

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y
AMBIENTAL



PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS, FÍSICAS Y MECÁNICAS DE
LA MADERA DE *Cordia alliodora* (R. y P.) OKEN DE PARCELAS
AGROFORESTALES EN JAÉN, CAJAMARCA

Presentada por:

FRANKLIN HITLER FERNANDEZ ZARATE

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL

Jaén -Perú

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Licenciamiento con Resolución de Consejo Directivo N°002-2018-SUNEDU/CD

FACULTAD DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN

Los miembros del Jurado que suscriben, reunidos para evaluar la sustentación de tesis del Bachiller **FRANKLIN HITLER FERNÁNDEZ ZARATE**, denominada "PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS, FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA DE *Cordia alliodora* (R. y P.) OKEN DE PARCELAS AGROFORESTALES EN JAÉN, CAJAMARCA" para cumplir con uno de los requisitos para optar el título profesional de **INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**.

Teniendo en consideración los méritos del trabajo así como los conocimientos demostrados por el sustentante, declaramos la tesis como:

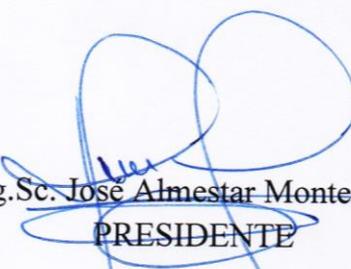
Aprobada

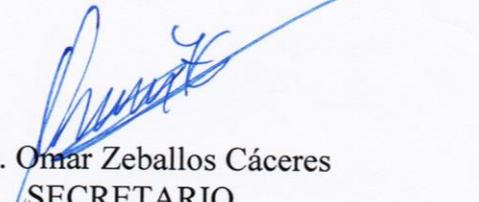
Con el calificativo (*) de

Buena

En consecuencia, queda APTO para recibir el título profesional, de conformidad con lo estipulado en el Reglamento de Tesis de pregrado de la Universidad Nacional de Jaén.

Jaén, 7 de mayo del 2018.


Mg.Sc. José Almaraz Montenegro
PRESIDENTE


Ph.D. Omar Zeballos Cáceres
SECRETARIO


Dra. Irma Aguirre Zaquinola
MIEMBRO


Dr. José León Mostacero
ASESOR

(*) De acuerdo con el artículo 25 del Reglamento de Tesis, los calificativos podrán ser: SOBRESALIENTE, MUY BUENA, BUENA o REGULAR.

Dedicatoria

A mis padres Neptalí y Perla, mis
hermanos Luis y Juliette.

Agradecimiento

A Dios, mis padres, Cooperativa Sol&Café LTDA por el apoyo económico brindado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Dr. Manuel Antonio Canto Sáenz, Ing. Gerardo Alarcón Cubas, asesor, co-asesores, y a todas las personas que de alguna forma apoyaron con el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	i
Índice de cuadros	iii
Índice de anexos	v
I. RESUMEN.....	1
ABSTRACT	1
II. INTRODUCCIÓN	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE.....	5
3.1.1. DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT	5
3.1.2. FENOLOGÍA	6
3.1.3. CARACTERÍSTICAS DENDROLÓGICAS (Cordia alliodora (R. y P.) Oken) 7	
3.1.4. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	8
3.2. ASPECTOS ECOLÓGICOS, EDÁFICOS Y CLIMA	8
3.2.1. ASOCIACIÓN NATURAL	8
3.2.2. CLIMA	9
3.2.3. SUELOS Y TOPOGRAFÍA	9
3.3. PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA	10
3.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS	10
3.3.2. PROPIEDADES MECÁNICAS	11
3.4. DESCRIPCIÓN DE LA MADERA DE Cordia alliodora	14
3.4.1. ANATOMÍA	14
3.4.2. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS	15
3.4.3. USOS.....	17
3.5. IMPORTANCIA DE LA ESPECIE Cordia alliodora	17
3.5.1. IMPORTANCIA AGROFORESTAL	17
3.5.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA	18
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	19
4.1.1. UBICACIÓN DE LOS LUGARES DE MUESTREO	19
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	20
4.3. MATERIALES Y EQUIPOS.....	20
4.3.1. MATERIALES	20
a. Material biológico	20

b.	Materiales de campo	20
c.	Material de gabinete	20
4.3.2.	EQUIPOS	21
a.	Equipos de laboratorio	21
b.	Equipos usados en la preparación de las probetas	21
4.4.	METODOLOGÍA	21
4.4.1.	SELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES MUESTREADOS	21
4.4.2.	OBTENCIÓN DE TROZAS	21
4.4.3.	VARIABLES EVALUADAS	23
□	Propiedades físicas	23
□	Propiedades mecánicas.....	23
4.4.4.	PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	23
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
5.1.	PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS.....	26
5.2.	PROPIEDADES FÍSICAS	29
5.2.1.	CONTRACCIÓN NORMAL DE LA MADERA DE Cordia alliodora (R. y P.) Oken	29
5.2.2.	CONTRACCIÓN TOTAL DE LA MADERA DE Cordia alliodora (R. y P.) Oken	30
5.2.3.	DENSIDAD DE LA MADERA DE Cordia alliodora (R. y P.) Oken.....	33
5.2.4.	HUMEDAD DE LA MADERA DE Cordia alliodora (R. y P.) Oken.....	35
5.3.	PROPIEDADES MECÁNICAS	36
5.3.1.	COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO.....	36
5.3.2.	COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO.....	38
5.3.3.	FLEXIÓN ESTÁTICA	39
5.3.4.	CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO.....	42
5.3.5.	DUREZA.....	44
VI.	CONCLUSIONES	47
VII.	RECOMENDACIONES	48
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
	ANEXOS	57

Índice de cuadros

Cuadro 1: Lugares de colección de muestras para análisis de propiedades físico-mecánicas	19
Cuadro 2: Fuentes de variación y esperados cuadrados medos.....	25
Cuadro 3: Propiedades organolépticas del Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)	26
Cuadro 4: Análisis de varianza para la contracción normal de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %.....	29
Cuadro 5: Valores promedio de la contracción normal de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	30
Cuadro 6: Análisis de varianza para la contracción total de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %	31
Cuadro 7: Prueba de Duncan para los datos de contracción total longitudinal de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.	31
Cuadro 8: Valores promedio de la contracción total de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	32
Cuadro 9: Análisis de varianza para la densidad de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %	34
Cuadro 10: Valores promedio de la densidad de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	34
Cuadro 11: Análisis de varianza para el contenido de humedad de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %.....	36
Cuadro 12: Valores promedio y de dispersión del contenido de humedad de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	36
Cuadro 13: Análisis de varianza para la compresión paralela de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %.....	37
Cuadro 14: Valores promedio de la compresión paralela de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	37
Cuadro 15: Análisis de varianza para la compresión perpendicular al grano, de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %	39
Cuadro 16: Valores promedio del Esfuerzo al Limite Proporcional (ELP) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	39
Cuadro 17: Análisis de varianza para la flexión estática, de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %	40
Cuadro 18: Valores promedio de la flexión estática de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	40
Cuadro 19: Análisis de varianza para el cizallamiento paralelo al grano, de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %	42
Cuadro 20: Valores promedio y de dispersión del cizallamiento tangencial de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	43
Cuadro 21: Análisis de varianza para la dureza de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %	45
Cuadro 22: Valores promedio de la dureza en los extremos de la probeta de madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	45

Índice de figuras

Figura 1: Distribución geográfica del Laurel. (Cenicafé, 2002).....	6
Figura 2: Ámbito de estudio	19
Figura 3: Troza de madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	22
Figura 4: Extracción de pieza de madera de 8 cm de espesor por 2 m de largo.....	22
Figura 5: Probetas para ensayos físico-mecánicos de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	22
Figura 6: Rodaja de madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken para análisis de propiedades organolépticas.....	27
Figura 7: Tipo de grano de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	27
Figura 8: Variación abrupta del color entre el duramen y la albura.	28
Figura 9: Vista microscópica de la sección transversal de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	28
Figura 10: Probetas de madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken siendo saturadas con agua.....	32
Figura 11: Probetas de madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken en ambiente normalizado.	33
Figura 12: Probeta de madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken siendo medida longitudinalmente con el micrómetro.....	33
Figura 13: Determinación de la densidad de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken. a) Determinación del peso verde de las probetas de madera, b) secado de las probetas de madera por 32 horas a 103 +/- 2 °C, c) probetas de madera en cámara de desecación y d) medición del volumen y peso específico de las probetas de madera.....	35
Figura 14: Probetas de madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken para determinación de compresión paralela.	38
Figura 15: Ensayo de compresión de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	38
Figura 16: Probetas de madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken listas preparadas para ensayo de flexión estática.	41
Figura 17: Ensayo de flexión estática sobre probeta de madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	41
Figura 18: Ruptura de la probeta al finalizar ensayo de flexión estática.....	42
Figura 19: Probeta de madera lista para ensayo de cizallamiento paralelo al grano.	43
Figura 20: Accesorio usado en ensayo de cizallamiento paralelo al grano.	44
Figura 21: Probeta al término de ensayo de cizallamiento.....	44
Figura 22: Probetas de madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken preparadas para ensayo de dureza.....	46
Figura 23: Ensayo de dureza sobre probeta de madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.	46
Figura 24: Probetas de madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken al término de ensayo de dureza.....	46

Índice de anexos

Anexo 1: Data tomada en campo de los árboles aprovechados para análisis de propiedades físico-mecánicas.	57
Anexo 2: Certificado de identificación botánica de la especie de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.	58
Anexo 3: Cuadro resumen de los ensayos realizados por grupos de edad la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	59
Anexo 4: Datos de contracción normal tangencial de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	60
Anexo 5: Análisis de varianza para la contracción normal tangencial de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	60
Anexo 6: Datos de contracción normal radial de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	60
Anexo 7: Análisis de varianza para la contracción normal radial de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	61
Anexo 8: Datos de contracción normal longitudinal de la madera Laurel	61
Anexo 9: Análisis de varianza para la contracción normal longitudinal de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	61
Anexo 10: Datos de contracción normal volumétrica de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	62
Anexo 11: Análisis de varianza para la contracción normal volumétrica de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	62
Anexo 12: Datos de contracción total tangencial de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	62
Anexo 13: Análisis de varianza para la contracción total tangencial de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	63
Anexo 14: Datos de contracción total radial de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	63
Anexo 15: Análisis de varianza para la contracción total radial de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	63
Anexo 16: Datos de contracción total longitudinal de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	64
Anexo 17: Análisis de varianza para la contracción total longitudinal de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	64
Anexo 18: Datos de contracción total volumétrica de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	64
Anexo 19: Análisis de varianza para la contracción total volumétrica de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	65
Anexo 20: Datos de densidad básica de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	65
Anexo 21: Análisis de varianza para la densidad básica de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	65
Anexo 22: Datos de densidad en estado saturado de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken.....	66
Anexo 23: Análisis de varianza para la densidad en estado saturado de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	66
Anexo 24: Datos de densidad en estado seco de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	66

Anexo 25: Análisis de varianza para la densidad en estado seco de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	67
Anexo 26: Datos de densidad en estado anhidro de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	67
Anexo 27: Análisis de varianza para la densidad en estado anhidro de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	67
Anexo 28: Datos de contenido de humedad de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	68
Anexo 29: Análisis de varianza para el contenido de humedad de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	68
Anexo 30: Datos de compresión paralela al grano (ELP) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	68
Anexo 31: Análisis de varianza para la compresión paralela al grano (ELP) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	68
Anexo 32: Datos de compresión paralela al grano (MOR) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	69
Anexo 33: Análisis de varianza para la compresión paralela al grano (MOR) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	69
Anexo 34: Datos de compresión paralela al grano (MOE) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	69
Anexo 35: Análisis de varianza para la compresión paralela al grano (MOE) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	69
Anexo 36: Datos de compresión perpendicular al grano (ELP) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	70
Anexo 37: Análisis de varianza para la compresión perpendicular al grano (ELP) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	70
Anexo 38: Datos de flexión estática (ELP) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	70
Anexo 39: Análisis de varianza para la flexión estática (ELP) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	70
Anexo 40: Datos de flexión estática (MOR) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	71
Anexo 41: Análisis de varianza para la flexión estática (MOR) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	71
Anexo 42: Datos de flexión estática (MOE) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	71
Anexo 43: Análisis de varianza para la flexión estática (MOE) de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	71
Anexo 44: Datos de dureza axial de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	72
Anexo 45: Análisis de varianza para la dureza axial de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	72
Anexo 46: Datos de dureza lateral de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	72
Anexo 47: Análisis de varianza para la dureza lateral de la madera de <i>Cordia alliodora</i> (R. y P.) Oken	72

I. RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar las propiedades organolépticas, físicas y mecánicas de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, de plantaciones agroforestales, para lo cual se realizó el análisis de las propiedades físico-mecánicas de 15 árboles de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, Laurel, provenientes de plantaciones agroforestales de Jaén, de 05 a 10 años, de 11 a 15 años y de 16 a 20 años, establecidas en la jurisdicción del Centro Poblado las Naranjas, distrito y provincia de Jaén, los ensayos para determinar las propiedades físico-mecánicas se realizaron bajo lo establecido en la norma técnica peruana (NTP): NTP 251.010, NTP 251.011, NTP 251.012, NTP 251.014, NTP 251.015, NTP 251.016, NTP 251.017, y se evaluó los resultados en base a un diseño completamente al azar con submuestreo. Los resultados obtenidos muestran que; únicamente para la contracción total longitudinal existen diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos (edad de los árboles) evaluados. A partir de la densidad básica, contracciones totales y resistencia mecánica se puede ubicar a *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken en el grupo de propiedades físicas y mecánicas de baja densidad.

Palabras claves: *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, propiedades físico-mecánicas, características organolépticas, plantaciones agroforestales.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to determine the organoleptic, physical and mechanical properties of the wood of *Cordia alliodora* (R. and P.) Oken, of agroforestry plantations, for which the analysis of the physico-mechanical properties of 15 trees was carried out of *Cordia alliodora* (R. and P.) Oken, Laurel, from the agroforestry plantations of Jaén, from 05 to 10 years old, from 11 to 15 years old and from 16 to 20 years old, established in the jurisdiction of the Poblado Las Naranjas Center, district and province of Jaén, the tests to determine the physical-mechanical properties were performed under the provisions of the Peruvian technical standard (NTP): NTP 251,010, NTP 251,011, NTP 251,012, NTP 251,014, NTP 251,015, NTP 251,016, NTP 251,017, and the results were evaluated based on a completely randomized design with sub-sampling. The results

obtained show that; only for the total longitudinal contraction there are statistically significant differences between the different treatments (age of the trees) evaluated. From the basic density, total contractions and mechanical strength, *Cordia alliodora* (R. and P.) Oken can be located in the group of low density physical and mechanical properties.

Key words: *Cordia alliodora* (R. and P.) Oken, Physical-mechanical properties, organoleptic characteristics, agroforestry plantations.

II. INTRODUCCIÓN

Cordia alliodora (R. & P.) Oken es una importante especie forestal neotropical, que combina madera de alta calidad y valor con crecimiento rápido en suelos fértiles. La madera de *Cordia alliodora* tiene mucha importancia a lo largo de su rango natural, tanto para uso local por finqueros como para madera comercial en los mercados nacionales.

Las provincias de Jaén y San Ignacio albergan 26579 ha. y 17748.5 ha. de café respectivamente, de las cuales entre el 80 y 82 % del total se encuentran sembradas bajo sombra (Ministerio de Agricultura, 2003), uno de los árboles que más destaca en estos sistemas agroforestales es *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken conocida comúnmente como Laurel; estos árboles sembrados mediante sistemas agroforestales, a la fecha, se encuentran disponibles para su aprovechamiento, convirtiéndose en una de las maderas más importantes de estas provincias.

A pesar de la abundancia e importancia de esta especie maderable, no se tiene conocimiento de la calidad de la madera producida, ya que no hay estudios relacionados a la tecnología de la madera; lo que ha traído como consecuencia que no se realice un aprovechamiento y transformación a la misma escala a la que se está produciendo, y esto se refleja en los datos reportados por el Ministerio de Agricultura (2010) donde reporta que en el departamento de Cajamarca en el año 2009 solo se aprovechó 125.39 m³ de madera rolliza de Laurel. Con el conocimiento tecnológico de la madera producida en estos sistemas agroforestales, se va a poder planificar su transformación y comercialización de acuerdo con sus propiedades físicas, organolépticas y mecánicas.

El objetivo general de la investigación fue:

- Determinar las propiedades organolépticas, físicas y mecánicas de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, de plantaciones agroforestales.

Los objetivos específicos fueron:

- Determinar las propiedades organolépticas de la madera de *Cordia alliodora* (R. y

P.) Oken, de plantaciones agroforestales.

- Determinar las propiedades físicas de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, de plantaciones agroforestales.
- Determinar las propiedades mecánicas de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, de plantaciones agroforestales.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

3.1.1. DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT

El laurel (*Cordia alliodora* (R. y P.) Oken) es una especie nativa de América tropical que se distribuye desde los 25° de latitud Norte en la costa del Pacífico en México, hasta los 25° Sur en Argentina (Johnson y Morales, 1972). En la vertiente Atlántica de América Central, el laurel crece desde el nivel del mar hasta 800 m de altitud y hasta 1200 m en la vertiente del Pacífico (Boshier y Mesén, 1989). El laurel es típico del bosque secundario y se establece rápidamente en terrenos abiertos (Marinero, 1962); tiene madera de alta calidad para ebanistería, siendo una de las de mayor importancia económica en la región (Cordero y Boshier, 2003).

Según CATIE (1994) y CONABIO (2005) afirman que el laurel presenta una distribución altitudinal amplia, desde cerca del nivel del mar hasta los 2 000 msnm, como en Colombia, aunque, es más frecuente encontrarlo debajo de los 500 msnm. El laurel crece bien sobre suelos con textura mediana y bien drenados, no tolera mal drenaje o condiciones inundables. No es exigente en nutrientes, adaptándose perfectamente a áreas degradadas y abandonadas, asociada con pastizales o cultivos migratorios. Se la encuentra en zonas con topografía plana, con arenas profundas e infértiles y poca materia orgánica, entisoles u oxisoles, como en Surinam, hasta las tierras de altas montañas y muy escarpadas, con suelos volcánicos profundos, fértiles y ricos en materia orgánica, andisoles-inceptisoles, desde Colombia a Costa Rica. En Puerto Rico, crece en suelos poco profundos de tierras altas volcánicas húmedas, inceptisoles, con arcillas rojas, profundas de húmedas a muy húmedas, ultisoles, y en los suelos poco profundos sobre piedra caliza (alfisoles).



Figura 1: Distribución geográfica del Laurel. (Cenicafé, 2002)

Por su parte Boshier *et al.* (1989) afirma que en América Central *C. alliodora* es nativa de la región Atlántica (0 a 800 msnm.) y del Pacífico (0 a 1200 msnm.). En la región Atlántica, se encuentra con mayor frecuencia y se han reportado los mejores especímenes en cuanto a la altura y forma.

3.1.2. FENOLOGÍA

a. Floración

El Laurel, por ser una especie de amplia distribución altitudinal, puede comportarse diferente según la zona donde esté creciendo. Particularmente en los sitios evaluados la especie presenta dos períodos de floración al año, el primero entre los meses de diciembre y enero, que coincide con el inicio de la temporada más seca del año y el segundo período durante los meses de junio y julio, cuando se presenta una leve disminución de las lluvias. Los árboles, generalmente, florecen de manera abundante y llamativa. Esta especie es polinizada por el viento, por lepidópteros y por abejas (Gómez, 2010).

b. Fructificación y recolección

Según Gómez (2010) afirma que, aunque las flores son abundantes la cantidad de frutos que se alcanza a formar después de cada floración es baja. El desarrollo y madurez de los

frutos es rápida, tarda entre uno y dos meses. La recolección de las semillas se debe llevar a cabo una vez los frutos se tornan de color marrón y empiezan a ser diseminados por el viento, aunque se debe tener en cuenta que las flores no fertilizadas (frutos vanos) son las primeras en caer del árbol. Los frutos maduros se concentran principalmente en los meses de febrero a marzo y de agosto a septiembre, aunque en algunos casos la recolección se puede extender durante un mes más con el fin de permitir que maduren todas las semillas.

c. Brote y caída de follaje

Aunque todo el año se presenta caída y brote de hojas, la mayor pérdida de follaje se registra durante la época de menor precipitación, la cual coincide con la producción de flores y frutos. El brote de hojas se hace más evidente al inicio de la temporada de lluvias y una vez se han caído casi todos los frutos maduros (Gómez, 2010).

3.1.3. CARACTERÍSTICAS DENDROLÓGICAS (*Cordia alliodora* (R. y P.) Oken)

Aguirre y Zevallos (2014) afirman que el laurel es un árbol heliófilo, de 1200-1800 msnm, usada para sombra de café. 0.28 – 0.35 m DAP, 16 -20 m de altura, raíz tubular. Corteza gris a café, claro a oscura, fisurada y/o grieta. Rama terminal circular, marrón oscuro, anillado, 8 - 9 lenticelas/cm², con presencia de domacios con hormigas; pubescencia estrellada grisácea. Hojas simples, alternas, subopuestas y/o espiraladas; elíptica, 3 -10 x 7 - 25 cm; peciolo decurrente 1 – 2.5 cm; base irregular; elíptico - ovadas o elíptico - obovadas; borde entero; ápice acuminado, base irregular a aguda; pinnatinervia curva, 4 - 5 pares, sub - opuestas, anastomasadas; pelos estrellados diminutos, marrón claro, cartácea; abundantes puntos translúcidos. Panículas 14 – 25 cm, multifloras.

Flores: olor agradable, 1.5 – 2 cm, hermafroditas; pedicelo 1 - 2 mm; cáliz tubular 8 - 10 dientes, 5 – 8.5 mm y/o 3 – 4 mm de diámetro, verde - marrón; pubescencia estrellada soldadas en sépalos; corola 5 - 6 pétalos, blanco, 7 - 10 mm x 4 - 5 mm ancho; androceo 5 - 6 estambres, 5 -6 mm largo; dehiscencia longitudinal y anteras dorsales; ovario súpero, estilo 7 - 9 mm, estigma 2 bífido. Fruto nuececilla, verticilos florales adheridos después de la maduración; pétalos marrones, papiráceos, son adaptaciones de diseminación de semillas por el viento; semilla de 5 - 6 cm de largo (Aguirre y Zevallos, 2014).

3.1.4. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según el sistema integrado de clasificación de las angiospermas de Arthur Cronquist (1981), ocupa las siguientes categorías taxonómicas:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnolopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Lamiales

Familia: Boraginaceae

Género: *Cordia*

Especie: *Alliadora*

Nombres comunes: Laurel blanco, laurel negro, barejón, chacacaspi, capa prieto, ajo, diablo fuerte, nogal cafetero.

Nombre científico: Pertenece a la familia Boraginaceae. Primero fue descrita como *Cerdana alliadora* por Ruiz y Pavón en 1799. En 1841, Oken cambió el género por *Cordia*, lo que reemplaza a Chamisso (Johnson y Morales, 1972).

Sinónimos: *Cerdana alliadora* R. & P.; *Cordia alliadora* (R. & P.) Cham; *Cordia alliadora* var. *glabra* DC.; *Cordia cerdana* (R. & P.) R. & S.; *Cordia chamissoniana* var. *complicata* R. & P. ex Chodat.; *Cordia gerascanthus* forma *micrantha* Chodat.; *Cordia gerascanthus* Jacq. (no *Cordia gerascanthus* L.); *Cordia gerascanthus* sensu Griseb.; *Cordia gerascanthus* var. *subcanescens* DC.; *Cordia goudoti* Chodat.; *Cordia macrantha* Chodat.; *Cordia velutina* Mart.; *Lithocardium alliadorum* (R. & P.) Kuntze.; *Varronia tuberosa* S. & M. Boshier (1997), citado por Aguirre (2008).

3.2. ASPECTOS ECOLÓGICOS, EDÁFICOS Y CLIMA

3.2.1. ASOCIACIÓN NATURAL

Cordia alliadora es una especie típica del bosque de segundo crecimiento, requiere mucha luz (heliófita), es de rápido crecimiento y se establece rápidamente en terrenos abiertos aún

pastoreados, por lo que se le considera como especie invasora debido a su capacidad para regenerarse naturalmente. Su presencia es relativamente escasa en el bosque maduro, pues el establecimiento de *Cordia alliodora* probablemente depende de claros accidentales (en el bosque natural) o de intervenciones del hombre (Tschinkel, 1965).

Se encuentra frecuentemente asociado con algunos cultivos agrícolas tales como el café y el plátano en las zonas de vida bosque húmedo y muy húmedo premontano y tropical. Es utilizado bien como árbol de sombrío o como un cultivo adicional formando sistemas agroforestales; por ejemplo, asociado con cultivos de arroz y cacao (Venegas, 1971; Peck, 1976; Escobar, 1979).

3.2.2. CLIMA

El laurel se encuentra en las mejores condiciones de desarrollo en la formación bosque húmedo tropical (bh-T), con una precipitación medio anual entre 2 000 y 5 000 mm y con una temperatura promedio anual superior a 23 °C (Pérez, 1974 y Tschinkel, 1965).

El Laurel se encuentra tanto en suelos planos (aluviales) como de colina (Venegas, 1978). En América Central también es común en bosque seco tropical (1 000 a 2 000 mm de precipitación anual). En el bosque tropical seco, el crecimiento es muy lento y el precio de la madera, aunque muy dura, no compensa con esta dureza el mayor tiempo empleado en su crecimiento, además, las trozas por su pequeño diámetro no tienen aceptación en el mercado (Pérez, 1954).

3.2.3. SUELOS Y TOPOGRAFÍA

Cordia alliodora es muy tolerante en cuanto a suelos con respecto a las características físicas y químicas. Prospera en varios tipos, desde suelos arenosos profundos, bajo condiciones secas, hasta los suelos rojos arcillo-limosos y pesados de los bosques de bajura (Franco, 1976). Según Johnson y Morales (1972), el laurel no crece bien en suelos degradados ni en suelos con un mal drenaje interno. Ellos citan a varios autores, mencionando las siguientes características edáficas como aceptable para *Cordia alliodora*: suelos calcáreos, sitios húmedos con buen drenaje, suelos sueltos derivados de dioritas y esquistos, arcillas profundas y suelos pobres y rocosos. Rara vez se encuentra el laurel en suelos arenosos; sin embargo, árboles sembrados en este tipo de suelo, en Costa Rica, crecían bien.

Pérez (1954), sostiene que el laurel crece en suelos de diversas condiciones y que los suelos en donde se lo encuentra naturalmente en Costa Rica pertenecen en su mayoría a formaciones aluviales recientes y son suelos muy ricos, y que crecen mal en suelos antiguos bastante laterizados o empobrecidos.

3.3.PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA

3.3.1. PROPIEDADES FÍSICAS

Aróstegui (1982) al referirse a la densidad básica la califica como una de las características más importantes de la madera definiéndola como la relación entre el peso seco al horno y su volumen verde; finaliza mencionando que la densidad de la madera tiene gran influencia en las propiedades mecánicas como, la resistencia a la flexión, dureza y otros.

Arroyo (1983) define el peso específico de la madera como la relación que existe entre el peso seco al horno de una muestra de ella y el peso del volumen de agua desplazado por la muestra a un contenido de humedad cualquiera.

Haygreen y Bowyer (1982) haciendo referencia a la relación peso específico y resistencia señala que no todas las propiedades mecánicas son afectadas en igual grado debido a cambios en el peso específico. Es así que algunas propiedades incrementan con el peso específico mucho más rápido que otras.

Arroyo (1983) al referirse a la contracción de la madera la define como la reducción dimensional que experimenta la madera cuando pierde humedad por debajo del punto de saturación de las fibras. Menciona que la contracción longitudinal es generalmente bastante pequeña. La mayoría de especies presentan valores promedios de contracción de 0,1 y 0,2% de verde a anhidro.

En cuanto a la relación de la densidad con la contracción volumétrica de la madera, Espinoza de Pernía y León (2001) indican que como regla general se podría decir que la contracción volumétrica es proporcional a la densidad de la madera.

Aróstegui (1982) menciona que la estabilidad dimensional de la madera se puede observar mediante la relación entre la contracción tangencial y radial, este índice de estabilidad cuando se acerca a 1 significa que la madera es más estable y tiene buen comportamiento al secado.

Arroyo (1983) señala que se ha demostrado que el comportamiento físico de la madera está estrechamente relacionado con las características anatómicas, la composición química de las paredes celulares y la naturaleza y cantidad de extractivos presentes.

Asimismo, menciona que todas las propiedades físicas de la madera dependen de los factores que determinan su organización estructural. Estos factores pueden resumirse de la siguiente manera:

1. Cantidad de sustancia de la pared celular presente en una muestra cualquiera.
2. Cantidad de agua presente en la pared celular.
3. Proporción de los componentes primarios en la pared celular y la cantidad y naturaleza de las sustancias extrañas.
4. Arreglo y orientación de los materiales en los diferentes tejidos.
5. Tipo, tamaño, proporción y arreglo de las células que forman el tejido maderable.

Haygreen y Bowyer (1982) menciona a la humedad, disponibilidad de luz solar y nutriente, viento y temperatura como factores del sitio que pueden afectar el peso específico.

Estos cambios que ocurren en la madera son función no sólo de la cantidad de humedad presente, sino también de la cantidad de sustancia de la pared celular; sin embargo, menciona que esta última afinación debe considerarse sólo como un índice aproximado, dado que la correlación no se mantiene para todas las maderas.

3.3.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

Arroyo (1983), define a las propiedades mecánicas de la madera como la expresión de su comportamiento bajo la aplicación de fuerzas o cargas; esta fuerza expresada por unidad de área o volumen es un esfuerzo. El mismo autor señala tres tipos de esfuerzos primarios que pueden actuar sobre un cuerpo, siendo el primero un esfuerzo compresivo luego de tracción y por último el esfuerzo de cizallamiento. Asimismo, existe la combinación de los tres esfuerzos produciendo el efecto de flexión o pandeo.

Aróstegui (1982) al referirse a la flexión estática menciona que es la resistencia que ofrece la madera a una carga que actúa sobre una viga y los valores numéricos promedios sirven de base para obtener los valores de diseño, que son los que se emplean en los cálculos de las vigas.

Dentro de los esfuerzos en flexión estática está el módulo de elasticidad (MOE), que es un índice de la facilidad o dificultad que tiene las maderas para su deformación señalando que mientras la madera presente mayor MOE, menor será su deformación

Arroyo (1983) señala que la deformación total no recuperable que una pieza de madera puede absorber hasta el punto de falla es un índice de su tenacidad. Maderas que se doblan mucho y fallan gradualmente con la absorción de mucha energía son tenaces. Maderas que fallan abruptamente en forma completa con relativamente poca flexión, son frágiles o quebradizas.

Aróstegui (1982) señala que la compresión paralela al grano tiene importancia en la construcción, cuando la madera se usa en puntales y columnas; al referirse a la resistencia máxima a la compresión paralela al grano menciona que es la carga que produce la falla.

Arroyo (1983) menciona que el cizallamiento o esfuerzo cortante de la madera se determina solamente en la dirección paralela al grano, porque la madera es más débil en esta dirección.

Haygreen y Bowyer (1982) señalan que el cizallamiento paralelo a las fibras es importante cuando se diseñan conexiones entre elementos estructurales en construcción. Adicionalmente, el esfuerzo de cizallamiento también se desarrolla internamente en una viga de madera bajo carga debido a que las diferentes capas tienden a deslizarse horizontalmente.

Arroyo (1983) indica que la efectividad de una madera para resistir cualquier fuerza es función no sólo de la cantidad de sustancia de la pared celular, sino de las proporciones en que se encuentran los componentes de esa pared celular en una pieza dada y también de la cantidad de extractivos depositados en los lúmenes de las células.

Vignote y Jiménez (1996), mencionan que la madera no es un material homogéneo, sino un material muy diferente según el plano o la dirección que se considere. Como resultado de esa desigual configuración, presenta un desigual comportamiento. Es decir, es un material anisotrópico y para dar una idea de este comportamiento señalan que la madera, resiste entre 20 y 200 veces más en el sentido del eje del árbol, que en el sentido transversal.

Al referirse a los defectos como producto del crecimiento y que tienen importancia sobre las propiedades de la madera Arroyo (1983) explica los siguientes:

a) Nudos: este tiene importancia cuando la madera es utilizada para fines estructurales, debido a que la presencia de nudos disminuye su calidad, porque el grano es distorsionado o desviado alrededor de los nudos dejando áreas de grano cruzado, el cual afecta las propiedades mecánicas.

b) Madera de reacción: es un tipo especial de madera o tejido xilemático que se produce en los tallos inclinados y en los lados superiores e inferiores de las ramas. Las trozas que presentan este tipo de madera tienen médula excéntrica debido a un crecimiento mayor en uno de sus lados. La madera de tensión generalmente es más densa que la madera normal. Según el autor de acuerdo a pocos datos disponibles, la madera de tensión en relación con su densidad presenta propiedades mecánicas inferiores en compresión paralela al grano, compresión perpendicular, módulo de ruptura, cizallamiento y módulo de elasticidad en flexión estática.

e) Grano inclinado: cuando se trata de madera estructural, cualquier tipo de grano inclinado se considera un defecto debido a la reducción de resistencia del miembro en el cual ocurre, sin embargo el grano entrecruzado aumenta considerablemente la resistencia a la rajadura (clivaje) en el plano radial y afecta, tanto la resistencia a la flexión, como la elasticidad, investigaciones sobre el comportamiento de vigas indican que la presencia de grano entrecruzado disminuye grandemente su resistencia a la flexión y su rigidez.

Haygreen y Bowyer (1982) señalan los siguientes factores que afectan la resistencia en maderas libres de defectos, así como la forma que esta es afectada:

a) Contenido de Humedad. - A medida que la madera se seca debajo del punto saturación de las fibras, la mayoría de propiedades elásticas y resistencia se incrementan.

b) Tiempo. - El envejecimiento de la madera sin el efecto de microorganismos, altas temperaturas o carga continúa; tiene poco efecto en las propiedades.

e) Temperatura. - La mayoría de propiedades mecánicas disminuye cuando la madera es calentada e incrementa cuando esta es enfriada.

d) Fatiga. - Ésta es la habilidad del material para retener la fuerza cuando está expuesta a repetidas cargas.

e) Exposición a químicos. - la resistencia de la madera puede ser reducido por exposición severa de ambientes ácidos o alcalinos, sin embargo, la madera es más resistente que el acero a condiciones acidas.

3.4.DESCRIPCIÓN DE LA MADERA DE *Cordia alliodora*

3.4.1. ANATOMÍA

Según Aguirre y Zevallos (2014), la albura presenta un color amarillo o cremoso; la transición albura-duramen es gradual; duramen castaño claro, amarillento, castaño-amarillento; levemente aromático o a cuero, e insípida. Lustre mediano a muy bueno, brillo mediano, grano recto y textura mediana. Anillos de crecimiento anchos, definidos por el leño tardío; el leño temprano y tardío no es evidente. Poros sin patrón definido y/o múltiples radiales de 2- a 3 arracimados, 8 a 34 poros/mm². Parénquima axial apotraqueal difuso y radio medio moderadamente ancho, 15/5 mm en la sección transversal.

Los mismos autores determinaron que la madera de laurel presenta cristales, vasos cortos, radios multiseriados, diámetro tangencial de 144 a 152 µm. Punteaduras intervasculares, alternas, diámetro (vertical), 5 a 6 µm, tílides, en vasos, punteaduras radio vasculares con aréolas distintas, similares a intervasculares, fibras libriformes, punteaduras simples. Pared celular menos gruesa en madera tardía con promedio de 2 a 3 µm de espesor, fibras de 1128 a 1827 µm de longitud, punteaduras en las fibras mayormente restringidas a la pared radial, simples o con aréolas minúsculas, fibras no septadas. Lumen de 22 a 26 µm de diámetro. Parénquima axial apotraqueal difuso y parénquima axial en bandas, bandas de parénquima axial marginales o aparentemente marginales, finas, hasta 3 células/ancho (Aguirre y Zevallos, 2014).

Además, Aguirre y Zevallos (2014) determinaron que la madera de *Cordia alliodora* presenta un parénquima axial paratraqueal escaso o vasicéntrico a aliforme, parénquima aliforme en forma de rombo, parénquima axial en serie de 2 a 4 en promedio. Radios de 3 a 5 mm, multiseriados con 3 a 4 células/ancho, radios compuestos por dos o más tipos de células, heterocelulares: cuadradas, erectas y restringidas a hileras marginales, generalmente 1 hilera de células cuadradas y erectas, con células envolventes. Estructura estratificada ausente, sustancias conformado por cristales presentes o a veces no

observados, prismáticos, en células de radios. Células cristalíferas erectas y/o cuadradas o procumbentes, con un número de cristales por célula o cámara de uno.

3.4.2. PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS

La madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, tiene una durabilidad natural que va de alta a muy alta, resiste a los hongos que causan la pudrición marrón. El duramen de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken es altamente resistente al ataque de termitas. Es moderadamente fácil de trabajar con pentaclorofenol (Franco, 1976).

La madera de laurel es fácil de secar al aire libre, ya que presenta un secado rápido cuando existen buenas condiciones de aireación. La madera alcanza una humedad de equilibrio con el medio ambiente en un lapso de 100 a 150 días y no presenta defectos apreciables, aunque el tiempo de secado depende directamente de las condiciones climáticas locales. También, puede secarse artificialmente, pero cuando se aplican programas de secado muy severos, la madera sufre agrietamientos, leves torceduras e incluso se puede producir colapso (Franco, 1976 y Johnson y Morales, 1972).

La madera del Laurel (*Cordia alliodora*) es considerada como de gran importancia económica ya que es ampliamente utilizada. La gravedad específica varía de 0.38 – 0.73 g/cm³ y su peso específico básico promedio es de 0.53 g/cm³ por lo que se clasifica como una madera moderadamente pesada. Aunque, sus propiedades físicas pueden variar de acuerdo con su procedencia, siendo más liviana en los sitios más húmedos. La velocidad de secado es de rápida a moderada, no registra defectos de secado apreciables y la estabilidad dimensional es excelente. Es una madera fácil de trabajar, fácil de preservar y tiene una alta durabilidad natural. (Boshier, 2003).

El peso específico de la madera de *Cordia alliodora* varía de 0.44 a 0.52 g/cm³, mientras que su densidad básica es variable, llegando a ser 0.38 a 0.64g/cm³ (MAG, 2004; CATIE 1994; Liegel y Stead, 1990; Johnson y Morales, 1972), por su parte Johnson y Morales (1972) reportan valores de 0.29 gr/cm³ en el bosque húmedo tropical de Costa Rica, hasta 0.70 gr/cm³ en bosques xerofíticos de las Islas Caribes. Las propiedades resultan más altas que las esperadas, al compararlas con las propiedades mecánicas de especies que tiene un peso específico similar. Mejía y Salazar (1985) encontraron en un estudio con material de

la zona cafetera, que las características físicas y mecánicas del laurel presentan valores bajos a medianos.

Las propiedades mecánicas de esta madera son muy similares a las de (*Swietenia macropylla*), al igual que su gravedad específica es similar a la Caoba y de la Caobilla también, por lo que se constituye en un bien sustituto de ambas especies, (Flores y Obando, 2003)

Mientras que González *et al.* (1971) sugiere una relación entre el peso específico, la edad y las propiedades mecánicas de la madera de laurel. Echenique (1970), citado por Betancur y Zapata (1983), anota que la madera de laurel presenta ligeras variaciones en sus propiedades físico-mecánicas en algunos ejemplos reportados en la literatura, pero considera que estas diferencias son probablemente causadas más por condiciones de sitio y variaciones en el árbol, que por condiciones geográficas.

Otros autores (Mora, 1972; McCarter, 1987) sugieren una relación entre las características del sitio, el crecimiento (diferencias entre procedencias) y el peso específico de la madera.

Por su parte Boshier (2002) determinó que la madera de Laurel recién talado, seca con rapidez y casi no presenta cuarteadura y torcedura; disminuyendo su volumen aproximadamente 9 por ciento del total verde. Seca es fácil de trabajar, teniendo un acabado liso y se encola con facilidad.

Además, Boshier (2002) afirma que el duramen no es receptivo a tratamientos con preservativos, pero posee cierta resistencia natural a hongos, termitas y polilla de mar. La resistencia está relacionada al color del duramen, siendo mayor cuando es más oscura. Cuando alcanza diámetros superiores a 20 cm, y longitudes comerciales encima de 2.51 m, presentan textura fina-media o alta y las propiedades de resistencia mejoran un poco a secarse; la albura amarilla-cremosa es más liviana que el duramen amarillo-café o café-oscuro, este último muy resistente al ataque de comején y pudrición causado por hongos, sin embargo, la albura es considerablemente más susceptible.

Algunos investigadores han afirmado que aún falta evaluaciones completas de la anatomía y propiedades físicas-mecánicas de la madera (Liegel y Stead, 1990; Johnson y Morales, 1972); sin embargo, Flores y Obando (2003) consideraron que sus características son

buenas y hasta similares a la caoba, constituyéndose en un buen sustituto de dicha especie (Hummel, 2000).

3.4.3. USOS

Silva, (2007) afirma que la madera de laurel es usada para muebles finos; marcos de puertas y ventanas, elementos estructurales no sometidos a altas cargas, pisos en habitaciones de tráfico liviano, chapas decorativas, artesanías y juguetes.

Por su parte Vásquez y Ramírez, (2005), afirma que su madera es liviana, con baja estabilidad dimensional, propiedades físico - mecánicas medias a altas. Fácil de secar al aire, presenta deformaciones y grietas leves, es considerada de muy buena calidad, fácil de trabajar y de pulir, y debido a su veteado llamativo es muy apreciada en la industria de muebles finos, decorativos de baño y de oficina, cocinas integrales, puertas, marcos y ventanas, carrocerías, artículos de escritorio, artesanías, instrumentos musicales y chapas decorativas. Igualmente, por su resistencia es utilizada en construcciones livianas, como tablillas para pisos y techos, mangos para herramientas e implementos agrícolas.

3.5. IMPORTANCIA DE LA ESPECIE *Cordia alliodora*

3.5.1. IMPORTANCIA AGROFORESTAL

Según Hiremath (2000), es posible asociarla con cultivos agrícolas, siendo uno de los componentes más importante de los sistemas agroforestales en América, sobre todo con los cultivos de café. En esos sistemas integrales de producción es usada de varias formas: en pastizales, linderos, sombra para cultivos perennes (café, cacao, caña de azúcar).

El laurel tiene características apropiadas como árbol de sombra de café (*Coffea sp*) o cacao (*Theobroma cacao*); es de fuste recto y delgado de 15 a 30 m, con mínima bifurcación, de copa angosta, rala, abierta y notoria capacidad de autopoda, se puede propagar por pseudoestacas (Greaves y McCarter, 1990; Boshier y Lamb, 1997; Calvo y Meléndez, 1999).

3.5.2. IMPORTANCIA ECONÓMICA

La madera es de buena calidad, presenta densidad básica de 0.39 g/cm^3 , es blanda pero fuerte y resistente, es fácil de secar, trabajar y pulir, es resistente al ataque de insectos y de hongos, se usa para carpintería en forma de barrotes, reglas y cuadros. Es muy apreciada por la presencia de un veteado llamativo, es apropiada para muebles finos, pisos, puertas, decoración de interiores, carrocerías, puentes, artículos de escritorio, durmientes, artículos deportivos, instrumentos musicales, mangos para herramientas, postes, ebanistería, remos, embarcaciones y aros para barriles (Hernández *et al.*, 2004).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

4.1.1. UBICACIÓN DE LOS LUGARES DE MUESTREO

Los lugares de muestreo fueron elegidos en aquellas localidades donde había plantaciones agroforestales de *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken (ver Cuadro 1). Para la extracción de las viguetas, se tomó como variable la edad de los árboles, la que fue facilitada por los propietarios de las parcelas. La ubicación geográfica la podemos observar en el Anexo 1 y Figura 2.

Cuadro 1: Lugares de colección de muestras para análisis de propiedades físico-mecánicas

REGIÓN	DISTRITO	PROVINCIA	LOCALIDAD
Cajamarca	Jaén	Jaén	Santa Fé de las Naranjas
			La Palma de las Naranjas
			Nueva Esperanza

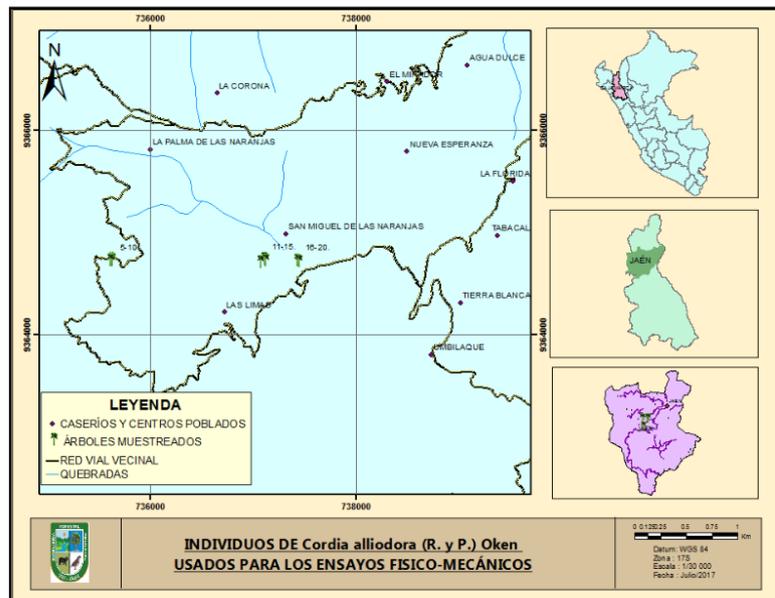


Figura 2: Ámbito de estudio

4.2.DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El clima existente en las zonas de muestreo es del tipo muy lluvioso, cálido, muy húmedo, abundante precipitación durante todo el año, permanentemente húmedo por la alta concentración de vapor de agua en la atmósfera; el tiempo en esta región está determinada por el anticiclón del Atlántico Sur, la baja presión ecuatorial, ligada a la zona de convergencia intertropical. Es una zona muy inestable (disminución de la temperatura con la altura) (SENAMHI, 2017). De acuerdo con el sistema de Clasificación climática de Köppen (1948), el área en la cual se encuentran las parcelas muestreadas está incluida en los Climas: templado moderado lluvioso y Clima tropical permanentemente húmedo. La variación de temperatura en invierno oscila entre 12 y 18 °C, correspondiendo a las áreas más elevadas. La temperatura en las zonas más bajas es superior a 24 °C y la cantidad de la precipitación anual superior a 750 mm.

La zona de vida, de acuerdo con Holdridge (PEJSIB INRENA, 1994) es de bosques húmedo-premontano tropical, en la zona la temperatura máxima mensual promedio es de 25.8 °C en noviembre y la mínima de 23.7 °C en Julio; la precipitación total anual 1200 mm.

4.3. MATERIALES Y EQUIPOS

4.3.1. MATERIALES

a. Material biológico

Las probetas de madera empleadas para este estudio corresponden a *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, cuya edad estuvo segmentada en tres ciclos, de 05 y 10 años, 11 Y 15 años, 16 y 20 años.

b. Materiales de campo

Motosierra, machetes, wincha, pintura, libreta de notas.

c. Material de gabinete

Información recopilada, materiales de escritorio.

4.3.2. EQUIPOS

a. Equipos de laboratorio

Balanza, estufa, campanas de desecación, micrómetro, prensa universal y accesorios, vernier, pinzas, cámara fotográfica.

b. Equipos usados en la preparación de las probetas

Cierra cinta, cierra circular, garlopa, cepilladora.

4.4. METODOLOGÍA

4.4.1. SELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES MUESTREADOS

Se seleccionó árboles de la especie *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken (ver Anexo 1) que han sido sembrados en sistemas agroforestales, segmentándolos en grupos de acuerdo a sus edades para determinar la variación de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de laurel con respecto a la edad, los grupos estuvieron comprendidos entre 05 y 10 años, 11 Y 15 años, 16 y 20 años, estos datos fueron facilitados por los pobladores que en sus predios han sembrado la especie, tomándose muestras de 5 árboles por cada estrato, en total 15 individuos. El muestreo está en función a lo establecido en la norma técnica peruana (NTP 251-008).

4.4.2. OBTENCIÓN DE TROZAS

Se identificó y taló a los árboles seleccionados, luego se extrajo una troza de 2 m de longitud, de ésta, se cortó una vigueta de madera, de 8 cm de espesor abarcando de corteza a corteza de tal forma que quedó incluida la médula, siendo selladas con pintura metálica para mantener el contenido de humedad requerido en el estudio, posteriormente de estas viguetas se realizaron las orientaciones y cortes adecuados y necesarios para la extracción de las probetas a las que se realizó los ensayos físico – mecánicos.



Figura 3: Troza de madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken



Figura 4: Extracción de pieza de madera de 8 cm de espesor por 2 m de largo.



Figura 5: Probetas para ensayos físico-mecánicos de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

4.4.3. VARIABLES EVALUADAS

- **Propiedades físicas**

Las propiedades físicas analizadas fueron: contenido de humedad, densidad y contracción total. Estas propiedades se analizaron siguiendo las siguientes Normas Técnicas Peruanas (NTP).

Norma NTP 251.010: Método de determinación del Contenido de humedad.

Norma NTP 251.011: Método de determinación de la densidad.

Norma NTP 251.012: Método de determinación de la Contracción.

- **Propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas analizadas fueron: cizallamiento paralelo al grano, compresión perpendicular y paralela al grano, dureza y flexión estática; todos los ensayos se hicieron siguiendo los lineamientos de las Normas Técnicas Peruanas.

Norma NTP 251.013: Método de determinación del Cizallamiento paralelo al grano.

Norma NTP 251.014: Método de determinación de la Compresión paralela al grano.

Norma NTP 251.015: Método de determinación de la Dureza.

Norma NTP 251.016: Método de determinación de la Compresión perpendicular.

Norma NTP 251.017: Método de determinación de la Flexión estática.

4.4.4. PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se hizo un análisis básico de los datos, elaborando cuadros y gráficos, además de la obtención de promedios y coeficientes de variación.

El análisis, se realizó sobre tres tratamientos (5-10 años, 11-15 años y 16-20 años). Se realizó un Diseño completamente al azar con sub muestreo (DCA), se procedió a realizar el respectivo ANVA, en el caso de que se encontró diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos se prosiguió a utilizar la prueba de Duncan.

A continuación, se muestra el modelo aditivo lineal (ECM).

- **Modelo estadístico:**

$$Y_{ijk} = \mu + t_1 + E_{j(i)} + n_{k(ij)}$$

$$\begin{cases} i = 1, 2, \dots, t \\ j = 1, 2, \dots, r \\ k = 1, 2, \dots, m \end{cases}$$

Donde:

Y_{ijk} = valor de la variable de respuesta correspondiente a la k-ésima muestra sobre la unidad experimental que lleva el tratamiento i en la repetición j.

μ = Media general de la variable respuesta.

t_1 = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$E_{j(i)}$ = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental (error entre parcelas)

$n_{k(ij)}$ = Error de muestreo dentro de la ij-ésima unidad experimental (error dentro de parcelas).

- **Hipótesis**

$$H_0: V_i \ i = 1, 2, \dots / t_i = t$$

$$H_a: \exists_i \ i = 1, 2, \dots / t_i \neq t$$

- **Análisis de varianza**

Cuadro 2: Fuentes de variación y esperados cuadrados medos

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Tratamientos	$t - 1$	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_{i...}^2}{rm} - \frac{Y_{...}^2}{rtm}$	SC_{trat}/gl_{trat}	F_2
Error experimental	$t(r - 1)$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r \frac{Y_{ij.}^2}{m} - \sum_{i=1}^t \frac{Y_{i...}^2}{rm}$	SC_{ee}/gl_{ee}	F_1 $= \frac{CM_{ee}}{CM_{em}}$
Error de muestreo	$tr(m - 1)$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^m Y_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r \frac{Y_{ij.}^2}{m}$	SC_{em}/gl_{em}	
Total	$trm - 1$	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r \sum_{k=1}^m Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{rtm}$		

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS.

Se observó para los distintos tratamientos que, el color de la albura de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, varía entre amarillo y crema, el duramen es de color pardo oscuro, la transición de color entre el duramen y la albura es de forma abrupta, tiene un vetado en forma de arcos superpuestos, presenta un olor aromático, lustre muy bueno, grano recto y textura fina. Por su parte, Pérez (2014), afirma que en ocasiones, la zona de transición entre la albura y el duramen no está bien definida, el vetado es pronunciado debido a la diferencia de tono entre madera temprana y madera tardía de cada anillo de crecimiento y también a las líneas de vaso. La albura es de color pardo muy pálido (HUE 10 YR 8% 3), amarillento o café pálido. Es una madera con textura uniforme de fina a mediana, tiene mucho lustre, el hilo es generalmente recto, aunque a veces estrellado.

Cuadro 3: Propiedades organolépticas del Laurel (*Cordia alliodora*)

Propiedades organolépticas del Laurel (<i>Cordia alliodora</i>)	
Color de albura	Amarillo y crema
Duramen	Oscuro
Transición de color entre duramen y albura	Abrupta
Vetado	Arcos superpuestos
Olor	Aromático
Grano	Entrecruzado
Textura	Fina

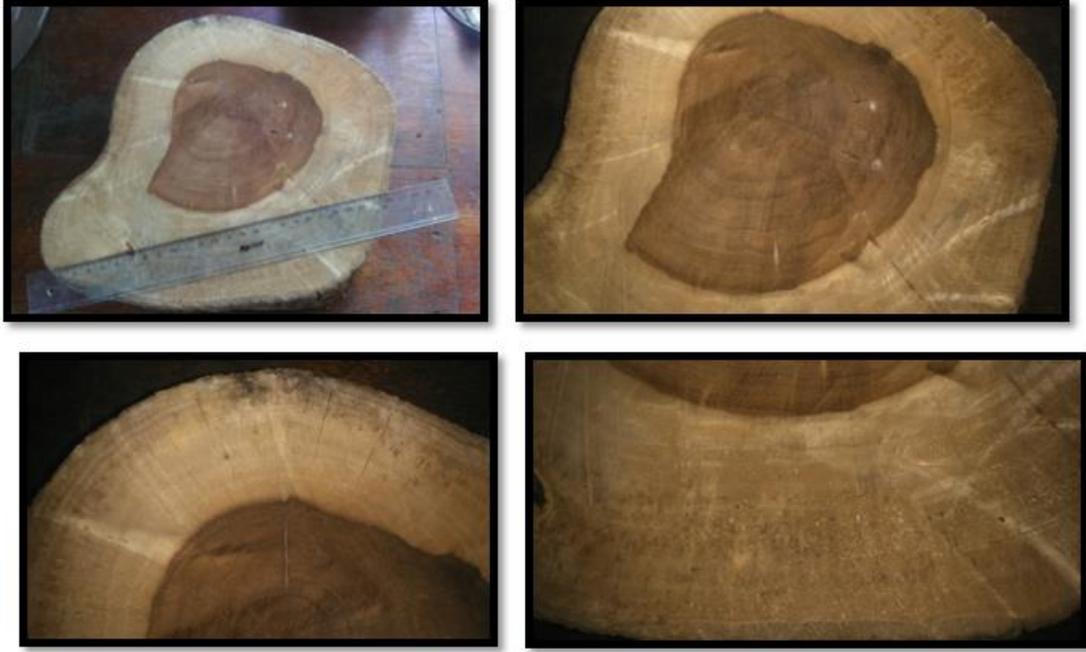


Figura 6: Rodaja de madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken para análisis de propiedades organolépticas.



Figura 7: Tipo de grano de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken



Figura 8: Variación abrupta del color entre el duramen y la albura.



Figura 9: Vista microscópica de la sección transversal de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

5.2.PROPIEDADES FÍSICAS

5.2.1. CONTRACCIÓN NORMAL DE LA MADERA DE *Cordia alliodora* (R. y P.)

Oken

En el Cuadro 4 se muestra el análisis de varianza (ANVA) realizado a los datos de la contracción normal de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, esta información ha sido obtenida del Anexo 5, Anexo 7, Anexo 9 y Anexo 11, mientras que en el Cuadro 5 se muestran los valores promedio de los distintos tratamientos para la contracción normal de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

Cuadro 4: Análisis de varianza para la contracción normal de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Contracción Normal				F Tabular
		C. N. Tangencial F	C. N. Radial F	C. N. Longitudinal F	C. N. Volumétrica F	
Tratamientos	2	0.0329 N.S	0.5436 N.S	1.3197 N.S	0.8700 N.S	3.885
Error experimental	12					
Error de muestreo	45					
Total	59					
Coficiente de variabilidad (%)		7.7408	12.4800	10.9167	7.5428	

N. S.: No significativo. C. N.: Contracción normal

Al observar los resultados, no se evidencian diferencias estadísticas significativas para ningún tipo de contracción normal de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, además se observan que los coeficientes de variabilidad para las distintas contracciones normales de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken se encuentran bajo los límites aceptables.

Cuadro 5: Valores promedio de la contracción normal de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamiento	C. N. Tangencial (%)	C. N. Radial (%)	C. N. Longitudinal (%)	C. N. Volumétrica (%)	Relación T/R
5 - 10 años	3.48	2.52	0.32	4.93	1.38
11 - 15 años	3.77	2.52	0.26	4.38	1.49
16 - 20 años	3.90	2.30	0.32	4.50	1.69

C. N.: Contracción normal

Se puede observar que únicamente para la contracción normal tangencial muestra una tendencia de incrementarse conforme la edad va incrementándose, sin embargo esto no se observa en los demás tipos de contracción normal, estos últimos resultados podrían estar asociados a factores intrínsecos estructurales de la madera (Thibaut, 1998), y podrían estar influenciados por la probable presencia de madera juvenil y madera de compresión, tal como lo señala Jost (2006), de los cuatro tipos de contracciones, la contracción normal longitudinal, resulta ser la menor, tal como lo afirma Arroyo (1983).

5.2.2. CONTRACCIÓN TOTAL DE LA MADERA DE *Cordia alliodora* (R. y P.)

Oken

En el Cuadro 6 se muestra el análisis de varianza (ANVA) realizado a los datos de la contracción total de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, esta información ha sido obtenida del Anexo 13, Anexo 15, Anexo 17 y Anexo 19, además en el Cuadro 8 se muestran los valores promedio de los distintos tratamientos para la contracción total de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

Cuadro 6: Análisis de varianza para la contracción total de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Contracción Total				F tabular
		C. T. Tangencial	C. T. Radial	C. T. Longitudinal	C. T. Volumétrica	
		F	F	F	F	
Tratamientos	2	0.8597 N. S	2.2594 N. S	4.2023 *	1.1809 N. S	3.885
Error experimental	12					
Error de muestreo	45					
Total	59					
Coefficiente de variabilidad (%)		7.4313	11.3818	10.3475	7.4058	

N. S.: No significativo. *: Significativo. C. T.: Contracción total

Al observar los resultados, no se evidencian diferencias estadísticas significativas para contracción total tangencial, contracción total radial y contracción total volumétrica, sin embargo, si se observa diferencias estadísticamente significativas para la contracción total longitudinal de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, además se observan que los coeficientes de variabilidad para las distintas contracciones totales de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken se encuentran bajo los límites aceptables.

Cuadro 7: Prueba de Duncan para los datos de contracción total longitudinal de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

Tratamiento	Media	Significancia
5 – 10 años	0.76	a
16 – 20 años	0.60	ab
11 – 15 años	0.52	b

Se puede observar que existen diferencias estadísticas significativas entre el primer tratamiento (5 - 10 años) y segundo tratamiento (11 - 15 años), pero éstos dos tratamientos no muestran diferencias estadísticas significativas con el tercer tratamiento (16 - 20 años), este comportamiento de la madera se le atribuye a características intrínsecas de las probetas en estudio como por ejemplo la presencia de madera juvenil, ya que esta tiene mayor ángulo de depósito de las microfibrillas en la capa S2 de la pared secundaria, tal como lo señala Vásquez (2010).

Cuadro 8: Valores promedio de la contracción total de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamiento	C. T. Tangencial	C. T. Radial	C. T. Longitudinal	C. T. Volumétrica	Relación T/R
5 - 10 años	5.30	3.65	0.76	9.15	1.45
11 - 15 años	5.75	3.73	0.52	8.49	1.54
16 - 20 años	5.99	3.07	0.60	8.26	1.95

C. T.: Contracción total

Se puede observar que únicamente para la contracción total tangencial muestra una tendencia a incrementarse conforme la edad va aumentando, la contracción total tangencial también lo hace, sin embargo esto no se observa en los demás tipos de contracción total, estos últimos resultados podrían atribuirse a la presencia de madera juvenil con posibles zonas de madera de reacción esto estaría provocando una distribución y severidad anormal de la contracción entre las diferentes muestras (Pantigoso, 2009), además podría explicarse por la mayor inclinación de las microfibrillas en la madera juvenil (Torres, 2009). Por su parte, Tenorio, Moya, Salas y Berrocal (2016) determinaron que la contracción total tangencial y la contracción total radial para *Cordia alliodora* de 14 años fue de 5.6 % y 3.9% respectivamente, resultados similares a los encontrados en el segundo tratamiento.

Se puede observar también, que la contracción total volumétrica se encuentra entre 8.26 % y 9.15 %, lo que la ubica en el grupo II, dentro de las maderas de baja contracción volumétrica, según lo propuesto por Aróstegui (1982).



Figura 10: Probetas de madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken siendo saturadas con agua.



Figura 11: Probetas de madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken en ambiente normalizado.



Figura 12: Probeta de madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken siendo medida longitudinalmente con el micrómetro.

5.2.3. DENSIDAD DE LA MADERA DE *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

En el Cuadro 9 se muestra el análisis de varianza (ANVA) realizado a los datos de la densidad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, esta información ha sido obtenida del Anexo 21, Anexo 23, Anexo 25 y Anexo 27, además en el Cuadro 10 se muestran los valores promedio de los distintos tratamientos para la densidad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

Cuadro 9: Análisis de varianza para la densidad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Densidad				F tabular
		D. Básica	D. en estado saturado	D. en estado seco	D. en estado anhidro	
		F	F	F	F	
Tratamientos	2	0.00058 N.S	0.0054 N.S	0.0023 N.S	0.0018 N.S	3.885
Error experimental	12					
Error de muestreo	45					
Total	59					
Coefficiente de variación (%)		8.7379	12.0040	8.2069	8.3270	

N. S: No significativo. S: Significativo.

Al observar los resultados, no se evidencian diferencias estadísticas significativas para ningún tipo de densidad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, los mismos reportes los da Torres (2009) y Vicayauri (2009), además se observan que los coeficientes de variabilidad para las distintas densidades de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken se encuentran bajo los límites aceptables.

Cuadro 10: Valores promedio de la densidad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamiento	D. Básica (g/cm ³)	D. en estado saturado (g/cm ³)	D. en estado seco (g/cm ³)	D. en estado anhidro (g/cm ³)
5 - 10 años	0.36	0.76	0.40	0.38
11 - 15 años	0.35	0.76	0.41	0.39
16 - 20 años	0.36	0.71	0.42	0.40

Se observa que la densidad básica de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, se encuentra entre 0.35 y 0.36 g/cm³, lo que la ubica en el grupo II dentro de las maderas de baja densidad según lo propuesto por Aróstegui (1982), por su parte, Tenorio *et al.* (2016) determinaron que la densidad básica para *Cordia alliodora* de 14 años fue de 0.34 g/cm³, dato similar al encontrado en el segundo tratamiento de la presente investigación.

Para la densidad en estado saturado de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, Tenorio *et al.* (2016) determinaron que esta densidad para *Cordia alliodora* de 14 años fue de 0.85 g/cm^3 , dato superior al encontrado en la presente investigación, esto podría atribuirse a características inherentes de las probetas estudiadas (Vilcayahuri, 2009).

Los datos de densidad en estado seco al aire y estado anhidro de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.), muestran una tendencia de incrementarse con forme la edad de los árboles lo hace, datos similares encontraron Quintana *et al.* (2011).



Figura 13: Determinación de la densidad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

a) Determinación del peso verde de las probetas de madera, b) secado de las probetas de madera por 32 horas a $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, c) probetas de madera en cámara de desecación y d) medición del volumen y peso específico de las probetas de madera.

5.2.4. HUMEDAD DE LA MADERA DE *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

En el Cuadro 11 se muestra el análisis de varianza (ANVA) realizado a los datos del contenido de humedad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, en el Cuadro 12 se muestran los valores promedio de los distintos tratamientos para el contenido de humedad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

Cuadro 11: Análisis de varianza para el contenido de humedad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F	F crítico
Tratamientos	2	484.460600	242.230300	1.80	3.885
Error experimental	12	1611.125425	134.260452	N.S	
Error de muestreo	45	95.865698	2.130349		
Total	59	2191.451722			

N.S: No significativo. S: Significativo. Coeficiente de variabilidad: 3.0204 %

Al observar los resultados, no se evidencian diferencias estadísticas significativas para el contenido de humedad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, además se observan que el coeficiente de variabilidad del contenido de humedad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken muestra un valor aceptable.

Cuadro 12: Valores promedio y de dispersión del contenido de humedad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

Tratamiento	Contenido de humedad (%)
5 - 10 años	61.77
11 - 15 años	53.23
16 - 20 años	51.41

Se observa que la humedad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken va disminuyendo con forme la edad de los árboles va incrementándose, esto se explica por el proceso de duraminización que sufre la madera, mientras mayor es la edad de la madera, la cantidad de espacios poroso es menor, por ende menor contenido de humedad, esto se evidencia también, en el dato de densidad que tiende a ser mayor que la madera de menor edad, (Quintana *et al.*, 2011).

5.3.PROPIEDADES MECÁNICAS

5.3.1.COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO

En el Cuadro 13 se muestra el análisis de varianza (ANVA) realizado a los datos de la compresión paralela al grano de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, esta información ha sido obtenida del

Anexo 30, Anexo 32 y Anexo 34, además en el Cuadro 13 se muestran los valores promedio de los distintos tratamientos para compresión paralela al grano de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

Cuadro 13: Análisis de varianza para la compresión paralela de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Compresión paralela		
		ELP F	MOR F	MOE F
Tratamientos	2	1.333 N.S	0.633 N.S	1.586 N.S
Error experimental	12			
Error de muestreo	15			
Total	29			
Coefficiente de variabilidad (%)		12.672	9.093	11.788

N.S: No significativo. S: Significativo. El F crítico es de 3.885.

Al observar los resultados, no se evidencian diferencias estadísticas significativas para la compresión paralela al grano de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, además se observan que los coeficientes de variabilidad para la compresión paralela al grano, algunos se muestran relativamente altos, estos resultados se deben a las características intrínsecas de las probetas evaluadas, este comportamiento fue reportado también por García (2016) y López (2016).

Cuadro 14: Valores promedio de la compresión paralela de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamiento	MOR (Kg/cm ²)	ELP (Kg/cm ²)	MOE (Kg/cm ²)
5 - 10 años	175.35	131.61	59445.90
11 - 15 años	191.45	135.23	73868.20
16 - 20 años	181.79	154.69	69667.10

En compresión paralela al grano de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, el módulo de ruptura (MOR) va de 131.61 a 154.69 Kg/cm², lo que la ubica en el grupo II, dentro de las maderas de clasificación de baja resistencia según lo propuesto por Aróstegui (1982).

Los datos del esfuerzo al límite proporcional (ELP), muestran tendencia de incrementar con respecto al incremento de la edad de los árboles, mientras que los resultados de módulo de elasticidad (MOE) y del módulo de ruptura (MOR) no muestran dicha tendencia, este comportamiento podría ser el resultado de una combinación de factores

anatómicos con la presencia de madera juvenil (Silva, 2003), durante la selección de listones para la preparación de probetas.



Figura 14: Probetas de madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken para determinación de compresión paralela.



Figura 15: Ensayo de compresión de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

5.3.2. COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO

En el Cuadro 15 se muestra el análisis de varianza (ANVA) realizado a los datos de compresión perpendicular al grano de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, en el Cuadro 16 se muestran los valores promedio de los distintos tratamientos para compresión perpendicular al grano de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

Cuadro 15: Análisis de varianza para la compresión perpendicular al grano, de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F	F crítico
Tratamientos	2	36.90	18.45	0.66 N.S	3.89
Error experimental	12	337.62	28.13		
Error de muestreo	15	124.20	8.28		
Total	29	498.72			

N.S: No significativo. S: Significativo. Coeficiente de variabilidad: 12.764

Al observar los resultados, no se evidencian diferencias estadísticas significativas para la compresión perpendicular al grano de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, se observa que el coeficiente de variabilidad es relativamente alto, este comportamiento se le podría atribuir a la presencia de madera de reacción en las probetas estudiadas.

Cuadro 16: Valores promedio del Esfuerzo al Limite Proporcional (ELP) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamiento	ELP (Kg/cm ²)
5 - 10 años	21.46
11 - 15 años	22.10
16 - 20 años	24.07

En compresión perpendicular al grano de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, se puede observar que existe una tendencia de incrementarse con respecto a la edad, estos resultados van de 21.461 a 24.07 Kg/cm², lo que la ubica en el grupo II, dentro de las maderas de clasificación de baja resistencia según lo propuesto por Aróstegui (1982).

5.3.3. FLEXIÓN ESTÁTICA

En el Cuadro 17 se muestra el análisis de varianza (ANVA) realizado a los datos de flexión estática de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, esta información ha sido obtenida del Anexo 39, Anexo 41 y Anexo 43, mientras que en el Cuadro 18 se muestran los valores promedio de los distintos tratamientos para flexión estática de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

Cuadro 17: Análisis de varianza para la flexión estática, de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Flexión estática		
		ELP	MOR	MOE
		F	F	F
Tratamientos	2	1.473 N.S	0.356 N.S	2.234 N.S
Error experimental	12			
Error de muestreo	15			
Total	29			
Coefficiente de variabilidad (%)		17.870	9.749	13.977

N.S: No significativo. S: Significativo. El F crítico es de 3.885.

Al observar los resultados, no se evidencian diferencias estadísticas significativas para la flexión estática de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, observándose, además, los altos coeficientes de variabilidad, resultados que se deben esencialmente a los factores estructurales descritos por Thibaut (1998), además que puede estar relacionada con factores tales como presencia de nudos e inclinación de la fibra señalado por García (2016).

Cuadro 18: Valores promedio de la flexión estática de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamiento	MOR (Kg/cm ²)	ELP (Kg/cm ²)	MOE (Kg/cm ²)
5 - 10 años	449.50	228.05	81479.48
11 - 15 años	470.98	236.06	93829.03
16 - 20 años	474.66	256.61	104603.20

En flexión estática de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, el módulo de ruptura (MOR) va de 470.98 a 449.50 Kg/cm², lo que la ubica en el grupo II, dentro de las maderas de clasificación de baja resistencia según lo propuesto por Aróstegui (1982), esta condición podría asociarse como menciona Niva (2006) y, Pearson y Gilmore citado por Cown (1992) a la presencia de la madera juvenil con mayor ángulo microfibrilar atribuido por ser una especie de rápido crecimiento.

Para el esfuerzo al límite proporcional (ELP) y módulo de elasticidad (MOE), siguen la tendencia de incrementar con respecto al incremento de la edad, esto se asocia a la densidad de la madera, es decir, mientras mayor es la densidad, el valor de estas

propiedades también incrementa, tal como lo señala Urbina (2017), por su parte Condori (2007), afirma que toda propiedad resistente de un material depende en gran medida de la cantidad de materia sólida que posea por unidad de volumen; es decir, la densidad de éste, así las propiedades de las probetas libres de defectos deben de tener una buena correlación con la densidad básica.



Figura 16: Probetas de madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken listas preparadas para ensayo de flexión estática.



Figura 17: Ensayo de flexión estática sobre probeta de madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken



Figura 18: Ruptura de la probeta al finalizar ensayo de flexión estática.

5.3.4. CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO

En el Cuadro 19 se muestra el análisis de varianza (ANVA) realizado a los datos de cizallamiento paralelo al grano de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, en el Cuadro 20 se muestran los valores promedio de los distintos tratamientos cizallamiento paralelo al grano de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

Cuadro 19: Análisis de varianza para el cizallamiento paralelo al grano, de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F	F crítico
Tratamientos	2	307.96	153.98	1.03 N.S	3.89
Error experimental	12	1801.29	150.11		
Error de muestreo	15	17.94	1.20		
Total	29	2127.19			

N.S: No significativo. S: Significativo. Coeficiente de variabilidad: 1.93

Al observar los resultados, no se evidencian diferencias estadísticas significativas para el cizallamiento paralelo al grano de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, se observa un coeficiente de variabilidad bajo.

Cuadro 20: Valores promedio y de dispersión del cizallamiento tangencial de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Ciclo en años	Cizallamiento Tangencial (Kg/cm ²)
5-10 años	52.77
11-15 años	56.37
16-20 años	60.61

El cizallamiento paralelo al grano de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken está relacionada con la edad de esta especie, al igual que con la densidad; es decir, mientras mayor es la densidad, la resistencia al cizallamiento se incrementa, tal como lo afirma Condori (2007).

En el cizallamiento tangencial de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, los dos primeros tratamientos la ubican en el grupo II, dentro de las maderas de clasificación de baja resistencia, mientras que el tercer tratamiento está en límite inferior de las maderas ubicadas en el III grupo considerada como maderas de media resistencia, según lo propuesto por Aróstegui (1982), esto se atribuye a la presencia de madera de tensión en las probetas ensayadas, tal como lo señala Sueros (2017).

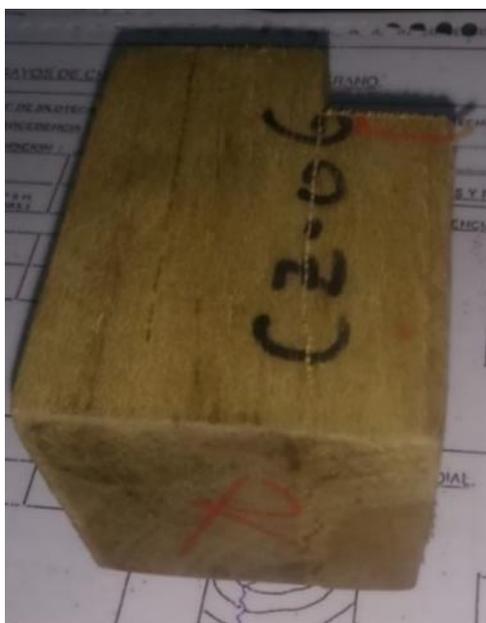


Figura 19: Probeta de madera lista para ensayo de cizallamiento paralelo al grano.



Figura 20: Accesorio usado en ensayo de cizallamiento paralelo al grano.



Figura 21: Probeta al término de ensayo de cizallamiento.

5.3.5. DUREZA

En el Cuadro 21 se muestra el análisis de varianza (ANVA) realizado a los datos de dureza de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, esta información ha sido obtenida del Anexo 45 y Anexo 47, además en el Cuadro 22 se muestran los valores promedio de los distintos tratamientos para la dureza de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

Cuadro 21: Análisis de varianza para la dureza de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, a un intervalo de confianza del 95 %.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Dureza	
		Axial F	Lateral F
Tratamientos	2	0.206 N.S	0.033 N.S
Error experimental	12		
Error de muestreo	15		
Total	29		
Coefficiente de variación (%)		9.664	9.412

N.S: No significativo. S: Significativo. El F crítico es de 3.885.

Al observar los resultados, no se evidencian diferencias estadísticas significativas para la dureza de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, además se observan que los coeficientes de variabilidad para la dureza de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken se encuentran bajo los límites aceptables.

Cuadro 22: Valores promedio de la dureza en los extremos de la probeta de madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Axial	Lateral
5 - 10 años	251.84	264.81
11 - 15 años	260.38	266.87
16 - 20 años	261.54	273.14

Los datos de dureza lateral de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, nos permiten ubicarla en el grupo II, dentro de las maderas de clasificación de baja resistencia a la dureza, según lo propuesto por Aróstegui (1982). Nótese que los valores de dureza muestran la tendencia de incrementarse conforme lo hace la edad, obteniéndose los valores más altos en el tercer tratamiento, lo que se explica por su mayor densidad, puesto que existe una alta correlación entre la dureza y densidad de la madera (Forest Products Laboratory, 2010; Rodríguez et al., 2014).

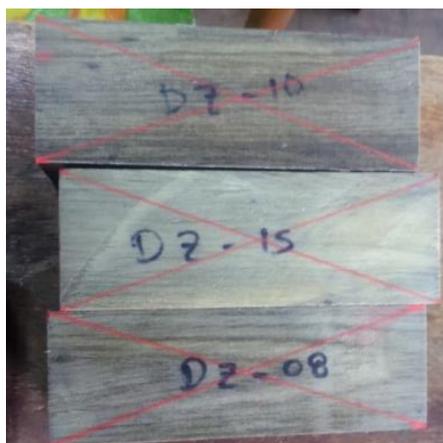


Figura 22: Probetas de madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken preparadas para ensayo de dureza.



Figura 23: Ensayo de dureza sobre probeta de madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.



Figura 24: Probetas de madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken al término de ensayo de dureza.

VI. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se efectuó el presente trabajo de investigación y de acuerdo con los resultados obtenidos se llega a las siguientes conclusiones:

- Que, para la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.), el color de la albura va de amarillo a crema, el duramen presenta un color oscuro, la transición de color entre duramen y albura es abrupta, el tipo de vetado es de arcos superpuestos, presenta un grano entrecruzado y una textura fina.
- A partir de la densidad básica la que se encuentra entre 0.35 y 0.36 g/cm³, contracciones totales que se encuentran entre 8.26 % y 9.15 % se puede ubicar a *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken en el grupo II dentro de las maderas de baja densidad.
- De acuerdo con los resultados obtenidos se llega a la conclusión de que la resistencia mecánica, las que oscilan entre 131.61 a 154.69 Kg/cm² para el módulo de ruptura en compresión paralela, y 470.98 a 449.50 Kg/cm² para el módulo de ruptura en flexión estática, se puede ubicar a *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken en el grupo II dentro de las maderas de baja resistencia.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios a nivel anatómico y químico de la madera de *Cordia alliodora* con el fin de obtener más información y que permita explicar mejor el comportamiento de la misma.
- Realizar evaluaciones físicas y mecánicas de la madera de *Cordia alliodora* a individuos de mayor edad con el fin de determinar si las tendencias de los resultados encontrados continúan o varían con edades superiores.
- Realizar ensayos de propiedades tecnológicas y de trabajabilidad de la madera de *Cordia alliodora* para determinar su comportamiento en los distintos usos propuestos.
- Como la especie estudiada proviene de plantaciones agroforestales, es recomendable monitorear silviculturalmente para garantizar calidad de madera y conocer a los progenitores, para garantizar calidad genética.
- Tratándose de madera de plantaciones es recomendable, un estudio integral que permita disponer de mayores elementos de juicio para entender mejor su comportamiento, lo que implica realizar muestreos apropiados que permitan trabajos dendrocronológicos, la identificación de madera juvenil, la magnitud de madera tensionada, el porcentaje de albura-duramen, presencia de nudos, entre otras.
- Según las propiedades organolépticas, físicas y mecánicas de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken evaluada, se recomienda los siguientes usos: obras de interiores (tabiquería, cielo raso), chapas (decorativas y compensadas), cajonería, mobiliario general (bancas, mesas, reposteros, armarios, carpetas, muebles pintados).

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguirre, F. y Zevallos, P. (2014). Caracterización Fenotípica, dendrológica y anatómica de los tipos morfológicos de árboles de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken procedentes de plantaciones realizadas en Jaén, Cajamarca – Perú. El Ceprosimad, 7-20.
2. Aguirre, F. (2009). Estudio de mercado de madera de Laurel (*Cordia alliodora* R. & P. Oken) en el Perú. Jaén, Perú. 66 pp. No publicado
3. Aguirre, F. (2008). Caracterización Fenotípica, dendrológica y anatómica de los tipos morfológicos de árboles de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken procedentes de plantaciones realizadas en Jaén, Cajamarca – Perú. Tesis para optar el grado de: Magister Scientiae. Universidad nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 54 pp.
4. Aróstegui, A; Díaz, M. (1992). Propagación de especies forestales nativas promisorias en Jenaro Herrera. Iquitos, PE, IICA 119 p.
5. Aróstegui, A. (1982). Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Lima, PE, Proyecto PNUD/FAO/PER/71/511. 57 p. (Documento de Trabajo W2)
6. Aróstegui, A (1974). Estudio tecnológico de maderas del Perú (Zona Pucallpa): Características tecnológicas y usos de la madera de 145 especies del país volumen I. Lima, PE, UNALM. 483 p.
7. Arroyo, J. (1983). Propiedades físico-mecánicas de la madera; texto para estudiantes de ingeniería forestal. Mérida, Venezuela. 127pp.
8. Betancur Serna, O., y Zapata Vargas, P.E. (1983). Propiedades físico-mecánicas y reservación del Nogal Cafetero (*Cordia. aliadara* Ruiz & Pavón). Tesis de grado Ing. forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sección Medellín. Facultad de Agronomía. Medellín, Col. 137 pp.
9. Boshier, D.H. (2002). *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken, in Tropical Trees Seed Manual, USDA Forest Service, Agriculture Handbook 721. 411-413.
10. Boshier, D.H., y Lamb, T. (1997). *Cordia alliodora* genética y mejoramiento de árboles. Oxford, UK, Oxford Forestry Institute. Tropical Forestry Papers No 36. 100 p.

11. Calvo, G., y Meléndez, L. (1999). Pseudoestacas de Laurel para el enriquecimiento de cacaoales. *Agroforestería en las Américas* 6(22):25-27.
12. CATIE. (1997). *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales. no. 7. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2pp.
13. CATIE. (1994a). Laurel *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken, especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica, Informe Técnico no. 239. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 52 pp.
14. CATIE. (1994b). Laurel *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken, boraginaceae: un árbol de uso múltiple. Colección Materiales de Extensión. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 2 p.
15. CATIE. (1994). Laurel (*Cordia alliodora* R y P) Oken, especie de árbol de uso múltiple en América central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 47p. (Serie Técnica. Informe Técnico no. 239).
16. CONAFOR, (2007). Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. México. 132 pp.
17. CONIF, (1988). Contribución al desarrollo silvicultural del Andén Pacífico Colombiano a través de un lustro de acción investigativa. CONIF. Bogotá, Col. 75 p. (anexos).
18. Cordero, J., Mesén, F., Montero, M., Stewart, J., Boshier, D., Chamberlain, J.,... Defletsen, G. (2003). Descripciones de especies de árboles nativos de América Central. En *Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas*. Eds. Cordero, J; Boshier DH. OFI-CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 473-476.
19. Condori, C. (2007). Propiedades mecánicas de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (Tornillo) proveniente de dos tipos de plantaciones y diferentes edades del Centro de Investigación Jenaro Herrera - Loreto. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 124 pp.
20. Córdova, R. (1997). Características, propiedades y usos de la madera del laurel (*Cordia alliodora*). *Revista Forestal Centroamericana*. 6 (20): 18-23.
21. Escobar Munera, M.L., y Del Valle, J. (1983). Producción de, madera del Nogal (*Cordia alliodora*) asociado con café en Antioquia, Colombia. Curso corto intensivo Técnicas, agro-forestales. Turrialba. Costa Rica, 14pp. (anexo.).
22. Escobar Munera. M. L. (1978). Aspectos generales, sobre-la silvicultura y el rendimiento del Nogal, *Cordia alliodora* (Ruíz & Pavón) Sham. Seminario Forestal

- (RM-061). Universidad Nacional de Colombia. Sección Medellín, Facultad de Agronomía, Departamento de Recursos Naturales. Medellín, Col. 31 p.
23. Espinoza De Pernía, N.; León, W. (2001). Anatomía de la madera. Mérida, VE Universidad de Los Andes. 396 p.
24. Flores, E., y Obando, G. (2003). Árboles del Trópico húmedo, Importancia socioeconómica. Editorial Tecnológica de CR. 922.
25. Fondo de Promoción de Exploraciones. [s.f.]. Maderas colombianas. Bogotá, Colombia. 177 p.
26. Franco, J.M. (1976). Monografía del Laurel/Mohof Canalete (*Cordia alliodora* R. Y P. Cham.). CONIF. Bogotá. Col. 13 p. No publicado.
27. García, H. (2016). Propiedades mecánicas del Ulcumano (*Retrophyllum rospigliosi*) procedente de una plantación de 32 años de edad asociado al cultivo de café, en Villa Rica, Perú. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 81 pp.
28. Gómez, M. (2010). Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de Corantioquia, un paso hacia su conservación. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. Medellín, Colombia. 228 p.
29. Gonzales, T., M.E.; Llach C., L. (1971). Maderas latinoamericanas. VII. Características anatómicas, propiedades físico-mecánicas, de secado, y trabajabilidad de la madera juvenil de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Turrialba. 21 (3) p. 350-356.
30. Gonzales, L. E. (1980). Efecto de la asociación de laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken) sobre producción de café (*Coffea arabica*) con y sin sombra de poró (*Erythrina poeppigiana* Wallpers O.F. Cook). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Catie. 110 p.
31. Graves, A., & Mac Carter, P.S. (1990). *Cordia alliodora* a promising tree for topical agroforestry. Oxford, UK, Oxford Forestry Institute. Tropical Forestry Papers No 22. 37 p.
32. Giraldo L., L.G. (1982). Fenología del Nogal Cafetero (*Cordia alliodora*, Ruiz & Pav.) en la zona de Camiloce, Antioquia. Trabajo de promoción. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, Seccional de Medellín_, Col. 48 p. (anexos).
33. Hagggar, J., & Ewel, J. (1995). Establishment, resource acquisition, and early productivity as determined by biomass allocation patterns of three tropical tree species. Forest science 41 (4): 689–708.

34. Haygreen, J., Bowyer, J. (1982). Forest products and wood science. An introduction. Iowa, US, The Iowa State University. 495 p.
35. Hiremath, A. (2000). Photosynthetic nutrient-use efficiency in three fastgrowing tropical trees with differing leaf longevities. *Tree physiology* 20 937-944.
36. Hummel, S. (2000). Height, diameter, and crown dimensions of *Cordia alliodora* associated with tree density.
37. Johnson, P., & Morales, R. (1972). A review of *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. *Turrialba* 2 (2): 210-220.
38. Jost, F. (2006). Propiedades Físicas y Mecánicas de la *Araucaña angustifolia* proveniente de plantaciones de Oxapampa. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 159 pp.
39. León, W. (2004). Anatomía de la Madera de 8 especies útiles en carpintería y ebanistería. *Revista Forestal Venezolana* 48(1) 2004. Caracas – Venezuela. p. 51 – 61.
40. León, H. W. (2003). Anatomía De La Madera De 9 Especies Del Género *Cordia* L. (Boraginaceae - Cordioideae) Que Crecen En Venezuela. *Revista Forest. Venez..* 47(2): 83-94.
41. León, H. W., y Espinoza de P, N. (1997). Variación del espesor de albura en árboles de *Cordia thaisiana* Agostini. *Revista Pittieria* N° 26: 7-19.
42. Liegel, L. & Stead, D. (1990). *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav.) Oken. Laurel, capá prieto. DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 270-277. Disponible en: <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Cordiaalliodora.pdf>
43. Little, E.L., Jr. (1973). Árboles del noreste de Nicaragua. Documento de Trabajo 2A, O:SF/NIC 9. No. 13. Roma: Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas, Instituto de Fomento Nacional, y la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación. 77 p.
44. Little, E.L., Jr.; Wadsworth, F. H. (1964). Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. *Agric. Handb.* 249. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 548 p
45. Longwood, F. R. (1961). Puerto Rican woods—their machining, seasoning, and related characteristics. *Agric. Handb.* 205. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture. 98 p.
46. López, J. (2006). Propiedades físico-mecánicas del Aliso, *Alnus acuminata* HBK, proveniente de Chalaco-Piura. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 106 pp.

47. MAE (Ministerio del Ambiente del Ecuador); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). 2014. Propiedades anatómicas, físicas y mecánicas de 93 especies forestales – Ecuador. Quito.
48. Mejia, F. F., Salazar, T., J.E. (1985). Propiedades físicas y mecánicas de especies maderables en Caldas para SU uso en la construcción incluyendo la Guadua. Cuadernos de investigación. CINDEC No. 7. Universidad Nacional de Colombia. Seccional Mantizales, Departamento de Ingeniería, Sección Mecánica de Sólido. Manízales, Col. 43 p. (anexos).
49. Ministerio de Agricultura. (2003). Programa para el desarrollo de la Amazonía. Caracterización de las zonas cafetaleras en el Perú. Lima.136 pp. Disponible en: <http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/94.pdf>
50. Ministerio de Agricultura. (2010). Perú forestal en números año 2009. Lima. 86 pp. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/2070.pdf>
51. Mora, B. (1972). Índice de crecimiento de Laurel, *Cordia alliodora* (Charo.), en la zona de Santo Domingo de los Colorados. Tesis de Grado. Escuela de Ing. Agronómica, Universidad Central. Quito, Ecuador, 67 p.
52. Neyra, M. (1981). Investigaciones y desarrollo industrial forestal. Colombia Silvicultura. FO: Col-74-005 Documento de trabajo interno. No. 32. 228p.
53. Pantigoso, J. (2009). Propiedades físicas y mecánicas de la capirona (*Calycophyllum spruceanum* (Benth) hook ex Schumann) procedente de una plantación experimental en San Alejandro Ucayali-Perú. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 140 pp.
54. Pérez, C.A. (1954). Estudio forestal del laurel, *Cordia alliodora* (R. & P.)" Cham., en Costa Rica. Tesis, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica, 209 p.
55. Peck, R. (1976). Selección preliminar de especies aptas para el establecimiento de bosques artificiales en tierra firme del litoral pacífico de Colombia. Boletín, Instituto Forestal latino americano. Mérida, Venezuela. No. 50. pp. 29-39.
56. Peck, R.B., y Bishop, J.P. (1992). Management of secondary tree species in agroforestry systems to improve production sustainability in Amazonian Ecuador. *Agroforestry Systems* 17: 53-63.
57. Posada, Luis A. (1978). Análisis de los resultados de los ensayos de Fenología en las estaciones Teresitas (Chocó) y Tuínaco (Nariño). (Título tentativo. CONIF. Bogotá, Col. (No publicado).

58. Quintana, S.; Cabudivo, A.; Espíritu, J. y Cabudivo, J. (2011). Propiedades físico-mecánicas de las maderas de *Simarouba amara* (Aubl.) y *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) de plantaciones de diferentes edades, San Juan Bautista, Loreto, Perú. Con. Amaz. 115-123-
59. Record, S. J., y Hess, R. W. (1943). *Timbers of the New World*. New Haven, CT: Yale University Press. 640 p.
60. Reicher, F., Odebrecht, S., Correa, J.B. (1978). Composicao em carboidratos de algunas especies florestais da Amazonia. *Acta Amazonica*. 8: 471-475.
61. Rodríguez, R., Zamora, Juan., Silva, J., Salcedo, E. y Fuentes, F. (2014). Propiarteies of the Wood fron comercial teak plantations. Universidad de Guadalajara, 12 – 25.
62. Rojas, M (2002). Nogal Cafetero: Más que una Especie Ideal para Agroforestería. *Revista M&M*. Colombia. 7 pp.
63. Rosero, P., & Gewald, N. (1979). Growth of laurel (*Cordia alliodora*) in coffe and cacao plantations, and pastures, in the Atlantic region of Costa Rica. In De las Salas G ed. *Proceeding of the Workshop Agro-forestry Systems in Latin America*. Turrialba, Costa Rica CATIE. pp 205-208.
64. Salas, G. De Las; Franco, M. (1978). Influencia del factor edáfico en d crecimiento inicial del laurel (*Cordia al/iodora* (R. & P.) Oken en las terrazas del Río Mira, Nariño, Colombia. CONIF. Bogotá, Col.
65. Silva, J. (2007). Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México. Jalisco, Mexico. Comisión Nacional Forestal (Conafor). p. 45-46
66. Somarriba, E., Trivelato, M., Villalobos, M., Suárez, A., Benavides, P., Morán, K., ... López, A. (2003). Diagnóstico agroforestal de pequeñas finca cacaoteras orgánicas de Indígenas Bribri y Cábecar de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 10(37-38):24-30.
67. Somarriba, E. (1994). Maderables como alternativa para la sustitución de sombra de cacaotales establecidos. El concepto. Turrialba, Costa Rica, CATIE 34 p. (Serie Técnica. Informe Técnico No. 238).
68. Somarriba, E., & Beer, J.W. (1987). Dimensions, volumes, and growth of *Cordia alliodora* in agroforestry systems. *Forest Ecology and Management* 18: 113126.
69. Sonabria, J. (1992). Rendimiento en aserrío y posibilidades de uso industrial del primer raleo de una plantación de Laurel (*Cordia alliodora*). Tesis de ingeniería forestal. Cartago. Instituto tecnológico de Costa Rica.

70. Suárez, A. (2001). Aprovechamiento sostenible de madera de *Cordia alliodora* y *Cedrela odorata* de regeneración natural en cacaotales y bananales de indígenas de Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 77 p.
71. Sueros, C. (2017). Análisis de las propiedades mecánicas de la madera de raleo de *Guazuma crinita* (Bolaina Blanca) de tres edades. Tesis para optar el título profesional de ingeniero forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 96 pp.
72. Torres, F. (2009). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la especie Pino chuncho (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) proveniente de plantaciones del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt-Ucayali. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 141 pp.
73. Tschinkel, H.M. (1965). Algunos factores que influyen en la regeneración natural de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Cham. Turrialba 15 (4) 317-324 p.
74. Urbina, L. (2017). Propiedades mecánicas de la madera de raleo procedente de plantaciones de cuatro años de *Guazuma crinita* Martius (Bolaina blanca) – Huánuco. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 84 pp.
75. Van der Slooten, H., y Pausolino Martínez, E. (1959). Descripción y propiedades de algunas maderas venezolanas. Mérida, Venezuela: Instituto Forestal Latino-Americano. 102 p.
76. Vásquez, A. y Ramírez, A. (2005). Maderas comerciales en el Valle de Aburrá: Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Colombia. p 246.
77. Vega, L.E.; Bodegom, A. J. Van. (1987). Resultados Preliminares del Crecimiento de *Cordia alliodora* (Laurel) en 1. Zona del Río Bojayá, Chocó, Colombia. Convenio CONIF HOLANDA. CONIF Informa No. 9. Bogotá, Col. 21 p.(anexo.).
78. Vega C., L. (1976). La silvicultunde *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) como especie exótica en Surinam. Boletín Instituto Forestal Latino-Americano. No. 52.
79. Venegas, L. (1971). Observaciones y experiencias a la reforestación con *Cordia alliodora* (R. y Pav.) Cham. "Nogal" en Caldas. INDERENA Nota Técnica No. 12. Trabajo presentado al III Foro de Corporaciones Forestales. Bogotá. Col. 8 p.
80. Vignote, S. Jiménez, F. (1996). Tecnología de la madera. Madrid, ES, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. 602 p.
81. Vilcayauri, E. (2009). Propiedades Físico-Mecánicas de Simarouba amara Aubl. (Marupá) proveniente de las plantaciones de la Estación Experimental Alexander Von

Humboldt. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. 83 pp.

82. Vinuesa, M. (2012). Ecuador Forestal. Recuperado el 19 de octubre de 2016, de <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-4-laurel/>
83. Williams, J., y León, H. (2003). Anatomía de la madera de 9 especies del género *Cordia* l. (Boraginaceae - cordioideae) que crecen en Venezuela. Revista Forest. Venez. N° 47(2) 83-94.

ANEXOS

Anexo 1: Data tomada en campo de los árboles aprovechados para análisis de propiedades físico-mecánicas.

Sector	Estrato	Código	Coordenadas UTM		DAP (cm)	Altura comercial (m)	Altura total (m)
			Este	Norte			
La Palma de las Naranjas	5-10.	P08	735627	9364732	47.3	4.5	6.5
		P09	735624	9364727	51.2	2.5	6
		P10	735624	9364739	53.5	6.5	9
		P11	735623	9364736	60	6	10
		P12	735611	9364727	53.5	7	10
Santa Fé de las Naranjas	11-15.	P04	737111	9364736	101.5	7	12
		P03	737119	9364736	87	6	9
		P06	737105	9364738	103.5	7	13
		P07	737115	9364725	110.5	9	14
Santa Fé de las Naranjas	16-20.	P05	737069	9364710	77	3.5	8
		P02	737427	9364727	73.5	3	7
		P01	737438	9364720	83.9	10	13
Nueva Esperanza		P13	735982	9362344	65	5	8
		P14	737488	9364728	88.5	10	14
		P15	735967	9362342	86.5	10	14

Anexo 2: Certificado de identificación botánica de la especie de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken.

José Ricardo Campos de la Cruz
CONSULTOR BOTÁNICO
C. B. P. Nº 3796
Tel: 017512863 RPM #963689079
E-mail: jocamde@gmail.com



CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACION BOTÁNICA

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ. BIÓLOGO COLEGIADO- Nº 3796 – INSCRITO CON EL Nº 36 EN EL REGISTRO DE PROFESIONALES QUE REALIZAN CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECÍMENES Y PRODUCTOS DE FLORA - RESOLUCIÓN DIRECTORAL Nº 0311-2013- MINAGRI-DGFFS-DGEFFS.

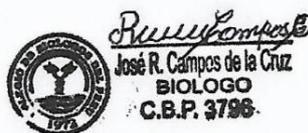
Certifica:

Que, FRANKLIN HITLER FERNANDEZ ZARATE, estudiante de la Carrera profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén; con fines de desarrollar la tesis titulada: “Propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken de parcelas agroforestales en Jaén, Cajamarca”, ha solicitado la identificación y certificación botánica de plantas procedentes de tres localidades: La Palma de las Naranjas, Santa Fe de las Naranjas y Nueva Esperanza, de la Prov. De Jaén donde es conocida con el nombre vulgar de “laurel”, las muestras con flores y frutos han sido estudiadas e identificadas como *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. Y según el Sistema Integrado de Clasificación de las Angiospermas de Arthur Cronquist. (1981), ocupa las siguientes categorías taxonómicas.

REINO : Plantae
DIVISIÓN : Magnoliophyta
CLASE : Magnolopsida
SUBCLASE : Asteridae
ORDEN : Lamiales
FAMILIA : Boraginaceae
GENERO : *Cordia*
ESPECIE : *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken

Se expide la presente certificación para los fines que se estime conveniente.

Lima, 03 de octubre del 2017



SÁNCHEZ SILVA Nº 156 – PISO 02 – URBANIZACIÓN SANTA LUZMILA- LIMA 07

Anexo 3: Cuadro resumen de los ensayos realizados por grupos de edad la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Ensayo	Edad de los árboles		
	5-10 años	11-15 años	16-20 años
Dureza (lateral) (Kg/cm²)	264.81	266.87	273.14
Dureza (axial) (Kg/cm²)	251.84	260.38	261.54
Contracción normal			
C.Tangencial (%)	3.48	3.77	3.90
C.Radial (%)	2.52	2.52	2.30
C.Longitudinal (%)	0.32	0.26	0.32
C.Volumétrica (%)	4.93	4.38	4.50
Contracción total (%)			
C.Tangencial (%)	5.30	5.75	5.99
C.Radial (%)	3.65	3.73	3.07
C.Longitudinal (%)	0.76	0.52	0.60
C.Volumétrica (%)	9.15	8.49	8.26
Cizallamiento (%)			
Cizallamiento tangencial (Kg/cm²)	52.77	56.37	60.61
Compresión paralela			
ELP (Kg/cm ²)	131.61	135.23	154.69
MOR (Kg/cm ²)	175.35	191.45	181.79
MOE (Kg/cm ²)	59445.90	73868.20	69667.10
Compresión perpendicular			
ELP (Kg/cm ²)	21.46	22.10	24.07
Flexión estática			
ELP (Kg/cm ²)	228.05	236.06	256.61
MOR (Kg/cm ²)	449.50	470.98	474.66
MOE (Kg/cm ²)	81479.48	93829.48	104603.20
Densidad			
Saturada (gr/cm ³)	0.76	0.76	0.71
Seca (gr/cm ³)	0.40	0.41	0.42
Anhidra (gr/cm ³)	0.38	0.39	0.40
Básica (gr/cm ³)	0.36	0.35	0.36

Anexo 4: Datos de contracción normal tangencial de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	REPETICIONES				
	A	B	C	D	E
16 - 20 años	3.76	4.54	3.76	3.17	3.17
	4.01	5.36	3.04	3.73	3.73
	2.83	4.02	4.07	4.64	4.64
	3.43	3.76	3.76	4.31	4.31
	3.64	2.84	2.84	4.73	3.41
11 - 15 años	5.34	3.41	3.41	3.41	4.55
	5.35	3.47	3.47	4.30	4.07
	4.33	3.14	3.14	3.12	3.41
	2.56	4.32	3.10	3.58	3.39
5 - 10 años	2.75	4.64	3.72	3.83	4.41
	2.05	3.92	2.79	3.17	3.61
	3.16	3.00	3.41	3.41	4.78

Anexo 5: Análisis de varianza para la contracción normal tangencial de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	4.53	2.26	0.90
Error experimental	12	30.15	2.51	
Error de muestreo	45	33.02	0.73	
Total	59	67.70		

Anexo 6: Datos de contracción normal radial de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	D	E
16 - 20 años	3.24	1.84	2.21	2.87	2.87
	2.57	2.02	1.44	3.23	3.23
	3.46	1.83	2.99	1.43	1.43
	2.12	3.12	1.42	1.37	1.37
	1.75	2.33	2.33	3.50	2.17
11 - 15 años	1.45	2.90	2.90	2.75	2.07
	2.30	2.15	2.15	3.49	2.37
	2.15	2.14	2.14	4.31	3.06
	2.11	2.56	2.00	3.85	2.09
5 - 10 años	2.56	3.55	2.42	2.56	1.95
	2.48	2.26	2.21	2.31	2.35
	3.14	2.56	2.56	3.26	1.57

Anexo 7: Análisis de varianza para la contracción normal radial de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	2.83	1.42	0.54
Error experimental	12	31.24	2.60	
Error de muestreo	45	55.77	1.24	
Total	59	89.84		

Anexo 8: Datos de contracción normal longitudinal de la madera Laurel

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	D	E
16 - 20 años	0.34	0.15	0.49	0.34	0.34
	0.34	0.34	0.26	0.33	0.33
	0.42	0.22	0.34	0.34	0.34
	0.34	0.34	0.34	0.23	0.23
	0.34	0.24	0.24	0.20	0.23
11 - 15 años	0.40	0.23	0.23	0.34	0.34
	0.37	0.20	0.20	0.34	0.26
	0.24	0.17	0.17	0.24	0.29
	0.34	0.34	0.20	0.32	0.20
5 - 10 años	0.45	0.35	0.27	0.30	0.16
	0.56	0.34	0.28	0.27	0.20
	0.34	0.44	0.32	0.30	0.32

Anexo 9: Análisis de varianza para la contracción normal longitudinal de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	1.11	0.56	1.32
Error experimental	12	5.07	0.42	
Error de muestreo	45	5.17	0.11	
Total	59	11.35		

Anexo 10: Datos de contracción normal volumétrica de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	REPETICIONES				
	A	B	C	D	E
16 - 20 años	3.47	5.39	4.65	4.06	4.06
	2.65	5.19	4.36	4.15	4.15
	4.53	6.74	5.46	4.78	4.78
	3.43	4.53	4.53	4.50	4.50
	4.68	3.97	3.97	5.15	5.23
11 - 15 años	4.23	3.55	3.55	6.26	6.38
	5.44	3.47	3.47	4.87	4.63
	3.79	3.28	3.28	4.24	4.24
	5.69	5.65	4.61	5.21	4.51
5 - 10 años	5.37	4.73	4.79	4.73	4.21
	4.87	5.67	4.61	4.98	4.15
	2.96	7.69	4.73	4.91	4.57

Anexo 11: Análisis de varianza para la contracción normal volumétrica de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	6.36	3.18	0.87
Error experimental	12	43.89	3.66	
Error de muestreo	45	38.95	0.87	
Total	59	89.20		

Anexo 12: Datos de contracción total tangencial de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	REPETICIONES				
	A	B	C	D	E
16 - 20 años	4.63	6.73	5.54	4.72	4.72
	5.56	9.04	5.87	6.21	6.21
	4.38	6.81	6.85	5.57	5.57
	5.92	7.17	6.08	6.15	6.15
	6.43	4.69	4.69	7.19	4.94
11 - 15 años	8.40	4.81	4.81	4.03	6.65
	8.42	5.32	5.32	6.84	6.49
	6.85	5.29	5.29	4.35	4.18
	5.09	6.79	5.22	4.82	6.18
5 - 10 años	5.59	5.26	4.94	5.66	6.57
	3.61	5.75	4.31	4.70	6.09
	4.69	4.82	4.96	4.56	6.30

Anexo 13: Análisis de varianza para la contracción total tangencial de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	7.43	3.72	0.86
Error experimental	12	51.87	4.32	
Error de muestreo	45	46.84	1.04	
Total	59	106.14		

Anexo 14: Datos de contracción total radial de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
16 - 20 años	3.99	4.99	3.35	3.37	3.37
	1.59	2.80	2.67	2.51	2.51
	3.99	3.88	2.35	2.47	2.47
	2.08	2.47	2.47	4.10	4.10
11 - 15 años	2.38	3.53	3.53	4.11	2.78
	2.08	3.53	3.53	4.29	2.68
	2.67	4.00	4.00	5.02	2.98
	4.00	4.89	4.89	6.14	3.53
5 - 10 años	3.33	3.53	2.93	5.37	4.25
	2.92	3.85	3.65	3.53	2.88
	3.10	2.87	3.14	4.16	3.27
	4.72	4.50	3.53	3.88	3.53

Anexo 15: Análisis de varianza para la contracción total radial de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	13.34	6.67	2.26
Error experimental	12	35.42	2.95	
Error de muestreo	45	66.39	1.48	
Total	59	115.15		

Anexo 16: Datos de contracción total longitudinal de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
16 - 20 años	0.61	0.34	0.59	0.61	0.61
	0.98	0.61	0.55	0.43	0.43
	0.92	0.59	0.46	0.64	0.64
	0.61	0.61	0.61	0.62	0.62
	0.61	0.61	0.61	0.30	0.52
11 - 15 años	0.61	0.42	0.42	0.26	0.61
	0.97	0.59	0.59	0.27	0.85
	0.73	0.37	0.37	0.31	0.48
	0.78	0.88	0.99	0.84	0.59
5 - 10 años	0.50	0.95	0.66	0.59	0.56
	0.84	0.84	0.84	0.67	0.84
	0.74	1.04	0.84	0.49	0.76

Anexo 17: Análisis de varianza para la contracción total longitudinal de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	8.13	4.06	4.20
Error experimental	12	11.61	0.97	
Error de muestreo	45	9.74	0.22	
Total	59	29.48		

Anexo 18: Datos de contracción total volumétrica de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
16 - 20 años	6.35	9.95	8.47	5.59	5.59
	6.19	9.38	8.53	8.37	8.37
	8.31	9.40	9.56	9.37	9.37
	6.51	9.74	8.31	8.94	8.94
	9.00	7.51	7.51	10.27	9.02
11 - 15 años	9.13	7.23	7.23	10.26	11.28
	9.11	7.24	7.24	9.30	9.02
	8.54	7.75	7.75	8.47	7.00
	35.78	29.74	29.74	38.31	36.31
	9.73	6.24	8.31	9.20	8.51
	8.75	10.42	8.55	9.08	8.20
	7.68	12.47	9.15	9.33	8.40

Anexo 19: Análisis de varianza para la contracción total volumétrica de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	8.78	4.39	1.18
Error experimental	12	44.60	3.72	
Error de muestreo	45	71.62	1.59	
Total	59	125.01		

Anexo 20: Datos de densidad básica de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
16 - 20 años	0.39	0.42	0.32	0.32	0.32
	0.37	0.42	0.33	0.32	0.32
	0.44	0.34	0.32	0.37	0.37
	0.35	0.41	0.32	0.35	0.35
11 - 15 años	0.34	0.30	0.30	0.32	0.44
	0.34	0.34	0.33	0.37	0.47
	0.32	0.38	0.38	0.37	0.33
	0.33	0.36	0.34	0.35	0.32
5 - 10 años	0.34	0.38	0.34	0.35	0.34
	0.36	0.44	0.34	0.36	0.35
	0.35	0.38	0.36	0.37	0.35
	0.35	0.34	0.36	0.40	0.33

Anexo 21: Análisis de varianza para la densidad básica de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	0.00	0.000	0.0006
Error experimental	12	7.68	0.64	
Error de muestreo	45	0.04	0.00	
Total	59	0.07		

Anexo 22: Datos de densidad en estado saturado de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
16 - 20 años	0.76	0.87	0.65	0.70	0.70
	0.73	0.84	0.64	0.67	0.67
	0.82	0.65	0.67	0.68	0.68
	0.86	0.63	0.70	0.65	0.65
11 - 15 años	0.64	0.66	0.65	0.75	1.01
	0.64	0.74	0.75	1.04	1.14
	0.68	0.75	0.74	0.77	0.61
	0.71	0.75	0.73	0.75	0.74
5 - 10 años	0.75	0.93	0.75	0.68	0.71
	0.71	0.84	0.73	0.71	0.77
	0.84	0.73	0.68	0.79	0.74
	0.81	0.73	0.72	0.75	0.75

Anexo 23: Análisis de varianza para la densidad en estado saturado de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	0.03	0.015	0.0054
Error experimental	12	33.60	2.80	
Error de muestreo	45	0.36	0.01	
Total	59	0.58		

Anexo 24: Datos de densidad en estado seco de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
16 - 20 años	0.45	0.50	0.38	0.38	0.38
	0.42	0.51	0.39	0.37	0.37
	0.53	0.40	0.37	0.43	0.43
	0.51	0.47	0.36	0.40	0.40
11 - 15 años	0.39	0.36	0.35	0.37	0.51
	0.40	0.40	0.41	0.36	0.52
	0.38	0.44	0.43	0.41	0.39
	0.39	0.41	0.43	0.41	0.48
5 - 10 años	0.46	0.37	0.41	0.42	0.40
	0.41	0.37	0.40	0.42	0.42
	0.33	0.40	0.42	0.43	0.42
	0.36	0.40	0.44	0.40	0.40

Anexo 25: Análisis de varianza para la densidad en estado seco de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	0.00	0.002	0.0023
Error experimental	12	10.37	0.86	
Error de muestreo	45	0.05	0.00	
Total	59	0.12		

Anexo 26: Datos de densidad en estado anhidro de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
16 - 20 años	0.43	0.47	0.35	0.36	0.36
	0.40	0.48	0.36	0.35	0.35
	0.50	0.37	0.35	0.41	0.41
	0.40	0.45	0.36	0.38	0.38
11 - 15 años	0.37	0.33	0.32	0.35	0.48
	0.37	0.38	0.37	0.40	0.50
	0.36	0.41	0.42	0.41	0.37
	0.37	0.39	0.39	0.38	0.46
5 - 10 años	0.43	0.35	0.37	0.39	0.38
	0.39	0.35	0.38	0.40	0.39
	0.34	0.38	0.39	0.39	0.39
	0.34	0.38	0.40	0.38	0.38

Anexo 27: Análisis de varianza para la densidad en estado anhidro de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	0.00	0.001	0.0018
Error experimental	12	9.14	0.76	
Error de muestreo	45	0.05	0.00	
Total	59	0.09		

Anexo 28: Datos de contenido de humedad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
16 - 20 años	49.59	46.97	47.32	52.65	52.65
	49.59	59.13	49.73	53.76	53.76
	51.05	51.36	50.26	53.84	53.84
	49.13	49.36	48.26	53.01	53.01
	84.05	52.53	52.53	52.64	52.46
11 - 15 años	87.90	53.29	53.29	63.94	53.85
	89.05	54.23	54.23	57.18	56.97
	86.59	53.60	53.60	64.70	58.82
	45.61	62.60	53.28	47.80	53.41
	45.61	60.10	53.49	49.73	54.10
5 - 10 años	47.22	64.60	54.45	47.98	57.83
	49.17	61.12	53.20	49.36	53.87

Anexo 29: Análisis de varianza para el contenido de humedad de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	484.460600	242.230300	1.80
Error experimental	12	1611.125425	134.260452	
Error de muestreo	45	95.865698	2.130349	
Total	59	2191.451722		

Anexo 30: Datos de compresión paralela al grano (ELP) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
5 - 10 años	172.95	123.53	113.96	110.89	142.79
	175.39	113.34	97.89	125.43	139.93
11 - 15 años	173.90	127.08	130.66	123.73	125.25
	114.11	115.31	128.05	148.26	165.93
16 - 20 años	201.15	152.35	119.63	120.23	134.02
	194.36	185.99	135.28	132.99	170.90

Anexo 31: Análisis de varianza para la compresión paralela al grano (ELP) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	3081.89	1540.95	1.33
Error experimental	12	13873.08	1156.09	
Error de muestreo	15	4755.28	317.02	
Total	29	21710.26		

Anexo 32: Datos de compresión paralela al grano (MOR) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
5 - 10 años	195.84	156.79	165.40	161.58	179.36
	236.95	157.42	149.99	180.30	169.84
11 - 15 años	205.51	170.76	200.89	247.46	170.32
	187.01	154.55	193.71	200.77	183.48
16 - 20 años	215.75	171.23	157.84	202.88	158.75
	204.89	154.23	165.17	182.99	204.13

Anexo 33: Análisis de varianza para la compresión paralela al grano (MOR) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	1313.19	656.60	0.63
Error experimental	12	12454.05	1037.84	
Error de muestreo	15	4147.14	276.48	
Total	29	17914.39		

Anexo 34: Datos de compresión paralela al grano (MOE) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
5 - 10 años	74120.67	54498.64	56980.47	51979.30	62995.03
	79966.65	53130.19	36709.16	58794.00	65284.85
11 - 15 años	66883.51	52948.23	81662.63	84359.79	62624.73
	61128.18	61772.68	87305.76	92662.89	87333.59
16 - 20 años	86206.41	81464.96	52776.04	49043.95	71798.05
	76722.52	78965.35	48315.15	65926.96	85451.62

Anexo 35: Análisis de varianza para la compresión paralela al grano (MOE) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	1100417054.83	550208527.41	1.59
Error experimental	12	4163050371.12	346920864.26	
Error de muestreo	15	954257255.11	63617150.34	
Total	29	6217724681.06		

Anexo 36: Datos de compresión perpendicular al grano (ELP) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
5 - 10 años	26.27	18.21	23.93	18.16	19.65
	24.03	18.93	18.15	20.32	26.93
11 - 15 años	29.32	15.27	28.31	19.95	23.96
	21.85	13.87	25.80	20.04	22.66
16 - 20 años	21.50	23.13	20.76	25.76	23.87
	23.09	18.61	24.20	30.82	28.93

Anexo 37: Análisis de varianza para la compresión perpendicular al grano (ELP) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	36.90	18.45	0.66
Error experimental	12	337.62	28.13	
Error de muestreo	15	124.20	8.28	
Total	29	498.72		

Anexo 38: Datos de flexión estática (ELP) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
5 - 10 años	230.12	279.70	241.09	145.58	178.99
	219.34	256.22	210.84	268.54	250.07
11 - 15 años	278.45	248.05	315.49	238.29	259.04
	267.96	221.00	197.24	180.53	154.55
16 - 20 años	267.95	228.86	246.62	262.90	264.69
	287.55	229.64	198.53	303.40	275.94

Anexo 39: Análisis de varianza para la flexión estática (ELP) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	4340.28	2170.14	1.47
Error experimental	12	17676.04	1473.00	
Error de muestreo	15	27647.04	1843.14	
Total	29	49663.36		

Anexo 40: Datos de flexión estática (MOR) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
5 - 10 años	468.67	486.53	386.45	382.89	393.77
	557.13	501.13	387.94	466.41	464.09
11 - 15 años	485.08	427.51	569.31	457.09	492.18
	492.74	479.08	566.57	406.55	333.70
16 - 20 años	526.83	445.91	485.99	471.76	491.88
	520.47	442.84	381.46	489.77	489.73

Anexo 41: Análisis de varianza para la flexión estática (MOR) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	3693.75	1846.88	0.36
Error experimental	12	62273.47	5189.46	
Error de muestreo	15	30831.19	2055.41	
Total	29	96798.41		

Anexo 42: Datos de flexión estática (MOE) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
5 - 10 años	96731.71	89384.87	65563.09	74647.87	66695.73
	90309.48	98061.59	65963.07	84481.72	82955.66
11 - 15 años	68046.97	102587.01	117603.57	89193.30	97761.63
	69037.84	101596.90	136624.01	92909.69	62929.39
16 - 20 años	98315.69	111943.85	96921.89	79739.57	122413.12
	131448.87	96947.30	70762.10	111574.78	125964.82

Anexo 43: Análisis de varianza para la flexión estática (MOE) de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	2677668198.88	1338834099.44	2.23
Error experimental	12	7190545594.76	599212132.90	
Error de muestreo	15	2550874852.40	170058323.49	
Total	29	12419088646.04		

Anexo 44: Datos de dureza axial de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
5 - 10 años	280.78	249.48	240.41	242.68	204.57
	269.89	288.04	265.81	248.12	228.61
11 - 15 años	204.12	268.98	311.17	324.32	239.95
	235.87	280.00	290.30	227.71	221.36
16 - 20 años	247.21	231.79	249.03	278.06	245.85
	288.01	238.14	250.84	288.49	298.00

Anexo 45: Análisis de varianza para la dureza axial de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	561.46	280.73	0.21
Error experimental	12	16336.68	1361.39	
Error de muestreo	15	9319.92	621.33	
Total	29	26218.06		

Anexo 46: Datos de dureza lateral de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Tratamientos	Repeticiones				
	A	B	C	A	B
5 - 10 años	186.20	354.26	240.41	226.80	275.11
	199.36	351.54	221.81	271.93	320.70
11 - 15 años	199.81	249.25	368.78	268.53	300.87
	211.15	256.08	370.59	240.41	203.21
16 - 20 años	255.15	282.82	256.06	345.87	237.01
	261.95	305.05	249.25	288.94	249.25

Anexo 47: Análisis de varianza para la dureza lateral de la madera de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	cuadrados medios	F
Tratamientos	2	375.95	187.97	0.03
Error experimental	12	68514.60	5709.55	
Error de muestreo	15	9562.54	637.50	
Total	29	78453.08		