



1859

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

“Influencia del tipo de suelo sobre el crecimiento diamétrico anual de *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns en los sectores del Parque Universitario Francisco Vivar Castro y la Reserva El Chilco, al sur de Ecuador”

**TESIS DE GRADO PREVIA
A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENERO
FORESTAL**

Autor: Carlos Honorio Ruiz Ortiz

Director: Ing. Darwin Alexander Pucha Cofrep Ph.D.

Loja - Ecuador

2020



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Docente investigador

Ing. Darwin Pucha Cofrep Ph.D.

Ciudadela Universitaria "Guillermo

Falconí Espinosa"

Teléfono (secretaría): (07) 254-5072

Celular: 988118716

darwin.pucha@unl.edu.ec

<http://unl.edu.ec/>

CERTIFICO:

Que en calidad de director de la tesis titulada **"Influencia del tipo de suelo sobre el crecimiento diamétrico anual de *Juglans neotropica Diels* y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns en los sectores del Parque Universitario Francisco Vivar Castro y la Reserva El Chilco, al sur de Ecuador"**, de autoría del señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal **Carlos Honorio Ruiz Ortiz**, con número de cédula 1105825796, ha sido **Dirigida, Revisada, y Concluida** dentro del cronograma aprobado.

Por tal razón autorizo su presentación y publicación.

Loja, 28 de agosto de 2020

Atentamente,

Dr. Darwin Pucha Cofrep
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN ELECTRÓNICA
Firmado Digitalmente por: DARWIN
ALEXANDER PUCHA COFREP
Hora oficial Ecuador: 28/08/2020 09:53

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
FACULTAD AGROPECUARIA Y DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba Mg. Sc.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS

CERTIFICA:

En calidad de presidenta del Tribunal de Calificación de la Tesis titulada “INFLUENCIA DEL TIPO DE SUELO SOBRE EL CRECIMIENTO DIAMÉTRICO ANUAL DE *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns EN LOS SECTORES DEL PARQUE UNIVERSITARIO FRANCISCO VIVAR CASTRO Y LA RESERVA EL CHILCO, AL SUR DE ECUADOR” de autoría del señor egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal Carlos Honorio Ruiz Ortiz, portador de la cédula N° 1105825796, se informa que la misma ha sido revisada e incorporadas todas las observaciones realizadas por el Tribunal Calificador, y luego de su revisión se ha procedido a la respectiva calificación. Por lo tanto, autorizo la versión final de la tesis y la entrega oficial para la sustentación pública.

Loja, 16 de diciembre de 2020

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**JOHANA
CRISTINA MUNOZ
CHAMBA**

Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba Mg. Sc.

PRESIDENTA



Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba Mg. Sc.

VOCAL



Firmado electrónicamente por:
**NOHEMI DEL
CARMEN JUMBO
BENITEZ**

Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez Mg. Sc.

VOCAL

AUTORÍA

Yo, Carlos Honorio Ruiz Ortiz declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepo y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma:

Autor: Carlos Honorio Ruiz Ortiz

Cédula: 1105825796

Fecha: Loja 17 de diciembre del 2020

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Carlos Honorio Ruiz Ortiz, declaro se autor, de la tesis titulada **“INFLUENCIA DEL TIPO DE SUELO SOBRE EL CRECIMIENTO DIAMÉTRICO ANUAL DE *Juglans neotropica* Diels Y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns EN LOS SECTORES DEL PARQUE UNIVERSITARIO FRANCISCO VIVAR CASTRO Y LA RESERVA EL CHILCO, AL SUR DE ECUADOR”** como requisito para optar al grado de: Ingeniero Forestal, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los 17 días del mes de diciembre del dos mil veinte, firma el autor.

Firma:

Autor: Carlos Honorio Ruiz Ortiz

Número de Cédula: 1105825796

Dirección: Parroquia Mangahurco, Cantón Zapotillo, Provincia de Loja

Teléfono: 3100352

Correo electrónico: chruizo@unl.edu.ec

Celular: +593960699680

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Ing. Darwin Alexander Pucha Cofrep, Ph.D.

Tribunal de Grado: Ing. Johana Cristina Muñoz Chamba, Mg. Sc.

Ing. Luis Fernando Muñoz Chamba Mg. Sc

Ing. Nohemí del Carmen Jumbo Benítez Mg. Sc.

Presidente

Vocal

Vocal

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos en primer lugar a Dios, por brindarme fortaleza, salud y sabiduría para alcanzar una meta más en mi vida. A mi familia, principalmente a mis padres y hermanos, quienes me brindaron su apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida.

Un especial agradecimiento al Dr. Darwin Pucha PhD., director de mi tesis de grado, quien me guio y compartió sus conocimientos para la realización de la misma, así mismo, al proyecto de investigación “Impacto de las variaciones climáticas en la fijación de carbono en ecosistemas forestales al sur de Ecuador” del Laboratorio de dendrocronología de Maderas Tropicales.

Igualmente mi gratitud a las técnicas del Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología de la Facultad Agropecuaria, la Ing. Diana Iñiguez e Ing. Fernanda Livisaca, quienes me facilitaron con sus conocimientos para la realización de los estudios de suelo; de igual manera a los miembros de mi tribunal de grado, quienes me supieron dar sugerencias acertadas para la finalización de mi proyecto.

Carlos Honorio Ruiz Ortiz

DEDICATORIA

El presente estudio quiero dedicar con todo mi cariño a mi familia; a mis padres Honorio Ruiz y Santos Ortiz, que me enseñaron a salir adelante con esfuerzo y dedicación, a mis hermanos y de manera especial a mi novia Karen Calva; quienes me brindaron su apoyo incondicional para seguir adelante durante esta fase de mi vida, ya que sin ellos no hubiera sido posible alcanzar este logro para mi vida profesional.

Carlos Honorio Ruiz Ortiz

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	ii
APROBACIÓN	iii
AUTORÍA	iv
CARTA DE CERTIFICACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xix
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Bosque andino.....	5
2.2. Bosque seco.....	5
2.3. Suelo.....	6
2.3.1. Definición.....	6
2.3.2. Importancia del suelo	6
2.3.3. Análisis de suelo.....	7
2.3.4. Propiedades físicas del suelo.....	7
a. Textura.....	7
b. Texturas arcillosas.....	7
c. Texturas arenosas	7
d. Textura limosa.....	8
e. Texturas francas.....	8
2.3.5. Propiedades químicas del suelo.....	8
a. Materia orgánica.....	8
b. pH.....	8
c. Nitrógeno.....	9

d. Fósforo	9
e. Potasio	9
f. Calcio	10
g. Magnesio	10
h. Manganeso	10
i. Cobre	10
j. Hierro	11
2.4. Crecimiento de los árboles	11
2.4.1. Crecimiento primario	11
2.4.2. Crecimiento secundario	11
2.4.3. Medición diamétrica de árboles	12
2.4.4. Incremento Medio Anual (IMA)	12
2.5. Dendrocronología.....	13
2.5.1. Anillos de crecimiento y su estructura	13
2.5.2. Anillos de crecimiento en árboles tropicales.....	13
2.6. Descripción de las especies	14
2.6.1. <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	14
a. Clasificación botánica	14
b. Distribución geográfica.....	14
c. Descripción botánica	14
d. Tipo de suelo donde se desarrolla	15
2.6.2. <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	15
a. Clasificación botánica	15
b. Descripción botánica	15
c. Tipo de suelo donde se desarrolla	16
3. METODOLOGÍA	17
3.1. Área de estudio.....	17
3.1.1. Reserva Biológica El Chilco	17
3.1.2. Parque Universitario Francisco Vivar Castro.....	18

3.2. Materiales y equipos.....	18
3.2.1. Recolección de muestras de suelo y madera	18
3.2.2. Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo	19
3.2.3. Datación y determinación del crecimiento diamétrico anual de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.	20
3.3. Metodología para evaluar las propiedades físico-químicas del suelo donde crece <i>Juglans neotropica</i> Diels y <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	21
3.3.1. Selección de árboles de <i>Juglans neotropica</i> Diels y <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.....	21
3.3.2. Recolección de muestras de suelo	21
3.3.2. Preparación de muestras de suelo.....	22
3.3.3. Análisis físico-químico de las muestras de suelo	23
a. Determinación de textura	23
b. Determinación de pH	24
c. Determinación de materia orgánica.....	25
d. Determinación de nitrógeno	26
e. Determinación de potasio, calcio y magnesio	28
f. Determinación de manganeso, hierro y cobre.....	29
3.3.4. Procesamiento de datos	30
3.4. Metodología para determinar la influencia de las propiedades físico-químicas del suelo en el crecimiento diamétrico anual de los árboles de <i>Juglans neotropica</i> Diels Y <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns	30
3.4.1. Obtención de núcleos y rodajas de madera	30
3.4.2. Preparación de núcleos y rodajas de madera.....	31
3.4.3. Identificación, cuantificación, medición y datación de anillos de crecimiento.....	33
3.4.4. Análisis de datos.....	33
4. RESULTADOS.....	35
4.1. Composición química y física del suelo en los sitios de la reserva El Chilco y el Parque Universitario Francisco Vivar Castro.....	35
4.1.1. Propiedades físico-químicas del suelo por sitios de estudio.....	35

4.1.2. Propiedades físico-químicas del suelo por especie según las altitudes de los árboles	36
4.1.3. Propiedades físico-químicas del suelo de los árboles de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns, en el sector de la reserva El Chilco	38
4.1.4. Propiedades físico-químicas del suelo de los árboles de <i>Juglans neotropica</i> Diels, en el sector del parque Universitario Francisco Vivar Castro.....	40
4.2. Influencia del suelo en el crecimiento diamétrico medio anual de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns y <i>Juglans neotropica</i> Diels	42
4.2.1. Crecimiento diamétrico medio anual de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns y <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	42
4.2.2. Influencia del suelo en el crecimiento de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns y <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	43
4.3. Difusión de resultados.....	47
5. DISCUSIÓN.....	48
5.1. Propiedades físico-químicas del suelo	48
5.2. Relación de las propiedades físico-químicas del suelo con el crecimiento de los árboles	49
6. CONCLUSIONES.....	51
7. RECOMENDACIONES.....	52
8. BIBLIOGRAFÍA.....	53
9. ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de interpretación de los valores de pH.	25
Tabla 2. Niveles de interpretación según el contenido en porcentaje de materia orgánica.	26
Tabla 3. Niveles de interpretación de valores de nitrógeno disponibles en el suelo en partes por millón.	28
Tabla 4. Condiciones y concentraciones para la determinación de potasio, calcio y magnesio..	28
Tabla 5. Niveles de interpretación de los valores de potasio, calcio y magnesio contenidos en el suelo.	29
Tabla 6. Condiciones y concentraciones para la determinación de cobre, hierro y manganeso..	29
Tabla 7. Niveles de interpretación de los valores disponibles en el suelo de manganeso, hierro y cobre en partes por millón.	29
Tabla 8. Protocolo de lijado para núcleos de madera <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.	32
Tabla 9. Protocolo de lijado para rodajas de madera de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.	32
Tabla 10. Análisis de suelo por sector de estudio.	35
Tabla 11. Análisis del suelo según las altitudes de los árboles	37
Tabla 12. Análisis de suelos por cada árbol de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.	39
Tabla 13. Análisis de suelo por cada árbol de <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	41
Tabla 14. Datos estadísticos de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns y <i>Juglans neotropica</i> Diels	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio en la provincia de Loja. Sitio El Chilco Zapotillo.	17
Figura 2. Obtención de muestras de suelo con barreno.....	22
Figura 3. Preparación de las muestras de suelo, a) secado, b) tamizado, y c) etiquetado.	22
Figura 4. Triángulo textural.	24
Figura 5. Medición de muestra de suelo.....	24
Figura 6. Obtención de extractos.....	27
Figura 7. Determinación de nitrógeno.....	27
Figura 8. Obtención de núcleos de madera de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.....	31
Figura 9. Núcleos de madera <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.....	31
Figura 10. Medición de anillos de crecimiento de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.	33
Figura 11. Análisis de componentes principales del suelo de 0 a 20 cm de profundidad. A) Muestra la variabilidad entre individuos de ambas especies tomando en cuenta todas las variables indicadas en B) dentro del PCA Biplot.....	44
Figura 12. Análisis de componentes principales del suelo de 20 a 40 cm de profundidad. A) Muestra la variabilidad entre individuos de ambas especies tomando en cuenta todas las variables indicadas en B) dentro del PCA Biplot.....	45
Figura 13. Análisis de componentes principales del suelo en <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns A) En suelos a 20 cm, y B) a 40 cm.....	46
Figura 14. Análisis de componentes principales del suelo en <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	47
Figura 15. Socialización de los resultados de la investigación mediante la plataforma zoom....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Base de datos del análisis de suelo de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns y <i>Juglans neotropica</i> Diels.....	61
Anexo 2. Análisis dendrocronológico de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.	62
Anexo 3. Base de datos del análisis dendrocronológico de <i>Juglans neotropica</i> Diels	79
Anexo 4. Base de datos de las variables fisiográficas y dasométricas de <i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns y <i>Juglans neotropica</i> Diels.	79
Anexo 5. Análisis de componentes principales.....	80
Anexo 6. Poster científico	92

“Influencia del tipo de suelo sobre el crecimiento diamétrico anual de *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns en los sectores del Parque Universitario Francisco Vivar Castro y la Reserva El Chilco, al sur de Ecuador”

RESUMEN

El suelo es un factor determinante en las condiciones de cada sitio que afectan en la dinámica de crecimiento de las especies forestales, pues provee todos los requerimientos nutricionales a los árboles. El presente estudio tuvo como propósito determinar cómo las características físicas y químicas del suelo influyen en el crecimiento de *Juglans neotropica* Diels en el sector del Parque Universitario Francisco Vivar Castro y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns en la reserva El Chilco. Se realizó el análisis de suelo para cada sector y se determinó el crecimiento diamétrico anual para cada especie, se consideraron variables fisiográficas y dasométricas. En el análisis de suelo se seleccionaron los árboles de donde se recolectaron muestras compuestas a dos profundidades para su posterior análisis en laboratorio; para la determinación del crecimiento, se obtuvieron núcleos y rodajas de madera para ser examinadas mediante el uso del sistema de medición de anillos Lintab^{TM6}, y el programa TsapWin en el laboratorio de Dendrocronología. Para la interpretación y representación gráfica de datos en el análisis de suelo se utilizó tablas de doble entrada para realizar comparaciones entre sitios y entre árboles. Para determinar la influencia del suelo en el crecimiento se realizó el análisis de datos con el programa estadístico R donde se realizó un análisis de componentes principales. La información obtenida mediante los resultados permitió determinar que el crecimiento de los árboles de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns tienen relación con la dominancia del árbol y la pendiente, en cambio, los contenidos altos de calcio y magnesio no favorecieron a su crecimiento. En el caso de los árboles de *Juglans neotropica* Diels, el crecimiento tiene mucha relación con la cobertura, el diámetro y el contenido de magnesio, mientras que los suelos francos con el porcentaje de luz que llega al suelo son factores limitantes. Realizado el estudio, es necesario continuar con estudios similares a otras especies forestales en ecosistemas similares y

diferentes, que permitan determinar los requerimientos de cada especie y que factores están contribuyendo o limitando el crecimiento de las especies forestales.

Palabras clave: cobertura, dendrocronología, dinámica de crecimiento, dominancia, suelos, variables fisiográficas y dasométricas.

ABSTRACT

Soil is a determinant factor in the conditions of each site that affects the dynamic of growth of forest species, since it provides all the nutritional requirements to trees. This study aimed to determine how physical and chemical characteristics of soil influence on the growth of "*Juglans neotropica* Diels in the "Parque Universitario Francisco Vivar Castro" sector and *Eriotheca ruizii* (K.Schum) A.Robyns in the "El Chilco" reserve. It was carried out a soil analysis for each sector and established the annual diametric growth for each specie; physiographic and dasometric variables were considered. In the analysis of soil, trees were selected from where composite samples were collected to two depths for its subsequent analysis in a laboratory; for determining the growth, core and slices of wood were obtained in order to be analyzed by using Lintab^{TM6} ring measuring system and the Tsap Win program in the Dendrochronology laboratory. For the interpretation and graphic representation of data in the analysis of soil, double-entry tables were used in order to make comparisons between sites and trees. To determine the influence of soil on growth, it was carried out the data analysis by using the Restudio statistical program, in which the analysis of main components was developed. The gathered information through results allowed to establish that the growth of *Eriotheca ruizii* (K. Schum) A. Robyns trees are related to the dominance and slope of the tree, whereas high calcium and magnesium contents did not facilitate to its growth. With respect to the *Juglans neotropica* Diel trees, the growth is very related to coverage, diameter and content of magnesium, while loam soils are limiting factors with a light percentage that reached to the soil. At the end of the research, it is necessary to continue with similar studies to other forest species in similar and different ecosystems that allow to determine requirements of each one and factors which are contributing or limiting growth of forest species.

Key words: coverage, dendrochronology, dominance, growth dynamic, soil, physiographic and dasometric variables.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático, es definido como “un cambio estable y durable en la distribución de los patrones de clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años. Puede referirse, específicamente, al cambio climático causado por la actividad humana y los causados por procesos naturales de la Tierra y el sistema solar” (Guido, 2017, p.13).

Uno de los efectos del cambio climático es que ha causado un incremento del CO₂ atmosférico en una cantidad de 1% anual, y se estima que para las siguientes décadas el 43% de especies forestales en regiones tropicales podrían desaparecer debido a que sus tolerancias se verían seriamente afectadas y, en consecuencia, sus distribuciones potenciales (Miles, Grainger y Phillips, 2004).

También se ha determinado que el clima tiene un impacto profundo en el desarrollo de los suelos, tanto de manera directa como indirecta. Los procesos del suelo son influenciados directamente por la temperatura, la precipitación y los cambios atmosféricos en la concentración de CO₂, que afectan el régimen de humedad del suelo y el crecimiento de las plantas; de igual forma, cambios inducidos en el clima en combinación con el manejo y uso de la tierra afectan indirectamente los procesos del suelo como infiltración, drenaje, percolación, escorrentía y erosión (INECC, 2016).

Uno de los efectos directos del clima en la evolución de los suelos es el impacto que éste tiene sobre la materia orgánica. En relación a este aspecto, se ha demostrado que una disminución de la precipitación conlleva a una menor producción de biomasa y, en consecuencia, menor contenido de carbono y menor productividad del suelo; asimismo, que una mayor precipitación generara mayor lixiviación y pérdida de nutrientes; y que la

calidad de la materia orgánica del suelo se ve afectada directamente por los efectos de la temperatura y precipitación (INECC, 2016).

Los efectos del cambio climático, tales como: cambios en los regímenes de precipitación, mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos como sequía e inundaciones, y aumento de las temperaturas, a nivel mundial también han contribuido a agravar el problema de la degradación y desertificación de los suelos, causado principalmente por la presión demográfica y las prácticas insostenibles de gestión de la tierra; tal como lo indican los resultados de la tercera Conferencia Científica de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNUCLD, 2015).

Es importante destacar que el suelo es un factor determinante de las condiciones del sitio que influyen en la dinámica de crecimiento de las especies forestales, pues provee de todos los requerimientos nutricionales a los árboles, y cuya disponibilidad de nutrientes depende de sus propiedades físicas y químicas (Rojas, 2015).

Es así que, la vegetación es una de las características más sobresalientes de los suelos forestales, además, contribuye en sus características físicas, químicas y biológicas. Los microorganismos presentes en el suelo conjuntamente con las condiciones de clima favorecen la descomposición de los residuos vegetales y animales, que se encuentran en la superficie, incorporando nutrientes en el suelo como el nitrógeno, que mejora el crecimiento y productividad de los árboles (Madrigal, Acevedo, Hernández y Romo, 2018).

Por lo tanto, las especies de plantas que crecen en un área determinada tienen una gran dependencia del tipo del suelo, ya que ellas absorben los nutrientes inorgánicos que éste contiene, tales como: nitrógeno, fósforo y potasio. Por otro lado, la disponibilidad de estos nutrientes está condicionada por la textura del suelo, cuyos porcentajes de arena, limo y

arcilla definen la riqueza de nutrientes que contiene; por ejemplo, los suelos francos son suelos ricos que presentan una mezcla balanceada de estos tres componentes (Marcano, 2019).

Varios estudios han demostrado la importancia que tienen las características del suelo sobre el crecimiento de las plantas. Por ejemplo, Pichiusa (2010) afirma que los suelos más adecuados para el crecimiento de *Eriotheca ruizii* (Schumann) Robyns, son de textura franco, pH ligeramente a moderadamente alcalino y un contenido medio a alto de potasio disponible.

Según Quintero y Jaramillo (2012), en un estudio sobre germinación in vitro de *Juglans neotropica* Diels, determinaron que uno de los nutrientes más importantes es la cantidad de nitrógeno. Loewe y Gonzales (2001) como resultados de algunos proyectos realizados en Chile afirman que *Juglans regia* requiere de suelos francos.

En base a lo citado que demuestra de que las características físicas y químicas del suelo tienen un efecto sobre el crecimiento de los árboles, el siguiente proyecto trata de demostrar como el suelo influye en el crecimiento diamétrico anual de *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns en dos ecosistemas del sur de Ecuador: bosque andino (Parque Universitario Francisco Vivar Castro) y bosque seco (Reserva El Chilco) respectivamente. Adicionalmente, el presente estudio proporcionara información al proyecto de investigación “Impacto de las variaciones climáticas en la fijación de carbono en ecosistemas forestales al sur de Ecuador” que se realiza en la Universidad Nacional de Loja, y mediante la presente investigación se dará cumplimiento al tercer objetivo de dicho proyecto. Para lo cual se planteó las siguientes preguntas de investigación:

¿Cómo influyen las propiedades físicas y químicas del suelo sobre el crecimiento diamétrico anual de los árboles de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns en el bosque seco de la Reserva El Chilco?

¿Las diferencias en el crecimiento entre árboles de *Juglans neotropica* Diels de la misma edad, dentro del bosque del Parque Universitario Francisco Vivar Castro PUFVC (provincia de Loja), se deben a cambios en las propiedades físicas y químicas del suelo?

Mediante la respuesta a estas preguntas se estará contribuyendo al vacío de conocimiento sobre la influencia del suelo en el crecimiento diamétrico anual en dos especies pertenecientes a dos ecosistemas diferentes de bosques tropicales en la provincia de Loja; además, aportará con datos cuantitativos de la influencia de factores físicos y químicos en el crecimiento de árboles. Para dar respuesta a estas preguntas se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General

Evaluar la influencia del tipo de suelo sobre el crecimiento diamétrico anual de *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns en los sectores del Parque Universitario Francisco Vivar Castro y la Reserva El Chilco, al sur de Ecuador.

Objetivos Específicos

1. Evaluar las propiedades físico-químicas del suelo de los árboles de *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns.
2. Relacionar las propiedades físico-químicas del suelo con el crecimiento diamétrico anual de los árboles de *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns.
3. Difundir los resultados de la investigación a los actores interesados.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Bosque andino

Vegetación siempreverde con árboles grandes, retorcidos, frondosos, cargados de epifitas, especialmente orquídeas y anturios. El dosel alcanza 16 m con árboles de diámetros de 60 cm. Ubicada sobre suelos superficiales, por lo que es común observar las raíces de los árboles en la superficie. En el sotobosque se aprecia gran cantidad de hierbas: gesneriáceas, begonias y helechos, una capa de hojarasca de hasta 30 cm. Los helechos arbóreos también son abundantes. Están presentes en terrenos de fuertes pendientes, en las riberas de los ríos, hondonadas formando pequeños remanentes entre áreas de potreros y cultivos. La vegetación original ha sido convertida a áreas de uso agropecuario (Aguirre, Loja, Solano, y Aguirre, 2016).

2.2. Bosque seco

Vegetación decidua con un dosel entre 16-25 m con árboles de copas aparasoladas. Estos bosques pertenecen a los bosques secos ecuatoriales, que se desarrollan en Zapotillo y, son más secos, menos diversos, producto de la intensa alteración que han sufrido, actualmente su fisonomía y composición están claramente empobrecidas y queda muy poco de su extensión original con remanentes en buen estado de conservación a esto se suma la estación seca de más de 4 meses. La vegetación es estacionalmente seca, que tiene dos facetas, en la época lluviosa son verdaderas selvas, con sotobosque exuberante; y, en la época seca se nota la influencia del clima cuando las plantas pierden sus hojas y los elementos arbustivos y herbáceos son escasos. Se localizan sobre terrenos de pendientes moderadas y de fisiografía colinada. Según la densidad de la vegetación se pueden diferenciar bosques densos, semidensos y ralos (Aguirre, Loja, Solano, y Aguirre, 2016).

2.3. Suelo

2.3.1. Definición

Según la FAO, el término suelo tiene varios significados. Su significado que se ha utilizado tradicionalmente lo define como: medio natural para el crecimiento de las plantas. También se ha definido como un cuerpo natural constituido por capas de suelo, denominados horizontes del suelo; compuestos de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el resultado final, que se ha obtenido a través del tiempo, y de la combinación de un conjunto de condiciones biofísicas, tales como: el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), y de materiales parentales (rocas y minerales originarios). El suelo que se ha formado difiere de su material parental, en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas.

2.3.2. Importancia del suelo

El suelo es un cuerpo natural que forma parte de la superficie de la tierra, está constituido principalmente por material de origen orgánico y mineral, la calidad de un sitio depende mucho de este factor, ya que constituye un importante componente del ecosistema forestal; tiene una influencia directa en algunas características de las masas forestales como la tasa de crecimiento del bosque, calidad de madera, resistencia de las especies a enfermedades y frente a ciertos factores abióticos (Gayoso y Alarcón, 1999).

Para el desarrollo de las actividades humanas se constituye en un recurso vital, forma parte de un sistema integrado que incorpora en estas actividades especies vegetales, animales y diversos microorganismos que interactúan mediante procesos físicos y biológicos, además, sirve de protección y amortiguación de otros componentes del ecosistema forestal; frente a fenómenos naturales (Gayoso y Alarcón, 1999).

2.3.3. Análisis de suelo

El análisis de suelo constituye una herramienta de gran utilidad para poder determinar los nutrientes presentes en el suelo y diagnosticar problemas nutricionales. Mediante este análisis se pretende determinar el grado de suficiencia o deficiencia de nutrientes en el suelo, así como determinar los factores adversos que pueden perjudicar a las plantas. La fertilidad del suelo es determinante para que sea productivo, pero no necesariamente un suelo fértil es productivo, debido a otros factores de tipo físico, por tal razón la productividad de un suelo está determinada por los factores físicos y químicos del suelo (Molina, 2011).

2.3.4. Propiedades físicas del suelo

a. Textura

Esta determina por la distribución de las partículas del suelo las cuales se expresan en porcentajes. Estas partículas son: la arena (2 – 0,02 mm). El limo (0,02 – 0,002 mm) y la arcilla (0,002). La textura influye en otras propiedades como son la velocidad de infiltración del agua la facilidad de preparación o laboreo del suelo el drenaje, etc. (Ramírez , 1999).

b. Texturas arcillosas

Son suelos difíciles de trabajar, constituyen suelos plásticos, retienen gran cantidad de agua y nutrientes debido a la micro porosidad, aunque retengan gran cantidad de agua tienen una permeabilidad baja, salvo que tengan un buen sistema de grietas (Gisbert, Ibáñez y Moreno, 2010).

c. Texturas arenosas

Presentan una buena aireación debido al gran tamaño de sus partículas, lo que facilita la penetración del aire, únicamente presenta encharcamiento cuando se producen lluvias

intensas, la acumulación de materia orgánica es mínimas y el lavado de minerales es elevado (Gisbert, Ibáñez y Moreno, 2010).

d. Textura limosa

Presentan una carencia de propiedades coloidales, formando suelos que se apelmazan impidiendo una buena aireación y circulación del agua, que impiden la emergencia de las plántulas (Gisbert, Ibáñez y Moreno, 2010).

e. Texturas francas

Son suelos que presentan un equilibrio en sus componentes, adoptando los efectos favorables de las anteriores sin sufrir sus defectos, por lo que se considera una textura ideal (Gisbert, Ibáñez y Moreno, 2010).

2.3.5. Propiedades químicas del suelo

a. Materia orgánica

La mayor cantidad de carbono sobre la superficie de la tierra se encuentra en la materia orgánica del suelo, e incluso es el doble a la presente en la atmósfera. La MO forma parte de casi todos los procesos que se producen en el suelo y se constituye un factor importante en la calidad y salud del suelo, juega un papel fundamental en la fertilidad de los suelos, ya que actúa como una fuente de provisión de nutrientes para las plantas y los microorganismos (Sales, 2006).

b. pH

Es una de las propiedades físico-químicas de mayor importancia en los suelos, ya que la disponibilidad de nutrientes para las plantas depende de él, determinando la solubilidad de los nutrientes y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica además influye en diversas propiedades importantes que contribuyen a la

fertilidad del suelo; se mide en una escala del 1 al 14 que van de suelos ácidos hasta suelos alcalinos (Ramírez , 1999).

c. Nitrógeno

Para la disponibilidad de este nutriente en el suelo para ser aprovechados por las plantas tiene gran dependencia de la mineralización de la materia orgánica realizado por los microorganismos, esta mineralización se da en valores cercanos a un pH de 7, es decir suelos neutros, que son las condiciones que mayor favorecen al desarrollo de las bacterias encargadas de la nitrificación y fijación de nitrógeno (Ramírez , 1999).

d. Fósforo

Cuando el pH es superior a 7,5; es decir alcalino, el calcio aumenta su solubilidad y reacciona con los fosfatos precipitándolos, formando compuestos insolubles, mientras que si el pH es ácido, la solubilidad del aluminio y del hierro es alta y estos compuestos se precipitan con el fósforo, por lo tanto, el fósforo presenta su mayor disponibilidad con un pH entre 6,5 y 7,5; es decir en este rango se da la mayor mineralización de compuestos de fósforo orgánico y mineral (Ramírez , 1999).

e. Potasio

Es el tercer elemento fundamental para el desarrollo de las plantas, contribuye al uso eficiente del agua por parte de las plantas y es absorbido en forma iónica; entre sus principales funciones se destaca por estar ligado al metabolismo, además de su importancia para la formación de frutos, activación de enzimas y aumentar la resistencia frente a enfermedades (Velasquez, 2013).

f. Calcio

Forma parte de la estructura de la lámina media, intervine en algunos procesos de estructura y funcionamiento de las membranas, absorción iónica, reacción con hormonas, activación de enzimas y es requerido en grandes cantidades por las bacterias fijadoras de nitrógeno (Bonadeo, Moreno, Bongiovanni, Marzari y Ganum, 2017).

g. Magnesio

Este elemento es muy variable en los suelos y se origina de la meteorización de rocas, es absorbido por las plantas como catión, desempeña algunas funciones dentro de las plantas, es el elemento principal de la clorofila, es decir, influye en la fotosíntesis, además intervine en el metabolismo del fósforo, activación de enzimas y en la respiración de las plantas (Bonadeo, Moreno, Bongiovanni, Marzari y Ganum, 2017).

h. Manganeso

Es un micro elemento presente en los suelos esencial para las plantas, su disponibilidad es mayor cuando el pH disminuye, es decir, es soluble para ser absorbido por las plantas a partir de un pH de cercano a 6 y aumenta a medida que este disminuye. El manganeso forma parte de algunos procesos del metabolismo de las plantas como el ciclo de Krebs o en la fotosíntesis y fortalece la resistencia a enfermedades (Sierra, 2019).

i. Cobre

Es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas requerido en cantidades pequeñas, forma parte de enzimas que interviene en procesos fundamentales de las plantas, tales como el transporte de electrones en la fotosíntesis y la respiración, además forma parte de enzimas que catalizan las reacciones de lignificación de la pared celular (León y Sepúlveda, 2012).

j. Hierro

Este elemento es el responsable de manera indirecta del color verde de las plantas, ya que desempeña un papel importante en la producción de clorofila, su disponibilidad en el suelo es afectada por diversos factores como el pH que a medida que aumenta su disponibilidad decrece, la textura y aireación, ya que en suelos compactados su disponibilidad disminuye (Herrero, 2015).

2.4. Crecimiento de los árboles

Según León (2001), los árboles al igual que todo organismo con vida experimenta procesos de crecimiento de sus diferentes estructuras, los cuales permiten el incremento dimensional de las mismas. El crecimiento de los árboles se produce en zonas especializadas que reciben el nombre de meristemas los cuales permiten el crecimiento longitudinal y diametral en los árboles; el crecimiento longitudinal (crecimiento primario) se produce a partir del meristema apical, mientras que el crecimiento diametral o en grosor (crecimiento secundario) se produce a partir de divisiones en el cambium vascular y con menos proporción en el cambium cortical; en la dirección radial producen un anillo de crecimiento cada año (Novak, 2017).

2.4.1. Crecimiento primario

El crecimiento longitudinal que desarrollan las plantas conocido como el nombre de crecimiento primario, que se produce en las zonas apicales tanto del tallo como de las ramas y raíces, se origina a partir de la producción de nuevas células en estas zonas, que mediante la división va a formar tejidos meristemáticos primarios (León, 2001).

2.4.2. Crecimiento secundario

El crecimiento secundario consiste en el incremento en diámetro o grosor del tallo, ramas y raíces de las plantas y se inicia con la formación del cambium vascular que a su parte

interna se forma el xilema y a la externa el floema. El cambium vascular es un meristema de tipo lateral e intercalar y, normalmente, forma una capa continua localizada periféricamente desde el ápice hasta la raíz (León, 2001).

2.4.3. Medición diamétrica de árboles

El incremento de diámetro de los árboles consiste en el aumento de la dimensión del tronco en un lapso determinado de tiempo, el cual está influenciado por la interacción de un conjunto de factores genéticos, fisiológicos y ecológicos. Para el caso de especies tropicales afirma que no siempre presentan anillos de crecimiento por lo que estudios para estas especies son limitados (Mendoza, 2015).

Para determinar el crecimiento y desarrollo de un árbol en los diferentes periodos de su vida, se realiza un análisis de su tronco que consiste en la medición de cierto número de discos o secciones transversales del tronco, en estos se cuenta y se mide la distancia entre los anillos. Con este análisis del tronco se puede determinar la edad del árbol y con ellos se puede determinar el crecimiento, así como el volumen de madera que se ha producido en cada una de las fases del crecimiento (Mendoza, 2015).

La cinta diamétrica es uno de los instrumentos más utilizados para estimar el crecimiento diamétrico, se puede utilizar para realizar mediciones para periodos largos de tiempo que van de 1 a 5 años con un gran número de árboles, como es el caso de los inventarios forestales, donde el instrumento utilizado tiene un error aceptable con relación al crecimiento esperado (Mendoza, 2015).

2.4.4. Incremento Medio Anual (IMA)

El incremento medio anual o también denominado crecimiento medio anual, expresa la medida del crecimiento total a cierta edad del árbol, es decir la media anual la media anual del crecimiento a cualquier edad (Imaña, y Encinas, 2008).

2.5. Dendrocronología

La palabra dendrocronología proviene del griego *Dendros* que significa árbol, *chronos* tiempo y *logos* ciencia, es decir es la ciencia que estudia los anillos de los árboles, analiza su estructura interna y estudia la información registrada con aplicación a eventos ambientales e históricos. Como ciencia inicia con la determinación de un patrón de anillos anuales de crecimiento, mediante parámetros mensurables de la estructura de los anillos se puede determinar de forma exacta el año de su formación y así deducir condiciones medioambientales del pasado como el clima, incendios forestales, plagas, etc. (Vera, Ortega, Chaves, Rosero y Chavesta, 2011).

2.5.1. Anillos de crecimiento y su estructura

El crecimiento de los árboles como cualquier ser vivo no es continuo, es decir, en algún momento este se detiene, ya sea por causa de un factor interno o externo. En zonas donde existe una estacionalidad bien marcada este proceso se detiene cuando las condiciones son desfavorables y se reinicia cuando las condiciones vuelven hacer favorables, este proceso genera un patrón en la estructura de la madera en forma de capas anuales, las cuales en un corte transversal se observan como anillos (Gutiérrez, 2009).

La formación de un nuevo anillo empieza con células grandes producidas por el cambium, formadas cuando hay una mayor actividad de crecimiento (madera temprana); el crecimiento del anillo termina con presencia de células pequeñas cuando el árbol presenta un crecimiento lento, esta parte del anillo se la conoce también como madera tardía, por esta razón en algunas especies se pueden distinguir dos bandas en un anillo anual (Gutiérrez, 2009).

2.5.2. Anillos de crecimiento en árboles tropicales

En zonas tropicales donde los árboles están expuestos a condiciones donde la oscilación termina anual es débil y la temperatura se mantiene constante por todo el año, se produce

un crecimiento continuo en los árboles; como consecuencia la gran parte de especies no forman anillos claros, salvo especies en condiciones estacionales persistentes como sequias o inundaciones, ya sean estas favorables o desfavorables para el crecimiento de los árboles (Gutiérrez, 2009).

2.6. Descripción de las especies

2.6.1. *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns

a. Clasificación botánica

Nombre científico: *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns.

Nombre común: Pasallo, Chirigua, Chirigoyo, Pasayo, Jaile.

Sinónimos: *Bombax ruizii* K. Schum., *Millea ecuadorensis*.

Familia: Bombacaceae.



Número de especies reportado por género: 3 especies

b. Distribución geográfica

Estas plantas crecen generalmente en laderas y colinas de los bosques secos entre 0-1000 msnm, en las provincias de Loja, El Oro, Guayas y Manabí (Cahuana , 2016).

c. Descripción botánica

Es un árbol caducifolio, de entre 10-20 m de altura y 30-50 cm de DAP. Su fuste es retorcido, madera suave; su copa es globosa y muy abierta, con ramificaciones que soportan la presencia de abundantes epífitas, sus ramitas son de color marrón, con anillos, al arrancar presentan una coloración rojiza en el centro; su corteza es de color plomizo a pardo claro, con apariencia lisa; sus hojas digitadas, alternas, con 5 a 7 folíolos elípticos a ovados de 8- 12 cm de longitud y 3-6 cm de ancho, ápice acuminado, borde aserrado,

nervadura pinnatinervia oblicua, haz glabro, envés con pubescencia densa, peciolo peltado; sus flores son grandes vistosas regulares, caudifloras fasciculadas de 0,5 x 0,7 cm, con pedúnculo, cáliz de 5 sépalos (campanular) verdes; corola de 5 pétalos blancos, estambres numerosos en una columna estaminal, ovario supero, agrupadas en panículas terminales, su fruto es una cápsula de 0,4 x 0,8 cm, mostaza oscura, cambiando de coloración al madurar a un café oscuro o canela. Muchas semillas por fruto, oleaginosas y cubiertas de algodón (Cahuana , 2016).

d. Tipo de suelo donde se desarrolla

Las características físicas y químicas más adecuadas para el desarrollo de la especie, son suelos de clase textural franco; en cuanto a las características químicas presenta, pH de ligera a moderadamente alcalino, contenidos medios a bajos de materia orgánica, fósforo disponible bajo, contenido medio a alto de potasio disponible (Pichiuza, 2010).

2.6.2. *Juglans neotropica* Diels.

a. Clasificación botánica

Nombre Común: CEDRO NEGRO

Nombre Científico: *Juglans neotropica* Diels

Familia botánica: Juglandaceae

b. Descripción botánica

Árbol grande, de copa tipo irregular, amplia o extendida, rala, con ramificación casi horizontal. La corteza es fisurada, delgada, en placas verticales desprendibles de color gris blancuzco, presenta follaje caducifolio. Sus hojas son imparipinnadas, alternas, grandes, de 7 a 11 hojuelas, de 5 a 10 cm de largo, con los bordes dentados. Sus flores pequeñas son de color blanco amarillentas. Produce frutos carnosos tipo drupa, de forma



semiesférica de aproximadamente 6 cm de largo por 5 cm de ancho. Su superficie externa es lisa a ligeramente áspera, con muchas lenticelas. Su coloración es verde claro y café oscuro al madurar, su pulpa es escasa (Armijos y Sinche , 2013).

c. Tipo de suelo donde se desarrolla

Prefiere suelos profundos, de textura franca a franca arenosa, bien drenados y pH de neutro a ácido; no tolera suelos calcáreos, fríos intensos ni heladas (Armijos y Sinche , 2013).

3. METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

Este estudio se realizó en dos ecosistemas forestales de la región sur de Ecuador para conocer la influencia del suelo en el crecimiento de dos especies arbóreas. Esto fue en un Bosque Seco con la especie *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns en el sitio El Chilco, y en un Bosque Andino la especie *Juglans neotropica* Diels en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro (Figura 1).

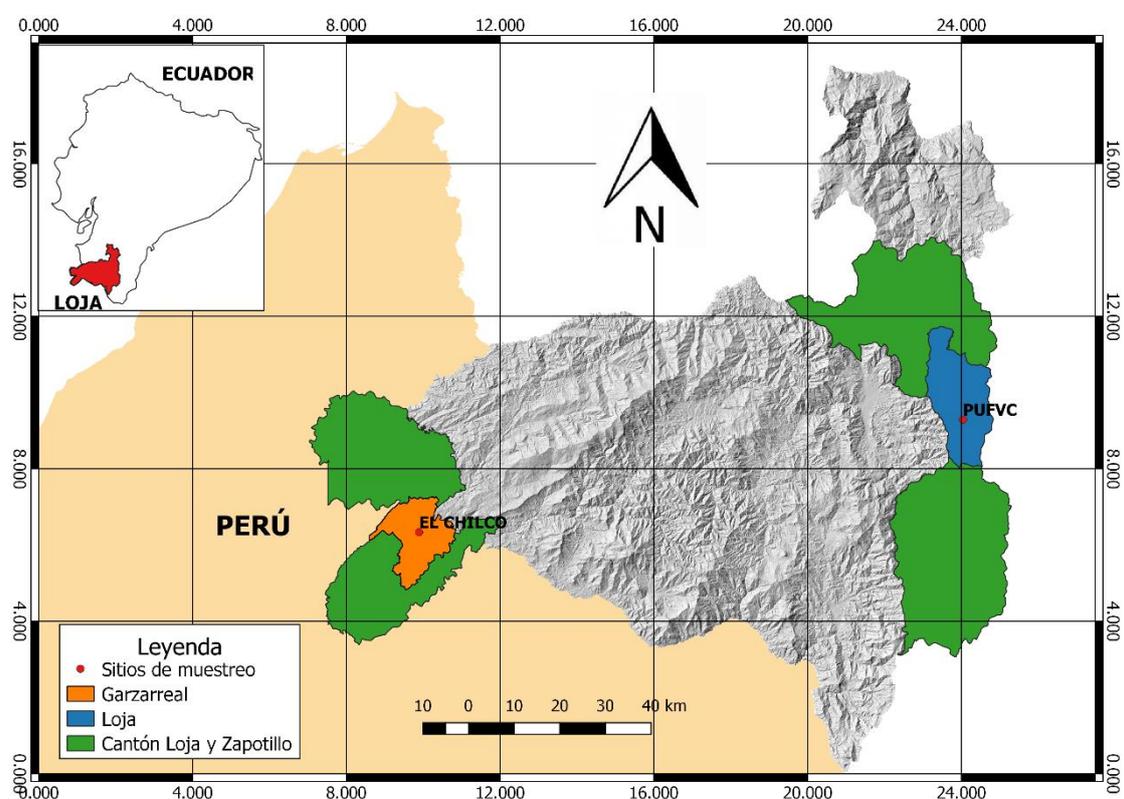


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la provincia de Loja. Sitio El Chilco Zapotillo.

3.1.1. Reserva Biológica El Chilco

La reserva Biológica El Chilco, se encuentra ubicada en la parroquia Garzarreal, cantón Zapotillo, provincia de Loja, es propiedad de la Universidad Nacional de Loja. Tiene una superficie de 152,578 ha, la temperatura fluctúa entre 18 y 24 °C, la precipitación va de 400 a 900 mm/año a una altitud de 400 msnm. Posee un bosque seco deciduo dominado

por *Ceiba trichistandra* (ceibo), *Eriotheca ruizii* (pasallo), *Tabebuia chrysantha* (guayacán) y otras Bombacaceae; además, de una importante biodiversidad de flora y fauna. (PDOT, 2016).

3.1.2. Parque Universitario Francisco Vivar Castro

El Parque Universitario Francisco Vivar Castro, se encuentra ubicado en el cantón Loja, parroquia San Sebastián, Ciudadela Universitaria “Guillermo Falconí Espinosa”. Es propiedad de la Universidad Nacional de Loja, está ubicado a 5 km de la ciudad de Loja, tiene una superficie total de 96 ha, la temperatura media anual es de 16 °C, la precipitación media anual es de 955 mm/año, se caracteriza por la presencia de un bosque natural, donde predominan especies arbóreas como *Juglans neotropica* (nogal) y *Alnus acuminata* (aliso); matorrales, páramo antrópico, con dominio de especies de *Calamagrostis intermedia* y *Puya eryngioides*; además, plantaciones forestales de eucalipto y pino (Aguirre y Yaguana, 2014).

3.2. Materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados en las diferentes fases y análisis de este estudio se detallan a continuación.

3.2.1. Recolección de muestras de suelo y madera

- Libreta
- Lápiz, esferográfico, borrador
- Fundas ziploc
- Bolsas de basura
- Cinta masking
- Cinta métrica
- Barreno

- Soportes de madera
- Barreno de Presler
- Hojas de campo
- Cinta metrica
- GPS
- Motosierra
- Camara fotografica

3.2.2. Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo

- Agua destilada
- Ácido sulfúrico
- Ácido ortofosfórico concentrado
- Dicromato de potasio 1N
- Difenilamina
- Solución de sal de Morh 0,5 N
- Fenol básico
- Hidróxido de calcio
- Hipoclorito de sodio
- Cloruro de amonio
- Oxido de lantano
- Olsen modificado
- Sulfato de cobre
- Sulfato ferroso amoniacal
- Sulfato de manganeso
- Ácido nítrico diluido

- Ácido clorhídrico
- Cloruro de potasio 1N
- Hidroxido de sodio
- Fenolftaleina 0,05%
- Baanza analítica
- Pipetas
- Probetas
- Cronómetro
- Buretas
- Espectrofotómetro UV – 1800
- Agitador automático axial
- Bandejas
- Medidores de suelo
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Cucharetas

3.2.3. Datación y determinación del crecimiento diamétrico anual de *Eriotheca ruizii*

(K. Schum.) A. Robyns.

- Lijas
- Amoladora
- Lijadora de palma
- Pegamento
- Alcohol
- Cinta adhesiva
- Marcadores

- Sistema de medición de anillos Lintab^{TM6}
- Programa TsapWin Pro

3.3. Metodología para evaluar las propiedades físico-químicas del suelo donde crece *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns

3.3.1. Selección de árboles de *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.)

A. Robyns

Para la selección se consideraron algunos aspectos como la edad de los árboles, el diámetro a la altura del pecho y el piso altitudinal, tomando en cuenta estos aspectos, se seleccionaron 5 árboles de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns en la reserva El Chilco, y 6 árboles de *Juglans neotropica* Diels en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro.

3.3.2. Recolección de muestras de suelo

Se tomaron dos muestras compuestas de suelo por cada árbol, es decir, la primera muestra fue tomada de 0 a 20 cm de profundidad para abarcar los horizontes H, O y A relacionados con el contenido de materia orgánica. La segunda muestra de 20 a 40 cm para abarcar los horizontes E y B, principalmente relacionados con la presencia de partículas minerales del suelo y en donde se da un mayor desarrollo radicular. Las muestras compuestas estuvieron conformadas por tres submuestras, que se recolectaron alrededor de cada árbol seleccionado con la ayuda de un barreno.



Figura 2. Obtención de muestras de suelo con barreno.

Las submuestras se tomaron a una distancia de 1 m desde la base del árbol, una vez obtenidas las submuestras y previa limpieza de estas (remoción de objetos diferentes de suelo), se las homogenizo y se obtuvo un kilogramo de suelo aproximadamente (muestra principal), posteriormente fueron colocadas en fundas ziploc y etiquetadas.

3.3.2. Preparación de muestras de suelo

Las muestras se llevaron al Laboratorio de Suelos, Aguas y Bromatología de la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional de Loja, en donde se procedió a realizar el secado, tamizado y etiquetado de las muestras.

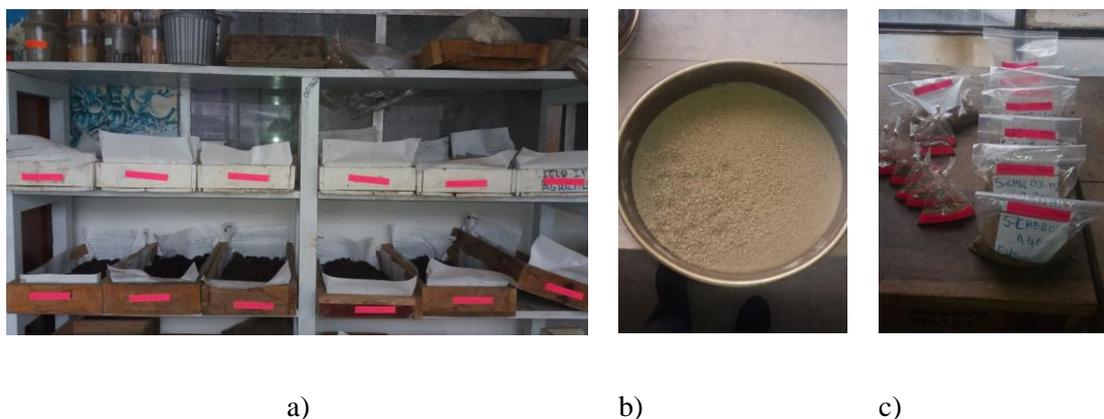


Figura 3. Preparación de las muestras de suelo, a) secado, b) tamizado, y c) etiquetado.

3.3.3. Análisis físico-químico de las muestras de suelo

Preparadas las muestras se realizó cada uno de los siguientes análisis de acuerdo las los protocolos establecidos por el laboratorio.

a. Determinación de textura

Se tomaron 50 gramos de muestra de suelo en un vaso plástico, se agregó 100 ml de agua destilada, 5 ml de hidróxido de sodio y 5 ml de oxalato de sodio saturado, se dejó reposar por 30 minutos, luego se agitó y se colocó en un vaso de dispersión y se colocó en un agitador por 5 minutos. La mezcla se vertió en una probeta de vidrio Bouyoucos y se completó a 1000 ml con agua destilada, con un agitador manual se mezcló y se procedió a realizar dos lecturas, la primera lectura a los 40 segundos y la segunda después de dos horas, en cada lectura se registró la temperatura y la hora.

Se consideró que el hidrómetro esté calibrado a 20 grados centígrados, es decir, las lecturas se corrigieron por cada grado menor a 20 se restó 0,36 y por cada grado superior a 20 se sumó 0,36. Para determinar los porcentajes de arena, limo y arcilla se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ Arena (Ao)} = 100 - (1\text{ra lectura Corregida} \times 2)$$

$$\% \text{ Arcilla (Ac)} = 2\text{da Lectura Corregida} \times 2$$

$$\% \text{ Limo (Lo)} = 100 - (\% \text{ Arena} + \% \text{ Arcilla})$$

Finalmente, para determinar la textura se utilizó el triángulo textural.

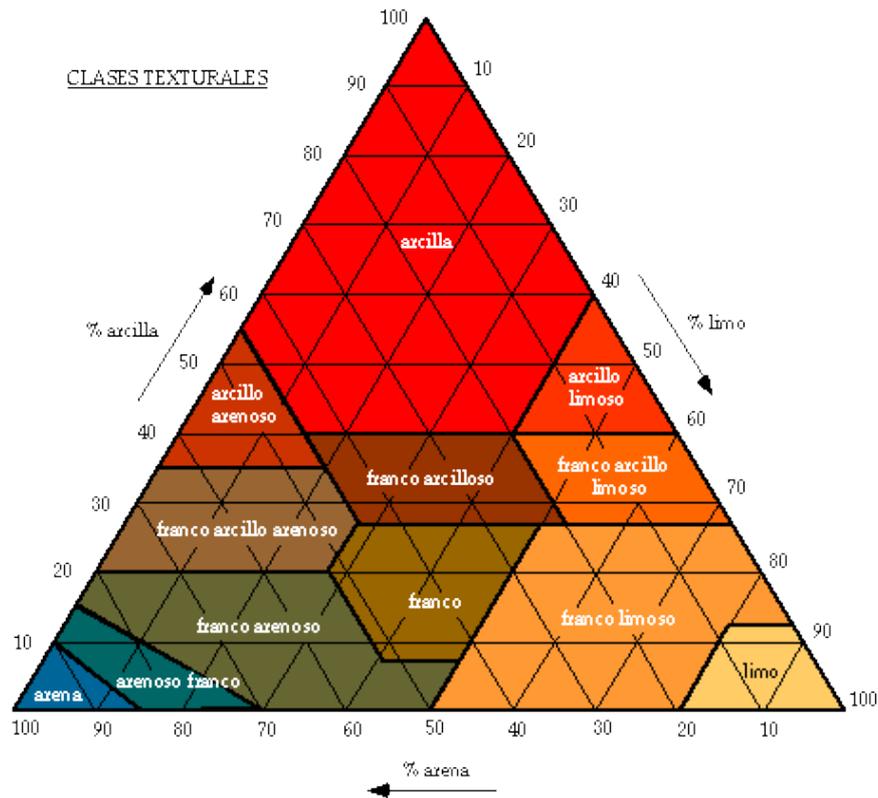


Figura 4. Triángulo textural.

b. Determinación de pH

Se tomaron 20 gramos de muestra de suelo y se agregó 50 ml de agua destilada, se agitó por 5 minutos a 400 rpm, luego se leyó en el potenciómetro previamente estandarizado, se realizó la medición del pH mientras se agitaba la mezcla.



Figura 5. Medición de muestra de suelo.

Se utilizó la siguiente tabla para una correcta interpretación del pH.

Tabla 1. Niveles de interpretación de los valores de pH.

pH	Interpretación
0,0 a 5,0	Muy ácido
5,0 a 5,5	Ácido
5,5 a 6,0	Medianamente ácido
6,0 a 6,5	Ligeramente ácido
6,5 a 7,5	Prácticamente neutro
7,5 a 8,0	Ligeramente alcalino
>8,1	Alcalino
7,0	Neutro

c. Determinación de materia orgánica

Para determinar la MO se pesó de 0,1 a 0,2 gramos de muestra, dependiendo del contenido de materia orgánica que se pueda observar, se agregó 5 ml de dicromato de potasio y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado al 97 %, se agitó por un minuto y se dejó reposar por 30 minutos, luego se agregó 100 ml de agua destilada, 5 ml de ácido fosfórico al 85 % y 10 gotas de difenilamina.

Se tituló el exceso de dicromato de potasio por medio de la solución de Morh de concentración 0,5 N, hasta que se dio el viraje de color azul hasta verde y se anotó el volumen consumido, el mismo procedimiento se realizó para un blanco (sin muestra de suelo). Para determinar el porcentaje de materia orgánica se utilizó las siguientes fórmulas:

$$C\% = \frac{(V_o - V) * N * 0,39}{PM}$$

$$MO\% = \frac{(V_o - V) * N * 0,39 * 1,72 * 1.1}{PM}$$

Dónde:

V_o = volumen gastado en la titulación del blanco.

V = volumen gastado en la titulación de la muestra.

N = Normalidad exacta del sulfato de hierro.

0,39= Peso químico equivalente del carbón.

1,72 = Constante de conversión de C a MO sobre la hipótesis de que la materia orgánica contiene 58% de C en la generalidad de los suelos encontrados en el Ecuador.

1,1 = Error de conversión de C a MO (10%).

PM = Peso de la muestra de suelo.

F = Factor de corrección de la sal de Morh.

0,39 = $3 \times 100 \times 1,3/100$ (3 = peso equivalente del carbono).

NOTA: El factor 1,3 es un factor de compensación por la combustión incompleta de la materia orgánica en este procedimiento.

Para realizar la interpretación se utilizó la siguiente tabla:

Tabla 2. Niveles de interpretación según el contenido en porcentaje de materia orgánica.

Materia orgánica (%)	Interpretación
<3	Bajo
3-5	Medio
>5	Alto

d. Determinación de nitrógeno

Se tomaron 2,5 gr de suelo y se agregó 25 ml de solución extractante (Olsen modificado), se agitó por 10 minutos y se filtró. Este filtrado se utilizó para realizar los siguientes análisis posteriores.



Figura 6. Obtención de extractos.

Se midió 2 ml de filtrado, se agregó 8 ml de fenol básico y 10 ml de hipoclorito de sodio, se dejó reposar por 3 horas sin exponerlo a la luz directa, se realizó la curva de calibrado tomando como punto más alto la solución patrón de 25 ug/ml y como cero la solución extractante. Se leyó la absorbancia una longitud de onda de 630 nm y se construyó la curva de calibración utilizando las siguientes concentraciones 0 – 6,25 – 12,5 – 18,75 – 25 ppm, finalmente se interpoló los datos de absorbancia de las muestras en la curva de calibración y se reportó directamente en mg de N por 1000 ml de suelo (ppm).



Figura 7. Determinación de nitrógeno.

Para la interpretación se utilizaron los valores que se indican en la tabla 3.

Tabla 3. Niveles de interpretación de valores de nitrógeno disponibles en el suelo en partes por millón.

Nitrógeno			
Costa		Sierra	
N (ppm)	Interpretación	N (ppm)	Interpretación
<20	Bajo	<30	Bajo
20-40	Medio	30-60	Medio
>40	Alto	>60	Alto

e. Determinación de potasio, calcio y magnesio

Se tomó 1 ml del filtrado, se agregó 9 ml de agua destilada y 15 ml de óxido de lantano al 1% y se construyó la curva de calibrado como punto alto las concentraciones de 50 - 250 – 50 ug/ml de K. Ca y Mg respectivamente y como cero las soluciones extractantes. Se realizó las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica utilizando las condiciones y concentraciones descritas en la tabla 6.

Tabla 4. Condiciones y concentraciones para la determinación de potasio, calcio y magnesio.

Elemento	No Lamp	Long. Onda (nm)	Corr. Lamp. (mA)	Ancho Rendija (nm)	Tipo de Llama	Curva Calibración (meq/100ml)
K	1	766,5	5	0,5	Air-C ₂ H ₂	0 – 0,321 – 0,641 – 0,962 – 1,2828
Ca	2	422,7	6	0,5	Air-C ₂ H ₂	0 – 3,122 – 6,25 – 9,375 – 12,5
Mg	3	285,2	4	0,5	Air-C ₂ H ₂	0 – 1,042 – 2,083 – 3,125 – 4,167

Para su interpretación se utilizaron los valores que se indican en la tabla 5.

Tabla 5. Niveles de interpretación de los valores de potasio, calcio y magnesio contenidos en el suelo.

Elemento	Unidad	Bajo	Medio	Alto
K₂O	ppm	<94,19	94,19 – 188,99	>188,99
Ca	meq/100 ml	<4	4 - 8	>8
Mg	meq/100 ml	< 1	1 - 2	>2

f. Determinación de manganeso, hierro y cobre

Se realizó la curva de calibrado utilizando como punto alto la solución 3 – 10 – 3 ug/ml de Cu – Fe – Mn, y como cero la solución extractante. Se procedió a realizar las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica directamente del filtrado, usando las concentraciones y condiciones descritas en la tabla 6.

Tabla 6. Condiciones y concentraciones para la determinación de cobre, hierro y manganeso.

Elemento	No. Lamp.	Long. Onda (nm)	Corr. Lam. (mA)	Ancho Rendija (nm)	Tipo de Llama	Curva Calibración (meq/100m)
Cu	6	324,8	3	0,5	Air-C ₂ H ₂	0 – 7,5 – 15 – 22,5 – 30
Fe	7	248,3	8	0,2	Air-C ₂ H ₂	0 – 25 – 50 – 75 – 100
Mn	8	2795	5	0,4	Air-C ₂ H ₂	0 – 7,5 – 15 – 22,5 - 30

Para la interpretación de los valores disponibles en el suelo de manganeso, hierro y cobre en partes por millón se utilizaron los valores descritos en la tabla 7.

Tabla 7. Niveles de interpretación de los valores disponibles en el suelo de manganeso, hierro y cobre en partes por millón.

Elemento	Unidad	Bajo	Medio	Alto
Mn	ppm	<5,0	5,0 – 15,0	>15,0
Fe	ppm	<20,0	20,0 – 40,0	>40,0
Cu	ppm	< 1,0	1 – 4,0	>4,0

3.3.4. Procesamiento de datos

Obtenidos todos los análisis se construyó una base de datos mediante tablas de Excel, se utilizó una tabla estandarizada de porcentajes y concentración de los diferentes análisis realizados y se efectuaron las correspondientes interpretaciones (Ver Anexo 1). Mediante un promedio aplicado a los resultados se obtuvieron datos para determinar las propiedades físicas y químicas para cada sector y se establecieron diferencias; además, se tabularon los datos en tablas de doble entrada, y se realizó una descripción comparativa por altitudes y entre árboles dentro de cada especie.

3.4. Metodología para determinar la influencia de las propiedades físico-químicas del suelo en el crecimiento diamétrico anual de los árboles de *Juglans neotropica* Diels Y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns

3.4.1. Obtención de núcleos y rodajas de madera

Para determinar el crecimiento diamétrico anual de, se tomaron muestras en campo (núcleos y rodajas). Con el barreno de Pressler se extrajeron los núcleos de madera, los cuales se colocaron en soportes de madera y fijados con cinta masking para su transporte. Se colectaron un mínimo de dos núcleos por árbol, dependiendo de las características del fuste. Con la motosierra se obtuvieron dos rodajas de un árbol caído, para cada árbol se llenó una hoja de campo, donde se tomaron datos de las características del árbol, número de muestras colectadas, coordenadas entre otros.



Figura 8. Obtención de núcleos de madera de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns.

3.4.2. Preparación de núcleos y rodajas de madera

Una vez obtenidas las muestras en campo se codificaron y se llevaron a laboratorio, donde se realizó su preparación (fijado, secado, lijado). Se fijaron de forma definitiva en el soporte de madera con pegamento, tomando en cuenta la dirección de la muestra en el árbol y se dejó secar, luego se procedió al lijado por el cual se utilizó un protocolo (Ver Tabla 8), considerando que es una madera suave.



Figura 9. Núcleos de madera *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns.

Tabla 8. Protocolo de lijado para núcleos de madera *Eriotheca ruizzi* (K. Schum.) A. Robyns.

Grano de lija	Método
240	Manual
360	Manual
600	Manual
1000	Manual
1200	Manual
1500	Manual
2000	Manual
2500	Manual
4000	Manual

Para el lijado de rodajas se utilizó un protocolo diferente (Ver tabla 9).

Tabla 9. Protocolo de lijado para rodajas de madera de *Eriotheca ruizzi* (K. Schum.) A. Robyns.

Grano de lija	Método
60	Máquina (amoladora)
80	Máquina (de palma)
120	Máquina (de palma)
240	Máquina (de palma)
360	Máquina (de palma)
600	Máquina (de palma)
1000	Máquina (de palma)
1200	Máquina (de palma)
1500	Máquina (de palma)
2000	Máquina (de palma)
2500	Máquina (de palma)
4000	Manual

3.4.3. Identificación, cuantificación, medición y datación de anillos de crecimiento

Preparadas las muestras se realizó la identificación, cuantificación, medición y datación de los anillos de crecimiento con el sistema de medición Lintab^{TM6} y el programa TsapWin Pro. Este proceso se inició con el registro de algunos metadatos en el sistema, lo cual se hace para cada muestra, luego se colocó la muestra en una base deslizante conectada a un ordenador y con la ayuda de un microscopio se observó los anillos. Con un marcador se fue señalando cada anillo de crecimiento, en el caso de secciones completas (discos) se escribió sobre una cinta plástica transparente sobre los radios principales, y para los núcleos se escribió sobre sus soportes. Para registrar los anillos se empezó desde el más cercano a la médula considerando la dirección de los radios. Para la datación se registró el anillo más joven con el año de la colecta, y de esta manera en forma regresiva se fueron datando los anillos más internos. Para el caso de *Juglans neotropica* Diels, los datos de mediciones fueron proporcionados por el proyecto de investigación 21-DI-FARNR-2019: “Impacto de las variaciones climáticas en la fijación de carbono en ecosistemas forestales al sur de Ecuador”.



Figura 10. Medición de anillos de crecimiento de *Eriotheca ruzii* (K. Schum.) A. Robyns.

3.4.4. Análisis de datos

Con los datos de la medición de los anillos de crecimiento, se realizó un análisis estadístico mediante el paquete dplR con la función Calculate Descriptive Summary

Statistics on Ring-Width Series (rwl.stats), que permitió determinar los principales estadísticos de cada serie, estos son: edad máxima, mínima, promedio, media, mediana, desviación estándar, sensibilidad y autocorrelación (Ver Anexo 2). Los datos de *Juglans neotropica* Diels sobre el crecimiento diamétrico anual se obtuvieron del proyecto 21-DI-FARNR-2019 (Ver Anexo 3).

Para determinar la influencia del suelo en crecimiento de los árboles se consideró adicionalmente variables fisiográficas y dasométricas de los árboles (Ver Anexo 4). Se realizó un análisis estadístico mediante en el programa estadístico R a través del entorno Restudio, donde se aplicó un Análisis de Componentes Principales con todas las variables seleccionadas (Ver Anexo 5). Se determinó la influencia de cada variable en el crecimiento de los árboles para verificar el impacto del suelo en el crecimiento diamétrico anual de los árboles de *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns.

4. RESULTADOS

4.1. Composición química y física del suelo en los sitios de la reserva El Chilco y el Parque Universitario Francisco Vivar Castro

4.1.1. Propiedades físico-químicas del suelo por sitios de estudio

En la Reserva El Chilco se encontró un suelo franco, con un contenido bajo de materia orgánica (2,56 %), con un pH prácticamente neutro (6,95), el contenido de nitrógeno (44,80 ppm), manganeso (7,37 ppm), hierro (36,38) y cobre (1,58 ppm) fue medio; mientras que el potasio (362,02 ppm) y calcio (11,02 meq/100 ml) presentaron un contenido alto. Para el sector del Parque Universitario "FVC" el suelo franco, con un contenido de alto de materia orgánica (7,42 %), pH (6,28) ligeramente ácido, el contenido de nitrógeno (160,56 ppm), potasio (417,54 ppm), calcio (8,06 meq/100 ml), magnesio (3,07 meq/100 ml), manganeso (26,74 ppm) e hierro (395,26 ppm) fue alto, mientras que el cobre (1,66 ppm) presentó un contenido medio (Ver tabla 10).

Tabla 10. Análisis de suelo por sector de estudio.

Tipo Análisis	Sector El Chilco		Parque Universitario "FVC"	
Textura	Franco		Franco	
Materia orgánica (%)	2,56	Bajo	7,42	Alto
pH	6,95	Prácticamente neutro	6,28	Ligeramente ácido
Nitrógeno (N) ppm	44,80	Medio	160,56	Alto
Potasio (K) ppm	362,02	Alto	417,54	Alto
Calcio (Ca) meq/100ml	11,02	Alto	8,06	Alto
Magnesio (Mg) meq/100ml	6,95	Alto	3,07	Alto
Manganeso (Mn) ppm	7,37	Medio	26,74	Alto
Hierro (Fe) ppm	36,38	Medio	395,26	Alto
Cobre (Cu) ppm	1,58	Medio	1,66	Medio

4.1.2. Propiedades físico-químicas del suelo por especie según las altitudes de los árboles

En la reserva El Chilco el árbol 05 de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns se encontró a mayor altitud con 403,01 msnm y presentó datos similares en el análisis de las propiedades del suelo con el resto de árboles, con excepción del contenido de materia orgánica, que presentó un contenido bajo en los dos niveles del suelo, comparado al resto de árboles. El árbol 10 es el de menor altitud donde existe una diferencia de 20 m, presentó una tendencia similar que va de medio a bajo en contenido de materia orgánica (Ver tabla 11).

En el Parque Universitario “FVC”, el árbol 2 de *Juglans neotropica* Diels, se encontró una mayor altitud 2240 msnm y presentó mínimas diferencias con los demás árboles en los datos del análisis del suelo, sobresaliendo entre estas el pH, que fue prácticamente neutro respecto a los demás que en su mayoría fueron ligeramente ácidos (Ver tabla 11).

Tabla 11. Análisis del suelo según las altitudes de los árboles

Muestra	Altitud (m.s.n.m.)	Textura	M.O	pH	N	K	Ca	Mg	Mn	(Fe)	(Cu)
Er01_20cm	396.1	Franco	Medio	Prácticamente neutro	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio
Er01_40cm		Franco	Bajo	Prácticamente neutro	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Medio	Bajo
Er03_20cm	401.3	Franco	Medio	Prácticamente neutro	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio
Er03_40cm		Franco	Bajo	Prácticamente neutro	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio
Er05_20cm	403.01	Franco Arcilloso	Bajo	Prácticamente neutro	Medio	Alto	Alto	Alto	Bajo	Medio	Medio
Er05_40cm		Franco	Bajo	Prácticamente neutro	Bajo	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Bajo
Er07_20cm	399	Franco	Medio	Prácticamente neutro	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio
Er07_40cm		Franco	Bajo	Prácticamente neutro	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Medio	Medio
Er10_20cm	383	Franco Arcilloso	Medio	Prácticamente neutro	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio
Er10_40cm		Franco Arcilloso	Bajo	Prácticamente neutro	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio
Jn02_20cm	2240	Franco	Alto	Prácticamente neutro	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo
Jn02_40cm		Franco Arcilloso	Alto	Prácticamente neutro	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo
Jn05_20cm	2192	Franco Arcilloso	Alto	Prácticamente neutro	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio
Jn05_40cm		Franco	Alto	Ligeramente ácido	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio
Jn08_20cm	2214	Franco	Alto	Ligeramente ácido	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio
Jn08_40cm		Franco Arcilloso	Medio	Ligeramente ácido	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio
Jn12_20cm	2202	Franco	Alto	Ligeramente ácido	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio
Jn12_40cm		Franco	Alto	Ligeramente ácido	Alto	Alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Medio
Jn15_20cm	2209	Franco	Alto	Medianamente ácido	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio
Jn15_40cm		Franco	Alto	Ligeramente ácido	Alto	Alto	Bajo	Medio	Medio	Alto	Medio
Jn20_20cm	2202	Franco	Alto	Ligeramente ácido	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio
Jn20_40cm		Franco	Alto	Medianamente ácido	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Medio

4.1.3. Propiedades físico-químicas del suelo de los árboles de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns, en el sector de la reserva El Chilco

Los análisis de las muestras de suelo de los árboles estudiados de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns, dieron como resultado que la textura franco es la dominante en todos los árboles con excepción del árbol 10 que presentó una textura franco arcillosa. El contenido de materia orgánica mantuvo una tendencia de medio a bajo, es decir, el porcentaje de materia orgánica fue mayor en el primer nivel de suelo y disminuyó en el segundo. El pH fue prácticamente neutro para todos los árboles, los contenidos de potasio, calcio y magnesio fueron altos, y se mantuvieron constantes en los dos niveles del suelo para todos los individuos estudiados, los contenidos de nitrógeno, manganeso, hierro y cobre presentaron mayores valores en el primer nivel de suelo y disminuyeron en el segundo, esto presentó una similitud con el porcentaje de materia orgánica, ya que a mayores porcentajes de Mo, los contenidos de Mg, Fe y Cu fueron más altos y viceversa, es decir estos nutrientes están limitados por el porcentaje de materia orgánica (Ver tabla 12).

Tabla 12. Análisis de suelos por cada árbol de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns.

Muestra	Textura	Materia orgánica (%)		Ph	Nitrógeno (N) ppm		Potasio (K) ppm		Calcio (Ca) meq/100ml		Magnesio (Mg) meq/100ml		Manganeso (Mn) ppm		Hierro (Fe) ppm		Cobre (Cu) ppm		
Er01_20cm	Franco	3,63	Medio	6,57	Prácticamente neutro	40,48	Alto	413,32	Alto	10,87	Alto	9,46	Alto	10,06	Medio	30,63	Medio	2,35	Medio
Er01_40cm	Franco	1,27	Bajo	6,68	Prácticamente neutro	17,70	Bajo	361,60	Alto	9,02	Alto	11,75	Alto	2,98	Bajo	21,16	Medio	0,81	Bajo
Er03_20cm	Franco	4,17	Medio	6,73	Prácticamente neutro	131,60	Alto	392,61	Alto	11,41	Alto	2,16	Alto	8,57	Medio	40,91	Alto	2,10	Medio
Er03_40cm	Franco	1,99	Bajo	6,97	Prácticamente neutro	25,74	Medio	362,31	Alto	11,90	Alto	2,39	Alto	8,90	Medio	39,56	Medio	1,44	Medio
Er05_20cm	Franco Arcilloso	1,63	Bajo	7,05	Prácticamente neutro	20,92	Medio	354,23	Alto	10,92	Alto	8,87	Alto	4,53	Bajo	34,08	Medio	1,18	Medio
Er05_40cm	Franco	1,63	Bajo	7,19	Prácticamente neutro	19,31	Bajo	347,26	Alto	10,82	Alto	10,00	Alto	10,63	Medio	37,96	Medio	0,78	Bajo
Er07_20cm	Franco	4,39	Medio	6,79	Prácticamente neutro	62,99	Alto	445,64	Alto	11,22	Alto	2,06	Alto	9,41	Medio	24,12	Medio	2,01	Medio
Er07_40cm	Franco	1,45	Bajo	6,79	Prácticamente neutro	26,28	Medio	362,81	Alto	11,12	Alto	10,43	Alto	7,44	Medio	36,08	Medio	1,19	Medio
Er10_20cm	Franco Arcilloso	3,44	Medio	7,3	Prácticamente neutro	72,64	Alto	274,64	Alto	13,06	Alto	3,23	Alto	5,68	Medio	51,19	Alto	2,20	Medio
Er10_40cm	Franco Arcilloso	1,99	Bajo	7,42	Prácticamente neutro	30,30	Medio	305,75	Alto	9,8,7	Alto	9,12	Alto	5,48	Medio	48,06	Alto	1,76	Medio

4.1.4. Propiedades físico-químicas del suelo de los árboles de *Juglans neotropica* Diels, en el sector del parque Universitario Francisco Vivar Castro

Los análisis de las muestras de suelo de los árboles de *Juglans neotropica* Diels, dieron como resultado que el suelo de los árboles en estudio tienen una textura franco, el porcentaje de materia orgánica fue alto en todos los árboles y en los dos niveles de suelo, un pH que va de prácticamente neutro a ligeramente ácido, presentó altos contenidos de nitrógeno, potasio, magnesio, manganeso y hierro; mientras que, el calcio y cobre presentaron una variabilidad de medio a bajo, del primer a segundo nivel respectivamente (Ver tabla 13).

Tabla 13. Análisis de suelo por cada árbol de *Juglans neotropica* Diels

Muestra	Textura	Materia orgánica (%)		pH	Nitrógeno (N) ppm		Potasio (K) ppm		Calcio (Ca) meq/100ml		Magnesio (Mg) meq/100ml		Manganeso (Mn) ppm		Hierro (Fe) ppm		Cobre (Cu) ppm		
Jn02_20cm	Franco	5,86	Alto	6,96	Prácticamente neutro	102,92	Alto	833,71	Alto	12,34	Alto	3,70	Alto	22,15	Alto	16,11	Bajo	0,56	Bajo
Jn02_40cm	Franco arcilloso	8,06	Alto	6,58	Prácticamente neutro	108,28	Alto	791,28	Alto	9,19	Alto	4,41	Alto	25,07	Alto	44,24	Alto	0,91	Bajo
Jn05_20cm	Franco arcillo arenoso	10,74	Alto	6,72	Prácticamente neutro	141,78	Alto	295,75	Alto	9,86	Alto	2,78	Alto	9,89	Medio	287,48	Alto	1,67	Medio
Jn05_40cm	Franco	8,06	Alto	6,2	Ligeramente ácido	161,34	Alto	307,87	Alto	4,12	Medio	3,12	Alto	35,78	Alto	670,89	Alto	2,06	Medio
Jn08_20cm	Franco	7,32	Alto	6,45	Ligeramente ácido	196,71	Alto	365,64	Alto	6,72	Medio	3,38	Alto	27,14	Alto	621,95	Alto	2,14	Medio
Jn08_40cm	Franco arcilloso	3,91	Medio	6,35	Ligeramente ácido	149,55	Alto	365,44	Alto	7,07	Medio	2,43	Alto	22,73	Alto	606,42	Alto	2,54	Medio
Jn12_20cm	Franco	9,28	Alto	6	Ligeramente ácido	141,78	Alto	304,84	Alto	17,57	Alto	3,00	Alto	73,23	Alto	399,38	Alto	1,25	Medio
Jn12_40cm	Franco	6,35	Alto	6,18	Ligeramente ácido	131,86	Alto	301,81	Alto	3,82	Bajo	3,24	Alto	26,99	Alto	376,35	Alto	1,23	Medio
Jn15_20cm	Franco	10,74	Alto	5,91	Medianamente ácido	167,50	Alto	404,02	Alto	7,86	Medio	3,04	Alto	29,43	Alto	576,63	Alto	2,12	Medio
Jn15_40cm	Franco	5,61	Alto	6,18	Ligeramente ácido	152,23	Alto	307,06	Alto	3,55	Bajo	1,95	Medio	13,74	Medio	397,38	Alto	1,89	Medio
Jn20_20cm	Franco	7,81	Alto	6,12	Ligeramente ácido	206,36	Alto	382,41	Alto	8,74	Alto	3,42	Alto	19,43	Alto	215,50	Alto	1,37	Medio
Jn20_20cm	Franco	5,37	Alto	5,68	Medianamente ácido	266,39	Alto	350,69	Alto	5,93	Medio	2,34	Alto	15,27	Alto	530,82	Alto	2,22	Medio

4.2. Influencia del suelo en el crecimiento diamétrico medio anual de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns y *Juglans neotropica* Diels

4.2.1. Crecimiento diamétrico medio anual de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A.

Robyns y *Juglans neotropica* Diels

Los resultados estadísticos sobre del crecimiento diamétrico anual para *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns y *Juglans neotropica* Diels, determinaron que los árboles más longevos fueron los de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns, con una edad máxima de 110 años, un promedio de 78 años y una edad mínima de 60 años; mientras que todos los árboles de *Juglans neotropica* Diels presentaron la misma edad de 65 años (Ver tabla 14).

Para *Juglans neotropica* Diels, los datos del crecimiento diamétrico anual presentaron un promedio 3,24 mm/año, máximo de 10,14 mm/año y un mínimo de 0,82 mm/año; siendo este mayor al de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns, cuyos datos demostraron un crecimiento diamétrico anual promedio de 2,79 mm/año, máximo 3,37 mm/año y un mínimo de 1,27 mm/año (ver tabla 14).

Tabla 14. Datos estadísticos de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns y *Juglans neotropica* Diels

Estadístico / Especie	<i>Eriotheca ruizii</i> (K. Schum.) A. Robyns.	<i>Juglans neotropica</i> Diels
Periodo de crecimiento	1910-2019	1954-2018
Edad máxima	110	65
Edad mínima	60	65
Edad promedio	78	65
Promedio de crecimiento radial (mm/año)	2,79	3,24
Promedio de crecimiento en diámetro (mm/año)	5,58	6,48
Desviación estándar	1,94	2.11
Max (mm)	6,74	,10,14
Min (mm)	3,40	0,82
Sensibilidad	0,29	0,38
Auto-correlación	0,26	0,53

4.2.2. Influencia del suelo en el crecimiento de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A.

Robyns y *Juglans neotropica* Diels.

Mediante el análisis de componentes principales individuales, aplicadas a todas las variables fisiográficas, dasométricas y de suelo de 0 a 20 cm de profundidad, se determinó que la variabilidad de los datos *Juglans neotropica* Diels es mayor en comparación a la variabilidad de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns que es mucho menor (Ver figura 11 A).

El PCA (biplot) demostró que las variables con mayor influencia en los árboles fueron el crecimiento diamétrico anual, la pendiente, el diámetro a la altura del pecho, el pH, la edad, el contenido de materia orgánica, la cobertura y el contenido de potasio. Es muy importante resaltar que el crecimiento estuvo muy relacionado con la dominancia del árbol el contenido de potasio y la cobertura del árbol. Además, el porcentaje de luz que atraviesa el dosel y llega al suelo es un factor que influyó de forma negativa en el crecimiento. Esto es, a mayor cobertura vegetal mayor crecimiento, a menor cobertura o mayor ingreso de luz bajo el dosel, menor crecimiento (Ver Figura 11 B).

La textura de suelo es otra de las variables que influyó de forma negativa, es decir que los suelos francos no contribuyen de forma significativa al crecimiento de los árboles, los contenidos de calcio y cobre tienen la misma influencia, por lo que contenidos altos de calcio (> 8 meq/100ml) y contenidos medios de cobre (1 a 4 ppm) no favorecen el desarrollo de los árboles de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns y *Juglans neotropica* Diels (Ver Figura 11 B).

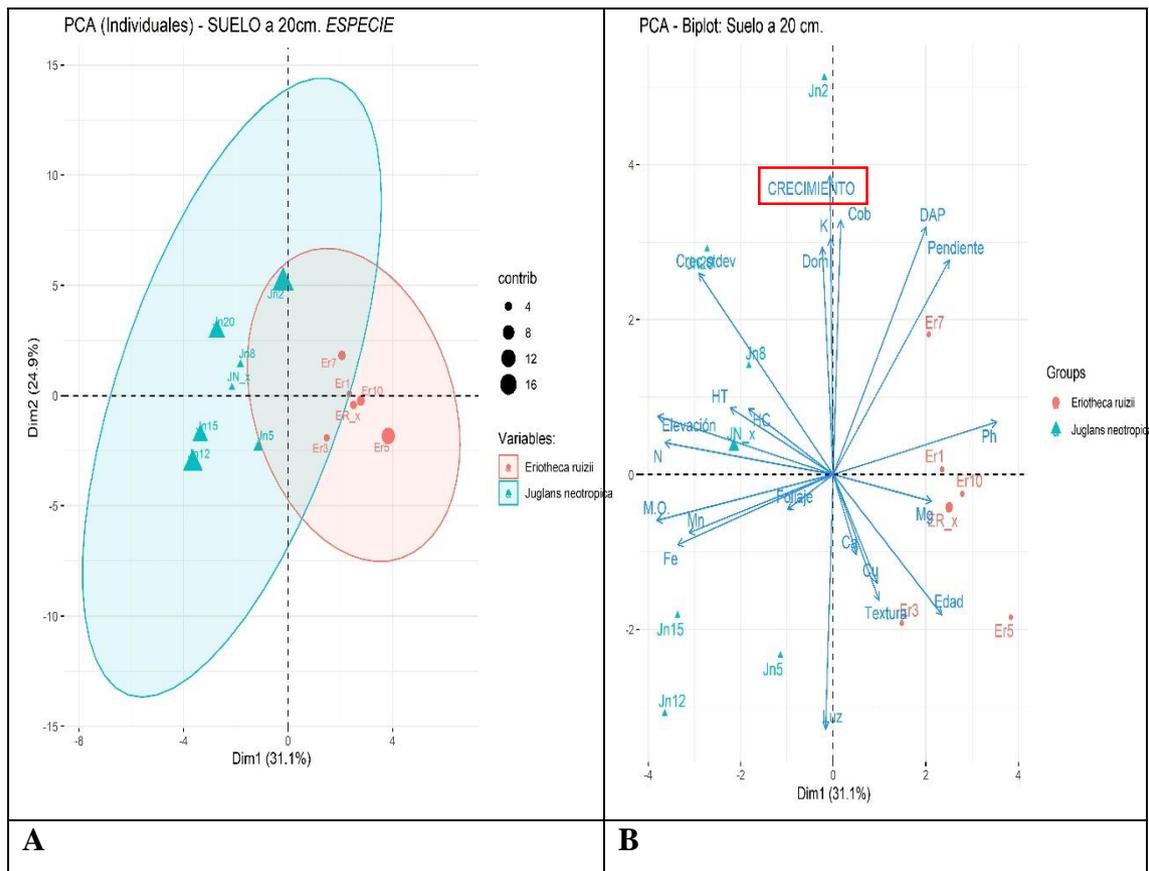


Figura 11. Análisis de componentes principales del suelo de 0 a 20 cm de profundidad. A) Muestra la variabilidad entre individuos de ambas especies tomando en cuenta todas las variables indicadas en B) dentro del PCA Biplot.

En el PCA individuales con datos de suelo de 20 a 40 cm profundidad, nos mostró que la variabilidad entre individuos de *Juglans neotropica* Diels es mucho mayor a la variabilidad entre individuos de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns, es decir los datos son más similares (Ver Figura 12 A).

El PCA biplot demostró que las variables que influyen en los árboles fueron las mismas del primer nivel de suelo; además, se incorporan otros nutrientes como el hierro y el nitrógeno. En el análisis con datos de suelo hasta 40 cm de profundidad, demostró que la dominancia sigue afectando el crecimiento, cobertura y el contenido de potasio. Similarmente, de forma negativa en el crecimiento influye la textura y el porcentaje de luz que llega al suelo, mientras que los contenidos de calcio y cobre ha disminuido por lo que ya no están afectando al crecimiento (Ver gráfico 12 B).

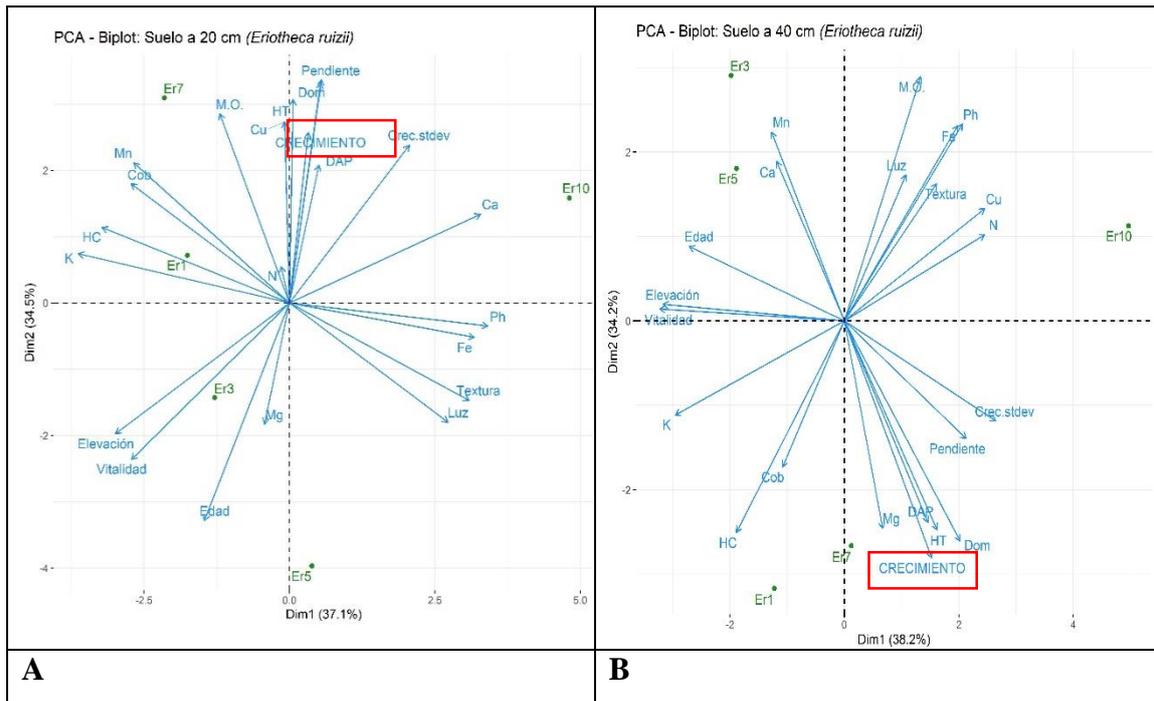


Figura 13. Análisis de componentes principales del suelo en *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns A) En suelos a 20 cm, y B) a 40 cm.

La figura de *Juglans neotropica* Diels con variables de suelo de 0 a 20 cm de profundidad demostró que el nitrógeno, calcio y potasio son las variables de mayor influencia. El crecimiento estuvo muy relacionado con la cobertura, el diámetro a la altura del pecho y el contenido de magnesio; además, los suelos francos, y el porcentaje de luz que llega al suelo es inverso al crecimiento (Ver Figura 14 A).

Con las variables de suelo analizadas de 20 a 40 cm de profundidad, las propiedades químicas del suelo tuvieron una influencia similar al primer nivel de suelo y la influencia de la dominancia en el crecimiento fue menor; además, el porcentaje de luz que llega al suelo junto con los suelos francos fueron variables negativas en el crecimiento (Ver Figura 14 B).

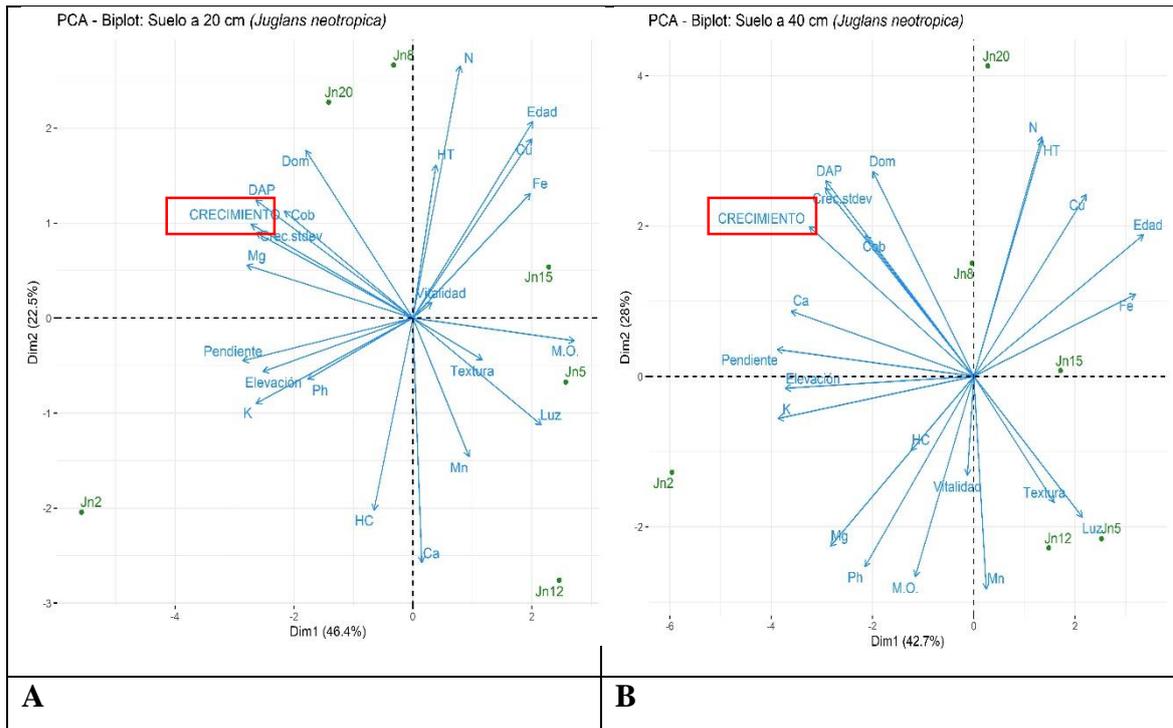


Figura 14. Análisis de componentes principales del suelo en *Juglans neotropica* Diels
 A) En suelos a 20 cm, y B) a 40 cm

4.3. Difusión de resultados

Los resultados que se obtuvieron en esta investigación, fueron socializados mediante una cátedra impartida a los estudiantes del sexto ciclo de la carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Loja, esta se impartió mediante la plataforma zoom; además se entregó a cada estudiante en forma digital un poster titulado “Influencia del tipo de suelo sobre el crecimiento diamétrico anual de *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca Ruizii* (K. Schum.) A. Robyns en los sectores del Parque Universitario Francisco Vivar Castro y la Reserva El Chilco, al sur de Ecuador”.



Figura 15. Socialización de los resultados de la investigación mediante la plataforma zoom.

5. DISCUSIÓN

5.1. Propiedades físico-químicas del suelo

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, 2019-2023 del cantón Zapotillo sus suelos se caracterizan por ser franco y franco arcillosos, con un pH prácticamente neutro, lo que se concuerda con el análisis realizado a las muestras de suelo de la reserva El Chilco en la parroquia Garza Real perteneciente al cantón Zapotillo, donde en promedio se obtuvo suelos francos y un pH prácticamente neutro.

Aguirre y Yaguana (2014) afirman que los suelos del Parque Universitario Francisco Vivar Castro son de textura franco, franco arcilloso y franco arenoso, con un pH ácido y bajos contenidos de materia orgánica, nitrógeno y potasio; lo que se asemeja a los análisis realizados, donde se determinó una textura franco y un pH ligeramente ácido, pero difiere en los contenidos de materia orgánica, nitrógeno y potasio ya que se determinó altos contenidos en las muestras analizadas.

El análisis de las muestras de suelo recolectas en Parque Universitario Francisco Vivar Castro, permitió determinar que el suelo tiene una textura franco, con un alto porcentaje de materia orgánica, un pH ligeramente ácido y altos contenidos de nitrógeno y potasio. Esto coincide con Aguirre, Gaona y Samaniego (2019) quienes manifiestan que los suelos del PUFVC, poseen un porcentaje de materia orgánica de medio a muy alto, se asemeja con el contenido de nitrógeno que es medio y el pH extremadamente ácido, pero difiere en la textura franco arenoso y en los contenidos medios y bajos de nitrógeno y potasio respectivamente.

Gamarra, Díaz, Vera, Galeno y Cabrera (2017) afirma que en un análisis de suelo realizado a dos profundidades (0-10 cm y 10-30 cm) existen diferencias significativas en el porcentaje de materia orgánica, siendo mayores los porcentajes en la capa superior del

suelo. Esto tiene sentido con los resultados obtenidos y realizados a dos profundidades (0-20 cm y 20-40 cm), donde el porcentaje de materia orgánica es mayor en el primer nivel de suelo.

Toledo (2016) menciona que habrá mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas a un pH del suelo entre 6 y 7; además, Andrades y Martínez (2014) afirman que suelos con pH neutro son los óptimos para el desarrollo de la mayoría de cultivos y la asimilación de nutrientes. Esto se asemeja con los análisis realizados a las muestras de suelo, donde la mayor cantidad de nutrientes analizados tienen valores altos y el pH se encuentra en un rango de 5,91 y 7,42, valores cercanos a un pH neutro.

5.2. Relación de las propiedades físico-químicas del suelo con el crecimiento de los árboles

Cueva (2019) afirma que en un estudio realizado en el cantón Macara de la provincia de Loja, *Eriotheca ruizii* posee una tasa de crecimiento de 0,24 cm por año, esto se diferencia al crecimiento de los árboles pertenecientes a la reserva El Chilco en el catón Zapotillo, ya que en promedio los árboles crecieron 5,58 mm/año, es decir, el crecimiento es el doble.

Según Álvarez y Rimski-Korsakov (2016), el potasio es requerido en grandes cantidades en los cultivos, mientras que el calcio es requerido en menor cantidad, esto se asemeja a los resultados obtenidos mediante el análisis de componentes principales donde el potasio con contenidos altos está muy relacionado con el crecimiento, mientras que los altos contenidos de calcio están influenciando de forma negativa al crecimiento de los árboles.

Silva (2017) menciona que las plantas de *Juglans neotropica* Diels durante un tratamiento de 100 días expuestas a la luz solar obtuvieron un mayor diámetro promedio, lo que se concuerda con los resultados obtenidos mediante el análisis de componentes principales

donde la variable que está contraria al crecimiento es el porcentaje de luz que llega a la superficie del suelo, es decir, la luz que no es aprovechada por el árbol. La luz está relacionada con el dosel cerca de cada árbol, a mayor cobertura de dosel, mayor crecimiento, y a menor cobertura de dosel, o sea mayor luz que llega a la superficie del suelo, menor crecimiento. Lo que se puede interpretar que los árboles que tienen mayor cobertura de dosel conservan mejor la humedad del suelo, y por lo tanto incrementan su crecimiento, mientras que los árboles sin dosel tienen un menor crecimiento.

Según Loewe y Gonzales (2001), como resultados de algunos proyectos realizados en Chile afirman que *Juglans regia* requiere de suelos francos, lo que contradice a los resultados obtenidos en *Juglans neotropica* Diels, donde la textura de franco es una limitante para el crecimiento, de igual manera se contradice con Armijos y Sinche (2013) que manifiestan que *Juglans neotropica* Diels prefiere suelos francos.

De acuerdo al análisis de suelo del sitio donde se encuentran los árboles de *Juglans neotropica* Diels, el porcentaje de materia orgánica es de 7,42 %, con un pH ligeramente ácido de 6,28, lo que se aproxima a lo afirmado por Villacís (2013) que el nogal requiere de suelos con un pH entre 6,5 a 7,5, y con un porcentaje de materia orgánica entre 1,2 a 2%.

Pichiuza (2010) afirma que los suelos más adecuados para el crecimiento *Eriotheca ruizii* (Schumann) Robyns, son de textura franco, pH ligeramente a moderadamente alcalino y un contenido medio a alto de potasio disponible; esto afirma los resultados obtenidos ya que el pH es ligeramente ácido, lo que causa una influencia negativa en el crecimiento, especialmente en el segundo nivel del suelo, el contenido de potasio es alto y tiene una buena influencia positiva en el crecimiento de los árboles; además, la textura del suelo donde se encuentran los árboles es franco.

6. CONCLUSIONES

- El sitio de estudio de la reserva El Chilco presentó un suelo franco, con bajo porcentaje de materia orgánica, prácticamente neutro, contenidos medios de nitrógeno, hierro, manganeso y cobre, y altos contenidos de potasio, calcio y magnesio.
- El suelo en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro, fue franco, con alto porcentaje de materia orgánica, ligeramente ácido, contenidos medios de cobre y altos contenidos de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, manganeso y hierro.
- Los datos de las variables fisiográficas, dasométricas y de suelo presentan una variabilidad diferente entre especies, siendo esta mayor en *Juglans neotropica* Diels.
- El crecimiento de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns tiene mayor relación con la dominancia del árbol y la pendiente del suelo.
- Los contenidos altos de calcio y magnesio no favorecen al crecimiento *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns.
- Para *Juglans neotropica* Diels, el crecimiento tiene mucha relación con la cobertura, el diámetro y el contenido de magnesio.
- El suelo franco y el porcentaje de luz que llega al suelo son limitantes para el crecimiento de *Juglans neotropica* Diels.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones complementarias sobre la influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo en el crecimiento de los árboles, incorporando más variables al análisis de suelo.
- Profundizar los conocimientos mediante estudios a otras especies forestales características de la región sur de Ecuador, con la finalidad de obtener datos que faciliten la toma de decisiones en el establecimiento de plantaciones, ya sea con fines comerciales o de conservación.
- Considerar especies del mismo sitio o ecosistema, para así poder determinar los requerimientos nutricionales para cada especie.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C., y Rimski-Korsakov, H. (2016). Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos. Recuperado de https://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf
- Aguirre, N., Gaona, T., y Samaniego, C. (2019). Valoración ecológica y económica del Parque Universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 26(1), 305-324. Recuperado <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26114>
- Aguirre, Z., y Yaguna, C. (2014). Parque universitario de educación ambiental y recreación Ing. Francisco Vivar Castro. Recuperado de <https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/parque-universitario-francisco-vivar-c-unl.pdf>
- Aguirre, Z., Loja, Á., Solano, C., y Aguirre, N. (2016). Especies forestales más aprovechadas en la región sur del Ecuador. (EDILOJA, Ed.). Loja, Ecuador: Universidad Nacional de Loja. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/299761463_Especies_forestales_mas_aprovechadas_del_sur_del_Ecuador
- Andrades, M., y Martínez, E. (2014). Fertilidad del suelo y parámetros que la definen. Recuperado de [file:///C:/Users/CARLOS/Downloads/Dialnet-FertilidadDelSueloYParametrosQueLaDefinen-267902%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/CARLOS/Downloads/Dialnet-FertilidadDelSueloYParametrosQueLaDefinen-267902%20(1).pdf)
- Armijos, Á., & Sinche, M. (2013). Distribución y propagación asexual de cuatro especies forestales nativas en vivero utilizando dos tipos de sustratos, en la hoya de Loja. Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/8ead/588e868fc0158d43a3bd8f93bbb53e962ee4.pdf>

- Bonadeo, E., Moreno, I., Bongiovanni, M., Marzari, R., y Ganum, M. (2017). El sistema suelo planta. Recuperado de <https://www.unrc.edu.ar/unrc/comunicacion/editorial/repositorio/978-987-688-204-0.pdf>
- Bellote, A., y Ferreira, C. (1995). Nutrientes minerales y crecimiento de árboles abonados de *Eucalyptus grandis* en el Estado de São Paulo. Recuperado de <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v16n1/art07.pdf>
- Cahuana , W. (2016). Estudio Fenológico de Estudio *Cochlospermum vitifolium* Willd y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) (tesis de titulación). Realizado en la Reserva Ecológica Arenillas. Machala. Recuperado de http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/17794/1/Cahuana_Palma_Wendy_Karina.pdf
- CNULD. (2015). Cambio climático y degradación de las tierras: Acercar los conocimientos a las partes interesadas. Resultados de la 3ª Conferencia Científica de la CNULD. Alemania: Convención de las Naciones Unidas de lucha contra la Desertificación. Recuperado de https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2015_Climate_LD_Outcomes_CST_conf_SPA_0.pdf
- Cueva, E. (2019). Crecimiento secundario de especies arbóreas en un bosque estacional seco de Ecuador (tesis maestría). Universidad Rey Juan Carlos. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/335589158_CRECIMIENTO_SECUNDARIO_DE_ESPECIES_ARBOREAS_EN_UN_BOSQUE_ESTACIONAL_SECO_DE_ECUADOR
- FAO. (s.f.). Portal de Suelos de la FAO. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>

- Gamarra, C., Díaz, M., Vera, M. y Cabrera, A. (2017). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9 (46), 17-18. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n46/2007-1132-remcf-9-46-4.pdf>
- Gayoso, J., y Alarcón, D. (1999). Guía de conservación de suelos forestales . Recuperado de <http://www.uach.cl/proforma/guias/gcsuelo.pdf>
- Gisbert, J., Ibáñez S., y Moreno H. (2010). La textura de un suelo. Universidad Politécnica de Valncia. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7775/Textura.pdf>
- Guido, P. (2017). Cambio climático: selección, clasificación y diseño de medidas de adaptación. Recuperado el 7 de agosto del 2020 de https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/cambioclimatico/files/assets/common/downloads/publication.pdf
- Gutiérrez, E. (2009). La dendrocronología: métodos y aplicaciones. *Arqueología Nautica Mediterránea*, 303–315. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/286242915_Gutierrez_2009_La_dendro_met_y_aplic_81215
- Herrero, R. (2015). Fertilizació orgànica i mineral natural. Recuperado de https://www.alcoi.org/export/sites/default/es/areas/medi_ambient/cimal/descargas/Minerales-y-fertilidad-en-AE_Ricardo-Herrero.pdf
- Hernandez, C. (2017). Erosión debida al Cambio Climático en las costas españolas. ResearchGate,1. Recuperado de

https://www.researchgate.net/publication/316855437_Erosion_debida_al_cambio_o_climatico_en_las_costas_espanolas

INECC, (2016). Insumos para el atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático: evaluación integrada de la sensibilidad al cambio climático sobre los suelos y el potencial producto agrícola; e identificación de indicadores que integren la perspectiva de género.

Imaña, J. y Encinas, O. (2008). Epidimetría Forestal. Universidad de Brasilia. Brasilia. Brasil. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. Recuperado de: http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO_EpidometriaForestal.pdf

León, w., (2001). Crecimiento del Árbol. Tejidos del Tallo Adulto. Universidad de los Andes. Venezuela. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/32945/crecimientodelarbol.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

León, J., y Sepúlveda, G. (2012). El daño por oxidación causado por cobre y la respuesta antioxidante de las plantas. Redalyc, (37). 1. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33925550003.pdf>

Loewe, V., y Gonzales, M. (2001). Nogal común (*Juglans regia*) Una alternativa para producir madera de alto valor. Santiago. Recuperado de <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26344/INFOR-0022.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

León, W. (2001). Crecimiento del Árbol. Tejidos del Tallo Adulto. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/32945/crecimientodelarbol.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Lozano, P. (2012). Los tipos de bosque en el sur del Ecuador. *ResearchGate*, 40. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/233936622_Los_tipos_de_bosque_en_el_sur_del_Ecuador
- Madrigal, S., Acevedo, D., Hernández, E., y Romo. (2018). Influencia de la cobertura, pendiente y profundidad, sobre el carbono y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 10 (51). Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v10n51/2007-1132-remcf-10-51-201.pdf>
- Marcano, J. (2019). Importancia de los bosques: El suelo. Recuperado de <https://jmarcano.com/bosques/important/suelo.html>
- Mendoza, M. (2015). Incremento diamétrico de cinco especies arbóreas con potencial maderable del bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz. Universidad Veracruzana Instituto de Investigaciones Forestales. Recuperado de <https://www.uv.mx/mcef/files/2018/04/Tesis.pdf>
- Miles, L., Grainger, A., y Phillips, O. (2004). The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia. *Global Ecology and Biogeography* (Vol. 6)
- Molina, E. (2011). El análisis de suelos. Recuperado de <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Novak, K. (2017). Características de los anillos de crecimiento de *Pinus halepensis* en el Mediterráneo (tesis doctoral). Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/69853/1/tesis_klemen_novak.pdf
- PDOT, (2016). Actualización del Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Zapotillo. Recuperado de

http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1160001480001_PDOT%20COMPLETO_13-04-2016_11-52-43.pdf

PDOT, (2020). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019 – 2023. Recuperado de <https://gobiernodezapotillo.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/PDOT-ZAPOTILLO.pdf>

Pichiuza, D. (2010). Requerimientos edáficos de *Eriotheca ruizii* (Schumann) Robyns CC. CC. DE SAN ANTONIO - SALCAHUASI - HUANCAVELICA. Obtenido de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2584/Pichiuza%20Nolasco.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quintero, O., y Jaramillo, S. (2012, 17 de febrero). Rescate y germinación in vitro de embriones inmaduros de cedro negro (*Juglans neotropica* Diels). Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v61n1/v61n1a07.pdf>

Ramírez , R. (1999). Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos. Obtenido de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6636/1/083.pdf>

Rojas, J. (2015). Fertilidad de suelos en plantaciones forestales del trópico colombiano (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/51111/1/98452226.2016.pdf>

Sales, B. (2006). Caracterización de la materia orgánica de suelos representativos de ecosistemas amazónicos del Perú, departamento de Ucayali, e influencia de su uso y manejo en el secuestro del carbono (tesis de doctorado). Universidad de Sevilla. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/36094475.pdf>

- Schlatter, J. (1987). LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EL DESARROLLO DE *Pinus Radiata* D. DON. Bosque: 8(1) 13-19. Recuperado de <http://mingaonline.uach.cl/pdf/bosque/v8n1/art03.pdf>
- Sierra, C., (2019). El manganeso, el suelo y las plantas. *El Mercurio*, 1-2. Recuperado de <https://www.elmercurio.com/campo/noticias/analisis/2016/03/09/el-manganeso-el-suelo-y-las-plantas.aspx>
- Silva, G. (2017). Metodologías de escarificación para la producción de plantones de nogal (*Juglans neotropica*, Diels), en Rodríguez de Mendoza, Amazonas (tesis de titulación). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Perú. Recuperado de <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1198/Tesis-Gelver%20Silva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Toledo, M. (2016). Manejo de suelos ácidos de las zonas altas de Honduras: conceptos y métodos. Recuperado de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3108/BVE17069071e.pdf;jsessionid=8DF505203561999EEAC457BC678F4206?sequence=1>
- Velasquez, J. (2013). El Suelo. Recuperado de http://www.psi.gob.pe/wpcontent/uploads/2016/03/biblioteca_boletines_el_suelo.pdf
- Vera, A., Ortega, D., Chaves, P., Rosero, y Chavesta, M. (2011). Avances en la caracterización e identificación anatómica de los anillos de crecimiento de la especie *Juglans neotropica* Diels (Nogal) para estudios dendrocronológicos en el fundo La Génova, Junín (Perú). Recuperado de: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/xiu/article/viewFile/659/642>

Villacís, F. (2013). Evaluación de tres tipos de sustratos y Tres métodos de escarificación en la Germinación de la semilla de nogal (*Juglans neotropica*) a nivel de vivero.

Recuperado

de

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/13931/1/tesis%20ultima.pdf>

9. ANEXOS

Anexo 1. Base de datos del análisis de suelo de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns y *Juglans neotropica* Diels

Altitud (m. snm.)	Textura	Materia orgánica (%)		Ph		Nitrógeno (N) ppm		Potasio (K) ppm		Calcio (Ca) meq/100ml		Magnesio (Mg) meq/100ml		Manganeso (Mn) ppm		Hierro (Fe) ppm		Cobre (Cu) ppm	
396.1	Franco	3.63	MEDIO	6.57	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	40.48	ALTO	413.32	ALTO	10.87	ALTO	9.46	ALTO	10.06	MEDIO	30.63	MEDIO	2.35	MEDIO
	Franco	1.27	BAJO	6.68	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	17.70	BAJO	361.60	ALTO	9.02	ALTO	11.75	ALTO	2.98	BAJO	21.16	MEDIO	0.81	BAJO
401.3	Franco	4.17	MEDIO	6.73	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	131.60	ALTO	392.61	ALTO	11.41	ALTO	2.16	ALTO	8.57	MEDIO	40.91	ALTO	2.10	MEDIO
	Franco	1.99	BAJO	6.97	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	25.74	MEDIO	362.31	ALTO	11.90	ALTO	2.39	ALTO	8.90	MEDIO	39.56	MEDIO	1.44	MEDIO
403.01	Franco Arcilloso	1.63	BAJO	7.05	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	20.92	MEDIO	354.23	ALTO	10.92	ALTO	8.87	ALTO	4.53	BAJO	34.08	MEDIO	1.18	MEDIO
	Franco	1.63	BAJO	7.19	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	19.31	BAJO	347.26	ALTO	10.82	ALTO	10.00	ALTO	10.63	MEDIO	37.96	MEDIO	0.78	BAJO
399	Franco	4.39	MEDIO	6.79	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	62.99	ALTO	445.64	ALTO	11.22	ALTO	2.06	ALTO	9.41	MEDIO	24.12	MEDIO	2.01	MEDIO
	Franco	1.45	BAJO	6.79	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	26.28	MEDIO	362.81	ALTO	11.12	ALTO	10.43	ALTO	7.44	MEDIO	36.08	MEDIO	1.19	MEDIO
383	Franco Arcilloso	3.44	MEDIO	7.3	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	72.64	ALTO	274.64	ALTO	13.06	ALTO	3.23	ALTO	5.68	MEDIO	51.19	ALTO	2.20	MEDIO
	Franco Arcilloso	1.99	BAJO	7.42	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	30.30	MEDIO	305.75	ALTO	9.87	ALTO	9.12	ALTO	5.48	MEDIO	48.06	ALTO	1.76	MEDIO
396	Franco	2.56	BAJO	6.95	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	44.80	ALTO	362.02	ALTO	11.02	ALTO	6.95	ALTO	7.37	MEDIO	36.38	MEDIO	1.58	MEDIO
2240	Franco	5.86	ALTO	6.96	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	102.92	ALTO	833.71	ALTO	12.34	ALTO	3.70	ALTO	22.15	ALTO	16.11	BAJO	0.56	BAJO
	Franco Arcilloso	8.06	ALTO	6.58	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	108.28	ALTO	791.28	ALTO	9.19	ALTO	4.41	ALTO	25.07	ALTO	44.24	ALTO	0.91	BAJO
2192	Franco Arcillo Arenoso	10.74	ALTO	6.72	PRÁCTICAMENTE NEUTRO	141.78	ALTO	295.75	ALTO	9.86	ALTO	2.78	ALTO	9.89	MEDIO	287.48	ALTO	1.67	MEDIO
	Franco	8.06	ALTO	6.2	LIGERAMENTE ÁCIDO	161.34	ALTO	307.87	ALTO	4.12	MEDIO	3.12	ALTO	35.78	ALTO	670.89	ALTO	2.06	MEDIO
2214	Franco	7.32	ALTO	6.45	LIGERAMENTE ÁCIDO	196.71	ALTO	365.64	ALTO	6.72	MEDIO	3.38	ALTO	27.14	ALTO	621.95	ALTO	2.14	MEDIO
	Franco Arcilloso	3.91	MEDIO	6.35	LIGERAMENTE ÁCIDO	149.55	ALTO	365.44	ALTO	7.07	MEDIO	2.43	ALTO	22.73	ALTO	606.42	ALTO	2.54	MEDIO
2202	Franco	9.28	ALTO	6	LIGERAMENTE ÁCIDO	141.78	ALTO	304.84	ALTO	17.57	ALTO	3.00	ALTO	73.23	ALTO	399.38	ALTO	1.25	MEDIO
	Franco	6.35	ALTO	6.18	LIGERAMENTE ÁCIDO	131.86	ALTO	301.81	ALTO	3.82	BAJO	3.24	ALTO	26.99	ALTO	376.35	ALTO	1.23	MEDIO
2209	Franco	10.74	ALTO	5.91	MEDIANAMENTE ÁCIDO	167.50	ALTO	404.02	ALTO	7.86	MEDIO	3.04	ALTO	29.43	ALTO	576.63	ALTO	2.12	MEDIO
	Franco	5.61	ALTO	6.18	LIGERAMENTE ÁCIDO	152.23	ALTO	307.06	ALTO	3.55	BAJO	1.95	MEDIO	13.74	MEDIO	397.38	ALTO	1.89	MEDIO
2202	Franco	7.81	ALTO	6.12	LIGERAMENTE ÁCIDO	206.36	ALTO	382.41	ALTO	8.74	ALTO	3.42	ALTO	19.43	ALTO	215.50	ALTO	1.37	MEDIO
	Franco	5.37	ALTO	5.68	MEDIANAMENTE ÁCIDO	266.39	ALTO	350.69	ALTO	5.93	MEDIO	2.34	ALTO	15.27	ALTO	530.82	ALTO	2.22	MEDIO
2210	Franco	7.42	ALTO	6.278	LIGERAMENTE ÁCIDO	160.56	ALTO	417.54	ALTO	8.06	ALTO	3.07	ALTO	26.74	ALTO	395.26	ALTO	1.66	MEDIO

Anexo 2. Análisis dendrocronológico de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns.

Influencia del tipo de suelo sobre el crecimiento diamétrico anual de *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns en los sectores del Parque Universitario Francisco Vivar Castro y la Reserva El Chilco, al sur de Ecuador

Análisis dendrocronológico

Carlos Ruiz

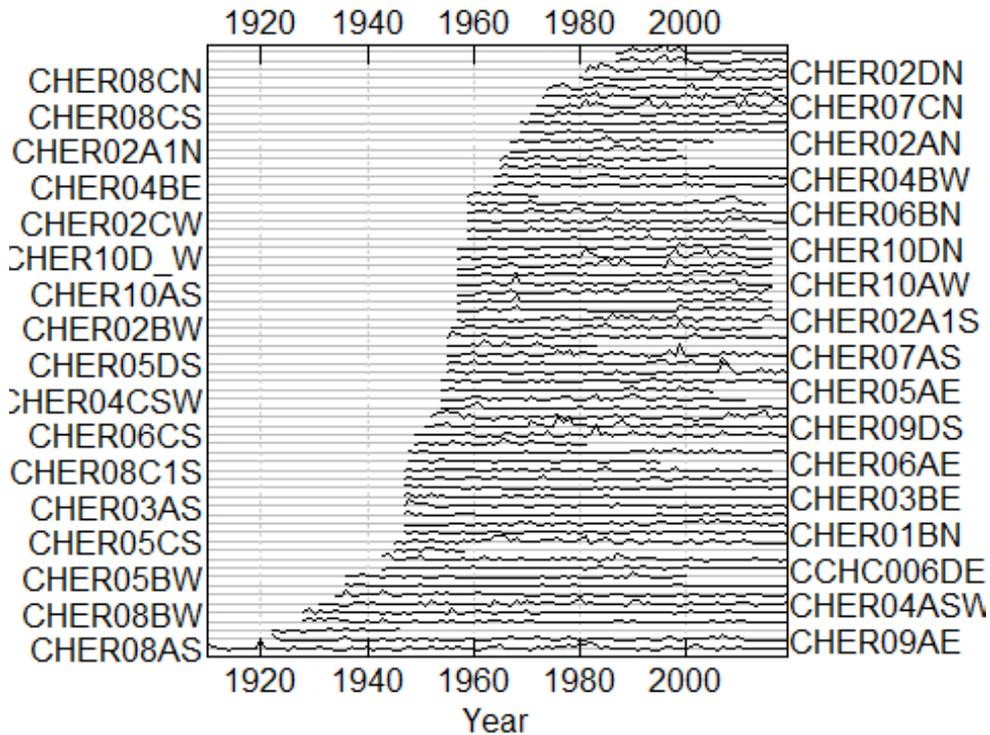
26.may.2020

```
#####  
# Thesis author: Carlos Ruiz  
# Thesis title: "Influencia del tipo de suelo sobre el crecimiento dia  
métrico anual de Juglans neotropica Diels y Eriotheca ruizii (K. Schum  
. ) A. Robyns en Los sectores del Parque Universitario Francisco Vivar  
Castro y La Reserva El Chilco, al sur de Ecuador"  
#  
#####  
rm(list = ls()) # Limpiar o resetear area de trabajo  
#graphics.off() #Limpiar area de graficos  
  
#Fijar carpeta de trabajo  
  
setwd("D:/Users/DARWIN/OneDrive/Trabajo/UNL/Tesis forestal/12 Carlos R  
uiz/R_Carlos_Ruiz")  
  
library("dplR")  
  
## Registered S3 method overwritten by 'R.oo':  
## method from  
## throw.default R.methodsS3  
  
### 01 Estadisticos basicos  
  
## Todas Las series  
data.all <- read.fh("CHER_all.fh")  
  
## There are 68 series  
## 1       CHER01AE       1987     2019     0.01  
## 2       CHER01AW       1987     2019     0.01  
## 3       CHER01BN       1947     2019     0.01  
## 4       CHER01BS       1947     2019     0.01  
## 5       CHER01CS       1952     2019     0.01  
## 6       CHER02A1N      1967     1998     0.01  
## 7       CHER02A1S      1957     2019     0.01
```

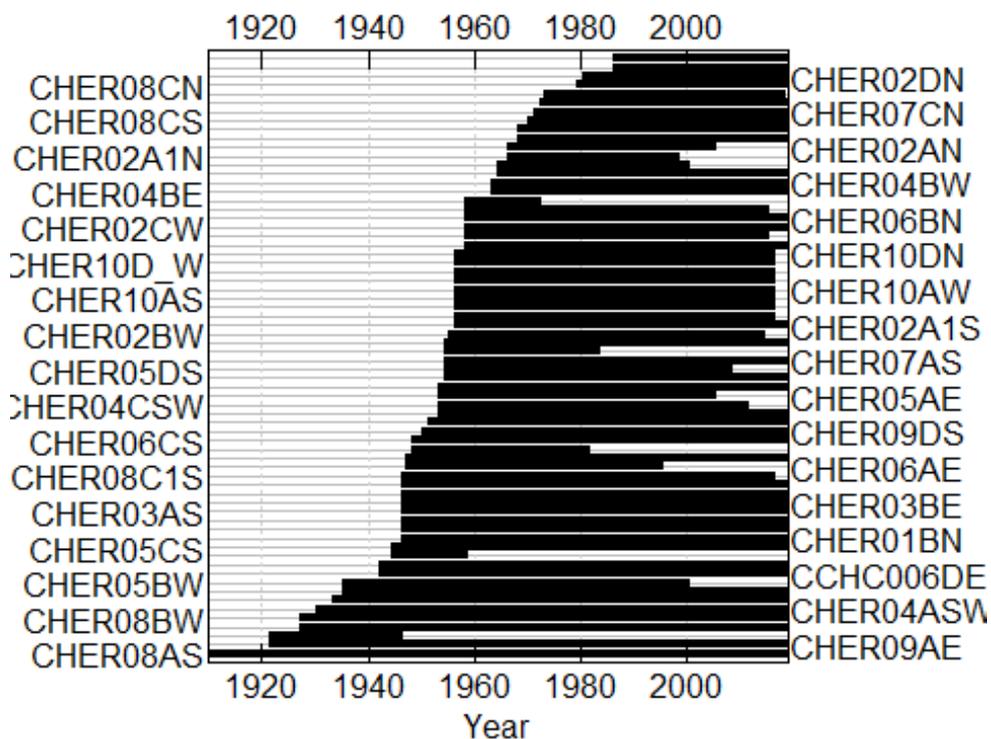
## 8	CHER02AN	1967	2005	0.01
## 9	CHER02AS	1973	2019	0.01
## 10	CHER02BE	1959	2019	0.01
## 11	CHER02BW	1956	2014	0.01
## 12	CHER02CE	1959	2015	0.01
## 13	CHER02CW	1959	2019	0.01
## 14	CHER02DN	1981	2019	0.01
## 15	CHER02DS	1974	2018	0.01
## 16	CHER03AN	1947	2019	0.01
## 17	CHER03AS	1947	2019	0.01
## 18	CHER03BE	1947	2019	0.01
## 19	CHER03BW	1947	2019	0.01
## 20	CHER04ASW	1931	2019	0.01
## 21	CHER04BE	1964	2019	0.01
## 22	CHER04BW	1964	2019	0.01
## 23	CHER04CNE	1954	2019	0.01
## 24	CHER04CSW	1954	2011	0.01
## 25	CHER05AE	1954	2005	0.01
## 26	CHER05AW	1954	2019	0.01
## 27	CHER05BE	1936	2019	0.01
## 28	CHER05BW	1936	2000	0.01
## 29	CHER05CN	1945	1958	0.01
## 30	CHER05CS	1945	2019	0.01
## 31	CHER05DN	1955	2019	0.01
## 32	CHER05DS	1955	2008	0.01
## 33	CHER06AE	1948	1995	0.01
## 34	CHER06AW	1948	2019	0.01
## 35	CHER06BN	1959	2019	0.01
## 36	CHER06BS	1959	2015	0.01
## 37	CHER06CN	1949	1981	0.01
## 38	CHER06CS	1949	2019	0.01
## 39	CCHC006DE	1943	2019	0.01
## 40	CHER07AS	1955	2019	0.01
## 41	CHER07BE	1965	2019	0.01
## 42	CHER07BW	1965	2000	0.01
## 43	CHER07CN	1972	2019	0.01
## 44	CHER07CS	1959	1972	0.01
## 45	CHER07DE	1955	1983	0.01
## 46	CHER07DW	1955	2019	0.01
## 47	CHER08AS	1910	2019	0.01
## 48	CHER08B1W	1934	2019	0.01
## 49	CHER08BE	1928	2019	0.01
## 50	CHER08BW	1928	2019	0.01
## 51	CHER08C1N	1947	2019	0.01
## 52	CHER08C1S	1947	2016	0.01
## 53	CHER08CN	1980	2019	0.01
## 54	CHER08CS	1971	2019	0.01
## 55	CHER09AE	1922	2019	0.01
## 56	CHER09AW	1922	1946	0.01
## 57	CHER09BW	1943	2019	0.01
## 58	CHER09C1N	1969	2019	0.01
## 59	CHER09CN	1969	2019	0.01
## 60	CHER09DS	1951	2019	0.01
## 61	CHER10AE	1957	2016	0.01

```
## 62      CHER10AN      1957      2016      0.01
## 63      CHER10AS      1957      2016      0.01
## 64      CHER10AW      1957      2016      0.01
## 65      CHER10D_E     1957      2016      0.01
## 66      CHER10D_S     1957      2016      0.01
## 67      CHER10D_W     1957      2016      0.01
## 68      CHER10DN      1957      2016      0.01
```

```
#visualizacion de datos
spag.plot(data.all, zfac=0.1)
```



```
seg.plot(data.all)
```



#estadisticos basicos

```
stats.all <- rw1.stats(data.all)
stats.all
```

##	series	first	last	year	mean	median	stdev	skew	sens1	sens2	gini
## 1	CHER01AE	1987	2019	33	4.149	3.450	2.185	0.737	0.495	0.519	0.287
## 2	CHER01AW	1987	2019	33	4.403	3.540	2.655	1.418	0.307	0.379	0.300
## 3	CHER01BN	1947	2019	73	1.302	1.270	0.551	0.769	0.382	0.387	0.229
## 4	CHER01BS	1947	2019	73	3.416	2.890	1.653	0.751	0.372	0.386	0.266
## 5	CHER01CS	1952	2019	68	5.051	4.665	2.416	1.025	0.428	0.411	0.258
## 6	CHER02A1N	1967	1998	32	3.515	3.465	1.806	0.897	0.389	0.400	0.274
## 7	CHER02A1S	1957	2019	63	3.406	2.940	1.925	0.813	0.548	0.526	0.306
## 8	CHER02AN	1967	2005	39	3.226	3.050	1.479	1.473	0.470	0.499	0.236
## 9	CHER02AS	1973	2019	47	3.895	3.290	1.979	0.847	0.539	0.573	0.274
## 10	CHER02BE	1959	2019	61	2.618	2.340	1.300	1.879	0.434	0.492	0.245
## 11	CHER02BW	1956	2014	59	3.004	2.590	1.461	1.367	0.400	0.419	0.254
## 12	CHER02CE	1959	2015	57	2.422	2.050	1.045	1.190	0.433	0.466	0.228
## 13	CHER02CW	1959	2019	61	3.084	2.720	1.586	1.287	0.459	0.475	0.270
## 14	CHER02DN	1981	2019	39	3.751	3.170	2.010	1.700	0.450	0.497	0.264

## 15	CHER02DS	1974	2018	45	4.081	3.710	1.739	0.999	0.345	0.355	0.229	0.313
## 16	CHER03AN	1947	2019	73	1.265	1.040	0.881	2.045	0.423	0.464	0.343	0.377
## 17	CHER03AS	1947	2019	73	1.959	1.690	1.194	2.195	0.472	0.511	0.302	0.252
## 18	CHER03BE	1947	2019	73	2.056	1.830	1.131	1.495	0.417	0.456	0.278	0.277
## 19	CHER03BW	1947	2019	73	1.515	1.290	0.827	2.216	0.276	0.296	0.259	0.631
## 20	CHER04ASW	1931	2019	89	3.141	2.780	1.719	1.084	0.517	0.556	0.293	0.019
## 21	CHER04BE	1964	2019	56	2.259	2.010	1.195	0.820	0.476	0.481	0.290	0.213
## 22	CHER04BW	1964	2019	56	1.978	2.000	1.014	0.436	0.420	0.418	0.285	0.406
## 23	CHER04CNE	1954	2019	66	1.745	1.465	1.106	1.961	0.459	0.481	0.311	0.427
## 24	CHER04CSW	1954	2011	58	3.669	3.370	1.866	0.722	0.429	0.436	0.281	0.366
## 25	CHER05AE	1954	2005	52	2.397	2.245	1.108	1.245	0.377	0.412	0.241	0.257
## 26	CHER05AW	1954	2019	66	1.870	1.805	0.787	1.165	0.332	0.350	0.222	0.270
## 27	CHER05BE	1936	2019	84	1.719	1.610	0.745	1.305	0.372	0.391	0.229	0.206
## 28	CHER05BW	1936	2000	65	2.546	2.360	1.269	1.680	0.369	0.386	0.257	0.333
## 29	CHER05CN	1945	1958	14	2.743	2.350	1.459	1.318	0.448	0.486	0.260	0.308
## 30	CHER05CS	1945	2019	75	3.666	3.280	2.154	1.268	0.479	0.496	0.309	0.305
## 31	CHER05DN	1955	2019	65	2.633	2.110	1.928	3.368	0.402	0.492	0.307	0.314
## 32	CHER05DS	1955	2008	54	2.525	1.720	1.582	1.328	0.438	0.494	0.319	0.280
## 33	CHER06AE	1948	1995	48	2.319	2.200	0.745	0.676	0.341	0.344	0.176	0.111
## 34	CHER06AW	1948	2019	72	2.804	2.605	1.312	1.227	0.396	0.412	0.249	0.227
## 35	CHER06BN	1959	2019	61	2.689	2.260	1.439	1.337	0.457	0.492	0.277	0.263
## 36	CHER06BS	1959	2015	57	3.177	2.780	1.902	1.854	0.455	0.443	0.293	0.585
## 37	CHER06CN	1949	1981	33	3.306	3.230	1.424	1.176	0.380	0.393	0.226	0.276
## 38	CHER06CS	1949	2019	71	3.056	2.590	1.991	2.452	0.523	0.613	0.312	0.016
## 39	CCHC006DE	1943	2019	77	1.446	1.220	0.921	1.708	0.571	0.646	0.321	0.082
## 40	CHER07AS	1955	2019	65	4.062	3.690	2.389	1.710	0.547	0.600	0.300	0.045
## 41	CHER07BE	1965	2019	55	3.000	2.490	1.429	0.959	0.372	0.369	0.256	0.448
## 42	CHER07BW	1965	2000	36	3.082	2.960	1.352	0.666	0.460	0.488	0.241	0.104
## 43	CHER07CN	1972	2019	48	4.447	3.575	2.952	1.141	0.627	0.689	0.347	0.011
## 44	CHER07CS	1959	1972	14	4.064	4.465	1.501	-0.460	0.310	0.294	0.198	

```

0.288
## 45  CHER07DE  1955 1983   29 3.165  2.680 1.894  1.911 0.415 0.535 0.269
0.005
## 46  CHER07DW  1955 2019   65 2.416  2.240 1.299  0.987 0.462 0.447 0.290
0.372
## 47  CHER08AS  1910 2019  110 2.750  2.290 1.808  1.429 0.570 0.573 0.344
0.269
## 48  CHER08B1W 1934 2019   86 1.896  1.585 1.164  2.856 0.392 0.487 0.274
0.094
## 49  CHER08BE  1928 2019   92 1.458  1.125 0.984  2.182 0.391 0.442 0.314
0.466
## 50  CHER08BW  1928 2019   92 2.131  1.875 1.062  2.246 0.400 0.465 0.237 -
0.099
## 51  CHER08C1N 1947 2019   73 2.303  2.050 1.117  1.289 0.473 0.497 0.254
0.065
## 52  CHER08C1S 1947 2016   70 2.287  2.130 1.031  0.885 0.465 0.474 0.246
0.089
## 53  CHER08CN  1980 2019   40 2.803  2.530 1.333  1.246 0.462 0.480 0.250
0.055
## 54  CHER08CS  1971 2019   49 2.684  2.640 1.226  0.405 0.454 0.447 0.255
0.198
## 55  CHER09AE  1922 2019   98 2.797  2.470 1.361  1.648 0.356 0.390 0.245
0.291
## 56  CHER09AW  1922 1946   25 2.320  2.140 1.039  0.581 0.401 0.410 0.246
0.181
## 57  CHER09BW  1943 2019   77 3.700  3.330 1.775  1.714 0.406 0.423 0.242
0.216
## 58  CHER09C1N 1969 2019   51 2.603  2.340 1.080  0.744 0.344 0.355 0.228
0.324
## 59  CHER09CN  1969 2019   51 2.363  2.100 1.035  0.665 0.397 0.393 0.241
0.237
## 60  CHER09DS  1951 2019   69 3.464  2.730 2.325  2.348 0.383 0.481 0.314
0.325
## 61  CHER10AE  1957 2016   60 2.454  2.100 1.483  0.938 0.394 0.423 0.328
0.463
## 62  CHER10AN  1957 2016   60 2.312  2.060 1.286  2.261 0.310 0.365 0.264
0.399
## 63  CHER10AS  1957 2016   60 4.419  4.495 2.078  0.396 0.389 0.383 0.264
0.319
## 64  CHER10AW  1957 2016   60 3.297  2.625 2.129  1.796 0.400 0.463 0.325
0.239
## 65  CHER10D_E  1957 2016   60 2.505  2.240 1.356  0.770 0.383 0.422 0.297
0.393
## 66  CHER10D_S  1957 2016   60 4.715  4.755 2.493  0.776 0.416 0.419 0.285
0.361
## 67  CHER10D_W  1957 2016   60 3.231  2.370 2.663  1.616 0.496 0.571 0.413
0.411
## 68  CHER10DN  1957 2016   60 2.031  1.735 1.175  1.495 0.304 0.320 0.298
0.610

```

```
colMeans(stats.all[, 5:12]) #promedios
```

```
##      mean      median      stdev      skew      sens1      sens2      gini
ar1
## 2.8612500 2.5411029 1.5192353 1.3298971 0.4243971 0.4535000 0.2738971 0.24
37206
```

```
colMeans(stats.all[5])*2 #promedio de promedios x 2 = crecimiento dia
metrico anual
```

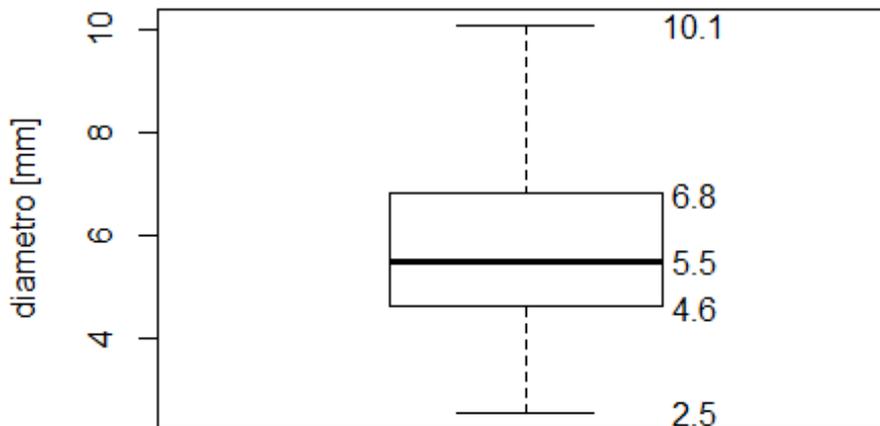
```
## mean
## 5.7225

colMeans(stats.all[7])*2 #desviacion estandar anual del diametro

## stdev
## 3.038471

boxplot(stats.all[5]*2, axes=TRUE,
        xlab= "Crecimiento diametrico anual de Pasallo", ylab= "diametro
no [mm]")

text(y=boxplot.stats(stats.all[,5]*2)$stats,
     labels = round(boxplot.stats(stats.all[,5]*2)$stats,1), x=1.25)
```



Crecimiento diametrico anual de Pasallo

```
# Resumen numero de arboles y radios

data.all.ids <- read.ids(data.all, stc = c(4, 2, 2))

## Warning in read.ids(data.all, stc = c(4, 2, 2)): there appears to be
## more than
## one site

data.all.ids

##          tree core site
## CHER01AE      1    1    2
## CHER01AW      1    2    2
## CHER01BN      1    3    2
## CHER01BS      1    4    2
## CHER01CS      1    5    2
```

## CHER02A1N	2	1	2
## CHER02A1S	2	1	2
## CHER02AN	2	2	2
## CHER02AS	2	3	2
## CHER02BE	2	4	2
## CHER02BW	2	5	2
## CHER02CE	2	6	2
## CHER02CW	2	7	2
## CHER02DN	2	8	2
## CHER02DS	2	9	2
## CHER03AN	3	1	2
## CHER03AS	3	2	2
## CHER03BE	3	3	2
## CHER03BW	3	4	2
## CHER04ASW	4	1	2
## CHER04BE	4	2	2
## CHER04BW	4	3	2
## CHER04CNE	4	4	2
## CHER04CSW	4	5	2
## CHER05AE	5	1	2
## CHER05AW	5	2	2
## CHER05BE	5	3	2
## CHER05BW	5	4	2
## CHER05CN	5	5	2
## CHER05CS	5	6	2
## CHER05DN	5	7	2
## CHER05DS	5	8	2
## CHER06AE	6	1	2
## CHER06AW	6	2	2
## CHER06BN	6	3	2
## CHER06BS	6	4	2
## CHER06CN	6	5	2
## CHER06CS	6	6	2
## CCHC006DE	0	1	1
## CHER07AS	7	1	2
## CHER07BE	7	2	2
## CHER07BW	7	3	2
## CHER07CN	7	4	2
## CHER07CS	7	5	2
## CHER07DE	7	6	2
## CHER07DW	7	7	2
## CHER08AS	8	1	2
## CHER08B1W	8	2	2
## CHER08BE	8	3	2
## CHER08BW	8	4	2
## CHER08C1N	8	5	2
## CHER08C1S	8	5	2
## CHER08CN	8	6	2
## CHER08CS	8	7	2
## CHER09AE	9	1	2
## CHER09AW	9	2	2
## CHER09BW	9	3	2
## CHER09C1N	9	4	2
## CHER09CN	9	5	2

```

## CHER09DS      9      6      2
## CHER10AE     10      1      2
## CHER10AN     10      2      2
## CHER10AS     10      3      2
## CHER10AW     10      4      2
## CHER10D_E    10      5      2
## CHER10D_S    10      6      2
## CHER10D_W    10      7      2
## CHER10DN     10      8      2

#exportar tablas
write.csv(data.all, file = "data.all.csv", na="")
write.csv(stats.all, file = "stats.all.csv", na="")
write.csv(data.all.ids, file = "data.all.ids", na="")

## Por arbol
data.means <- read.fh("CHER_Mean_all.fh")

## There are 11 series
## 1      CHER01_MEAN      1947      2019      0.01
## 2      CHER02_MEAN      1956      2019      0.01
## 3      CHER03_MEAN      1947      2019      0.01
## 4      CHER04_MEAN      1931      2019      0.01
## 5      CHER05_MEAN      1936      2019      0.01
## 6      CHER06_MEAN      1943      2019      0.01
## 7      CHER07_MEAN      1955      2019      0.01
## 8      CHER08_MEAN      1910      2019      0.01
## 9      CHER09_MEAN      1922      2019      0.01
## 10     CHER10A_mean     1958      2017      0.01
## 11     CHER10D_MEAN     1958      2017      0.01

stats.means <- rwl.stats(data.means)
stats.means

##      series first last year mean median stdev skew sens1 sens2 gini
## 1  CHER01_MEAN 1947 2019  73 3.322  3.270 1.129 0.661 0.308 0.306 0.181
## 2  CHER02_MEAN 1956 2019  64 3.127  3.080 0.784 0.658 0.194 0.192 0.138
## 3  CHER03_MEAN 1947 2019  73 1.699  1.580 0.805 2.986 0.328 0.356 0.216
## 4  CHER04_MEAN 1931 2019  89 2.644  2.530 0.980 1.285 0.319 0.332 0.194
## 5  CHER05_MEAN 1936 2019  84 2.504  2.350 0.716 1.321 0.287 0.290 0.150
## 6  CHER06_MEAN 1943 2019  77 2.544  2.550 0.766 0.083 0.297 0.285 0.163
## 7  CHER07_MEAN 1955 2019  65 3.370  3.230 0.907 0.508 0.303 0.309 0.150
## 8  CHER08_MEAN 1910 2019 110 2.328  2.150 1.088 4.123 0.305 0.344 0.193
## 9  CHER09_MEAN 1922 2019  98 2.934  2.780 0.912 0.477 0.307 0.307 0.173
## 10 CHER10A_mean 1958 2017  60 3.121  2.980 1.157 0.799 0.276 0.281 0.198
## 11 CHER10D_MEAN 1958 2017  60 3.120  2.795 1.417 0.548 0.309 0.310 0.252
##      ar1
## 1  0.365
## 2  0.516
## 3  0.370
## 4  0.200
## 5  0.111
## 6  0.251
## 7 -0.114
## 8  0.017
## 9  0.225

```

```

## 10 0.415
## 11 0.499

colMeans(stats.means[, 5:12]) #promedios

##      mean      median      stdev      skew      sens1      sens2      gi
ni      ar1
## 2.7920909 2.6631818 0.9691818 1.2226364 0.2939091 0.3010909 0.18254
55 0.2595455

colMeans(stats.means[5])*2 #promedio de promedios x 2 = crecimiento d
iametrico anual

##      mean
## 5.584182

colMeans(stats.means[7])*2 #desviacion estandar anual del diametro

##      stdev
## 1.938364

#exportar tablas
write.csv(data.means, file = "data.means.csv", na="")
write.csv(stats.means, file = "stats.means.csv", na="")

#####

#### 02 DENDROGRAMAS DE SIMILITUD

#Importar datos

data <- read.fh("CHER_Mean_all.fh")

## There are 11 series
## 1      CHER01_MEAN      1947      2019      0.01
## 2      CHER02_MEAN      1956      2019      0.01
## 3      CHER03_MEAN      1947      2019      0.01
## 4      CHER04_MEAN      1931      2019      0.01
## 5      CHER05_MEAN      1936      2019      0.01
## 6      CHER06_MEAN      1943      2019      0.01
## 7      CHER07_MEAN      1955      2019      0.01
## 8      CHER08_MEAN      1910      2019      0.01
## 9      CHER09_MEAN      1922      2019      0.01
## 10     CHER10A_mean     1958      2017      0.01
## 11     CHER10D_MEAN     1958      2017      0.01

#Visualizacion de series

spag.plot(data, sfac=0.1)

## Warning in plot.xy(xy.coords(x, y), type = type, ...): "sfac" is no
t a graphical
## parameter

## Warning in plot.xy(xy.coords(x, y), type = type, ...): "sfac" is no
t a graphical

```

```
## parameter

## Warning in plot.xy(xy.coords(x, y), type = type, ...): "sfac" is not a graphical
## parameter

## Warning in plot.xy(xy.coords(x, y), type = type, ...): "sfac" is not a graphical
## parameter

## Warning in plot.xy(xy.coords(x, y), type = type, ...): "sfac" is not a graphical
## parameter

## Warning in plot.xy(xy.coords(x, y), type = type, ...): "sfac" is not a graphical
## parameter

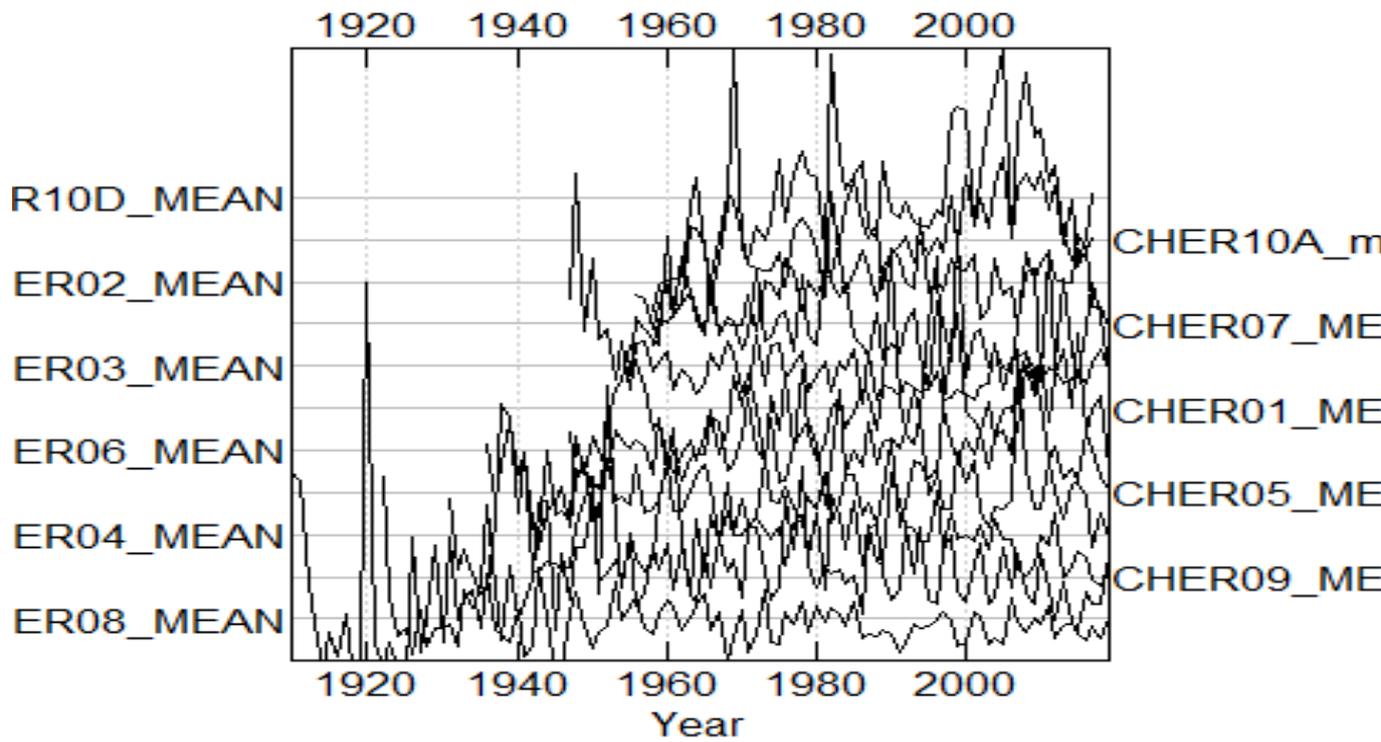
## Warning in plot.xy(xy.coords(x, y), type = type, ...): "sfac" is not a graphical
## parameter

## Warning in plot.xy(xy.coords(x, y), type = type, ...): "sfac" is not a graphical
## parameter

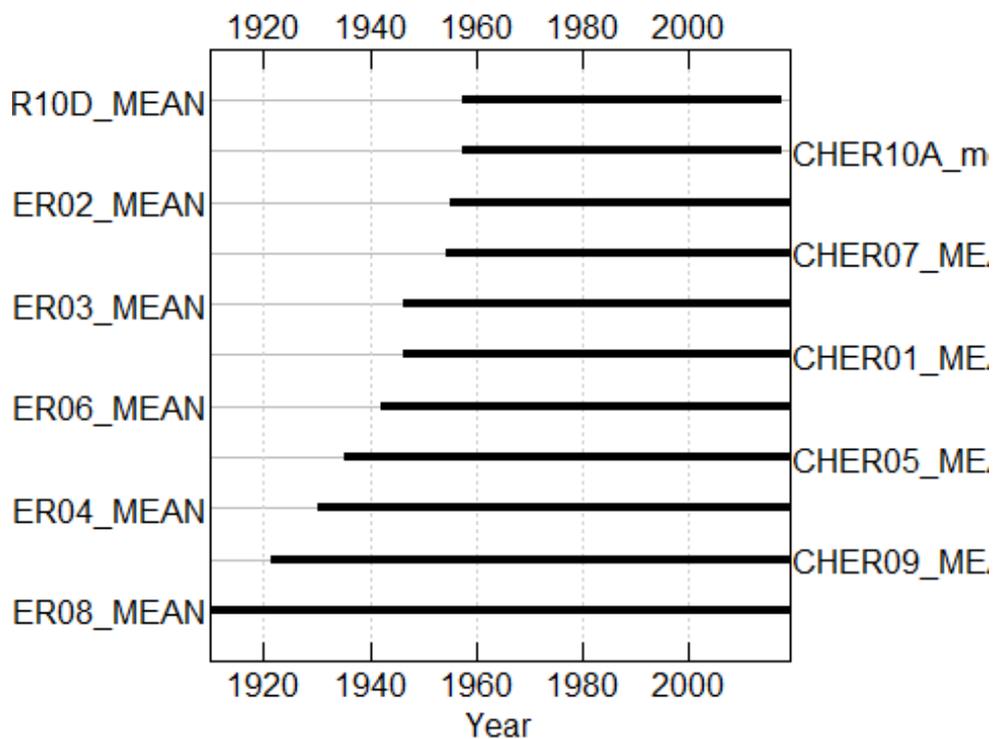
## Warning in plot.xy(xy.coords(x, y), type = type, ...): "sfac" is not a graphical
## parameter

## Warning in plot.xy(xy.coords(x, y), type = type, ...): "sfac" is not a graphical
## parameter

## Warning in plot.xy(xy.coords(x, y), type = type, ...): "sfac" is not a graphical
## parameter
```

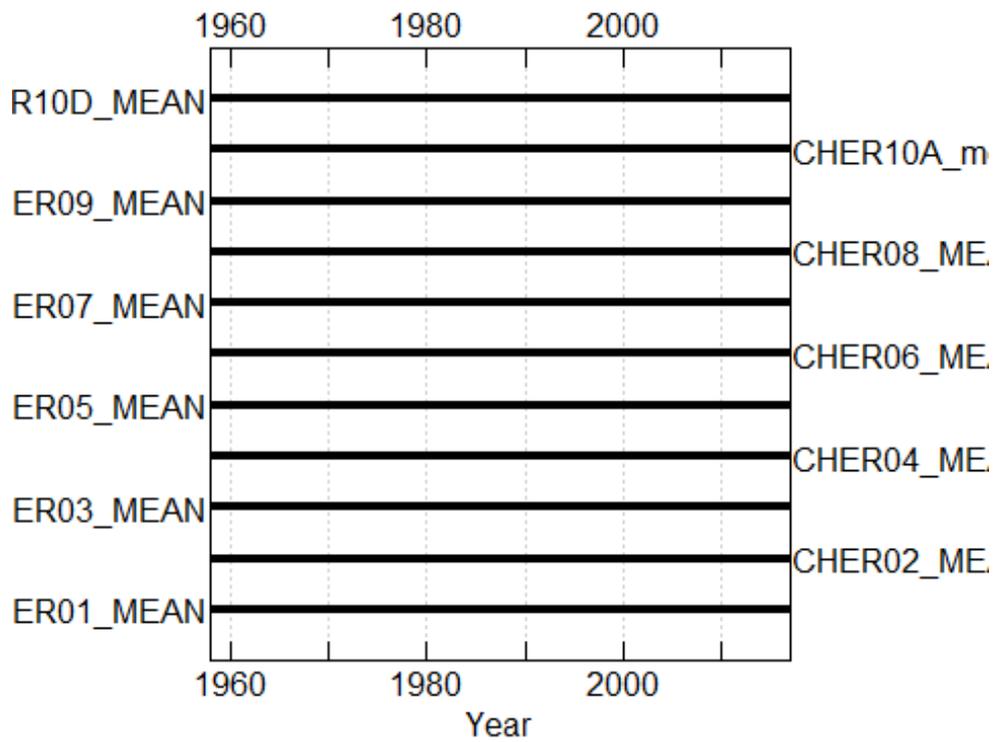


```
seg.plot(data)
```

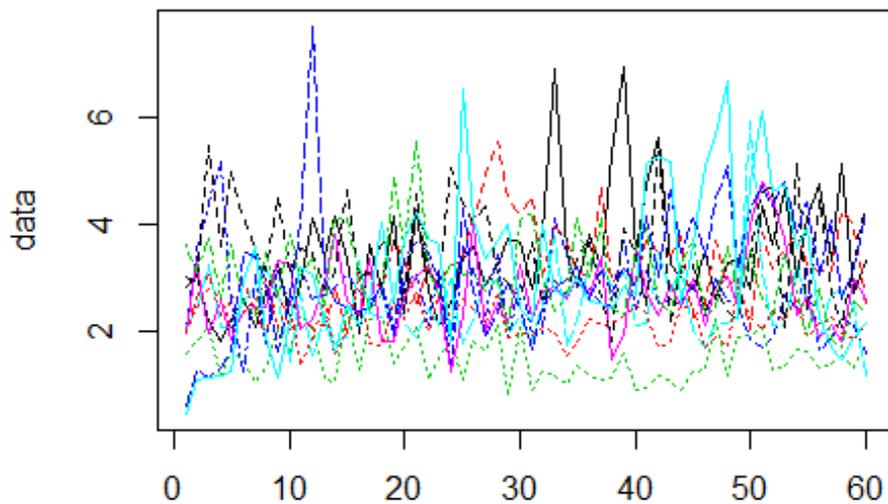


#Dendrogramas

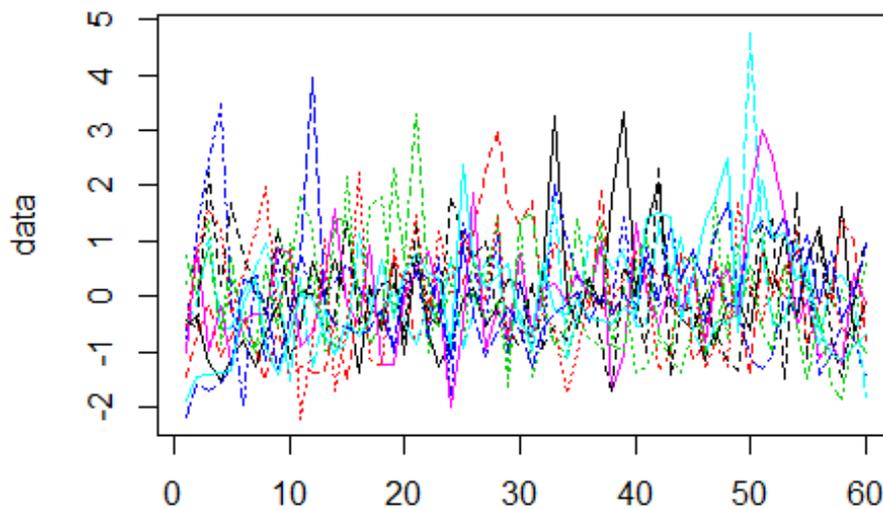
```
data <- data[complete.cases(data),] #Remover valores en blanco  
seg.plot(data)
```



```
#Convertir datos a matriz
matplot(data, type = "l") # Graficar datos
```



```
data <- scale(data, scale = TRUE, center = TRUE ) # Normalizar datos
matplot(data, type = "l")
```



```

#Transponer datos
data <- t(data)

#Distancias y clusters jerargicos
distance <- dist(data, method = "euclidean")

HC_method <- c("complete", "single", "average", "median", "ward.D", "ward.D2", "centroid", "mcquitty")
HC_methodName <- c("clusterCm", "clusterS", "clusterA", "clusterM", "clusterW", "clusterW2", "clusterCt", "clusterMQ")

# H.Clusters
for (i in 1:8) {
  assign(paste("H_", HC_methodName[i], sep=""), hclust(distance, method = HC_method[i]))
}

HC_List <- list(H_clusterCm, H_clusterS, H_clusterA, H_clusterM, H_clusterW, H_clusterW2, H_clusterCt, H_clusterMQ)

# as.dendrogram
for (i in 1:8){
  assign(paste("dend1_", HC_methodName[i], sep=""), as.dendrogram(HC_List[[i]]))
}
dend1_List <- list(dend1_clusterCm, dend1_clusterS, dend1_clusterA, dend1_clusterM, dend1_clusterW, dend1_clusterW2, dend1_clusterCt, dend1_clusterMQ)

```

```
#####
# Getting only the dendrograms

pdf("Dendrogramas_Pasallo.pdf", onefile=TRUE, paper="a4r", width=0, height=0)
par(mar=c(10, 3, 4, 2))
for (i in 1:8) {
  plot(dend1_List[[i]], main = paste("Dendrogramas Eriotheca ruizii [Pasallo]", "\nHierarchical Cluster Method: ",
                                     HC_method[i] ))
}
dev.off()

## png
## 2

#####

### Correlacion y P valores
# transponer tabla
data <- t(data)

# Crear tabla de correlaciones
data.cor <- cor(data)
data.cor

##          CHER01_MEAN CHER02_MEAN  CHER03_MEAN  CHER04_MEAN CH
ER05_MEAN
## CHER01_MEAN  1.00000000  0.21691407 -0.1164135791  0.047623437  0
.11468430
## CHER02_MEAN  0.216914074  1.00000000 -0.1455833705 -0.024485243  0
.13566413
## CHER03_MEAN -0.116413579 -0.14558337  1.0000000000  0.105757336  0
.05260471
## CHER04_MEAN  0.047623437 -0.02448524  0.1057573359  1.000000000 -0
.02733256
## CHER05_MEAN  0.114684302  0.13566413  0.0526047120 -0.027332559  1
.00000000
## CHER06_MEAN  0.005706278  0.01275002  0.0238352905  0.008905679  0
.04889606
## CHER07_MEAN -0.090503254 -0.07436098  0.2839687436 -0.037831409  0
.08683141
## CHER08_MEAN -0.251960579 -0.07339435 -0.0378902679  0.130714707  0
.16786054
## CHER09_MEAN -0.158620672 -0.11486870  0.0760615410  0.044267567 -0
.11882801
## CHER10A_mean  0.187471593 -0.09966588 -0.0003223431 -0.169573345 -0
.05707655
## CHER10D_MEAN  0.168944354  0.17283949 -0.0569468326 -0.045190570  0
.04769271
##          CHER06_MEAN CHER07_MEAN CHER08_MEAN CHER09_MEAN  CHER
10A_mean
## CHER01_MEAN  0.005706278 -0.09050325 -0.25196058 -0.15862067  0.18
```

```

74715929
## CHER02_MEAN 0.012750017 -0.07436098 -0.07339435 -0.11486870 -0.09
96658827
## CHER03_MEAN 0.023835290 0.28396874 -0.03789027 0.07606154 -0.00
03223431
## CHER04_MEAN 0.008905679 -0.03783141 0.13071471 0.04426757 -0.16
95733446
## CHER05_MEAN 0.048896063 0.08683141 0.16786054 -0.11882801 -0.05
70765521
## CHER06_MEAN 1.000000000 -0.06389952 -0.01755094 0.13648414 0.25
82407632
## CHER07_MEAN -0.063899518 1.00000000 0.15426796 0.14786935 -0.16
87348457
## CHER08_MEAN -0.017550939 0.15426796 1.00000000 0.15293432 -0.17
68020831
## CHER09_MEAN 0.136484145 0.14786935 0.15293432 1.00000000 -0.13
49109248
## CHER10A_mean 0.258240763 -0.16873485 -0.17680208 -0.13491092 1.00
00000000
## CHER10D_MEAN 0.306976986 -0.05391194 -0.17007862 -0.07108217 0.63
35350326
## CHER10D_MEAN
## CHER01_MEAN 0.16894435
## CHER02_MEAN 0.17283949
## CHER03_MEAN -0.05694683
## CHER04_MEAN -0.04519057
## CHER05_MEAN 0.04769271
## CHER06_MEAN 0.30697699
## CHER07_MEAN -0.05391194
## CHER08_MEAN -0.17007862
## CHER09_MEAN -0.07108217
## CHER10A_mean 0.63353503
## CHER10D_MEAN 1.00000000

```

Crear tabla p.values

```
library(psych)
```

```
pval.data <-psych::corr.test(data, adjust="none")$p
```

```
pval.data
```

```

## CHER01_MEAN CHER02_MEAN CHER03_MEAN CHER04_MEAN CHER05
_MEAN
## CHER01_MEAN 0.00000000 0.09596259 0.37573408 0.7178492 0.38
29152
## CHER02_MEAN 0.09596259 0.00000000 0.26704744 0.8526801 0.30
13551
## CHER03_MEAN 0.37573408 0.26704744 0.00000000 0.4212704 0.68
97611
## CHER04_MEAN 0.71784924 0.85268008 0.42127037 0.0000000 0.83
57739
## CHER05_MEAN 0.38291523 0.30135509 0.68976109 0.8357739 0.00
00000
## CHER06_MEAN 0.96548537 0.92297452 0.85654876 0.9461572 0.71
06361
## CHER07_MEAN 0.49164077 0.57230253 0.02789049 0.7741283 0.50

```

```

94513
## CHER08_MEAN 0.05212730 0.57732009 0.77378618 0.3194970 0.19
98395
## CHER09_MEAN 0.22608498 0.38214559 0.56352465 0.7369865 0.36
58443
## CHER10A_mean 0.15147141 0.44865576 0.99804971 0.1952229 0.66
48940
## CHER10D_MEAN 0.19690929 0.18663156 0.66561050 0.7317065 0.71
74560
##          CHER06_MEAN CHER07_MEAN CHER08_MEAN CHER09_MEAN CHER10
A_mean
## CHER01_MEAN 0.96548537 0.49164077 0.0521273 0.2260850 1.5147
14e-01
## CHER02_MEAN 0.92297452 0.57230253 0.5773201 0.3821456 4.4865
58e-01
## CHER03_MEAN 0.85654876 0.02789049 0.7737862 0.5635247 9.9804
97e-01
## CHER04_MEAN 0.94615718 0.77412828 0.3194970 0.7369865 1.9522
29e-01
## CHER05_MEAN 0.71063605 0.50945133 0.1998395 0.3658443 6.6489
40e-01
## CHER06_MEAN 0.00000000 0.62764252 0.8941148 0.2984152 4.6351
60e-02
## CHER07_MEAN 0.62764252 0.00000000 0.2392441 0.2595277 1.9747
33e-01
## CHER08_MEAN 0.89411479 0.23924410 0.0000000 0.2433791 1.7657
78e-01
## CHER09_MEAN 0.29841519 0.25952769 0.2433791 0.0000000 3.0407
20e-01
## CHER10A_mean 0.04635160 0.19747332 0.1765778 0.3040720 0.0000
00e+00
## CHER10D_MEAN 0.01704534 0.68245657 0.1938756 0.5894032 5.5467
12e-08
##          CHER10D_MEAN
## CHER01_MEAN 1.969093e-01
## CHER02_MEAN 1.866316e-01
## CHER03_MEAN 6.656105e-01
## CHER04_MEAN 7.317065e-01
## CHER05_MEAN 7.174560e-01
## CHER06_MEAN 1.704534e-02
## CHER07_MEAN 6.824566e-01
## CHER08_MEAN 1.938756e-01
## CHER09_MEAN 5.894032e-01
## CHER10A_mean 5.546712e-08
## CHER10D_MEAN 0.000000e+00

# graficar
# abrir paquete o Libreria
library (corrplot)

## corrplot 0.84 loaded

order.data <-corrMatOrder(data.cor, order="alphabet") #orden alfabetic
o
order.data2 <- data.cor[order.data, order.data]

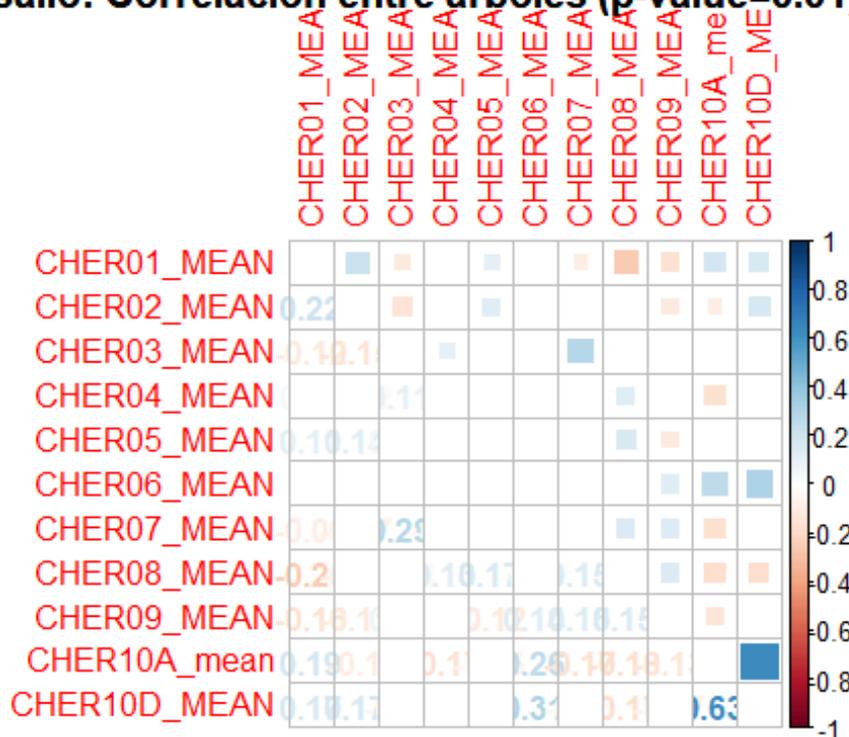
```

```
#plot
#export plot as jpeg

#jpeg(filename="correlaciones.pasallo.jpg", width = 200, height = 200,
units = "mm", res=1000)

corrplot.mixed(order.data2, tl.pos = "lt", upper="square", tl.cex=1, nu
mber.cex=1, mar=c(0,0,1,0),
                main="Pasallo: Correlación entre arboles (p-value=0.01)
", p.mat=pval.data, sig.level = 0.5, insig = "blank")
```

Pasallo: Correlación entre arboles (p-value=0.01)



```
#dev.off()
```

Anexo 3. Base de datos del análisis dendrocronológico de *Juglans neotropica* Diels

series	year	mean	median	stdev	skew	sens1	sens2	gini	ar1
PJN02	53	4.610	4.070	2.764	0.354	0.390	0.357	0.339	0.598
PJN05	64	1.930	1.471	1.475	1.227	0.415	0.369	0.403	0.778
PJN08	64	4.043	3.719	2.140	0.526	0.413	0.364	0.294	0.564
PJN012	60	2.068	1.705	1.610	1.232	0.492	0.475	0.403	0.573
PJN015	64	2.379	1.660	1.789	0.948	0.340	0.306	0.400	0.804
PJN020	65	3.805	2.941	2.805	0.650	0.399	0.296	0.405	0.841

Anexo 4. Base de datos de las variables fisiográficas y dasométricas de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns y *Juglans neotropica* Diels.

A	D	L	U	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Código árbol	Especie (Nombre científico)	Especie (Nombre común)	Sitio	Coordenadas X (long)	Coordenadas Y (lat)	Altitud (m. snm.)	Pendiente (%)	Dirección pendiente	Follaje (%)	Fruct./fl oración	CAP (cm)	DAP (cm)	HT	Copa (Dom, inter, sup, relicto)	Comentario árbol
CHERO1	<i>Eriotheca ruizii</i>	Pasallo	Reserva El Chilco	581075	9528710	396.1	30	S-N	4	NO	159	50.61	14	Dominante	
CHERO3	<i>Eriotheca ruizii</i>	Pasallo	Reserva El Chilco	581082	9528700	401.3	30	S-N	4	NO	109	34.70	10	Intermedio	
CHERO5	<i>Eriotheca ruizii</i>	Pasallo	Reserva El Chilco	581092	9528685	403.01	25	E-O	4	NO	152	48.38	12	Intermedio	
CHERO7	<i>Eriotheca ruizii</i>	Pasallo	Reserva El Chilco	581089	9528722	399	45	S-N	0	NO	176	56.02	18	Dominante	
CHERO10	<i>Eriotheca ruizii</i>	Pasallo	Reserva El Chilco	-4262916	-80269047	383	40	S-N	0	NO	162	51.57	15	Dominante	Árbol caído
A195	<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	Parque universitario "FVC"	700419	95533530	2240	60	S-N	4	NO	170	54.11	9.8	Dominante	
A037	<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	Parque universitario "FVC"	17700129	95533583	2192	0	S-N	3	NO	95	30.24	12	Intermedio	
A080	<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	Parque universitario "FVC"	7919675	403688	2214	15	S-N	1	NO	147	46.79	16.2	Dominante	
A162	<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	Parque universitario "FVC"	700143	9553586	2202	2	S-N	3	NO	94	29.92	18.5	Intermedio	
A123	<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	Parque universitario "FVC"	700248	9553570	2209	10	S-N	4	NO	113	35.97	20	Dominante	
A109	<i>Juglans neotropica</i>	Nogal	Parque universitario "FVC"	700295	9553600	2202	20	S-N	4	NO	168	53.48	32.2	Dominante	

Anexo 5. Análisis de componentes principales

Influencia del tipo de suelo sobre el crecimiento diamétrico anual de *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns en los sectores del Parque Universitario Francisco Vivar Castro y la Reserva El Chilco, al sur de Ecuador

Análisis de componentes principales

Carlos Ruiz

13.07.2020

```
rm(list=ls())      # Limpiar espacio de trabajo
#graphics.off()   # Limpiar area de graficos
# Ctrl + L        # Limpiar consola

#####
# PCA (Análisis de componentes principales)
#
#####

setwd("D:/Users/DARWIN/OneDrive/Trabajo/UNL/Tesis forestal/12 Carlos Ruiz/R_Carlos_Ruiz")

### PCA datos individuales (todos)

## Abrir archivo csv
```

```

#data <- read.csv("DATOS_PRUEBA_ACP.csv", sep = ",", dec = ".")
data <- read.csv("DATOS_PRUEBA_ACP2.csv", sep = ",", dec = ".")
head(data[4:10,])

## Prof_suelo cod_arb especie Elevación Pendiente Follaje Vitali
dad
## 4 20cm Er7 Eriotheca ruizii 399.00 45 0.0
2.0
## 5 20cm Er10 Eriotheca ruizii 383.00 40 0.0
1.0
## 6 20cm ER_x Eriotheca ruizii 396.48 34 2.4
2.4
## 7 20cm Jn2 Juglans neotropica 2240.00 60 100.0
2.0
## 8 20cm Jn5 Juglans neotropica 2192.00 0 100.0
2.0
## 9 20cm Jn8 Juglans neotropica 2214.00 15 90.0
3.0
## Fruct.Flor DAP HT HC Dom Luz Cob Textura M.O. Ph N K
## 4 1 56.02 18.0 8.0 3.0 28.0 72.0 1.0 4.39 6.79 62.99 445.64
## 5 1 51.57 15.0 5.0 3.0 50.0 50.0 2.0 3.44 7.30 72.64 274.64
## 6 1 48.26 13.8 7.0 2.6 41.6 58.4 1.4 3.45 6.89 65.73 376.09
## 7 3 54.11 9.8 9.8 3.0 20.6 79.4 1.0 5.86 6.96 102.92 833.71
## 8 2 30.24 12.0 7.0 2.0 35.0 65.0 3.0 10.74 6.72 141.78 295.75
## 9 3 46.79 16.2 5.0 3.0 26.0 74.0 1.0 7.32 6.45 196.71 365.64
## Ca Mg Mn Fe Cu Edad Crec.Skew Crec.Sens Crec.A.R. CRECIMIE
NTO
## 4 11.22 2.06 9.41 24.12 2.01 65 0.51 0.30 -0.11 6
.74
## 5 13.06 3.23 5.68 51.19 2.20 60 0.67 0.29 0.46 6
.24
## 6 11.50 5.16 7.65 36.19 1.97 71 1.22 0.30 0.24 5
.61
## 7 12.34 3.70 22.15 16.11 0.56 53 0.35 0.39 0.60 9
.22
## 8 9.86 2.78 9.89 287.48 1.67 64 1.23 0.41 0.78 3
.86
## 9 6.72 3.38 27.14 621.95 2.14 64 0.53 0.41 0.56 8
.09
## Crec.mediana Crec.stdev
## 4 6.46 1.81
## 5 5.78 2.57
## 6 5.33 1.94
## 7 8.14 5.53
## 8 2.94 2.95
## 9 7.44 4.28

data$Crec.mediana <- NULL
data$Crec.Skew <- NULL
data$Crec.A.R. <- NULL
data$Crec.Sens <- NULL
data$Follaje <- NULL
data$Fruct.Flor <- NULL # borrar porque tiene un 昼兹nico valor en to
dos los datos

### 1. DATOS a 20cm

```

```

## 1.1. Subset
data20 <- data[data$Prof_suelo=="20cm",] # seleccionar solo datos 20cm
rownames(data20) <- data20$cod_arb # poner nombre de las filas basado en la columna cod_arb
data20$cod_arb <- NULL

data20$Prof_suelo <- NULL # borrar columna Prof_suelo

## 1.1.1 Juglans
data20.jn <- data20[data20$especie=="Juglans neotropica",] # seleccionar solo datos de Juglans
## 1.1.2 Eriotheca
data20.er <- data20[data20$especie=="Eriotheca ruizii",] # seleccionar solo datos de Eriotheca ruizii

## 1.2. PCA
# Crear un objeto PCA

pca20.ind <- prcomp(data20[,2:length(data20)], scale = T, center = T)

# VISUALIZACION DE DATOS

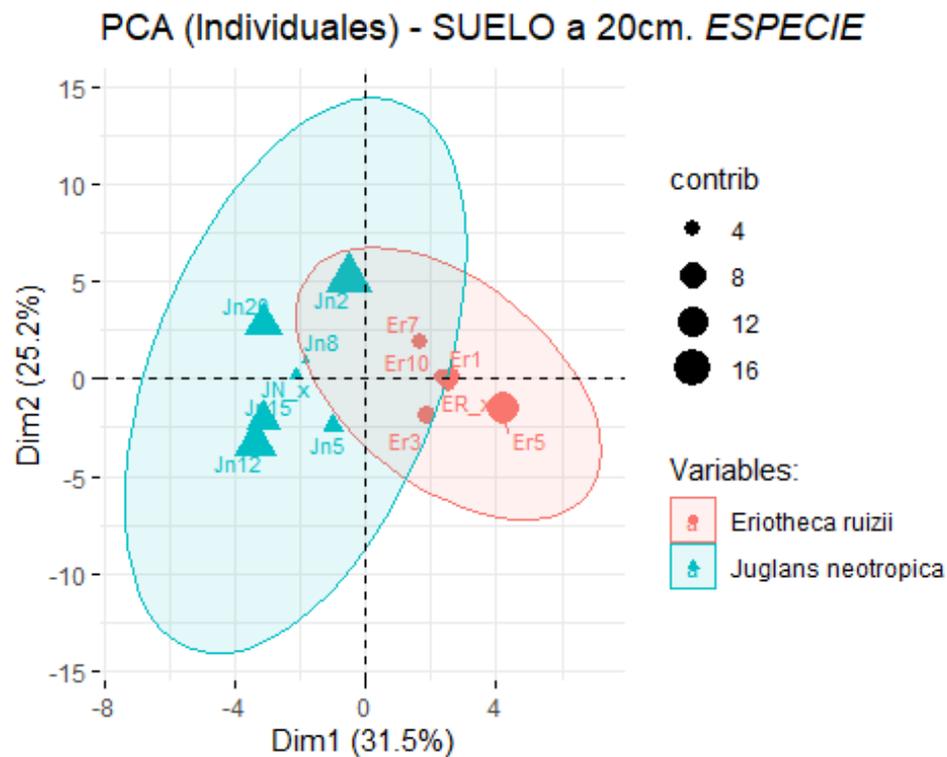
# 1.2.1. Datos INDIVIDUALES
library(factoextra) # Abrir Libreria para realizar los graficos

## Loading required package: ggplot2

## Welcome! Want to learn more? See two factoextra-related books at https://goo.gl/ve3WBa

#jpeg(filename="pca.ind_20cm.jpg", width = 180, height = 180, units = "mm", res=500)
fviz_pca_ind(pca20.ind,
             title = expression("PCA (Individuales) - SUELO a 20cm. "
*italic("ESPECIE")),
             legend.title = "Variables:",
             habillage = data20$especie,
             addEllipses = T,
             ellipse.level = 0.99,
             label = "all", # "all" es para ver todas las etiquetas
             repel = TRUE,
             labelsize = 3,
             pointsize = "contrib" )

```



```
#dev.off()
```

```
cor.test(data20$CRECIMIENTO, data20$Textura) # correlacion entre Crecimiento y textura
```

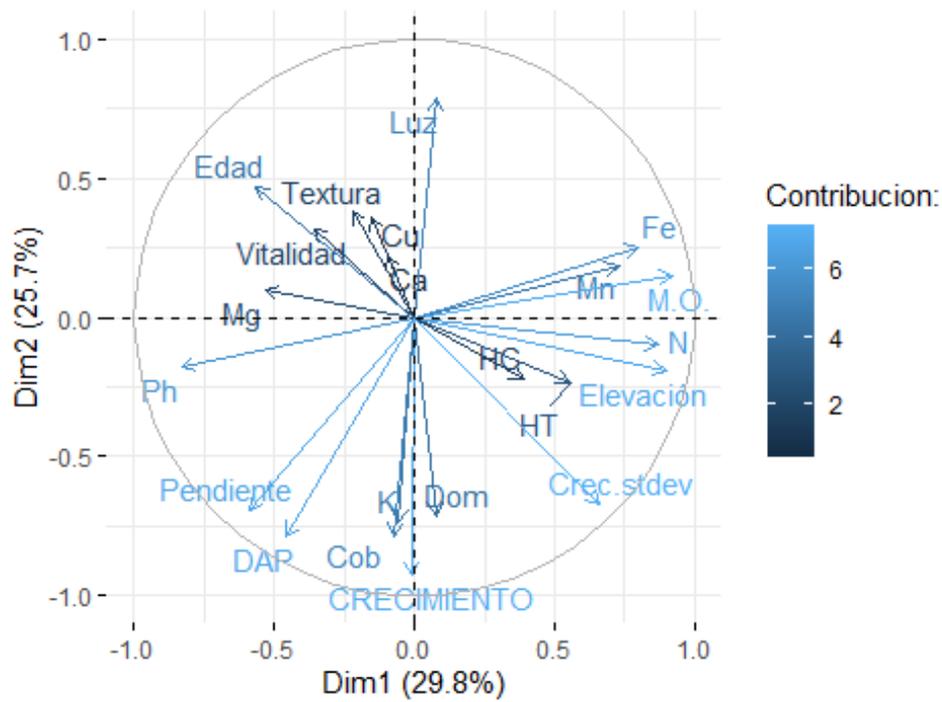
```
##
## Pearson's product-moment correlation
##
## data: data20$CRECIMIENTO and data20$Textura
## t = -1.3935, df = 11, p-value = 0.191
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.7732990 0.2080263
## sample estimates:
## cor
## -0.3873577
```

```
# 1.2.2. Datos por VARIABLES
```

```
pca20.var <- prcomp(data20[-c(6,13),2:length(data20)], scale = T, center = T) # menos filas de promedios -c(6,13)
```

```
fviz_pca_var(title = expression("PCA (Variables) - SUELO a 20cm."),
             pca20.var,
             col.var = "contrib",
             repel = T,
             legend.title = "Contribucion:")
```

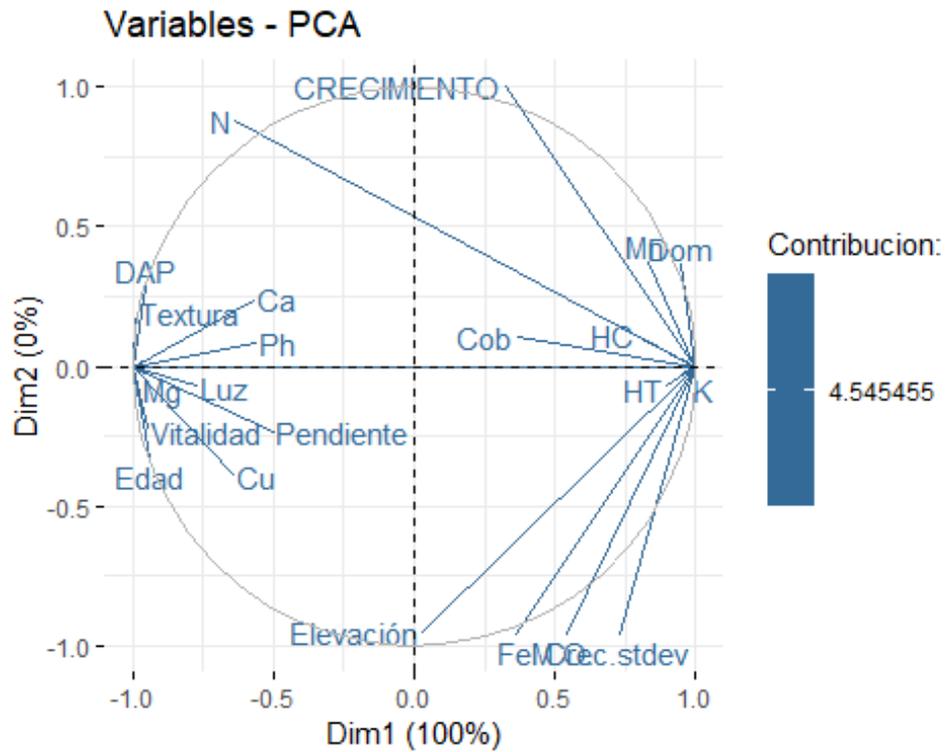
PCA (Variables) - SUELO a 20cm.



1.2.3 Solo con valores promedio

```
pca20.var.media <- prcomp(data20[c(6,13),2:length(data20)], scale = T,
center = T) #PCA, seleccion de solo promedios
```

```
fviz_pca_var(pca20.var.media,
col.var = "contrib",
repel = T,
legend.title = "Contribucion:")
```

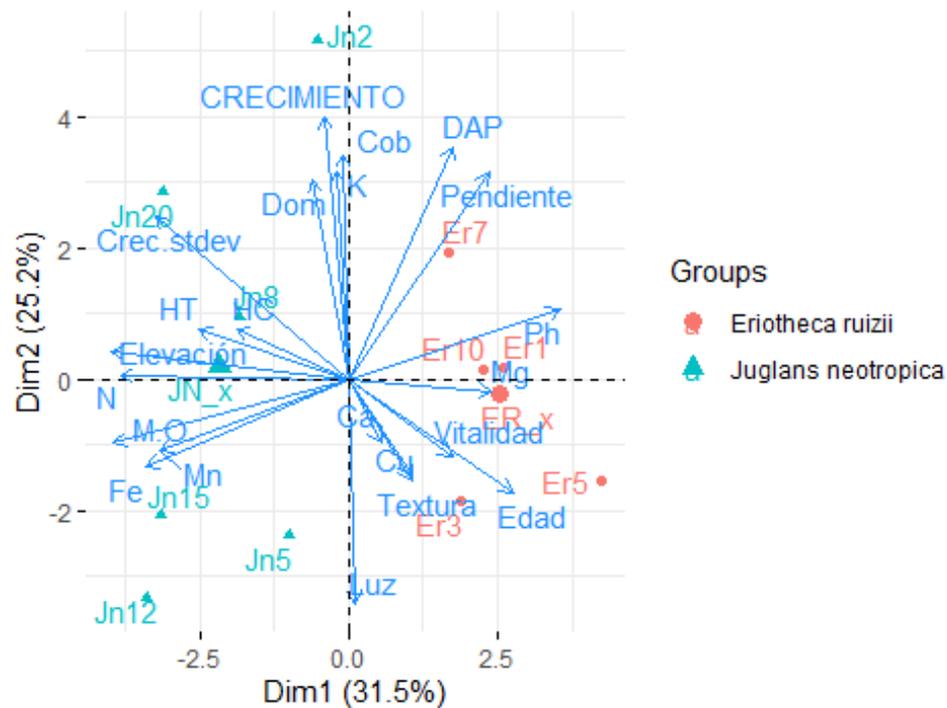


```
# 1.2.4. PCA BIPLLOT
# 1.2.4.1 TODOS
#jpeg(filename="pca.var_20cm.jpg", width = 180, height = 180, units =
"mm", res=500)

fviz_pca_biplot(pca20.ind,
  title = "PCA - Biplot: Suelo a 20 cm.",
  col.var = "dodgerblue",
  col.ind = "forestgreen", # "grey70", # Individuals c
olor

  #addEllipses = T,
  habillage = data20$especie,
  #Legend.title = "Variabilidad",
  label = "all",
  repel = T)
```

PCA - Biplot: Suelo a 20 cm.



```
#dev.off()

# 1.2.4.2. Solo Juglans

pca20.var.jn <- prcomp(data20.jn[1:6, 2:length(data20.jn)], scale = T,
center = T) # menos filas de promedios -c(6,13)

jpeg(filename="pca.var_20cm.jn.jpg", width = 180, height = 180, units
= "mm", res=500)

fviz_pca_biplot(pca20.var.jn,
title = expression("PCA - Biplot: Suelo a 20 cm " *ita
lic("(Juglans neotropica)")),
col.var = "dodgerblue",
col.ind = "forestgreen", # "grey70", # Individuals c
olor

#addEllipses = T,
#Legend.title = "Variabilidad",
label = "all",
repel = T)

dev.off()

## png
## 2

# 1.2.4.3. Solo Eriotheca
```

```

pca20.var.er <- prcomp(data20.er[1:5, 2:length(data20.jn)], scale = T,
center = T) # menos filas de promedios -c(6,13)

jpeg(filename="pca.var_20cm.er.jpg", width = 180, height = 180, units
= "mm", res=500)

fviz_pca_biplot(pca20.var.er,
                title = expression("PCA - Biplot: Suelo a 20 cm " *italic(
"(Eriotheca ruizii)")),
                col.var = "dodgerblue",
                col.ind = "forestgreen", # "grey70", # Individuals color
                #addEllipses = T,
                #Legend.title = "Variabilidad",
                label = "all",
                repel = T)

dev.off()

## png
## 2

#####

### 2. DATOS a 40cm

## 2.1. Subset
data40 <- data[data$Prof_suelo=="40cm",] # seleccionar solo datos 40cm
rownames(data40) <- data40$cod_arb # poner nombre de las filas basado en la columna cod_arb

data40$Prof_suelo <- NULL # borrar columna Prof_suelo
data40$cod_arb <- NULL # borrar columna cod_arb

## 2.1.1 Juglans
data40.jn <- data40[data40$especie=="Juglans neotropica",] # seleccionar solo datos de Juglans
## 2.1.2 Eriotheca
data40.er <- data40[data40$especie=="Eriotheca ruizii",] # seleccionar solo datos de Eriotheca ruizii

## 2.2. PCA
# Crear un objeto PCA

pca40.ind <- prcomp(data40[,2:length(data40)], scale = T, center = T)

# VISUALIZACION DE DATOS

# 2.2.1. Datos INDIVIDUALES

```

```

library(factoextra) # Abrir Libreria para realizar Los graficos

jpeg(filename="pca.ind_40cm.jpg", width = 180, height = 180, units = "
mm", res=500)
fviz_pca_ind(pca40.ind,
             title = expression("PCA (Individuales) - SUELO a 40cm. "
*italic("ESPECIE")),
             legend.title = "Variables:",
             habillage = data40$especie,
             addEllipses = T,
             ellipse.level = 0.99,
             label = "all", # "all" es para ver todas las etiquetas
             repel = TRUE,
             labelsiz e = 3,
             pointsize = "contrib" )

dev.off()

## png
## 2

cor.test(data40$CRECIMIENTO, data40$Textura) # correlacion entre Creci
miento y textura

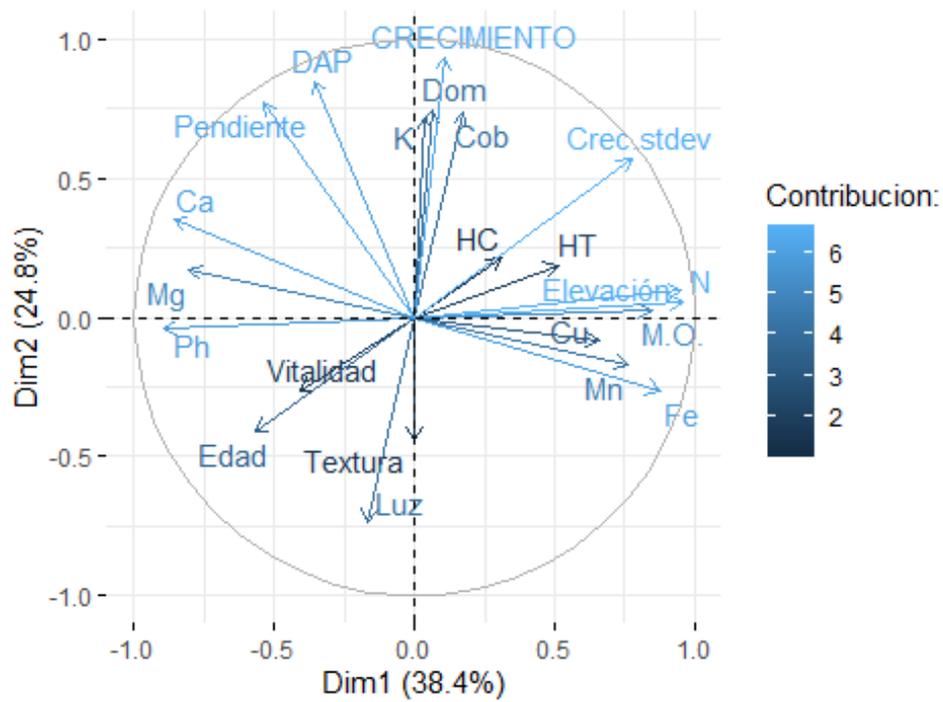
##
## Pearson's product-moment correlation
##
## data: data40$CRECIMIENTO and data40$Textura
## t = -1.3935, df = 11, p-value = 0.191
## alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
## 95 percent confidence interval:
## -0.7732990 0.2080263
## sample estimates:
## cor
## -0.3873577

# 2.2.2. Datos por VARIABLES
pca40.var <- prcomp(data40[-c(6,13),2:length(data40)], scale = T, cent
er = T) # menos filas de promedios -c(6,13)

fviz_pca_var(title = expression("PCA (Variables) - SUELO a 40cm."),
             pca40.var,
             col.var = "contrib",
             repel = T,
             legend.title = "Contribucion:")

```

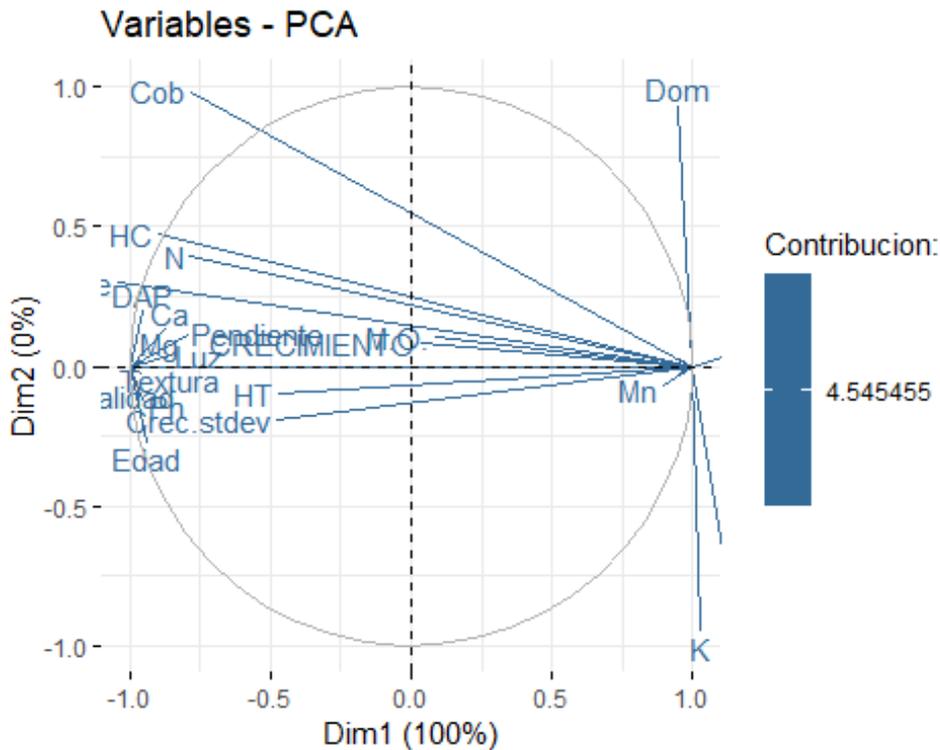
PCA (Variables) - SUELO a 40cm.



2.2.3 Solo con valores promedio

```
pca40.var.media <- prcomp(data40[c(6,13),2:length(data40)], scale = T,
center = T) #PCA, seleccion de solo promedios
```

```
fviz_pca_var(pca40.var.media,
col.var = "contrib",
repel = T,
legend.title = "Contribucion:")
```



2.2.4. PCA BIPLLOT

2.2.4.1. TODOS

```
jpeg(filename="pca.var_40cm.jpg", width = 180, height = 180, units = "mm", res=500)
```

```
fviz_pca_biplot(pca40.ind,
  title = "PCA - Biplot: Suelo a 40 cm.",
  col.var = "dodgerblue",
  col.ind = "forestgreen", # "grey70", # Individuals color
  #addEllipses = T,
  habillage = data40$especie,
  #legend.title = "Variabilidad",
  label = "all",
  repel = T)
```

```
dev.off()
```

```
## png
## 2
```

2.2.4.2. Solo Juglans

```
pca40.var.jn <- prcomp(data40.jn[1:6, 2:length(data40.jn)], scale = T,
  center = T) # menos filas de promedios -c(6,13)
```

```
jpeg(filename="pca.var_40cm.jn.jpg", width = 180, height = 180, units = "mm", res=500)
```

```
fviz_pca_biplot(pca40.var.jn,
```

```

        title = expression("PCA - Biplot: Suelo a 40 cm " *italic("Juglans neotropica))),
        col.var = "dodgerblue",
        col.ind = "forestgreen", # "grey70", # Individuals color

        #addEllipses = T,
        #Legend.title = "Variabilidad",
        label = "all",
        repel = T)
dev.off()

## png
## 2

# 2.2.4.3. Solo Eriotheca

pca40.var.er <- prcomp(data40.er[1:5, 2:length(data40.jn)], scale = T,
center = T) # menos filas de promedios -c(6,13)

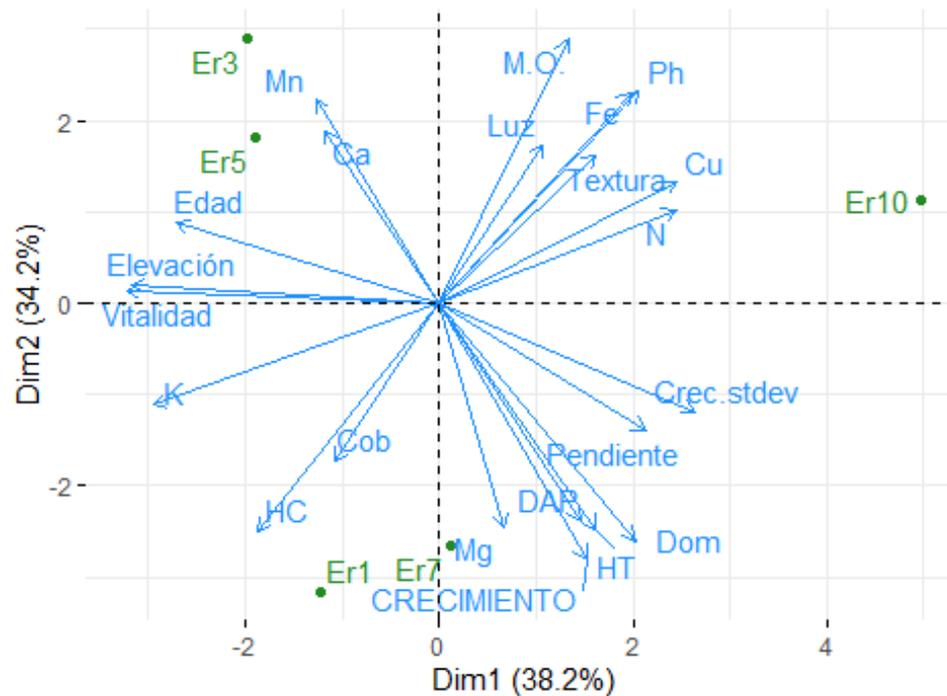
#jpeg(filename="pca.var_40cm.er.jpg", width = 180, height = 180, units
= "mm", res=500)

fviz_pca_biplot(pca40.var.er,
        title = expression("PCA - Biplot: Suelo a 40 cm " *italic("(Eriotheca ruizii)")),
        col.var = "dodgerblue",
        col.ind = "forestgreen", # "grey70", # Individuals color

        #addEllipses = T,
        #Legend.title = "Variabilidad",
        label = "all",
        repel = T)

```

PCA - Biplot: Suelo a 40 cm (*Eriotheca ruizii*)



#dev.off()

Anexo 6. Poster científico



Universidad Nacional de Loja

1930

"INFLUENCIA DEL TIPO DE SUELO SOBRE EL CRECIMIENTO DIAMÉTRICO ANUAL DE *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns EN LOS SECTORES DEL PARQUE UNIVERSITARIO FRANCISCO VIVAR CASTRO Y LA RESERVA EL CHILCO, AL SUR DE ECUADOR"

1. INTRODUCCIÓN

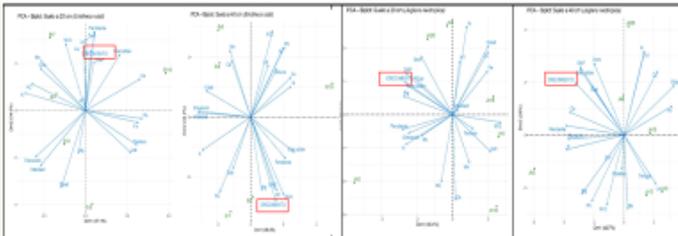
Entre los principales efectos del cambio climático están las variaciones de precipitación y de temperatura. Estos factores afectan directamente al régimen de humedad del suelo y el crecimiento de las plantas. Por lo tanto, esta investigación busca conocer la influencia del suelo en el crecimiento diamétrico anual de dos especies forestales.

2. METODOLOGÍA

Se seleccionaron seis árboles de *Juglans neotropica* Diels y cinco de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns. Se obtuvieron muestras de suelo y madera, además, se registraron variables fisiográficas y dasométricas, luego se realizaron los análisis correspondientes en laboratorio, para determinar la influencia del suelo en el crecimiento se utilizó el programa estadístico R a través del entorno Restudio.

3. RESULTADOS

El crecimiento de los árboles de *Juglans neotropica* Diels y *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns, es influenciado por la dominancia del árbol y nutrientes como el magnesio y el calcio.



4. CONCLUSIONES

- El crecimiento de *Eriotheca ruizii* (K. Schum.) A. Robyns tiene relación con la dominancia del árbol y la pendiente del suelo. Contenidos altos de calcio y magnesio no favorecen su crecimiento.
- Para *Juglans neotropica* Diels, el crecimiento tiene relación con la cobertura, el diámetro y el contenido de magnesio. El suelo franco y el porcentaje de luz que llega al suelo limitan el crecimiento.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones complementarias sobre la influencia de las propiedades físicas y químicas del suelo en el crecimiento de los árboles.
- Considerar especies del mismo sitio o ecosistema, para así poder determinar los requerimientos nutricionales para cada especie.