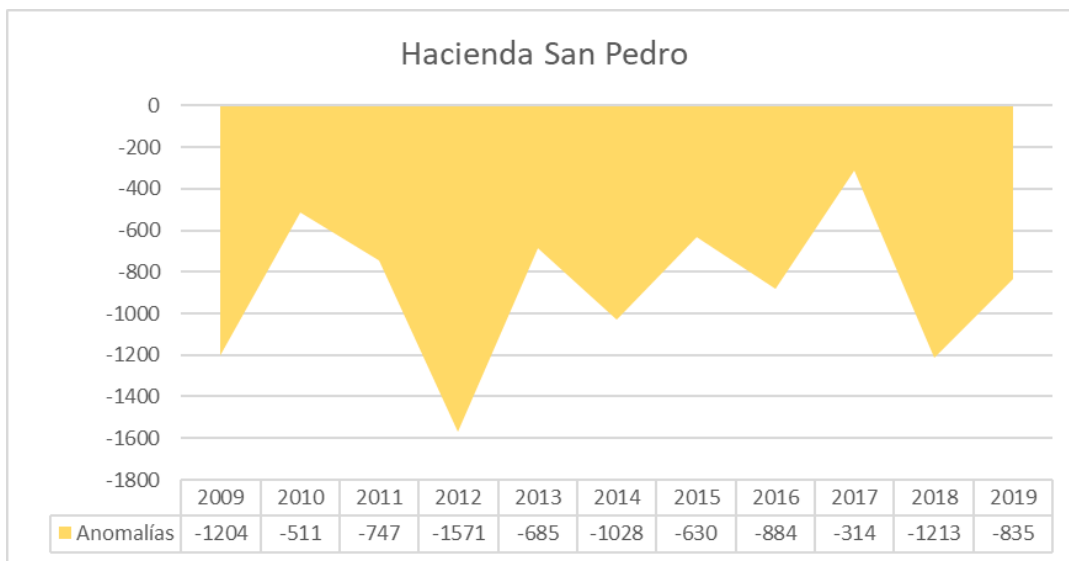
En la figura 10 se observa que en la hacienda La Palma, las anomalías negativas se mantienen regular en los periodos 2008 al 2019, siendo 2009 y 2018 los años con anomalías más bajas de -1894 mm y -1908 mm respectivamente.





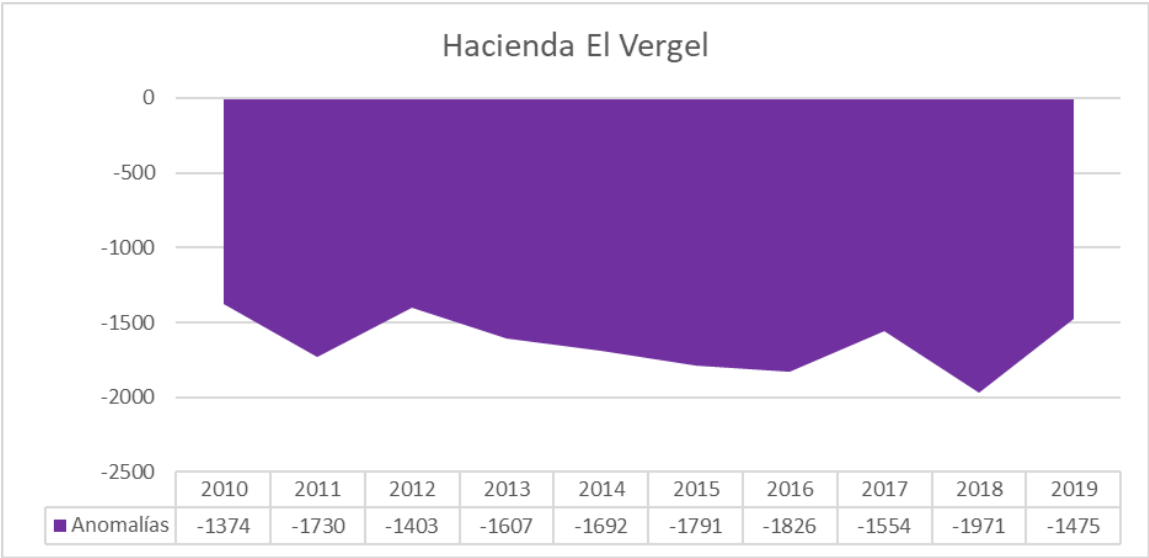
En la figura 11 se observa que en la hacienda Yuracyacu, las anomalías negativas se mantienen regular en los periodos 2010 al 2019, siendo 2015 y 2016 los años con anomalías más bajas de -1863 mm y -1963 mm respectivamente.

Figura 11. Anomalías de precipitación para la hacienda Yuracyacu

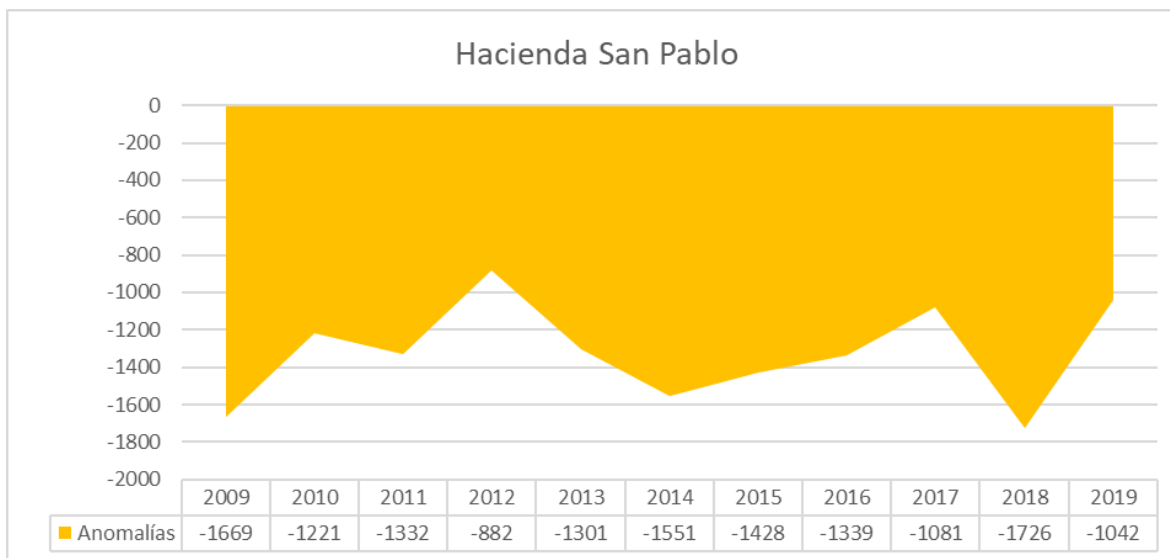


En la figura 12 se observa que en la hacienda San Pedro, las anomalías negativas se mantienen regular en los periodos 2009 al 2019, siendo 2012 el año con la anomalía más baja de -1571 mm.

En la figura 13 se observa que en la hacienda San Carlos, las anomalías negativas se mantienen regular en los periodos 2009 al 2019, siendo 2009 y 2018 los años con anomalías más bajas de -1801 mm y -1594 mm respectivamente.



En la figura 14 se observa que en la hacienda El Vergel, las anomalías negativas se mantienen regular en los periodos 2010 al 2019, siendo 2016 y 2018 los años con anomalías más bajas de -1826 mm y -1971 mm respectivamente.



En la figura 15 se observa que en la hacienda El Vergel, las anomalías negativas se mantienen regular en los periodos 2009 al 2019, siendo 2009 y 2018 los años con anomalías más bajas de -1669 mm y -1726 mm respectivamente.

4.1.2. Selección de modelos predictivos de variables dasométricas a partir de las variables climáticas

4.1.2.1. Regresión de componentes correlacionados

Tabla 3. Predictores obtenidos de la regresión de componentes correlacionados.

Predictores guardados en el modelo:
y
2t
4t
6t
7t
8t
9t
10t
11t
7p

Donde:

Y: Latitud

2t: Temperatura de febrero

4t: Temperatura de abril

6t: Temperatura de Junio

7t: Temperatura de Julio

8t: Temperatura de Agosto

9t: Temperatura de Septiembre

10t: Temperatura de Octubre

11t: Temperatura de Noviembre

7p: Precipitación de Julio

De 168 variables correlacionadas (se muestra en el anexo 5). Se identificó un total de 10 predictores más significativos de 30, entre las cuales 8 son de temperatura, 1 de latitud y 1 de precipitación, eso se obtuvo a partir de datos dasométricas y climáticos.

4.1.2.2 Modelo de regresión lineal

Tabla 4. Variables introducidas/eliminadas obtenidos del modelo final

Variables introducidas/eliminadas ^a			
Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	Y	.	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050, Prob. de F para salir >= ,100).
2	t2	.	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050, Prob. de F para salir >= ,100).
3	t8	.	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050, Prob. de F para salir >= ,100).
4	p7	.	Por pasos (criterio: Prob. de F para entrar <= ,050, Prob. de F para salir >= ,100).

a. Variable dependiente: IMA_DAP

Como resultado del modelo final, la regresión lineal nos da cuatro variables importantes que son Y, t2 (temperatura de febrero), t8 (temperatura de agosto) y p7(precipitación de julio).

Tabla 5. Coeficiente de correlación de Pearson múltiple R y a su cuadrado.

Resumen del modelo ^e					
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Durbin-Watson
1	,549 ^a	,302	,291	,54064	
2	,760 ^b	,578	,564	,42377	
3	,796 ^c	,633	,615	,39824	
4	,833 ^d	,695	,674	,36641	

a. Variables predictoras: (Constante), Y

b. Variables predictoras: (Constante), Y, t2

c. Variables predictoras: (Constante), Y, t2, t8

d. Variables predictoras: (Constante), Y, t2, t8, p7

e. Variable dependiente: IMA_DAP

En los modelos se observa que $R = 0,833$, $R^2 = 0,695$ y el R^2 corregida es menor a R^2 . El coeficiente de determinación señala que el 69% de la variación total de dichas variables queda expresado por el modelo estimado, lo que quiere decir que el modelo proporciona un buen ajuste (Tabla 5).

Tabla 6. Resumen del ANOVA

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	7,961	1	7,961	27,235	,000
	Residual	18,414	63	,292		
	Total	26,375	64			
2	Regresión	15,241	2	7,621	42,435	,000
	Residual	11,134	62	,180		
	Total	26,375	64			
3	Regresión	16,701	3	5,567	35,103	,000
	Residual	9,674	61	,159		
	Total	26,375	64			
4	Regresión	18,320	4	4,580	34,114	,000
	Residual	8,055	60	,134		
	Total	26,375	64			

a Variables predictoras: (Constante), Y

b Variables predictoras: (Constante), Y, t2

c Variables predictoras: (Constante), Y, t2, t8

d Variables predictoras: (Constante), Y, t2, t8, p7

e Variable dependiente: IMA_DAP

En el cuadro resumen del ANOVA, las variables son estadísticamente significativas.

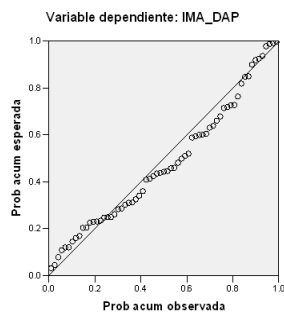
Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	-129,285	25,319		-5,106	,000
	Y	1,33E-005	,000	,549	5,219	,000
2	(Constante)	-117,847	19,927		-5,914	,000
	Y	1,33E-005	,000	,546	6,614	,000
	t2	-,437	,069	-,525	-6,367	,000
3	(Constante)	-130,431	19,180		-6,800	,000
	Y	1,44E-005	,000	,591	7,486	,000
	t2	-,536	,072	-,644	-7,416	,000
	t8	,169	,056	,268	3,034	,004
4	(Constante)	-111,930	18,434		-6,072	,000
	Y	1,24E-005	,000	,509	6,666	,000
	t2	-,507	,067	-,609	-7,561	,000
	t8	,185	,051	,293	3,595	,001
	p7	,011	,003	,267	3,472	,001

a. Variable dependiente: IMA_DAP

En la tabla 7, el modelo final los cuatros predictores son significativos ya que son menor a que son menor al 0,5%. Por otro lado, la constante no es significativa con un valor de 9,31.

Gráfico P-P normal de regresión Residuo tipificado



La figura 16 señala que los puntos persiguen la normal que es la línea diagonal ocultando grandes desviaciones de todo ello significa que los residuos están normalmente distribuidos.

En la figura 17 se contempla que existe una conducta de los residuos con respecto a Y, esto da a entender que las variables aleatorias están correlacionadas.

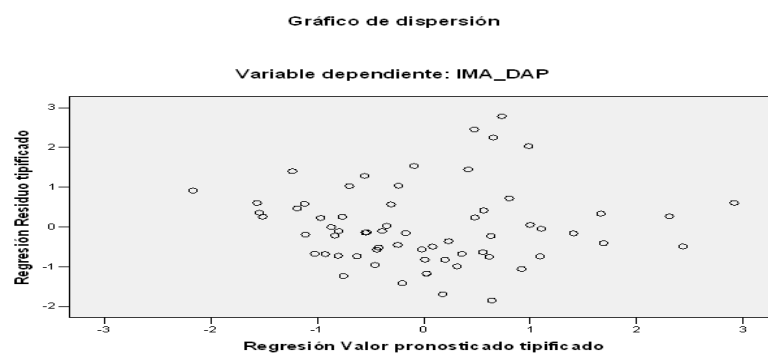
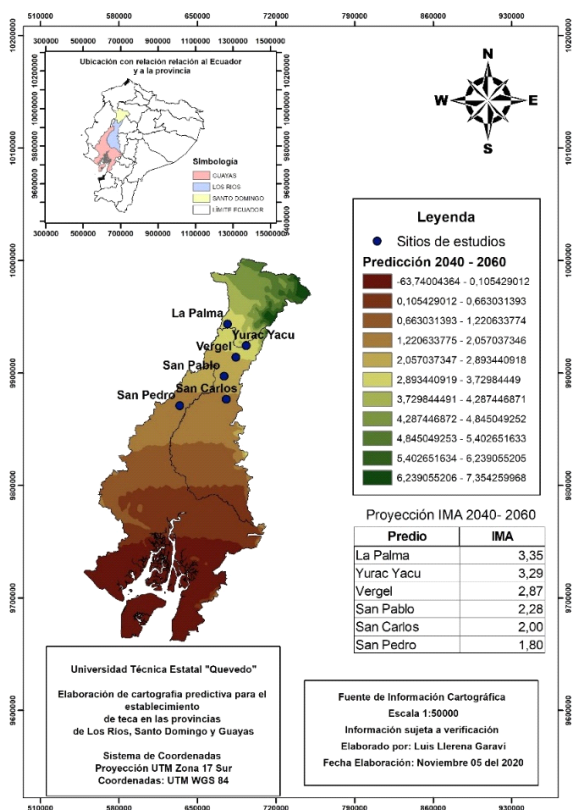


Figura 17. Gráfico de dispersión de la variable dependiente.

4.1.3. Elaboración de cartografía predictiva para el establecimiento de teca en las provincias de Los Ríos, Santo Domingo y Guayas

Para la elaboración de cartografía predictiva se utilizó escenarios obtenidos de CHELSA, empleando el Algebra Map con el ArcMap. Y a través de la fórmula del modelo predictivo se cuantificó el IMA proyectado para el período de años 2040 – 2060. (Dicha fórmula se aplicó en cada una de las variables y mediante interpolación del software ArcMap con sus extensiones Kringing, se generó una capa de datos). Las coloraciones del mapa nos muestran que: la de color verde agua oscuro presentará IMA_ Dap proyectados de 4,84 cm a 5,40 cm, el color verde olivo presentará un IMA_Dap de 3,72 cm a 4,28 cm y el color marron presentará un IMA_DAP de 0,66 cm a 1,22 cm. En base a la fórmula los mayores IMA

proyectados lo obtendrían las haciendas La Palma con 3,35 cm y Yuracyacu con 3,29 cm, y las de menor IMA proyectados, serán San Carlos con 2,00 cm y San Pedro con 1,80 cm. Con estos datos se concluyó que los sitios más apropiados para la plantación de teca son las zonas de Sto. Domingo y Valencia.



4.2. Discusión

El presente proyecto investigativo se realizó en seis haciendas de plantaciones de teca ubicadas en la zona central del litoral ecuatoriano en el cual se ejecutó un análisis y se determinó que la variación de temperatura expresa valores que van desde los 22,52 °C a 23,99 °C para la provincia de Sto. Domingo de los Tsáchilas; 24,89 °C a 25,79 °C para la provincia del Guayas y 23,99 °C a 24,89 °C para la provincia de Los Ríos en los promedios de temperatura media anual. Por otro lado, la variabilidad de precipitación tiene valores que van desde 2444 mm a 2736 mm para la provincia de Sto. Domingo de los Tsáchilas; 2100 mm a 2444 mm para la provincia de Los Ríos y 697 mm a 1055 mm para la provincia del Guayas en datos de precipitación anual. Dichos valores son muy altos comparados con los datos por INAHMI (2012) dónde la precipitación anual registra valores de 887,35 mm y 3488,3 mm. Por otro lado, en temperatura, las variables registran una media anual de 22,3 °C y 23,4 °C, y que bajan hasta los 19,19 °C.

En el modelo de regresión lineal los datos más relevantes para el modelo fueron Y (latitud), temperatura de febrero, agosto y precipitación de julio. En un análisis de un estudio efectuado por Linares (2016) en cual sus predictores correlacionados más importantes fueron precipitación de febrero y agosto, y temperatura de octubre. A diferencia de otro estudio realizado Anyomi et al. (2007) implica que la cantidad total de precipitaciones durante la estación de lluvias principales de mayo, junio, julio, agosto y septiembre fue crucial para el crecimiento de la teca.

En los modelos de $R^2=0,695$ lo que señala que el 69% de la variación total de dichas variables queda expresado por el modelo estimado, lo que quiere decir que el modelo proporciona un buen ajuste. En el modelo realizado por Linares (2016) su $R^2 = 0,00856$ y R^2 ajustado= 0.5974,

así que se llegó a la conclusión que el modelo lineal se ajusta de una manera aceptable a sus datos.

El IMA proyectado en las áreas de estudio para el periodo 2040 - 2060 determinó que los mayores IMA los poseerán las haciendas La Palma con 3,35 cm y Yuracyacu con 3,29 cm, de esta manera se puede concluir que los sitios más óptimos para el establecimiento de plantaciones de la especie teca tomarán lugar en el centro oeste de la zona de estudio, precisamente en los cantones Santo Domingo y Valencia de la Provincia de Sto. Domingo de los Tsáchilas y Los Ríos respectivamente. En un estudio realizado Anyomi et al. (2007) en Ghana consideró que los factores climáticos y edafológicos favorables para el crecimiento de teca, usando Sistemas de Información Geográfica (SIG), donde la distribución espacial de *Tectona grandis* se deriva del análisis de la información del mapa base y el mapa resultante muestra que la especie tiende a reubicarse en la parte oriental del país. Tanto la parte norte como la sur son aptas para la plantación de *Tectona grandis*.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los promedios anuales de la variabilidad temperatura de los diferentes sitios de estudios se encuentran en un intervalo de 22,52 °C – 25,79 °C para las provincias de Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Guayas. La variabilidad de precipitación presentó un intervalo de 697 mm - 2736 mm para las provincias mencionadas anteriormente. Las anomalías en base a temperatura para los diferentes lugares de estudio presentan gran variabilidad debido a que en algunos periodos éstas son más alta que la media, y en otros periodos por debajo de la media. En el caso de la precipitación todos los lugares de estudio presentaron anomalías negativas.

- Se concluyó que en la regresión de componentes correlacionados se obtuvo 10 predictores siendo ocho de temperatura: febrero, abril, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre; uno de latitud: Y, y uno de precipitación: julio. En el modelo de regresión lineal las variables más relevantes para el método fueron temperatura de febrero, agosto; precipitación de julio y Y. En el modelo de coeficiente de correlación de Pearson $R^2=0,69$ lo que determina que el 69% de variables del total de ellas quedó expresado por el modelo estimado y esto adiciona un buen ajuste. El ANOVA de la regresión lineal. $p= 7,68 <,0,5$ al 95% lo que determina que las variables son significativas. El coeficiente de regresión parcial, los cuatros predictores son significativos con 0,00096 para la precipitación de julio; 0,00065 para

la temperatura de agosto; 0,024 para la temperatura de febrero y 0,26 para la latitud Y. Por otro lado, la constante no es significativa con un valor de 9,31.

- Se cuantificó El IMA para el periodo 2040 – 2060 en los lugares de estudios: La Palma con 3,35 cm; Yuracyacu con 3,29 cm; El Vergel con 2,57 cm; San Pablo con 2,25 cm; San Carlos con 2,00 cm y San Pedro con 1,80 cm. Se concluyó que los sitios más apropiados para la plantación de teca son los cantones de Santo Domingo y Valencia.

5.2. RECOMENDACIONES

Se necesita corroborar en periodos a futuro, que se tenga que usar recursos de cualquier bandeja de datos, para entender la variabilidad de valores que se logren conseguir y confirmar relevancia para la variación climática.

Es probable utilizar una mayor cantidad de variables pudiendo ser tipo de suelo, laderas, para un análisis a futuro y ver la variabilidad en los patrones predictivos.

Se recomienda utilizar todo este tipo de información mencionada en este proyecto investigativo con cuidado ya que los años de estudio fueron solamente de 11 años, tomando en cuenta que se pudiera efectuar una demostración inexacta del modelo.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Androva, N. y Boland, S. (2011). “Volume variability diagnostic for 4D datasets”. *Geophysical Research Letters*, 38, pp. 1-5.

Anyomi, K., Khale, HP., Spiecker, H., Adu-Bredu, S. (2007). Estudio dendrocronológico de la teca (*Tectona grandis*) en Ghana: Doi 10.13140/RG.2.1.3097.5120}

Bedoya, N. (2014). Modelación calidad de sitio en plantación juvenil de teca. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

Briscoe, C. (1995). Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. Turrialba, Costa Rica: CATIE/MADELEÑA.

Carrera, M. (2012). Estudio técnico y financiero para el establecimiento de una plantación de teca (*Tectona grandis*) en Guayaquil, Ecuador. Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana

Castillo F, E. 1996. Agrometeorología. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, Esp. 517 pp.

Correa Valencia, J. A. (2018). Análisis Multitemporal de Coberturas y Usos del Suelo: Transformaciones Ambientales A Través del tiempo en Armenia, Quindió, 1, 19.

Chamba, E., y Chunchu, J. (2011). Estudio de la variabilidad espacial y temporal de la precipitación y temperatura ligada al cambio climático, en la provincia de Loja (Tesis de pregrado). Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

Chaves, E., y Fonseca, W. (1991). Teca: *Tectona grandis* L.f., especie de árbol de uso múltiple en América Central. Costa Rica: CATIE-ROCAP.

Cuadrat, J., & Vide, J. (2007). La climatología española: pasado, presente y futuro. Prensas Universitarias de Zaragoza. Zaragoza, España. 574 p.

Dalmau, K P., S. J. Gallardo B. & I. Rivadeneira. 2004. Proyecto del cultivo de la teca, como alternativa de forestación e inversión a largo plazo. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. Ecuador.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/648/1/1195.pdf> (22 de octubre de 2009)

De Fina, A; Arévalo, A. 1983. *Climatología y Fenología Agrícola*. 2 ed. Editorial Universitaria. Buenos Aires, Arg. pp 48-50

Durango, C. (2013). Caracterización de Datos Espacio-Temporales en Sistemas de Información Geográfica (Tesis). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Fonseca, W. (2004). Manual para productores de Teca (*Tectona grandis* L.f en Costa Rica). Heredia, Costa Rica.

García, L., y Pallares, M. (2015). El clima y los árboles forestales. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

García, M., Urrutia, A., y Bernabé, M. (2009). Diseño de herramientas de análisis espacio-temporal para el estudio de bases de datos históricas". VI Jornadas Técnicas de la IDE de España.

INAMHI, 2001. Estudio sobre el cambio climático, Detección del cambio climático en el Ecuador. www.inamhi.gov.ec/meteorologia/ecambio.htm

Lamprecht, H. (1990). Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Eschborn, Alemania: GMBH.

Medina, P. (2015). Aplicación de Sistema de Información Geográfica para la Elaboración de Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (Tesis). Universidad San Francisco de Quito, Quito.

Muñoz , J., Sáenz, T., & Rueda , A. (2012). Monografías de especies forestales para plantaciones comerciales en clima tropical de Michoacán . Michoacán, México: SAGARPA-INIFAP-CIRPAC.

OIMT. (2001). Guías técnicas para el establecimiento y manejo de plantaciones forestales productivos en el Litoral Ecuatoriano. Quito, Ecuador: Ministerio del Ambiente .

Olaya, V. (2016). Sistemas de Información Geográfica. España, CreateSpace Independent Publishing Platform (Amazon).

Ordan, S., Melgar, H., Rubio, C. (2010). Métodos estadísticos y econométricos en la empresa y para finanzas. Sevilla, España: Universidad Pablo de Olavide.

Orduña, F. 2007. Aplicaciones de software SIG: ArcGIS 9.2. Lección 1: Introducción a ArcGIS Desktop. UNIGIS Girona. 9ª ed. España. Universidad de Girona

Pandey , D., & Brown, C. (2000). La teca: una visión global. Unasyuva 201, 51, 3-12. Obtenido de <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/X4565S/X4565s02.PDF>

Pelissari, A., Guimaraes , P., Behling , A., & Ebling, A. (2014). Cultivo da teca: características da espécie para implantação e condução de povoamentos florestais. Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer, 1(1), 127-145

Pucha, F., Fries, A., Cánovas, F., Oñate, F., González, V., y Pucha, D. (2017). Fundamentos de SIG. Loja: Ediloja Cia. Ltda

Puerta, R., Rengifo, J & Bravo, N., (2011). Manual: ArcGIS Básico 10. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú.

Ramachandran, R., Graves, S. Conover, H & Moe, K., (2004). Earth Science Markup Language (ESML): a solution for scientific data-application interoperability problem. Computers & Geosciences, 30, pp. 117-124.

Rodríguez, M., Zambrana, A & Bernabé, M., (2009). Diseño de herramientas de análisis espacio temporal para el estudio de bases históricas. VI Jornadas Técnicas de la IDE de España.

Van, P. (2005), "Spatial data quality: from description to application" Netherlands Geodetic Commission.

Yuan M. (2008) Temporal GIS and Applications. In: Shekhar S., Xiong H. (eds) Encyclopedia of GIS. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-35973-1_1373.

Zúñiga, C. (2012). Aplicación de la dendrocronología para evaluar la influencia de la precipitación y la temperatura en el crecimiento de *Tectona grandis* L.f. procedente del Fundo Génova - Junín (Tesis de pregrado). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO 1. Resultados de los ANOVAS de precipitación para la aceptación de datos web.

Precipitaciones

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		M
					Límite inferior	Límite superior	
Datos_Haciendas	48	2.346	6.6416	.9586	.417	4.274	M
Datos_web	48	1.704	5.1695	.7461	.203	3.205	
Total	96	2.025	5.9286	.6051	.824	3.226	
Modelo			5.9513	.6074	.819	3.231	
Efectos fijos							
Efectos aleatorios				.6074(a)	-5.693(a)	9.743(a)	

a Advertencia: La varianza entre componentes es negativa. Ha sido reemplazada por 0,0 al calcular esta medida para los efectos aleatorios.

Prueba de homogeneidad de varianzas

Precipitaciones

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1.356	1	94	.247

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
--	-------------------	----	------------------	---	------

Inter-grupos	9.882	1	9.882	.279	.599
Intra-grupos	3329.238	94	35.417		
Total	3339.120	95			

ANEXO 2. Resultados de los ANOVAS de temperaturas para la aceptación de datos web

Descriptivos						
	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Datos_Haciendas	46	24.835	1.2212	.1800	24.472	25.197
Datos_Web	46	24.496	.8847	.1304	24.233	24.758
Total	92	24.665	1.0740	.1120	24.443	24.888
Modelo			1.0663	.1112	24.444	24.886
Efectos fijos						
Efectos aleatorios				.1696	22.511	26.820

Prueba de homogeneidad de varianzas

Temperaturas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2.476	1	90	.119

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2.645	1	2.645	2.327	.131
Intra-grupos	102.323	90	1.137		
Total	104.969	91			

ANEXO 3. Tabla de datos con temperaturas

PREDIO	Año	IMA	X	Y	elev	1t	2t	3t	4t	5t	6t	7t	8t	9t	10t
LA PALMA	2008	4,63	676891	9943499	160	22,47	22,09	22,52	23,35	23,11	23,19	22,92	22,81	23,34	23,34
LA PALMA	2009	4,18	676891	9943499	160	22,74	23,02	23,47	24,14	23,94	23,65	23,82	23,83	24,05	23,34
LA PALMA	2010	3,97	676891	9943499	160	23,92	23,90	24,38	24,34	24,05	23,32	22,90	23,08	23,34	23,34
LA PALMA	2011	3,86	676891	9943499	160	22,92	23,59	23,70	23,79	24,42	24,27	23,43	23,94	24,11	24,11
LA PALMA	2012	3,54	676891	9943499	160	23,25	23,45	24,34	24,64	24,32	23,95	23,46	23,81	24,34	24,34
LA PALMA	2013	3,42	676891	9943499	160	23,89	23,64	24,29	24,29	23,70	23,44	23,06	23,45	24,05	24,05
LA PALMA	2014	3,16	676891	9943499	160	23,90	23,66	24,06	24,49	24,70	24,31	23,92	23,65	23,89	24,34
LA PALMA	2015	2,95	676891	9943499	160	24,33	24,73	24,71	25,33	25,63	24,89	24,95	24,55	24,93	25,34
LA PALMA	2016	2,79	676891	9943499	160	25,11	25,19	25,50	25,30	25,55	24,77	24,22	24,54	24,98	25,34
LA PALMA	2017	2,70	676891	9943499	160	24,40	25,09	25,15	25,29	25,38	24,27	23,70	23,86	24,53	24,34
LA PALMA	2018	2,51	676891	9943499	160	24,29	24,40	24,67	24,85	24,68	23,59	23,59	23,72	24,60	25,34
LA PALMA	2019	2,43	676891	9943499	160	24,54	24,93	25,05	25,15	24,99	24,22	23,60	23,98	24,66	24,34
SAN CARLOS	2009	3,30	675633	9876629	79	22,31	22,51	23,05	23,48	23,47	23,35	23,32	23,38	23,60	23,34
SAN CARLOS	2010	3,02	675633	9876629	79	23,61	23,66	24,10	23,96	23,74	22,88	22,40	22,41	22,83	23,34
SAN CARLOS	2011	2,90	675633	9876629	79	22,24	22,90	22,93	22,80	23,76	23,80	22,87	23,66	23,99	24,34
SAN CARLOS	2012	2,91	675633	9876629	79	22,68	22,81	23,91	23,98	23,81	23,50	22,96	23,65	24,74	25,34
SAN CARLOS	2013	2,65	675633	9876629	79	23,74	23,31	23,84	23,90	23,50	23,20	22,60	23,32	24,36	24,34
SAN CARLOS	2014	2,60	675633	9876629	79	23,74	23,50	23,67	24,14	24,23	23,74	23,46	23,27	23,96	24,34
SAN CARLOS	2015	2,55	675633	9876629	79	23,33	23,04	23,31	23,55	23,55	22,92	22,69	22,26	22,62	22,34
SAN CARLOS	2016	2,46	675633	9876629	79	23,55	23,80	23,92	23,81	23,34	22,43	21,87	22,04	22,44	23,34
SAN CARLOS	2017	2,41	675633	9876629	79	22,79	23,57	23,74	23,48	23,40	22,19	21,59	21,67	22,14	22,34
SAN CARLOS	2018	2,32	675633	9876629	79	22,77	23,28	22,88	23,25	22,81	21,76	21,45	21,50	22,23	23,34
SAN CARLOS	2019	2,22	675633	9876629	79	23,26	23,60	23,71	23,51	23,20	23,97	23,93	24,21	25,18	25,34

SAN PABLO	2009	3,19	673682	9897237	70	23,19	23,43	23,95	24,48	24,40	24,16	24,26	24,28	24,51	24,
SAN PABLO	2010	2,89	673682	9897237	70	24,42	24,42	24,90	24,81	24,56	23,74	23,30	23,54	23,92	24,
SAN PABLO	2011	2,71	673682	9897237	70	23,42	24,08	24,10	23,98	24,95	24,99	24,08	24,80	25,20	25,
SAN PABLO	2012	2,65	673682	9897237	70	23,76	23,90	24,89	25,13	24,96	24,77	24,25	24,82	25,70	26,
SAN PABLO	2013	2,43	673682	9897237	70	24,66	24,27	24,81	24,93	24,63	24,37	23,85	24,45	25,40	25,
SAN PABLO	2014	2,40	673682	9897237	70	24,76	24,45	24,72	25,22	25,35	24,89	24,63	24,41	25,03	25,
SAN PABLO	2015	2,24	673682	9897237	70	24,52	24,42	24,59	24,96	25,00	24,22	24,09	23,55	24,00	24,
SAN PABLO	2016	2,15	673682	9897237	70	24,80	24,91	25,23	25,03	24,82	24,02	23,29	23,62	24,11	25,
SAN PABLO	2017	2,15	673682	9897237	70	24,28	25,14	25,25	25,01	25,02	23,55	22,76	22,87	23,41	24,
SAN PABLO	2018	2,10	673682	9897237	70	24,00	24,36	24,14	24,37	24,02	22,76	22,54	22,64	23,55	24,
SAN PABLO	2019	1,99	673682	9897237	70	24,35	24,67	24,85	24,70	24,36	24,10	23,69	23,99	24,93	25,
VERGEL	2010	4,02	684216	9914156	179	24,42	24,42	24,90	24,81	24,56	23,74	23,30	23,54	23,92	24,
VERGEL	2011	4,00	684216	9914156	179	23,42	24,08	24,10	23,98	24,95	24,99	24,08	24,80	25,20	25,
VERGEL	2012	4,26	684216	9914156	179	23,76	23,90	24,89	25,13	24,96	24,77	24,25	24,82	25,70	26,
VERGEL	2013	3,60	684216	9914156	179	24,66	24,27	24,81	24,93	24,63	24,37	23,85	24,45	25,40	25,
VERGEL	2014	3,36	684216	9914156	179	24,76	24,45	24,72	25,22	25,35	24,89	24,63	24,41	25,03	25,
VERGEL	2015	3,10	684216	9914156	179	24,52	24,42	24,59	24,96	25,00	24,22	24,09	23,55	24,00	24,
VERGEL	2016	2,85	684216	9914156	179	24,80	24,91	25,23	25,03	24,82	24,02	23,29	23,62	24,11	25,
VERGEL	2017	2,70	684216	9914156	179	24,28	25,14	25,25	25,01	25,02	23,55	22,76	22,87	23,41	24,
VERGEL	2018	2,51	684216	9914156	179	24,00	24,36	24,14	24,37	24,02	22,76	22,54	22,64	23,55	24,
VERGEL	2019	2,43	684216	9914156	179	24,35	24,67	24,85	24,70	24,36	24,10	23,69	23,99	24,93	25,

YURACYACU	2010	3,60	693367	9924381	308	23,92	23,90	24,38	24,34	24,05	23,32	22,90	23,08	23,34	23,
YURACYACU	2011	3,40	693367	9924381	308	22,92	23,59	23,70	23,79	24,42	24,27	23,43	23,94	24,11	24,
YURACYACU	2012	4,12	693367	9924381	308	23,25	23,45	24,34	24,64	24,32	23,95	23,46	23,81	24,34	24,
YURACYACU	2013	3,54	693367	9924381	308	23,89	23,64	24,29	24,29	23,70	23,44	23,06	23,45	24,05	24,
YURACYACU	2014	3,10	693367	9924381	308	23,90	23,66	24,06	24,49	24,70	24,31	23,92	23,65	23,89	24,
YURACYACU	2015	2,84	693367	9924381	308	24,33	24,73	24,71	25,33	25,63	24,89	24,95	24,55	24,93	25,
YURACYACU	2016	2,67	693367	9924381	308	25,11	25,19	25,50	25,30	25,55	24,77	24,22	24,54	24,98	25,
YURACYACU	2017	2,50	693367	9924381	308	24,40	25,09	25,15	25,29	25,38	24,27	23,70	23,86	24,53	24,
YURACYACU	2018	2,32	693367	9924381	308	24,29	24,40	24,67	24,85	24,68	23,59	23,59	23,72	24,60	25,
YURACYACU	2019	2,25	693367	9924381	308	24,54	24,93	25,05	25,15	24,99	24,22	23,60	23,98	24,66	24,
SAN PEDRO	2009	2,55	634105	9870829	49	23,01	23,32	24,10	25,17	25,06	24,87	25,31	24,33	25,07	24,
SAN PEDRO	2010	2,18	634105	9870829	49	24,53	24,60	25,04	25,00	24,61	23,79	23,28	24,29	24,35	24,
SAN PEDRO	2011	2,53	634105	9870829	49	23,64	24,49	24,57	24,68	25,34	25,12	24,72	25,41	25,71	26,
SAN PEDRO	2012	2,63	634105	9870829	49	23,93	24,19	25,31	25,38	25,44	25,53	25,31	26,34	27,46	27,
SAN PEDRO	2013	2,38	634105	9870829	49	25,41	24,70	25,35	25,37	24,54	24,77	24,45	25,39	26,85	26,
SAN PEDRO	2014	2,38	634105	9870829	49	25,30	24,60	24,96	25,65	25,66	25,78	26,05	25,67	26,33	26,
SAN PEDRO	2015	2,38	634105	9870829	49	25,65	25,22	25,21	25,99	26,17	25,63	25,63	26,18	27,05	26,
SAN PEDRO	2016	2,23	634105	9870829	49	25,84	25,78	26,13	25,80	25,90	25,75	25,60	26,63	26,97	28,
SAN PEDRO	2017	2,13	634105	9870829	49	24,96	25,30	25,48	25,73	25,66	25,04	24,99	25,34	26,34	26,
SAN PEDRO	2018	2,05	634105	9870829	49	25,31	24,74	25,11	25,16	25,13	24,69	24,71	25,34	26,53	27,
SAN PEDRO	2019	2,02	634105	9870829	49	25,90	25,55	25,66	25,66	25,82	24,84	23,88	24,19	25,13	26,

ANEXO 4. Tabla de datos con precipitación

PREDIO	Año	IMA	X	Y	elev	1p	2p	3p	4p	5p	6p	7p	8p	9p	10p	11p	12p
LA PALMA	2008	4,63	676891	9943499	160	39	170	366	225	70	30	32	49	68	38	38	4
LA PALMA	2009	4,18	676891	9943499	160	113	204	161	35	106	11	28	3	2	20	6	76
LA PALMA	2010	3,97	676891	9943499	160	75	263	115	357	170	12	88	5	77	37	58	95
LA PALMA	2011	3,86	676891	9943499	160	40	239	91	283	5	14	21	7	16	44	14	31
LA PALMA	2012	3,54	676891	9943499	160	64	251	541	330	172	86	4	2	3	52	41	1
LA PALMA	2013	3,42	676891	9943499	160	2	156	252	347	73	3	4	30	25	22	28	18
LA PALMA	2014	3,16	676891	9943499	160	73	143	317	108	202	4	1	15	4	26	18	0
LA PALMA	2015	2,95	676891	9943499	160	92	122	84	194	310	26	27	0	2	60	16	74
LA PALMA	2016	2,79	676891	9943499	160	78	70	271	196	134	6	21	0	22	1	3	9
LA PALMA	2017	2,70	676891	9943499	160	39	216	373	262	105	88	2	5	40	8	5	1
LA PALMA	2018	2,51	676891	9943499	160	72	45	165	176	137	4	12	19	12	9	58	42
LA PALMA	2019	2,43	676891	9943499	160	76	132	646	207	121	15	2	1	56	63	19	29
SAN CARLOS	2009	3,30	675633	9876629	79	45	56	68	36	52	14	2	10	1	15	13	20
SAN CARLOS	2010	3,02	675633	9876629	79	25	174	143	282	69	13	17	17	44	71	71	56
SAN CARLOS	2011	2,90	675633	9876629	79	38	318	58	362	1	3	18	20	11	75	60	1
SAN CARLOS	2012	2,91	675633	9876629	79	73	192	478	235	130	64	11	26	1	79	4	4
SAN CARLOS	2013	2,65	675633	9876629	79	1	176	318	416	29	2	28	7	9	7	39	1
SAN CARLOS	2014	2,60	675633	9876629	79	86	72	267	77	153	5	3	3	44	9	10	1
SAN CARLOS	2015	2,55	675633	9876629	79	31	151	173	256	236	40	6	0	14	13	26	65
SAN CARLOS	2016	2,46	675633	9876629	79	38	99	361	269	59	8	2	0	47	4	3	3
SAN CARLOS	2017	2,41	675633	9876629	79	55	246	511	353	81	8	5	11	35	10	1	2
SAN CARLOS	2018	2,32	675633	9876629	79	11	77	95	94	49	1	1	4	118	20	50	19
SAN CARLOS	2019	2,22	675633	9876629	79	49	73	445	149	77	8	1	0	55	10	17	4

SAN PABLO	2009	3,19	673682	9897237	70	118	102	107	63	89	67	2	2	1	11	22	37
SAN PABLO	2010	2,89	673682	9897237	70	48	180	123	302	149	14	22	11	70	39	47	64
SAN PABLO	2011	2,71	673682	9897237	70	81	289	74	389	1	1	4	12	16	69	17	5
SAN PABLO	2012	2,65	673682	9897237	70	49	253	437	338	154	49	1	1	3	105	7	11
SAN PABLO	2013	2,43	673682	9897237	70	28	221	311	315	46	2	16	2	20	13	15	0
SAN PABLO	2014	2,40	673682	9897237	70	73	108	232	92	127	41	2	8	15	10	12	19
SAN PABLO	2015	2,24	673682	9897237	70	45	101	125	238	212	23	6	0	1	35	20	56
SAN PABLO	2016	2,15	673682	9897237	70	45	80	347	315	91	28	19	2	9	1	7	7
SAN PABLO	2017	2,15	673682	9897237	70	42	258	381	329	106	24	6	19	40	2	1	1
SAN PABLO	2018	2,10	673682	9897237	70	21	73	102	124	88	3	4	15	80	20	30	4
SAN PABLO	2019	1,99	673682	9897237	70	104	132	613	131	140	1	4	4	66	29	19	5
VERGEL	2010	4,02	684216	9914156	179	30	160	114	341	107	14	50	7	109	60	66	76
VERGEL	2011	4,00	684216	9914156	179	37	240	67	291	7	12	4	11	4	80	21	4
VERGEL	2012	4,26	684216	9914156	179	18	205	380	226	121	40	8	6	5	70	22	4
VERGEL	2013	3,60	684216	9914156	179	3	201	301	307	21	2	16	3	17	16	11	3
VERGEL	2014	3,36	684216	9914156	179	71	80	343	90	147	5	0	19	44	9	7	1
VERGEL	2015	3,10	684216	9914156	179	36	95	93	149	179	24	6	0	6	12	34	83
VERGEL	2016	2,85	684216	9914156	179	41	64	277	160	70	8	5	0	19	1	1	36
VERGEL	2017	2,70	684216	9914156	179	26	231	302	225	73	32	2	16	36	6	1	4
VERGEL	2018	2,51	684216	9914156	179	5	36	102	173	101	1	4	4	42	23	36	10
VERGEL	2019	2,43	684216	9914156	179	109	81	519	169	61	1	1	1	35	25	15	16

YURACYACU	2010	3,60	693367	9924381	308	69	289	145	333	184	13	73	5	59	48	35	100
YURACYACU	2011	3,40	693367	9924381	308	27	316	98	271	7	14	10	21	2	59	41	6
YURACYACU	2012	4,12	693367	9924381	308	51	138	395	202	88	57	5	3	3	85	35	22
YURACYACU	2013	3,54	693367	9924381	308	5	216	242	247	44	8	11	9	20	23	22	1
YURACYACU	2014	3,10	693367	9924381	308	130	69	369	248	156	8	0	7	71	24	23	3
YURACYACU	2015	2,84	693367	9924381	308	62	87	131	216	133	40	15	0	1	33	35	65
YURACYACU	2016	2,67	693367	9924381	308	52	54	254	146	95	30	8	0	35	12	9	23
YURACYACU	2017	2,50	693367	9924381	308	19	284	301	205	47	58	5	14	34	14	6	4
YURACYACU	2018	2,32	693367	9924381	308	31	40	135	197	170	1	11	31	126	49	56	8
YURACYACU	2019	2,25	693367	9924381	308	57	88	475	170	70	82	0	1	43	70	18	4
SAN PEDRO	2009	2,55	634105	9870829	49	99	109	62	13	54	9	3	1	1	3	12	1
SAN PEDRO	2010	2,18	634105	9870829	49	44	299	129	270	54	6	8	3	75	29	26	117
SAN PEDRO	2011	2,53	634105	9870829	49	42	300	45	348	1	3	1	6	1	49	23	5
SAN PEDRO	2012	2,63	634105	9870829	49	92	238	400	216	178	37	8	1	1	36	6	5
SAN PEDRO	2013	2,38	634105	9870829	49	0	220	335	237	36	1	6	29	4	1	13	4
SAN PEDRO	2014	2,38	634105	9870829	49	44	76	211	72	107	1	0	1	11	8	2	10
SAN PEDRO	2015	2,38	634105	9870829	49	32	148	131	272	201	4	1	1	5	28	56	62
SAN PEDRO	2016	2,23	634105	9870829	49	24	128	253	211	44	5	1	1	10	4	4	1
SAN PEDRO	2017	2,13	634105	9870829	49	46	393	371	265	70	20	3	16	49	23	0	31
SAN PEDRO	2018	2,05	634105	9870829	49	4	30	126	87	48	3	1	1	6	1	20	18
SAN PEDRO	2019	2,02	634105	9870829	49	28	128	326	101	62	4	2	0	56	9	2	

ANEXO 6. Tabla de datos con IMA

PREDIO ▼	AÑO DE MEDICIÓN ▼	DAP (cm) ▼	IMA DAP (cm) ▼	Altura Total (m) ▼	IMA AT (m) ▼
LA PALMA	2008	5,73	4,63	5,26	4,26
LA PALMA	2009	8,81	4,18	9,74	4,61
LA PALMA	2010	5,73	3,97	4,69	3,53
LA PALMA	2011	7,73	3,86	8,22	4,06
LA PALMA	2012	9,73	3,54	10,04	3,62
LA PALMA	2013	12,66	3,42	13,24	3,61
LA PALMA	2014	13,77	3,16	14,37	3,34
LA PALMA	2015	15,83	2,95	15,87	2,98
LA PALMA	2016	19,30	2,79	17,85	2,59
LA PALMA	2017	21,17	2,70	19,49	2,49
LA PALMA	2018	22,51	2,51	19,68	2,20
LA PALMA	2019	24,29	2,43	20,78	2,08
SAN CARLOS	2009	8,82	3,30	9,13	3,43
SAN CARLOS	2010	11,34	3,02	10,43	2,79
SAN CARLOS	2011	13,53	2,90	13,72	2,93
SAN CARLOS	2012	14,30	2,91	14,28	2,93
SAN CARLOS	2013	16,60	2,65	16,11	2,57
SAN CARLOS	2014	16,93	2,60	17,17	2,64
SAN CARLOS	2015	19,94	2,55	19,07	2,45
SAN CARLOS	2016	21,86	2,46	20,66	2,33
SAN CARLOS	2017	23,65	2,41	21,57	2,20
SAN CARLOS	2018	25,40	2,32	23,03	2,12
SAN CARLOS	2019	26,45	2,22	23,70	1,99
SAN PABLO	2009	7,43	3,19	8,01	3,44
SAN PABLO	2010	10,82	2,89	11,36	3,03
SAN PABLO	2011	12,55	2,71	12,88	2,76
SAN PABLO	2012	14,57	2,65	14,45	2,64
SAN PABLO	2013	16,42	2,43	15,20	2,26
SAN PABLO	2014	16,81	2,40	15,85	2,27
SAN PABLO	2015	18,34	2,24	17,72	2,16

SAN PABLO	2016	20,35	2,15	20,18	2,15
SAN PABLO	2017	22,25	2,15	20,75	1,99
SAN PABLO	2018	24,01	2,10	22,03	1,93
SAN PABLO	2019	24,86	1,99	22,83	1,83
VERGEL	2010	6,68	4,02	6,17	3,71
VERGEL	2011	8,32	4,00	8,81	4,14
VERGEL	2012	8,60	4,26	8,61	4,17
VERGEL	2013	11,87	3,60	12,65	3,90
VERGEL	2014	13,45	3,36	14,39	3,63
VERGEL	2015	15,69	3,10	15,51	3,09
VERGEL	2016	18,77	2,85	17,89	2,75
VERGEL	2017	20,54	2,70	18,82	2,50
VERGEL	2018	22,02	2,51	19,74	2,26
VERGEL	2019	23,66	2,43	19,94	2,06
YURACYACU	2010	6,51	3,60	6,88	3,81
YURACYACU	2011	7,98	3,40	9,27	3,94
YURACYACU	2012	7,67	4,12	7,84	4,12
YURACYACU	2013	9,90	3,54	10,30	3,71
YURACYACU	2014	11,63	3,10	12,83	3,46
YURACYACU	2015	13,48	2,84	13,85	2,94
YURACYACU	2016	16,97	2,67	16,01	2,54
YURACYACU	2017	18,28	2,50	17,25	2,37
YURACYACU	2018	19,64	2,32	17,76	2,10
YURACYACU	2019	21,33	2,25	18,45	1,95

Variables	X_UTM_m	Y_UTM_m	pendiente	elev_m	1t	2t	3t	4t	5t	6t	7t	8t	9t	10t	11t	12t	1p	2p	3p	4p
X_UTM_m	1,0000	0,6208	0,5801	0,7154	-0,3833	-0,2572	-0,3403	-0,4165	-0,3580	-0,4547	-0,5318	-0,5772	-0,5953	-0,5506	-0,5796	-0,4766	-0,0016	-0,0559	0,0293	0,1567
Y_UTM_m	0,6208	1,0000	0,7709	0,7008	-0,0646	0,0068	-0,0068	0,0181	0,0419	-0,0609	-0,1168	-0,1658	-0,2232	-0,2725	-0,2937	-0,2311	0,1370	0,0198	0,0596	0,1252
pendiente	0,5801	0,7709	1,0000	0,5267	-0,0930	-0,0335	-0,0703	-0,0945	-0,0685	-0,1489	-0,2153	-0,2492	-0,2737	-0,2648	-0,2843	-0,2235	0,0175	-0,1087	0,0812	0,0576
elev_m	0,7154	0,7008	0,5267	1,0000	-0,0824	-0,0015	-0,0156	-0,0217	-0,0048	-0,1022	-0,1483	-0,1749	-0,2147	-0,2313	-0,2521	-0,2071	-0,1079	0,0490	-0,0405	0,1077
1t	-0,3833	-0,0646	-0,0930	-0,0824	1,0000	0,8877	0,8783	0,8506	0,7218	0,5332	0,5349	0,5350	0,5617	0,6268	0,5819	0,5552	-0,1833	-0,1842	0,0796	-0,0255
2t	-0,2572	0,0068	-0,0335	-0,0015	0,8877	1,0000	0,9061	0,8048	0,7663	0,4760	0,4200	0,4479	0,4589	0,5556	0,4868	0,4572	-0,1120	-0,0381	0,1083	0,0706
3t	-0,3403	-0,0068	-0,0703	-0,0156	0,8783	0,9061	1,0000	0,9075	0,7924	0,5871	0,5288	0,5928	0,6096	0,6643	0,5327	0,5276	-0,0590	0,0437	0,2463	0,1107
4t	-0,4165	0,0181	-0,0945	-0,0217	0,8506	0,8048	0,9075	1,0000	0,8828	0,6965	0,7195	0,6673	0,6794	0,6785	0,5704	0,5941	0,0475	-0,0795	0,1480	-0,1207
5t	-0,3580	0,0419	-0,0685	-0,0048	0,7218	0,7663	0,7924	0,8828	1,0000	0,8460	0,8014	0,7462	0,6987	0,7051	0,6047	0,5997	0,1313	0,0329	-0,0273	-0,0587
6t	-0,4547	-0,0609	-0,1489	-0,1022	0,5332	0,4760	0,5871	0,6965	0,8460	1,0000	0,9494	0,9432	0,8890	0,8228	0,7610	0,7540	0,1950	0,0821	0,0273	-0,0982
7t	-0,5318	-0,1168	-0,2153	-0,1483	0,5349	0,4200	0,5288	0,7195	0,8014	0,9494	1,0000	0,9173	0,8779	0,7972	0,7577	0,7610	0,2445	-0,0989	-0,0468	-0,2939
8t	-0,5772	-0,1658	-0,2492	-0,1749	0,5350	0,4479	0,5928	0,6673	0,7462	0,9432	0,9173	1,0000	0,9703	0,8988	0,8316	0,8042	0,1186	0,0872	0,0414	-0,0826
9t	-0,5953	-0,2232	-0,2737	-0,2147	0,5617	0,4589	0,6096	0,6794	0,6987	0,8890	0,8779	0,9703	1,0000	0,9397	0,8816	0,8829	0,0580	0,0326	0,1417	-0,1091
10t	-0,5506	-0,2725	-0,2648	-0,2313	0,6268	0,5556	0,6643	0,6785	0,7051	0,8228	0,7972	0,8988	0,9397	1,0000	0,9260	0,9031	-0,0177	-0,0465	0,1347	-0,1105
11t	-0,5796	-0,2937	-0,2843	-0,2521	0,5819	0,4868	0,5327	0,5704	0,6047	0,7610	0,7577	0,8316	0,8816	0,9260	1,0000	0,9353	-0,0831	-0,1301	0,0270	-0,2303
12t	-0,4766	-0,2311	-0,2235	-0,2071	0,5552	0,4572	0,5276	0,5941	0,5997	0,7540	0,7610	0,8042	0,8829	0,9031	0,9353	1,0000	-0,0248	-0,1956	0,2211	-0,2845
1p	-0,0016	0,1370	0,0175	-0,1079	-0,1833	-0,1120	-0,0590	0,0475	0,1313	0,1950	0,2445	0,1186	0,0580	-0,0177	-0,0831	-0,0248	1,0000	-0,0772	0,1862	-0,3111
2p	-0,0559	0,0198	-0,1087	0,0490	-0,1842	-0,0381	0,0437	-0,0795	0,0329	0,0821	-0,0989	0,0872	0,0326	-0,0465	-0,1301	-0,1956	-0,0772	1,0000	0,1057	0,6707
3p	0,0293	0,0596	0,0812	-0,0405	0,0796	0,1083	0,2463	0,1480	-0,0273	0,0273	-0,0468	0,0414	0,1417	0,1347	0,0270	0,2211	0,1862	0,1057	1,0000	0,0869
4p	0,1567	0,1252	0,0576	0,1077	-0,0255	0,0706	0,1107	-0,1207	-0,0587	-0,0982	-0,2939	-0,0826	-0,1091	-0,1105	-0,2303	-0,2845	-0,3111	0,6707	0,0869	1,0000
5p	0,0586	0,1983	0,0976	0,0261	0,2042	0,1051	0,1530	0,3004	0,2368	0,0734	0,1850	-0,0062	-0,0125	-0,0139	-0,1968	-0,0224	0,3593	-0,2463	0,0700	-0,0938
6p	0,1885	0,2052	0,0632	0,1597	-0,2020	-0,1084	0,0407	0,1208	0,1275	0,0750	0,0430	0,0115	-0,0039	-0,0510	-0,2447	-0,0793	0,1548	0,2224	0,2799	0,0867
7p	0,2325	0,3649	0,2451	0,2962	-0,0999	-0,1504	-0,1014	-0,1476	-0,1736	-0,1970	-0,1979	-0,1866	-0,2501	-0,2913	-0,3808	-0,4945	0,1256	0,2706	-0,2633	0,3599
8p	0,1264	0,1485	0,0702	0,1376	-0,2331	-0,2699	-0,2584	-0,2772	-0,2678	-0,2289	-0,2628	-0,2012	-0,1529	-0,1830	-0,1368	-0,1757	-0,2565	0,2133	0,0194	0,1857
9p	0,1628	0,0248	0,0398	0,0728	0,0228	0,0767	-0,0677	-0,1717	-0,3264	-0,5097	-0,4762	-0,4468	-0,3954	-0,2944	-0,3152	-0,4111	-0,1491	-0,0700	0,0047	0,0984
10p	0,2858	0,1772	0,0935	0,2273	-0,3695	-0,2914	-0,1860	-0,2166	-0,0713	0,0459	-0,0798	0,0411	0,0037	-0,0217	-0,1993	-0,1972	0,0589	0,3707	0,0139	0,4493
11p	0,2093	0,1459	0,0920	0,2164	-0,1630	-0,2246	-0,2809	-0,2682	-0,2705	-0,3081	-0,2647	-0,2515	-0,2657	-0,2796	-0,3301	-0,4166	-0,1875	-0,0503	-0,4255	0,2480
12p	-0,0118	0,1127	0,0615	0,0848	0,1185	0,0623	0,0444	0,0904	0,0392	-0,0967	-0,0153	-0,0854	-0,1902	-0,2577	-0,3741	-0,4341	0,1573	0,0593	-0,4295	0,1194

ANEXO 5. Datos obtenidos de la matriz de correlación