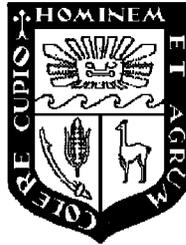


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Evaluación de la estructura anatómica
de la madera Sapote *Capparis scabrida***

**H.B.K de la zona de Motupe –
Lambayeque en relación con la
producción de goma**

Tesis para optar el Título de

INGENIERO FORESTAL

Alonso Martín Gonzales Asencios

Lima – Perú

2011

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por el ex-alumno de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. ALONSO MARTÍN GONZALES ASENCIOS, intitulado “EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA ANATÓMICA DE LA MADERA SAPOTE CAPPARIS SCABRIDA H.B.K DE LA ZONA DE MOTUPE – LAMBAYEQUE EN RELACIÓN CON LA PRODUCCIÓN DE GOMA”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia queda en condición de ser considerado APTO y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 28 de Diciembre de 2011

.....
Dr. Héctor Enrique Gonzales Mora
Presidente

.....
Ing. Moisés Pascual Acevedo Mallque
Miembro

.....
Ing. Milciades Leonidas Miguel Castro
Miembro

.....
Ing. Manuel Chavesta Custodio
Patrocinador

.....

RESUMEN

Las gomas por sus propiedades emulsionantes, espesantes y estabilizantes son utilizadas en muchas industrias. El sapote, especie de bosque seco del Perú, exuda una goma que de acuerdo a sus propiedades físico-químicas es similar a la goma arábica; muy valorada a nivel mundial. La realización de una incisión en el árbol genera la exudación de goma; sin embargo, no se conoce cómo y en qué parte se debe realizar esta incisión para generar mayores cantidades de este producto; por lo que el estudio de la estructura anatómica de sapote de fuste y ramas permitirá reconocer, ubicar y cuantificar los elementos de exudación de goma.

El trabajo se ejecutó en el Sector Las Humedades de la Comunidad Campesina San Julián de Motupe, Provincia y Departamento de Lambayeque; donde se instalaron dos parcelas experimentales de 1 ha donde se registraron 12 árboles de sapote por parcela para la recolección de goma en fuste y ramas; y el estudio anatómico se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

El estudio anatómico consideró la descripción de las características generales y macroscópicas de la madera a través de muestras de xiloteca de 2x10x15 cm. Además, se empleó rodajas de madera de 15 cm de espesor para las características generales como corteza, albura, xilema y médula. Para la caracterización microscópica se prepararon láminas histológicas y de tejido macerado, que permitieron describir y medir los elementos leñosos de fuste y ramas en microscopio. También, se realizó la medición del diámetro tangencial y frecuencia de canales gomíferos.

La madera de Sapote presenta poros solitarios; grano entrecruzado; textura fina y parénquima en bandas y paratraquel vasicéntrico; radios homogéneos, multiseriados, no estratificados y fibras libriformes no estratificadas; no habiéndose encontrado variación en la estructura anatómica de la madera del fuste y madera de ramas.

La mejor época de producción de goma se da después de lluvias dándose la mayor producción en la clase diamétrica de 10 a 20 cm de DAP; no encontrándose diferencias significativas entre la producción de goma entre fuste y ramas. Asimismo, se realizó un análisis de correlación entre la cantidad y dimensiones de canales gomíferos con los promedios de producción de goma, existiendo una correlación directa entre la producción de goma y diámetro tangencial de

canales gomíferos; así como con la densidad de canales. En ambos casos la regresión que mejor se aplica es el modelo exponencial, siendo la ecuación $y = 0,2603e^{0,0144x}$; la que mejor relaciona la producción de goma y la dimensión de canales gomíferos; así como la ecuación $y = 0,6796e^{1,0799x}$ la que mejor relaciona la producción de goma y frecuencia de canales gomíferos.

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
ÍNDICE.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 ANATOMÍA DE LA MADERA.....	3
2.1.1 Generalidades.....	3
2.1.2 Formación de madera.....	4
2.1.3 Tejidos Vasculares.....	5
2.1.4 Formación de madera en relación a los factores ambientales	6
2.1.5 Conductos secretores.....	7
2.1.6 Exudaciones.....	8
2.2 ESTUDIOS ANATÓMICOS PARA ESPECIES QUE PRESENTAN SECRECIONES	10
2.3 METODOLOGÍAS PARA LA EXTRACCIÓN DE GOMAS.....	11
2.4 DE LA ESPECIE EN ESTUDIO.....	13
2.4.1 Taxonomía.....	13
2.4.2 Descripción botánica	13
2.4.3 Descripción anatómica	14
2.4.4 Goma de <i>Capparis scabrida</i> H.B.K.....	16
2.4.5 Metodologías para la extracción de goma de Sapote.	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1 ZONA DE ESTUDIO	18
3.1.1 Características de la zona de estudio.	18
3.1.2 Área de Muestreo.....	19
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	20
3.2.1 Materiales y equipos de campo.	20
3.2.2 Materiales de laboratorio	20
3.2.3 Equipos de laboratorio.....	21
3.3 METODOLOGÍA.....	22
3.3.1 Estudio de la estructura anatómica de la madera.....	22
3.3.2 Producción de goma de la especie <i>Capparis scabrida</i> H.B.K.....	25
3.3.3 Regresión y correlación de parámetros analizados.	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MADERA DE SAPOTE <i>CAPPARIS SCABRIDA</i> H.B.K.....	27
4.1.1 Características Generales y Organolépticas.....	27
4.1.2 Características Macroscópicas	28
4.1.3 Características Microscópicas	29
4.1.4 Canales Gomíferos	35
4.1.5 Análisis Estadístico de la medición de los elementos anatómicos.....	37
4.2 PRODUCCIÓN DE GOMA DE SAPOTE.....	38
4.2.1 Forma de extracción de goma.....	38
4.2.2 Producción Estacional de Goma	39
4.2.3 Producción de Goma por Clase Diamétrica.....	41

4.2.4	<i>Producción de Goma por Fuste y Ramas</i>	42
4.3	INFLUENCIA DEL DIÁMETRO TANGENCIAL Y NUMERO DE CANALES GOMÍFEROS EN LA PRODUCCIÓN DE GOMA.....	48
4.3.1	<i>Análisis de la producción de goma en relación con el diámetro tangencial de canales gomíferos por clase diamétrica</i>	48
4.3.2	<i>Análisis de la producción de goma en relación al número de canales por clase diamétrica</i>	52
5.	CONCLUSIONES	56
6.	RECOMENDACIONES	57
ANEXO 1	.....	63
	LISTA DE CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MADERAS DURAS - IAWA (1989) ...	63
ANEXO 2	.....	68
	CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS LEÑOSOS EN BASE A SUS DIMENSIONES.....	68
ANEXO 3	.....	69
	TABLAS DE COEFICIENTE VARIABILIDAD ESTABLECIDA POR RUBIO (2002)	69
ANEXO 4	.....	70
	MEDICIÓN DE ELEMENTOS ANATÓMICOS.....	70
ANEXO 5	.....	73
	PRODUCCIÓN DE GOMA (PARCELA 1)	73
	PRODUCCIÓN DE GOMA (PARCELA 2)	74
ANEXO 6	.....	75
	ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN DE GOMA	75
ANEXO 7	.....	77
	ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN DE GOMA EN RELACIÓN AL TIEMPO	77
ANEXO 8	.....	78
	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRODUCCIÓN DE GOMA (MINITAB 16)	78
ANEXO 9	.....	81
	PRUEBA T PARA COMPARAR MEDIAS DE PARCELA 1 Y PARCELA 2	81
ANEXO 10	.....	82
	GRÁFICAS DE ANÁLISIS DE REGRESIÓN DE DIAMETRO TANGENCIAL DE CANALES Y PRODUCCIÓN DE GOMA ...	82
ANEXO 11	.....	84
	ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN DEL MODELO EXPONENCIAL	84
ANEXO 12	.....	85
	GRÁFICAS DE ANÁLISIS DE REGRESIÓN DE FRECUENCIA DE CANALES Y PRODUCCIÓN DE GOMA.....	85
ANEXO 13	.....	87
	ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN DEL MODELO EXPONENCIAL	87
ANEXO 14	.....	88
	ANÁLISIS DE LOS RESIDUALES DE LA REGRESIÓN EXPONENCIAL DE DIAMETRO TANGENCIAL DE CANALES Y PRODUCCIÓN DE GOMA	88

ANEXO 15.....	89
MEDICIÓN GRÁFICA DE LOS RESIDUALES DE LA REGRESIÓN DE MODELO EXPONENCIAL	89
ANEXO 16.....	90
ANÁLISIS DE LOS RESIDUALES DE LA REGRESIÓN EXPONENCIAL DE LA FRECUENCIA DE CANALES Y PRODUCCIÓN DE GOMA.....	90
ANEXO 17.....	91
MEDICIÓN GRÁFICA DE LOS RESIDUALES DE LA REGRESIÓN DE MODELO EXPONENCIAL	91

Lista de cuadros

	Página
CUADRO 1 TIPOS DE CÉLULAS XILEMÁTICAS.....	6
CUADRO 2 CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS <i>CAPPARIS SCABRIDA</i>.....	15
CUADRO 3 UBICACIÓN DE ZONAS DE ESTUDIO.....	19
CUADRO 4 RANGO DE CLASIFICACIÓN POR CLASES DIAMÉTRICAS.....	25
CUADRO 5 DATOS ESTADÍSTICOS DE LA MEDICIÓN DE LOS ELEMENTOS LEÑOSOS EN FUSTE Y RAMAS DE SAPOTE.	34
CUADRO 6 MEDICIÓN DE CANALES GOMÍFEROS Y PRODUCCIÓN DE GOMA EN EL FUSTE POR CLASE DIAMÉTRICA	48
CUADRO 7 MEDICIÓN DE CANALES GOMÍFEROS DEL FUSTE Y PRODUCCIÓN DE GOMA EN RAMAS POR CLASE DIAMÉTRICA	49
CUADRO 8 ECUACIONES DE ANÁLISIS DE REGRESIÓN DE LA RELACIÓN DEL DIÁMETRO TANGENCIAL DE CANALES Y PRODUCCIÓN DE GOMA.	49
CUADRO 9 NÚMERO DE CANALES GOMÍFEROS Y PRODUCCIÓN DE GOMA EN EL FUSTE/CLASE DIAMÉTRICA.	52
CUADRO 10 NÚMERO DE CANALES GOMÍFEROS Y PRODUCCIÓN DE GOMA EN RAMAS/CLASE DIAMÉTRICA. .	52
CUADRO 11 ECUACIONES DE ANÁLISIS DE REGRESIÓN DEL NÚMERO DE CANALES/MM2 VS PRODUCCIÓN DE GOMA.	53

Lista de figuras

	Página
FIGURA 1	ÁRBOL DE SAPOTE (CAPPARIS SCABRIDA) .....14
FIGURA 2	GOMA DE SAPOTE DE LAS HUMEDADES – MOTUPE. ....16
FIGURA 3	CORTE TRANSVERSAL DE SAPOTE EN CONDICIÓN SECA.....27
FIGURA 4	CORTE TANGENCIAL Y RADIAL DE LA MADERA DE SAPOTE.....28
FIGURA 5	CORTE TRANSVERSAL DE LA MADERA DE SAPOTE.....29
FIGURA 6	ELEMENTO VASCULAR DE SAPOTE.....30
FIGURA 7	VISTA TRANSVERSAL DE MADERA DE SAPOTE.....31
FIGURA 8	VISTA RADIAL DE LA MADERA DE SAPOTE.....32
FIGURA 9	VISTA TANGENCIAL DE LA MADERA DE SAPOTE.....32
FIGURA 10	FIBRA DE SAPOTE.....33
FIGURA 11	SECCIÓN TRANSVERSAL CON PRESENCIA DE CANALES GOMÍFEROS EN SAPOTE.....35
FIGURA 12	DIÁMETRO TANGENCIAL DE CANALES GOMÍFEROS EN FUSTES Y RAMAS POR CLASE DIAMÉTRICA EN SAPOTE .....36
FIGURA 13	DENSIDAD DE CANALES GOMÍFEROS POR MM2 EN SAPOTE.....36
FIGURA 14	CORTE PARA PRODUCCIÓN DE GOMA EN FUSTE DE SAPOTE.....38
FIGURA 15	PRODUCCIÓN PROMEDIO DE GOMA SEGÚN MESES DEL AÑO.....39
FIGURA 16	PRUEBA DE NORMALIDAD EN LA PARCELA 1 Y EN LA PARCELA 2.....40
FIGURA 17	PRUEBA DE NORMALIDAD EN LA PARCELA 2.....40
FIGURA 18	GRÁFICO DE CAJA PARA LAS DOS PARCELAS DE MUESTREO.....41
FIGURA 19	PRODUCCIÓN DE GOMA DE SAPOTE POR CLASE DIAMÉTRICA TOMADA DEL BOSQUE DE MOTUPE. ....42
FIGURA 20	PRODUCCIÓN DE GOMA DE FUSTE Y RAMAS POR CLASE DIAMÉTRICA.....43
FIGURA 21	PRODUCCIÓN DE GOMA EN FUSTE Y RAMAS SEGÚN MESES DE OBTENCIÓN .....43
FIGURA 22	GRÁFICA DE PROBABILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE GOMA EN EL FUSTE DE LA PARCELA 1..44
FIGURA 23	GRÁFICA DE PROBABILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE GOMA EN LAS RAMAS DE LA PARCELA 1.....44
FIGURA 24	GRÁFICA DE PROBABILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE GOMA EN EL FUSTE DE LA PARCELA 2..45
FIGURA 25	GRÁFICA DE PROBABILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE GOMA EN LAS RAMAS DE LA PARCELA 2. .....46
FIGURA 26	GRÁFICO DE CAJA DE LOS RENDIMIENTOS DE GOMA DE LA PARCELA 1.....47
FIGURA 27	GRÁFICO DE CAJA DE LOS RENDIMIENTOS DE GOMA DE LA PARCELA 2.....47
FIGURA 28	GRÁFICA Y ECUACIÓN EXPONENCIAL DE PRODUCCIÓN DE GOMA VS DIÁMETRO TG DE CANALES.....50
FIGURA 29	GRÁFICA DE PROBABILIDAD DEL ANÁLISIS RESIDUAL.....51

FIGURA 30	GRÁFICA Y ECUACIÓN EXPONENCIAL DE NÚMERO DE CANALES VS PRODUCCIÓN DE GOMA....53
FIGURA 31	GRÁFICA DE DATOS DE PROBABILIDAD .....54
FIGURA 32	GRÁFICA DE PROBABILIDAD DE RESIDUOS DE LA REGRESIÓN DE MODELO EXPONENCIAL .....54

1. INTRODUCCIÓN

El considerable interés de los productos forestales no maderables se ve reflejado en su creciente demanda a nivel mundial. Estos productos cumplen un rol vital en la generación de alimentos y medicinas, además de ser una fuente de empleos y generación de ingresos (FAO citado por Herz, 2007). Los productos diferentes a la madera pueden ser extraídos del follaje, frutos, raíces, corteza del árbol; destacando los aceites esenciales, resinas, taninos, gomas naturales y grasas.

Las gomas debido a sus propiedades emulsionantes, espesantes y estabilizantes son utilizadas en varias industrias, principalmente de alimentos y cosméticos. La goma más valorada a nivel mundial es la goma arábiga, proveniente de la exudación de la corteza del árbol de *Acacia senegal* Willd. En el Perú la goma más importante es la de tara, obtenida de la semilla del árbol *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze. Asimismo, otra especie que exuda goma es el árbol de sapote *Capparis scabrida* H.B.K, especie nativa del norte del país, propia de los departamentos de Lambayeque, Piura y Tumbes.

La madera de sapote es muy apreciada para la elaboración de productos de artesanía lo que ha llevado a la especie a ser considerada en Peligro Crítico de acuerdo al D.S. N° 043-2006-AG; por ello la importancia de darle un uso alternativo a la especie con fines de conservación; como es el caso del aprovechamiento de la goma que exuda el árbol.

El conocimiento de la existencia de goma de sapote (*Capparis scabrida* H.B.K), es mencionado en documentos elaborados como trabajo de tesis en los años 1953 y 1956, donde se estudió algunas propiedades químicas de la goma de sapote. Otras investigaciones vieron aspectos sobre el manejo y la importancia de su conservación publicándose un artículo sobre el sapote y sus usos; pero no hubo ninguna iniciativa para aprovechar este recurso (Rodríguez *et al*, 2007). En el año 2007, se realizó la caracterización físico-química de la goma obteniéndose resultados compatibles a las propiedades de la goma arábiga (Herz, 2007).

A pesar de que las técnicas de extracción son repetitivas para la recolección de goma, éstas siguen siendo tradicionales; debido principalmente a la carencia de estudios relacionados a la

respuesta de la estructura de la planta a esta aplicación. En el caso de la goma de sapote se sabe que la realización de una incisión en el árbol generará la exudación de goma; sin embargo, no se conoce cómo y en qué parte se debe realizar esta incisión para generar mayores cantidades de este producto.

Asimismo, cabe mencionar que estudios anteriores de *Capparis scabrida* no han considerado la relación de la estructura anatómica con la producción de goma, por tal motivo la presente investigación analiza dicha relación entre la estructura anatómica del fuste y ramas de *Capparis scabrida* con la exudación de goma; por ello, los objetivos de esta investigación son:

- Caracterizar la estructura de la madera de la especie.
- Comparar la estructura anatómica de fuste y ramas de la especie.
- Relacionar los elementos xilemáticos que exudan goma con datos de producción tomados tanto en época seca y de lluvia.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANATOMÍA DE LA MADERA

2.1.1 Generalidades

Pérez (1986), afirma que la anatomía de la madera permite obtener información básica sobre la estructura de maderas de una localidad o región específica a través de la elaboración de claves, descripciones o su incorporación a una base de datos.

León y Espinoza (2001), mencionan que por medio del conocimiento de la estructura anatómica de la madera se puede adquirir información directa en temas relacionados con taxonomía, ecología, filogenia, dendrocronología y tecnología de la madera. Esta información puede servir para la solución adecuada de problemas en aprovechamiento forestal, procesamiento y utilización de la madera. Los mismos autores, consideran que gracias al conocimiento de la estructura anatómica de la madera se pueden hacer inferencias sobre las propiedades físicas y mecánicas. Se hace hincapié en que la densidad tiene una relación directa con el espesor de fibras, siendo la característica anatómica de mayor influencia en las propiedades de resistencia mecánica de la madera. Otras características que afectan la densidad y resistencia mecánica de forma inversa son el diámetro de poros y frecuencia, altura y anchura de radios y parénquima.

Según Pérez (1986), la anatomía de la madera es importante en la identificación ordinaria de maderas por los siguientes aspectos:

- Sirve de apoyo al botánico sistemático en aquellos casos en que el material de herbario es insuficiente, o cuando la identificación botánica mediante hojas, flores y frutos presenta dificultades. La identificación de maderas tropicales es una labor mucho más ardua, por el elevado número de especies, entre las cuales no es raro encontrar especies pertenecientes a géneros o familias diferentes con rangos estructurales bastante similares.
- Es importante para el comerciante de maderas, ya que mediante los servicios del anatomista de madera (mediante una xiloteca), se puede obtener la identificación botánica de la

madera. Maderas pertenecientes a especies, géneros, y aun familias diferentes pueden ser confundidas a simple vista.

- De utilidad en el control de aprovechamiento, importación y exportación de maderas. Para que no haya fraudes por envíos de madera involuntaria o deliberadamente confundidas. También pueden ocurrir que durante el transporte de maderas comerciales se extravíen las señales de identificación.

2.1.2 *Formación de madera*

Arbo (2008) explica que la formación de madera está constituida por la adición de nuevas células a través de la actividad de dos meristemas. Las células que componen los meristemas mantienen la capacidad de dividirse y producir nuevas células durante toda la vida del árbol. El meristema apical, es responsable de aumentar la altura del árbol. El meristema lateral, llamado cambium vascular, se encuentra entre la madera y la corteza existentes. El cambium rodea completamente el fuste y es responsable de aumentar su diámetro. Estos dos meristemas también se encuentran en ramas de los árboles; por lo que la formación de madera en las ramas es el mismo que en el fuste principal.

Richard (1979) menciona que cada año el cambium inserta nueva madera y nueva corteza. Las células de la madera se forman en el interior del cambium, adyacentes a la madera existente. Las nuevas células de corteza se forman hacia el exterior del cambium y contiguo a la actual corteza. La madera ocupa el mayor volumen del fuste de un árbol, porque se produce más madera que células de corteza y también porque las células de la madera se conservan y por lo tanto se acumulan, mientras que las células de la corteza exterior son constantemente renovadas.

Asimismo, el mismo autor muestra que inmediatamente después de la formación a través de la división celular, la célula de la madera comienza a aumentar, tanto en diámetro y longitud. Durante la ampliación de la célula, la pared celular es muy fina y flexible y que se denomina la pared primaria. Una vez que cesa la ampliación de la pared, esta engrosa por la adición de una pared interna secundaria a la pared principal. En este momento de desarrollo de las células, la composición química de la pared celular es principalmente de celulosa. La fase final, antes de la muerte de la célula, se denomina lignificación; que consiste en la deposición de la lignina,

sustancia de la matriz a través de la pared celular. Además de proporcionar rigidez a la pared celular, la lignina depositada entre las células de la madera sirve como el agente adhesivo que une las células entre sí.

2.1.3 Tejidos Vasculares

Los tejidos vasculares están formados por células muy especializadas que reúnen las siguientes características:

- Forma generalmente alargada en la dirección general del fuste.
- Paredes terminales generalmente oblicuas para aumentar la superficie de contacto y facilitar el transporte de sustancias.
- A menudo están fusionadas entre sí formando verdaderos tubos conductores.

Arbo (2008) expresa que los tejidos vasculares son el xilema y el floema, que constituyen un sistema continuo a lo largo de todas las partes de la planta; el sistema vascular, que por su importancia fisiológica y filogenética ha sido utilizado para denominar un amplio grupo de plantas: las traqueófitas o plantas vasculares que comprenden las Pteridophyta y Spermatophyta.

El mismo autor menciona que el xilema generalmente está asociado con el floema, el tejido conductor de sustancias elaboradas en la fotosíntesis. El xilema es el tejido conductor de agua y solutos desde la región de absorción a la de evaporación; siendo el flujo en el xilema unidireccional.

García *et al* (2003) explican que el xilema del cuerpo primario de la planta, también llamado xilema primario, se forma por la diferenciación continua de nuevos elementos a partir del procambium y se produce continuamente a partir de los meristemas apicales; consta generalmente de una parte temprana, el protoxilema, que se diferencia en las partes primarias del cuerpo de la planta que no han completado su desarrollo, y el metaxilema, que madura luego que se ha completado el alargamiento del cuerpo primario.

En muchas plantas, después de producido el crecimiento primario, se desarrollan tejidos secundarios; como el cambium vascular. Los tipos de células que conforman el xilema son las siguientes:

Cuadro 1 Tipos de células xilemáticas.

Tipos de células		Función
Elementos traqueales	Traqueidas	Conducción, sostén
	Miembros de los vasos	
Fibras	Fibrotraqueidas	Sostén, almacenamiento
	Fibras libriformes	
	Fibras septadas	
	Fibras mucilaginosas	
Células parenquimáticas		Almacenamiento, traslado
Estructuras glandulares e idioblastos		Secreción, acumulación

Tomado de Arbo (2008)

2.1.4 Formación de madera en relación a los factores ambientales

Costa, citado por Voigt (2009), indica que factores como sequías, inundaciones, altitud, latitud, formación de suelo, estadios sucesionales de vegetación y la contaminación pueden alterar significativamente la estructura anatómica del xilema.

Segala y Angyalossy (2002), consideran que a menor latitud, el parénquima axial predominante es paratraqueal, los radios son más delgados y el espesor de la pared de la fibra es mayor; por el contrario, a mayor latitud, el parénquima predominante es apotraqueal y no tan abundante, los radios son más anchos y el espesor de la pared de la fibra es más delgado; asimismo, la tendencia del parénquima difuso es más común en climas templados que en climas tropicales; los parénquimas tipo aliforme, aliforme confluyente y/o en bandas de parénquima son más comunes en los trópicos. A bajas latitudes, cuando el parénquima es predominantemente paratraqueal y abundante, los radios tienden a ser uniseriados. Por otro lado, cuando la latitud es mayor, la tendencia es predominante del parénquima apotraqueal y en menor abundancia, los radios son frecuentemente multiseriados.

Segala y Angyalossy (2000) determinaron que los poros múltiples radiales incrementan la seguridad para la conducción hidráulica durante los periodos de sequía. Agrega Zimmermann,

citado por Silva (2005), que los poros múltiples radiales son más seguros, ya que proveen rutas alternativas para evitar la obstrucción de los vasos como estrategia.

Con respecto a las fibras, Segala y Angyalossy (2002) indican que el espesor de pared de las fibras está relacionado con la disponibilidad de agua; por su parte León y Espinoza (2001) mencionan que las paredes delgadas se encuentran en ambientes más húmedos mientras que las paredes gruesas están asociadas a ambientes secos. Panshin y De Zeeuw (1980), en cuanto al incremento de espesor de la pared celular señalan que las maderas duras muestran un incremento del grosor de pared celular desde la médula hacia afuera.

2.1.5 Conductos secretores

De acuerdo con Arbo (2008), el leño de dicotiledóneas puede tener conductos secretores esquizógenos o lisígenos, a veces mixto, conteniendo resinas, aceites, gomas o mucílagos. Los espacios lisígenos se forman por lisis o separación de células enteras (holocrina) y quedan rodeados de células más o menos desintegradas; las secreciones se originan en las células antes de que éstas se desintegren, la lisis comienza en unas cuantas células y luego se extiende a las vecinas; y dichos espacios pueden formarse como respuesta a lesiones. En los espacios o cavidades esquizógenos, la cavidad se forma gracias a que las células se separan por disolución de la laminilla media y por dilatación de los espacios intercelulares; las células que limitan los espacios se diferencian formando el epitelio secretor.

El mismo autor menciona que los conductos pueden estar presentes tanto en el sistema vertical como en el horizontal; en algunos casos las cavidades pueden ser pequeñas y tener origen traumático que pueden ser dados por daños mecánicos por ejemplo. Los conductos gomíferos están asociados a la gomosis, exudación en una materia viscosa de color ámbar que al principio es blanda pero que en muchas ocasiones se endurece con el contacto del aire, degeneración celular a la formación de complejas y variadas sustancias. Paula & Heringer (1978) citado por Stechhahn (2006), menciona que las cavidades secretoras también pueden estar presentes en órganos vegetativos y reproductivos.

En relación a la influencia de inclusiones en la madera, Mohali y Castro (2005) mencionan que la presencia de tilosis en los poros ocasiona menor retención y penetración de los preservantes. Por su parte, Kollmann (1959) indica que la presencia de vasos obstruidos por depósitos

gomosos, además de lo anterior, también dificulta el secado de la madera. Asimismo, Ninin (1986) indica que las inclusiones minerales como cristales y sílice ocasionan el desgaste rápido de las herramientas cortantes, y que la presencia de inclusiones gomosas dificulta la evacuación del aserrín durante el corte de la madera.

2.1.6 Exudaciones

La exudación, de acuerdo a la FAO (1995), es considerada como una respuesta patológica a la aparición de una herida en la planta, sea esta accidental, causada por insectos barrenadores o por lesiones intencionales, conocida internacionalmente como "tapping". Las gomas, resinas y látex componen, probablemente, una de las categorías de mayor uso y comercio entre los productos no maderables provenientes del bosque; cuyos usos de estos productos abarcan la industria alimentaria, como estabilizantes o emulsificantes; farmacéutica, como aglutinantes o suspensiones, e incluso aplicaciones técnicas, en imprentas o textiles.

A. GOMAS

La FAO (1997) definen las gomas vegetales, es decir, aquellas obtenidas de plantas, como sólidos compuestos de mezclas complejas de polisacáridos; pudiendo ser hidrosolubles o absorber agua e hincharse hasta tomar la forma de un gel o gelatina al ser colocados en agua. Son insolubles en aceites o solventes inorgánicos como hidrocarburos, éter o alcohol. Típicas gomas en este grupo son la goma arábiga, gatti, karaya y tragacanto.

FAO (1995) menciona que algunas gomas son producidas por la exudación, usualmente proveniente del fuste de un árbol o también, en casos menos frecuentes, de las raíces. Existen otras fuentes de gomas vegetales como las semillas, que son extraídas del endospermo; la proveniente de algas marinas; o incluso obtenida por síntesis microbial.

Josealeau y Ullman (1990), citado por Losano *et al* (2000), señalan que la goma más conocida en el mundo y por ende la que tiene más estudios es la goma arábiga producida por el árbol de *Acacia senegal* (L.) Willd, que se produce en el floema o parte interna de la corteza, proveniente de la actividad secretora de sus células parenquimáticas.

Según Losano (1995), en las gomas que se dan por exudación, la producción posiblemente constituya un mecanismo adaptativo de plantas que colonizan hábitats degradados, como

defensa contra la pérdida de agua; por ello es que la producción de goma mejora cuando el estado hídrico de la planta lo hace; agregando que la exudación es ocasionada por daños mecánicos en el tronco y/o las ramas.

B. RESINAS

Según Hernández (2009) la resina es una secreción orgánica que producen muchas plantas, particularmente los árboles del tipo conífera. Es muy valorada por sus propiedades químicas y sus usos asociados, como por ejemplo la producción de barnices, adhesivos y aditivos alimenticios. También es un constituyente habitual de perfumes o incienso.

IPEF (1978) define la resina como una sustancia inflamable de un color blanco amarillento, que buena fluidez por su alto contenido de trementina, insoluble en agua y solubles en alcohol etílico. Así también, Lacerda (2003) menciona que las resinas son bastante inflamables y no son conductoras de electricidad; fluyen de ciertas plantas (coníferas, terebintáceas) de forma natural y se extrae principalmente de la corteza. El mismo autor señala que los árboles producen la resina como una protección contra enfermedades e infestaciones de insectos, cuando la corteza de un árbol es herida debido a rotura o a un ataque por escarabajos de madera u otros insectos, bacterias u hongos. Entre las resinas naturales se encuentran: la resina verdadera, las gomorresinas, las oleorresinas, los bálsamos y las lacto-resinas.

C. LÁTEX

Puigdomènech (1986) menciona que el látex natural es una suspensión acuosa coloidal compuesta de grasas, ceras y diversas resinas gomosas obtenida a partir del citoplasma de las células laticíferas presentes en algunas plantas angiospermas y hongos. Por lo general es de color blanco, aunque también puede presentar tonos anaranjados, rojizos o amarillentos dependiendo de la especie, y de apariencia lechosa.

Rojas *et al* (2008) señalan que el látex es una sustancia con una composición de gran complejidad, puesto que entre sus elementos constituyentes se encuentran gomas, aceites, azúcares, sales minerales, ácidos nucleicos, proteínas, alcaloides, terpenos, ceras, hidrocarburos, almidón, resinas, taninos y bálsamos. McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology (2005) señala que la cantidad de cada uno de estos compuestos varía moderadamente en función de una serie de factores, tales como la especie vegetal, la parte de la

planta en la que se encuentra, la época del año, pues la composición no será la misma en verano que en invierno, o el tipo de suelo sobre el que crece el vegetal.

Puigdomènech (1986) expresa que los botánicos no han determinado la función que el látex desempeña en el desarrollo, pero sí han identificado tres funciones desenvueltas por esta sustancia en los vegetales y hongos que lo producen. El látex impide la entrada de microorganismos patógenos y favorece el proceso de cicatrización cuando se produce una herida en la planta, puesto que el látex es exudado a través de ésta y al entrar en contacto con el aire coagula, creándose una capa protectora; en otras plantas la elevada toxicidad del látex lo convierte en un mecanismo de defensa ante los herbívoros que intenten alimentarse de la planta; finalmente, el látex también puede actuar como depósito excretor.

El mismo autor menciona que la mayor parte del látex de empleo comercial se extrae de la shiringa (*Hevea brasiliensis*) y es dedicado a la obtención de caucho. Sin embargo, también existen otros productos derivados del látex natural como la gutapercha (material amarillo o pardo producido a partir del látex de *Palaquium oblongifolia*), la balata (material duro muy similar al caucho que se obtiene principalmente del látex de *Manilkara bidentata*) y el chicle (sustancia de color rosáceo o pardo extraída del látex de *Achras sapota*) que tienen gran importancia comercial.

2.2 ESTUDIOS ANATÓMICOS PARA ESPECIES QUE PRESENTAN SECRECIONES

Existen estudios anatómicos sobre canales resiníferos de pinos, como el de Ananías *et al* (2010) que estudió la variación radial y apical de *Pinus radiata* de 14 años; determinando la frecuencia y el tamaño de los canales resiníferos en muestras microscópicas usando el software WinCELL Versión 5.1. Las muestras fueron extraídas de árboles en pie presentando tres niveles diferentes de resinación externa; es decir, moderada/leve, e intensa. Se evaluó la variabilidad de los canales resiníferos según la posición radial a tres diferentes alturas: base, DAP, y al comienzo de la copa del árbol; los resultados mostraron que la variación radial y longitudinal de la frecuencia de canales resiníferos aparece débilmente correlacionada con el nivel de intensidad de resinación observada en árboles en pie de pino radiata.

Así mismo, existen estudios anatómicos para secreciones de maderas latifoliadas, como Dematei y Sebastiao (2006) que estudiaron la anatomía de las estructuras que segregan aceite esencial en raíz, tallo y hoja de *Achillea mollefolium*; evaluando anatómicamente los elementos donde se generaba aceites. Concluyeron que los canales son de origen esquizógeno y que la mayor concentración de estos se encuentra en el fuste de la planta.

Otro trabajo, en el caso de maderas tropicales, es el realizado a la copaiba por Rodrigues & Rodrigues (2009) quienes estudiaron el desarrollo y las características estructurales de canales secretores en ramas y raíces de *Copaifera langsdorffii*. Asimismo, Foresti (2009) estudio las cavidades secretoras de resina de *Copaifera trapezifolia* Hayne; en ambos casos las metodologías empleadas consideran diámetros y alturas e dónde se realizó los cortes para la evaluación de resina. Rodrigues & Rodrigues determinaron que existe un sistema interconectado de canales de resina observándose mayor cantidad de canales en ramas; mientras que Foresti halló que las cavidades secretoras se producen en la hoja y el tallo de las estructuras primarias y secundarias.

Losano *et al* (2000) estudió el mecanismo de secreción de sustancias gomosas en *Cercidium praecox*; indicando que la formación de sustancias gomosas comienza en las células de parénquima que rodea a los vasos, y causa la oclusión total o parcial de lumen de estos, coincidiendo con la ocurrencia de un traumatismo. Para este estudio se extrajeron muestras de leño en seis ejemplares sanos y posteriormente heridos; utilizando un sacabocado de 16mm de diámetro, el que provocó un daño mecánico en el tallo que afectó los tejidos comprendidos entre la epidermis y el xilema secundario. El diámetro de los tallos analizados varió entre 4 y 12cm y corresponden a ramas y fustes respectivamente. En esta investigación se discutió la relación con agentes bióticos como los hongos, así como su relación con el ambiente.

2.3 METODOLOGÍAS PARA LA EXTRACCIÓN DE GOMAS

La segregación de goma se debe a las glándulas secretoras de las células epiteliales. De acuerdo a McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology (2005), estos tejidos glandulares tienen la finalidad de resolver las necesidades metabólicas de la planta, así como, facilitar la relación con otros organismos. Arbo (2008) menciona que la secreción puede ser realizada por células únicas o por grupos de células. Los idioblastos secretores son ejemplos de secreción

intracelular y contienen diversas sustancias: bálsamos, aceites, taninos, mucílagos, gomas y cristales; su forma puede ser muy variable, desde isodiamétrica, alargada a ramificada. El mismo autor menciona, que en el caso de gomas, por su elevado contenido de polisacáridos tienen la propiedad de absorber y retener agua; siendo la secreción granulocrina a través de la membrana plasmática, acumulándose la goma debajo de la pared celular; por último, el protoplasto degenera dejando sólo la goma.

En el caso de las gomas, casi toda la cosecha proviene del aprovechamiento por exudación. Imeson, citado por Verbeken *et al* (2003), menciona que cuando los árboles de Acacia pierden sus hojas y se encuentran en estado de dormancia, al inicio de la temporada seca, se realizan incisiones superficiales en las ramas y se retiran franjas de corteza del fuste. Luego de 5 semanas la goma se cosecha manualmente; cuya colección se repite cada 15 días hasta lograr de 5 a 6 colecciones en total, dependiendo de las condiciones climáticas y el estado sanitario del árbol.

Herz (2007) señala que las gomas obtenidas por exudación, se consiguen practicando cortes, punciones o incisiones en las ramas y fuste de los árboles de manera tangencial, logrando penetrar justo debajo de la corteza, tirando de ella para despojar una pequeña longitud de la corteza; para que el daño sea mínimo. Luego de esta incisión, la goma va saliendo en forma de exudado y debe ser dejada ahí por un tiempo prudente.

No existen mayores variantes en la metodología, siendo similar para todas las gomas procedentes de árboles; sin embargo, existen algunos estudios e investigaciones sobre las mejoras potenciales para incrementar el rendimiento de la exudación. La mayoría de ellos tienen lugar en las regiones de mayor volumen de cosecha y comercio de gomas como países de África e India.

Por ejemplo, en Sudán, uno de los países de mayor producción de goma arábiga, se realizó un estudio sobre *Acacia seyal* var. *seyal* (talh), árbol productor de goma que se encuentra en el cinturón de sabana de Sudán. Fadl y Gebauer (2004) llevaron a cabo dos experimentos; el primero permitió determinar el tipo de herramienta con la que se obtiene un mejor rendimiento en el corte, y el segundo determinó la altura a la que se debe realizar los cortes para incrementar el rendimiento de goma. Los resultados demostraron que el “makmak”, utensilio

de filo ancho, logra los mejores rendimientos ya que permite retirar una pieza grande de corteza en un solo corte; además, la altura media del fuste (a unos 150cm) resulta de mayor eficacia tanto en producción como en facilidad de colección de la goma.

Por su parte, en la India, en el Instituto de Investigación de la Zona Árida Central (CAZRI, por sus siglas en inglés), Tewari y Ram (2011) desarrollaron y estudiaron los efectos de un inductor de exudación de gomas, el mismo que resultó efectivo en la mejora de la producción de la goma arábica. En general la técnica aplicada consiste en la perforación de un orificio en el fuste del árbol en el que se introduce el inductor en una dosis específica y se deja actuar por 5 a 10 días a partir de los cuales se puede llevar a cabo la cosecha de la goma exudada.

2.4 DE LA ESPECIE EN ESTUDIO

2.4.1 Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Brassicales
Familia:	Capparaceae
Nombre científico:	<i>Capparis scabrida</i> H.B.K.
Nombre común:	Sapote o Zapote (Perú)
Sinónimo:	<i>Capparis angulata</i> R&P

2.4.2 Descripción botánica

Según Llerena (1983), el sapote es un árbol o arbusto siempre verde, ramificado y pubescente. La forma de la raíz principal pivotante y fusiforme; raíces secundarias desarrolladas, algo rugosas, llegando a alcanzar grandes profundidades debido a las condiciones áridas en que vive

la planta teniendo que aprovechar el agua subterránea. Sus tallos son altos, rugosos, torcidos y nudosos.

Rodríguez *et al* (2007) menciona que sus hojas son grandes (16 a 20 cm de largo y 5,5 a 8 cm de ancho), simples, alternas, de envés cremoso debido a la pilosidad estrellada, con nervaduras pronunciadas. Las flores son de color amarillo verdoso, hermafroditas y actinomorfas. Inflorescencias en racimos agrupados en cimas; presentan una floración no uniforme. El fruto es de color verde parduzco, carnoso, alargado-ovoide (8 a 19 cm de largo) y de textura áspera por la presencia de abundantes pilosidades estrelladas; se encuentra constituido por cáscara, endospermo y semilla y se abre con mucha facilidad cuando se encuentra maduro por las suturas ováricas dejando en libertad a las semillas. Las semillas son generalmente numerosas (50 a 100) cubiertas por una pulpa blanda, algo grasosa, de color amarillo rojizo, constituyendo la parte comestibles, de sabor dulce y no desagradable.



Figura 1 Árbol de Sapote (*Capparis scabrida*)

2.4.3 Descripción anatómica

En condición seca al aire, la albura es de color amarillo claro y el duramen marrón amarillento. Anillos de crecimiento diferenciados, limitados por bandas claras de contorno regular. Grano

recto con tendencia a entrecruzado, textura fina y brillo medio. Veteado, arcos superpuestos, bandas paralelas y jaspeado. Madera con densidad básica de 0.77. (Acevedo y Kikata, 1994)

A continuación se presenta las características anatómicas de la madera:

Cuadro 2 Características anatómicas *Capparis scabrída*.

Características Anatómicas	
Madera patrón	<p>Porosidad Difusa. Poros ligeramente visibles a simple vista.</p> <p>Poros solitarios en su mayoría. Presencia de múltiples radiales (2-4) y en racimos (3 a 5)</p> <p>Parénquima visible a simple vista, en bandas anchas y paratraquel vasicéntrico en menor proporción.</p> <p>Radios visibles con lupa 10x, con 4 a 10/mm, no estratificados.</p>
Vasos	<p>El diámetro tangencial varía de 58 a 96 μm y la longitud entre 11 y 318 μm.</p> <p>Platina de perforación simple.</p> <p>Punteado intervacular alterno, con puntuaciones redondeadas y aberturas muy pequeñas.</p> <p>Punteado radiovascular similar al intervacular.</p> <p>Presencia de inclusiones gomosas.</p>
Parénquima	<p>Paratraquel vasicéntrico y apotraquel en bandas de 6 células de ancho, estratificado.</p> <p>Presencia de cristales de forma romboide.</p>
Radios	<p>Homogéneos, multiseriados no estratificados.</p> <p>Altura entre 120 y 586 μm.</p> <p>Presencia de cristales de forma romboide.</p>
Fibras	<p>Libriiformes, no estratificadas.</p> <p>El diámetro total es de 11 μm, el grosor de pared celular 2 μm y la longitud varía entre 38 y 54 μm.</p>

Tomado de Acevedo - Kikata (1994)

Cabe mencionar, que la especie cuenta con un estudio dendrocronológico realizado por Rosero Alvarado (2011) cuyos resultados determinaron que la especie presenta falsos anillos y debido a la cantidad de parénquima que presenta la madera no es posible determinar la edad del árbol mediante la metodología aplicada de rayos X.

2.4.4 Goma de *Capparis scabrida* H.B.K

Según Ferreyra (1986) la especie presentan trastornos fisiológicos (ataque de insectos a la corteza), lo que produce abundante goma de excelente calidad que puede sustituir con ventaja a la goma arábiga que procede del África (*Acacia senegal* Willd.).

La producción de la goma, depende principalmente de la profundidad de la napa freática (Herz, 2007). Determinó 15 características físico-químicas de esta goma; estableciendo que las características físicas (color, humedad y sólidos totales) y químicas (carbohidratos, solubilidad, rotación óptica, viscosidad, sales, vitaminas, extracto etéreo, fibra cruda y proteínas) de la goma fueron similares para todas las zonas de estudio. Posteriormente comparó dichas características con algunas gomas ya existentes en el mercado nacional e internacional con el fin de determinar el uso potencial de esta especie en distintas industrias; comprobando que la goma de sapote además de ser compatible con otras gomas, posee características de óptima calidad como espesante, emulsionante y estabilizante. Asimismo, determinó que posee características similares y en algunos casos mejores a las de la goma arábiga.

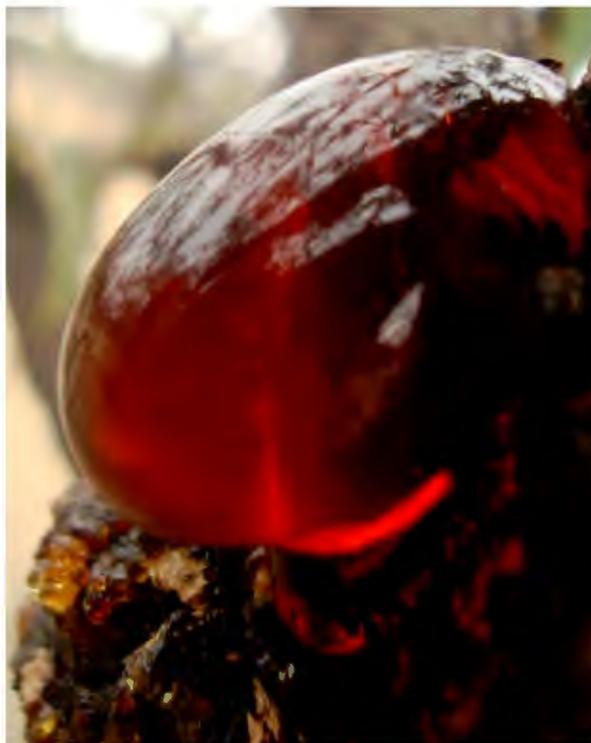


Figura 2 Goma de Sapote de Las Humedades – Motupe.

2.4.5 Metodologías para la extracción de goma de Sapote.

Llerena (1983) menciona que la producción de goma mejora en los años donde existe una mayor precipitación en comparación de los años secos. Asimismo, menciona que los meses en los que la temperatura disminuye, se produce una disminución de las funciones del árbol conocido como fenómeno de hibernación, el cual consiste en un estado de letargo, donde el metabolismo de la planta disminuye; por lo que en este periodo no es conveniente realizar ninguna incisión, debiéndose realizar éstas en los meses en los que disminuyen las precipitaciones pluviales; de abril a diciembre. En los meses en los que hay incremento de temperatura, se produce una fuerte actividad fisiológica en la planta, dándose inicio a la exudación de la goma en la corteza por diferencia de presión entre la fisiología de la planta y el medio ambiente; por ello, usualmente se realiza la operación de recolección de la goma en esta época.

Llerena (1983) realizó una investigación de goma de sapote en árboles de 20 a 25 años; encontrando como resultado que es posible realizar hasta 10 cortes en el tallo principal y brazos secundarios robustos, a una profundidad de 4 a 7cm y a una altura de 50cm del suelo. En el mismo estudio se menciona que la extracción de goma puede iniciarse en árboles de 6 a 8 años.

Herz (2007) menciona que el nivel de conocimiento sobre la extracción de la goma de sapote es escaso. Indica que tradicionalmente se realizan incisiones o cortes en forma de V y heridas horizontales con hacha o machete; sin embargo, afirma que se desconoce la superficie que debería de tener las incisiones para optimizar la producción. Agrega que se han evaluado métodos de extracción para el sapote como son el método de ventanas, agujeros y cortes; siendo este último el que obtuvo mejores resultados; teniéndose como variables la altura y diámetro, siendo los valores más altos para las altura entre 2 a 4m y la clase diamétrica de 10 a 20cm; aunque estos datos solo fueron evaluados por el periodo de 3 meses.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ZONA DE ESTUDIO

3.1.1 Características de la zona de estudio.

A. UBICACIÓN Y EJECUCIÓN

La fase de campo se realizó en el Sector Humedades de la Comunidad Campesina San Julián, del distrito de Motupe, provincia de Lambayeque, departamento de Lambayeque.

El estudio de la estructura anatómica se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera del Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

B. LÍMITES

Norte : Distrito de Olmos y Cerro Chalpón.

Sur : Sector Briceño de la Comunidad Campesina de Motupe.

Este : Sector Pueblo Nuevo y Salitral de la Comunidad Campesina de Motupe.

Oeste : Comunidades Campesinas de Olmos y Cerro Jaguay (Negro Motupe)

C. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

El Sector Humedades cuenta con una topografía plana en la mayoría del sector, presentando, de acuerdo a Calderón (1999), una altitud promedio de 120 m.s.n.m. llegando a los 700 m.s.n.m. El mismo autor señala que los suelos del sector en el este son de textura franco arcillosa y del oeste pedregosos y no aptos para la agricultura.

Calderón (1999) menciona que el clima de la zona es cálido, con temperaturas máxima promedio de 33.1°C en los meses de febrero y marzo, y temperaturas mínimas de 14.8 °C para los meses de julio a agosto con precipitaciones muy bajas de 112mm. Se presenta lluvias durante los meses de febrero a abril, pero cuando se dan alteraciones climáticas drásticas, se produce el denominado Fenómeno “El Niño”, caracterizado por elevadas temperaturas e intensas y abundantes precipitaciones pluviales.

D. CARACTERIZACIÓN FORESTAL

El Sector Humedades abarca en total 4 572 ha, de las cuales 4 265 ha (90 % del total) están cubiertas de bosque pudiéndose diferenciar dos tipos:

Bosque seco ralo de Llanura (BsrLl), que abarca una extensión de 1,865 ha, cuyo grado de cobertura vegetal total es de 30% en promedio. En este tipo de bosque, la especie arbórea dominante es el algarrobo, con un 60% de la cobertura vegetal total, que significa 1,800m² de proyección de copa por hectárea, seguido del sapote con 15%; mientras que el 25 % restante están las especies arbustivas, entre las que destaca la *Cordia lutea* (overo) y *Vallesia glabra* (cuncuno).

Bosque seco de Colina (BsC), corresponde a una zona de transición al Bosque seco de Colina propiamente dicho, en el que se encuentra además características del bosque tipo Chaparral; abarca en conjunto un área de 2,400 ha. El grado de cobertura vegetal total es 45% en promedio, la vegetación dominante es de tipo arbustiva, siendo el overa la especie mayor con 55% de la cobertura vegetal; y dentro de las especies arbóreas, el sapote con 25% el más abundante y el 20% restante para *Prosopis pallida* (algarrobo), *Loxopterygium huasango* (hualtaco), *Bursera greveolens* (palo santo) y *Parkinsonia microphylla* (palo verde).

3.1.2 Área de Muestreo

El sector Humedades abarca un total de 4,572 ha (Calderón, 1999). Cuenta con una zona de protección de 1167 ha, y en esta zona intangible, se escogieron dos zonas con características similares. La zona 1 tiene una extensión de 2.7 has y la zona 2 de 1.1 has (Cuadro 3).

Cuadro 3 Ubicación de zonas de estudio.

Zona 1		Zona 2	
ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
634229	9318204	634044	9317309
634358	9318114	634050	9317357
634358	9317948	633843	9317364
634168	9318097	633834	9317305

Datum WGS 84 coordenadas UTM 17S

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 *Materiales y equipos de campo.*

- Libreta de campo.
- Lápiz.
- GPS.
- Estacas.
- Brújula.
- Machete.
- Cinta métrica.
- Placas de metal de 5 x 3cm.
- Bolsas herméticas.
- Sacos.
- Clavos de madera de 1".
- Cuchilla.
- Balanza electrónica.
- Etiquetas.
- Motosierra.
- Cámara Digital.

3.2.2 *Materiales de laboratorio*

- Lupa de 10x
- Solución de alcohol etílico (C₂H₅OH) de 30°, 60° y 90°

- Solución de ácido nítrico (HNO_3) al 33%
- Solución de safranina al 1%
- Bálsamo de Canadá
- Xilol
- Porta y cubre objetos
- Vasos graduados de vidrio de 50 ml, 100 ml
- Pincel pelo de Martha
- Placas Petri
- Aguja hipodérmica
- Lijas (60, 80, 120, 220, 320 grano.pulgada⁻²)

3.2.3 *Equipos de laboratorio.*

- Micrótopo de deslizamiento horizontal
- Microscopio binocular con cámara digital
- Cuchillas descartables de micrótopo.
- Equipo fotográfico.
- Estereoscopio
- Proyector de láminas.
- Hornilla eléctrica.
- Estufa eléctrica
- Computadora.

- Software Image Tool v3.0
- Lijadora Orbital
- Lijadora de Banda

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Estudio de la estructura anatómica de la madera.

A. SELECCIÓN Y COLECCIÓN DE MUESTRAS.

La colección de muestras para la caracterización de la estructura anatómica de la especie fueron muestras de fuste y ramas de 5 árboles. Para la descripción general se empleó rodajas de un sólo árbol.

B. ESTUDIO ANATÓMICO

Para la descripción de la estructura anatómica se utilizó las Normas de Procedimientos en Estudios de Anatomía de Madeira – Angiospermae (IBAMA, 1989) y la Lista de las Características Microscópicas para la Identificación de Madera Duras (IAWA, 1989).

a) Descripción de las características generales y macroscópicas.

En la descripción general se empleó rodajas de madera de 15cm de espesor para la descripción de las características generales: como corteza, anillos de crecimiento, albura, duramen, médula y otros. Estas rodajas fueron lijadas y pulidas en su sección transversal con lijas de diferentes grados (60, 80, 120, 220 y 320 grano.pulgada-2) para facilitar el contraste de los elementos anatómicos.

Para la descripción macroscópica se utilizaron muestras de xiloteca 2x10x15 cm debidamente orientadas que sirvieron para la caracterización del color, brillo, olor, sabor, textura, veteado, poros, parénquima y radios. El color fue determinado con la tabla Munsell (1977). Para la determinación del grano se utilizaron cubos de 5x5x5 cm debidamente orientados en sus tres planos de de corte.

b) Caracterización microscópica.

Se marcaron y obtuvieron cubos de 1,5 cm de lado en la sección transversal de cada árbol.

1) Obtención de Láminas Histológicas

a. Ablandamiento de cubos de madera

Los cubos de cada uno de los 5 árboles, se sumergieron en agua dentro de vasos pírrex, los cuales fueron puestos sobre la cocina eléctrica y/o en baño María por un lapso de 48 horas que produjo el ablandamiento para facilitar el corte.

b. Corte de Láminas

Se empleó el micrótopo de deslizamiento horizontal cortando láminas entre 25 a 30 μm de espesor en sus 3 secciones, los cuales fueron colocados en placa Petri con alcohol de 30°.

c. Deshidratación

Las láminas luego de cortadas y colocadas en alcohol de 30°, fueron deshidratadas sucesivamente en alcohol de 60° y 90° debiendo permanecer aproximadamente 15 minutos en cada grado de alcohol.

d. Coloración y Montaje

Terminado el proceso de deshidratación se agregó 3 a 4 gotas de safranina debiendo permanecer por 15 a 20 minutos. Posteriormente se lavó con alcohol de 90° para eliminar el exceso de colorante y se agregó Xilol para fijarlo. Las láminas fueron cortadas, cuadradas y puestas sobre porta objetos en orden (transversal, radial y tangencial), luego se adicionó una gota de bálsamo de Canadá y se cubrió con cubre objetos. Se realizó el montaje de 8 láminas por árbol, es decir, 40 láminas permanentes.

Además de realizar el montaje de láminas permanentes de los 5 árboles, se preparó láminas representativas de la transición de la madera (xilema – corteza), pues durante la recolección de muestras se observó que la exudación de goma mayormente era en la corteza interna.

e. Secado de Láminas

Las placas preparadas fueron secadas en estufa a 40°C por un periodo de 3 a 4 días.

2) Preparación de Láminas con Tejido Macerado

Se obtuvieron astillas de madera del duramen de cada árbol para la obtención de fibras y vasos; para lo cual se siguió los siguientes pasos:

a. Maceración

Las astillas de madera fueron colocadas dentro de un vaso pírrex donde se adicionó ácido nítrico al 33% hasta cubrirlas completamente y luego se llevó a una temperatura de 40°C a la plataforma de la estufa por espacio de 15 a 20 minutos.

b. Lavado, coloración, selección y montaje

La solución macerante obtenida con suspensión de células del leño, fue lavada con agua corriente para eliminar el exceso de ácido nítrico, posteriormente se colorearon con safranina. Se seleccionó fibras y vasos con ayuda de aguja hipodérmica y un microscopio. Se preparó 3 láminas por árbol, 15 en total; con aproximadamente 25 fibras y 25 vasos en cada placa; los cuales fueron llevados a estufa para un secado al igual que las láminas histológicas.

c) Medición de elementos xilemáticos en fuste y ramas

Los elementos leñosos de fuste y ramas en las láminas histológicas y de tejido macerado fueron medidos mediante el software UTHSCSA Image Tool Version 3.0 (2002), propuesta por Rosero Alvarado, et al. (2010); para lo cual se tomó varias fotografías ya que la medición se realizó sobre ellas.

Se efectuó la medición de 25 repeticiones para cada uno de los elementos leñosos de los siguientes parámetros: diámetro tangencial de poros; longitud de elementos vasculares; ancho y altura de radios; diámetro, espesor y longitud de fibras. Además se hizo el conteo del número de poros por mm^2 , número de radios por mm y número de células en altura y ancho de radios.

Además, se realizó la medición y frecuencia de canales gomíferos; dichas medidas se efectuaron por separado; para fuste, ramas y por clases diamétricas.

3.3.2 Producción de goma de la especie *Capparis scabrida* H.B.K

A. INSTALACIÓN DE PARCELAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Se realizó la instalación de 2 parcelas experimentales de 1 ha; área representativa para bosque seco (Proyecto Algarrobo, 1991). En cada parcela se evaluaron 3 árboles para cada clase diamétrica, registrándose 12 árboles de *Capparis scabrida* H.B.K por parcela; conforme se indica en el Cuadro 4.

Cuadro 4 Rango de clasificación por clases diamétricas

Clase	DAP (cm)
1	menor a 10
2	10 - 20
3	20 - 30
4	30 - 40

B. APLICACIÓN DE CORTE PARA LA EXTRACCIÓN DE GOMA.

La técnica para la extracción de goma es una incisión realizada con el machete a nivel de corteza. Se realizaron 2 cortes en el fuste y 2 cortes en las ramas, después de la instalación de las parcelas. El corte en el fuste se realizó a la altura del DAP y en las ramas en aquellas con un nivel menor a 1.5m del suelo; decisión tomada debido a que la mayoría de árboles ramifica entre 1m a 1.5m de altura.

a) Recolección de goma.

La colección de goma se realizó en el periodo de 9 meses, diciembre del 2010 a agosto del 2011 y se obtuvo 9 mediciones; tiempo justificado debido a que se cumple con las dos estaciones marcadas que existe en el lugar; una época de lluvia y una época seca. La recolección de goma se realizó con la ayuda de cuchillas y machetes. Cada árbol contó con una bolsa hermética y con su respectiva etiqueta para la colección de goma; luego la muestra fue pesada, previo peso de la bolsa vacía en una balanza electrónica anotándose los datos en el formato respectivo.

3.3.3 Regresión y correlación de parámetros analizados.

Se desarrolló el análisis de correlación entre los promedios de producción de goma para cada clase diamétrica y los elementos xilemáticos que tiene relación directa en su producción (cantidad y dimensiones de canales gomíferos); los que previamente fueron clasificados por su ubicación (fuste y ramas) y por clases diamétricas. Para representar esta relación se utilizó un diagrama de dispersión; asimismo, se estudió los modelos matemáticos propuestos para estimar el valor de una variable basándonos en el valor de otra (análisis de regresión).

El análisis de regresión puede ser lineal o no lineal, determinando un modelo con sus respectivos parámetros y grados de significancia.

$$Y = f(X)$$

Donde,

Y = cantidad de goma producida en gramos

X = número y dimensiones de canales clasificados por ubicación en el árbol y por clase diamétrica.

Para el presente trabajo se probará la regresión lineal, exponencial, logarítmica y polinómica, para encontrar el modelo adecuado para la correlación de las variables mencionadas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MADERA DE SAPOTE *Capparis scabrida* H.B.K

4.1.1 Características Generales y Organolépticas

En condición verde y seca, la albura y el duramen no se diferencian y son de color amarillo 2,5Y 8/6. (Figura 3). La madera no presenta cambios de color a la exposición a la luz y tampoco al aire; no presenta oxidación.

El espesor de la albura es muy angosto, menor a 2 cm. Los anillos de crecimiento son muy poco diferenciados (Figura 3). La madera presenta contenidos de goma y no presenta sabor distintivo; pero si presenta un olor característico desagradable en condición verde que se va perdiendo a medida que la madera se seca.



Figura 3 Corte Transversal de Sapote en condición seca.

La madera tiene grano entrecruzado, textura fina y brillo medio. Presenta figura o veteado de acuerdo a la orientación del corte, causado por el parénquima longitudinal y los radios. En corte tangencial presenta arcos superpuestos y en corte radial tiende a ser jaspeado (Figura 4).



Figura 4 Corte Tangencial y Radial de la madera de Sapote.

4.1.2 Características Macroscópicas

A. POROS:

Madera de porosidad difusa, poros visibles a simple vista, predominantemente poros solitarios (90%) de forma redonda y escasos múltiples radiales de dos poros; líneas vasculares rectilíneas. Presencia de gomas que se concentran en la corteza interna; así como cerca a los canales traumáticos formados en líneas tangenciales (Figura 11).

B. PARÉNQUIMA:

Visible a simple vista; en bandas delgadas y paratraqueal vasicéntrico (Figura 5).

C. RADIOS:

Visibles a simple vista, poco contrastados en sección radial, no estratificados (Figura 5). Esta información concuerda con lo descrito por Acevedo y Kikata (1994) para la especie. Es común observar la presencia de canales traumáticos de ocurrencia esporádica.



Figura 5 Corte transversal de la madera de Sapote.

4.1.3 Características Microscópicas

A. POROS / ELEMENTOS VASCULARES:

Porosidad difusa, predominantemente poros solitarios de forma redonda y escasos múltiples radiales de dos poros. Diámetro tangencial promedio de 77 μm , clasificado como pequeños. Presenta una frecuencia promedio de 14 poros/ mm^2 , clasificado como pocos (Figura 7). Longitud de los elementos vasculares promedio de 61 μm , clasificados como pequeños (Figura 6). Platinas de perforación simple poco inclinada; punteaduras intervasculares alternas de forma ovalada y aperturas extendidas de forma alargadas. Presencia de gomas. De acuerdo con el estudio anatómico de Acevedo y Kikata (1994) los valores concuerdan para la especie. Los rangos en diámetro tangencial de poros tangencial varía de 58 a 96 μm ; sin embargo, la longitud de vasos de acuerdo al presente estudio presenta menores rango; tanto para fuste y ramas la longitud de vasos varía entre 48 y 72 μm .

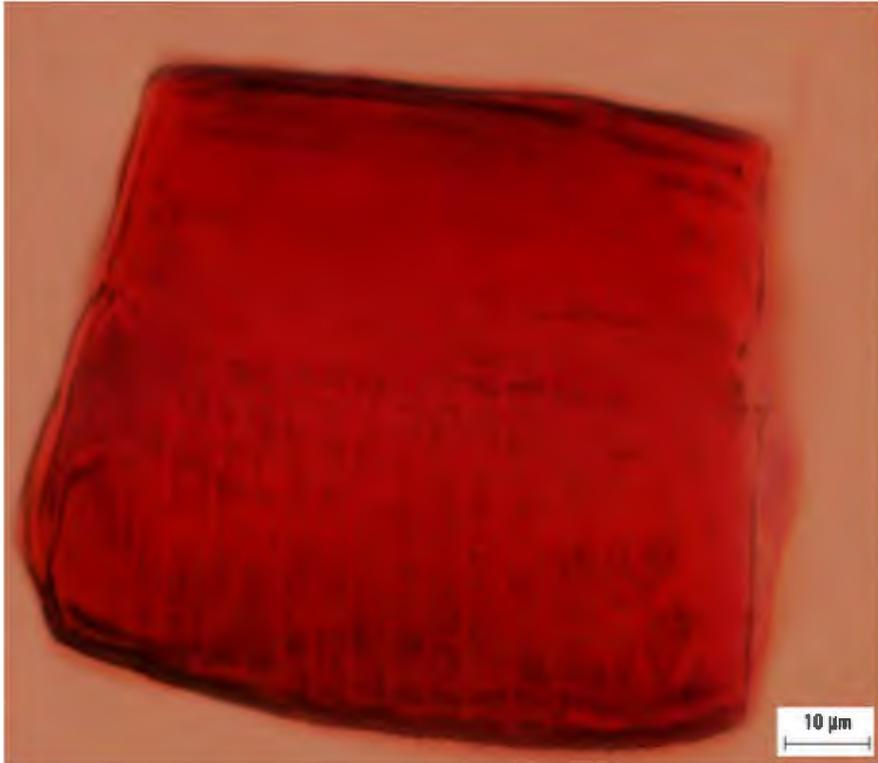


Figura 6 Elemento vascular de Sapote.

B. PARÉNQUIMA:

En sección transversal en bandas discontinuas con más de 3 células de ancho y paratraqueal vasicéntrico; en corte longitudinal estratificado, septado; 2 septas por células. Presencia de cristales de forma romboide. Dichos resultados son similares al estudio de Acevedo – Kikata (1994). De acuerdo al estudio se confirma lo mencionado por Segala y Angyalossy (2002) donde mencionan que para maderas tropicales, como el sapote, se tiene parénquima en bandas delgadas y paratraqueal vasicéntrico.

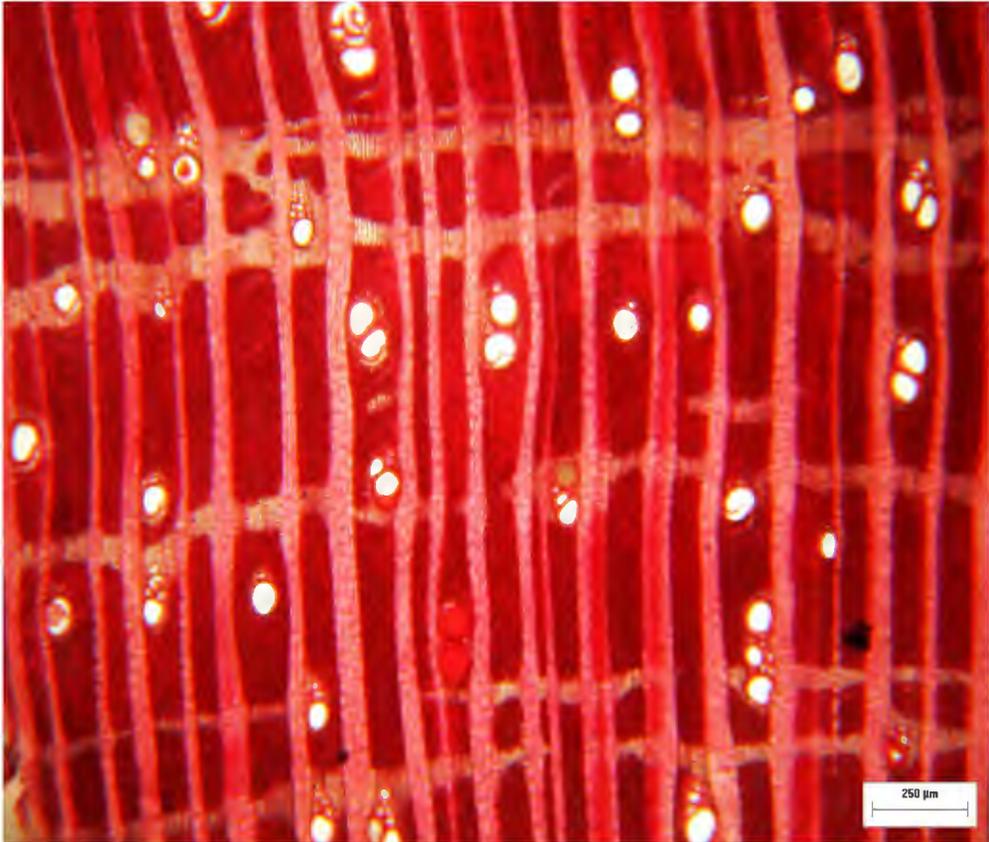


Figura 7 Vista transversal de madera de sapote.

C. RADIOS:

En sección tangencial homogéneos; con altura promedio de 297 μm , clasificados como extremadamente bajos. El ancho promedio es 67 μm , clasificado como finos. El número de células de la altura de radios es 18 en promedio; el número de células del ancho de radios es de 5 en promedio. Algunos radios son longitudinalmente fusionados, agregados; no estratificados. En promedio 22 radios/ mm^2 , clasificado como numerosos. (Figura 9)

En sección radial, se observa que los radios son homocelulares conformado únicamente por células procumbentes (Figura 8).

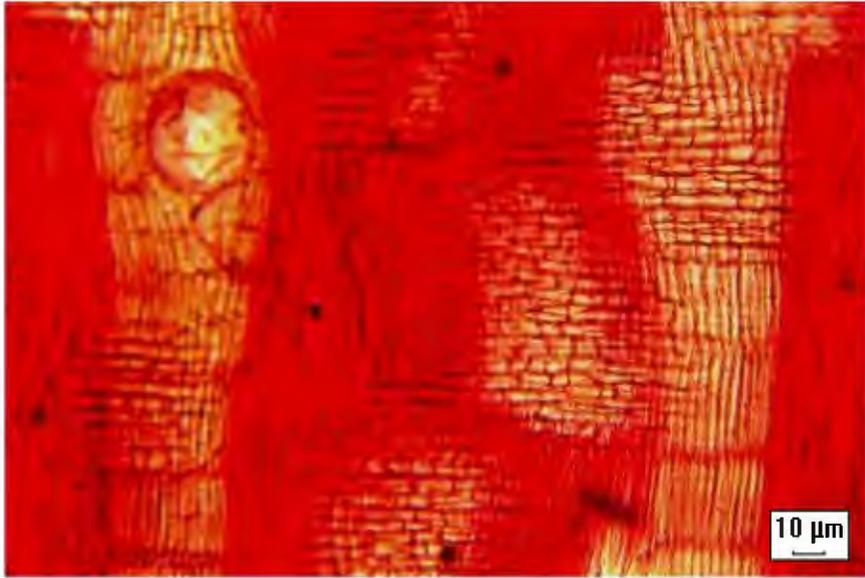


Figura 8 Vista radial de la madera de Sapote.

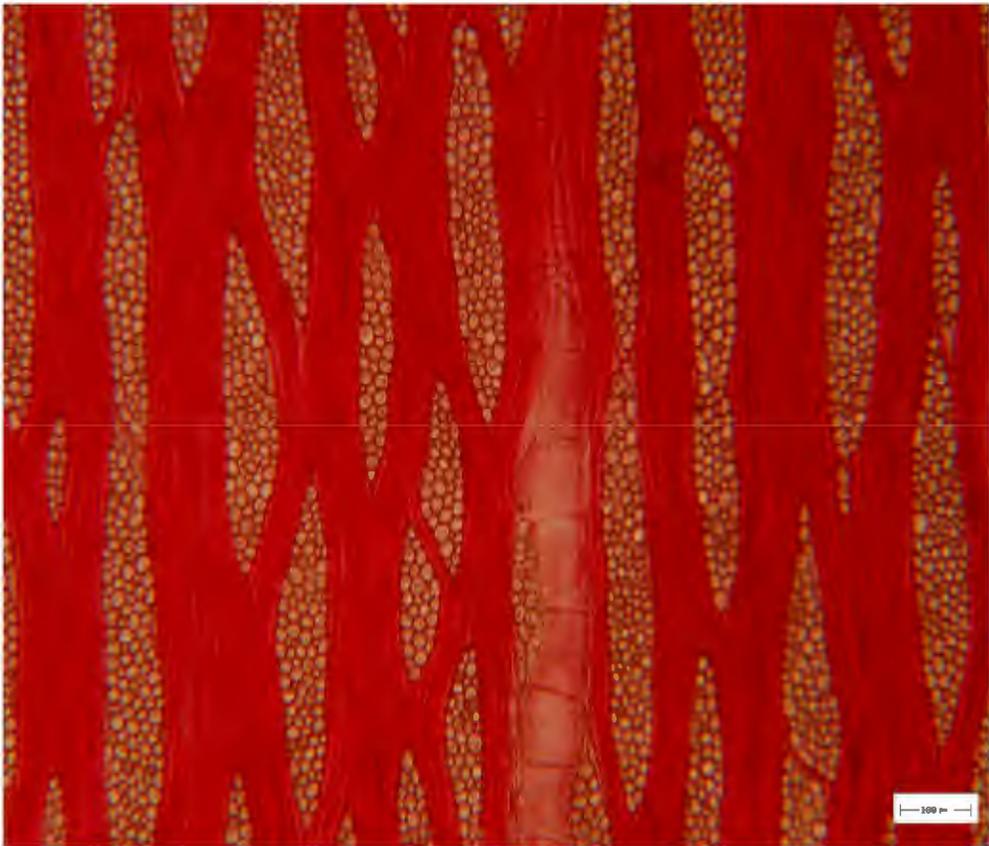


Figura 9 Vista tangencial de la madera de Sapote.

D. FIBRAS:

Libriformes; longitud promedio 365 μm , clasificado como muy cortas (Anexo 1); diámetro promedio 9 μm , clasificadas como angostas; de paredes gruesas, en promedio 2 μm , que concuerda con su clima y al estudio realizado por Panshin y De Zeeuw (1980) donde mencionan que climas secos las paredes de fibras son más gruesos (Figura 10); no estratificadas.



Figura 10 Fibra de Sapote.

Asimismo, en el Cuadro 5 se presenta los valores estadísticos de la estructura anatómica de fuste y ramas para la especie estudiada.

Cuadro 5 Datos estadísticos de la medición de los elementos leñosos en fuste y ramas de Sapote.

PARTE DEL ARBOL	ESTADISTICOS	POROS		VASOS	RADIOS					FIBRAS			
		Ø tangencial (µm)	Frecuencia (n/mm²)	Longitud (µm)	Altura (µm)	Ancho (µm)	Número de células		Frecuencia (n/mm²)	Esp. Pared (µm)	Lumen (µm)	D. Total (µm)	Longitud (µm)
							Altura	Ancho					
FUSTE	Mínimo	21,6	5	28,7	114,0	25,9	7	2	13	1,1	0,6	4,4	143,2
	Máximo	152,3	37	89,1	1013,0	107,9	49	6	32	5,1	10,5	16,4	709,3
	Media	76,6	13,9	60,5	296,9	66,3	17,9	4,5	22,4	2,4	4,5	9,3	363,2
	Des. Estándar	21,6	6,9	12,2	108,9	13,5	6,7	0,9	3,8	0,6	2,0	2,2	87,7
	CV %	28,2	49,6	20,2	36,7	20,3	37,5	19,4	17,0	26,2	45,0	23,4	24,1
	LIC	74,9	13,4	58,9	288,1	65,2	17,3	4,4	22,1	2,3	4,2	9,0	351,8
	LSC	78,3	14,5	62,1	305,6	67,3	18,4	4,5	22,7	2,5	4,8	9,6	374,7
RAMAS	Mínimo	25,1	5	37,7	106,8	21,6	6	1	9	1,0	0,5	4,1	202,5
	Máximo	116,5	53	86,5	824,1	98,9	45	6	30	4,8	9,8	17,2	802,8
	Media	60,6	15,2	60,1	334,8	60,1	19,7	4,3	21,1	2,3	4,7	9,4	368,2
	Des. Estándar	15,9	7,8	11,7	117,0	13,7	6,6	0,9	3,5	0,7	2,1	2,4	99,6
	CV %	26,3	51,5	19,4	34,9	22,8	33,4	21,6	16,6	30,3	43,2	25,8	27,1
	LIC	59,0	14,4	58,2	323,3	58,7	19,0	4,2	20,7	2,2	4,4	9,0	352,3
	LSC	62,1	15,9	62,0	346,3	61,4	20,3	4,4	21,4	2,5	5,1	9,8	384,2

4.1.4 Canales Gomíferos

La madera presenta canales gomíferos que de acuerdo a lo observado en el estudio anatómico se encuentran en casi su totalidad en la corteza interna de la madera. Existe presencia de canales por origen traumático en el xilema; en la Figura 11 se puede observar los canales gomíferos en la madera.

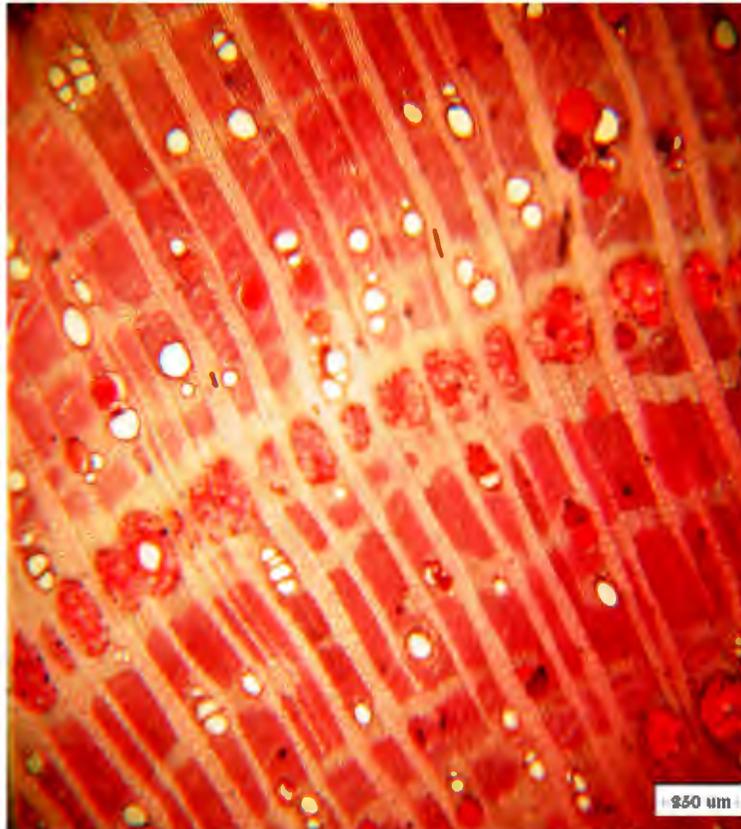


Figura 11 Sección transversal con presencia de canales gomíferos en Sapote

El diámetro tangencial de los canales gomíferos (Figura 12) tiene en promedio 231 μm para los encontrados en el fuste y 260 μm para los canales presentes en las ramas. Se obtuvo mayores resultados en la clase diamétrica de 10 a 20 centímetros, obteniéndose en promedio 241 μm para las mediciones en fuste y 282 μm en ramas. De acuerdo a los resultados y las descripciones de canales secretores por Arbo (2008) se puede deducir que la principal formación de canales es de carácter lisígeno por ello las dimensiones de canales pueden ser mayores en ramas que en fuste.

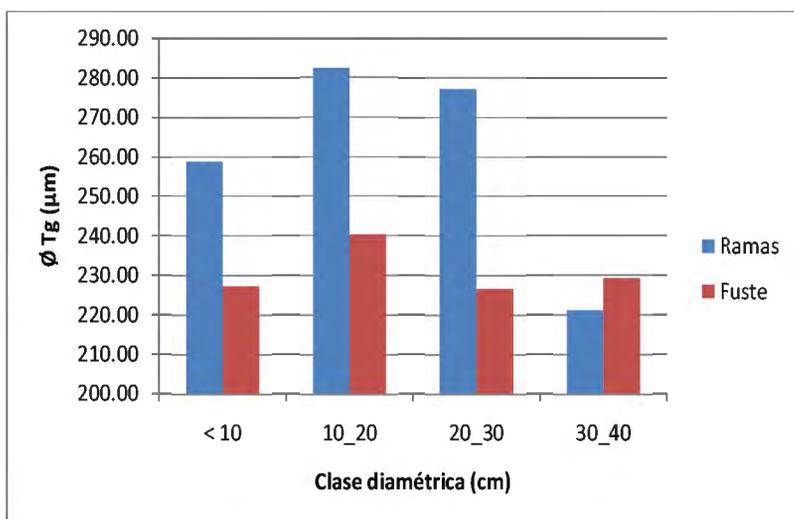


Figura 12 Diámetro tangencial de canales gomíferos en fustes y ramas por clase diamétrica en Sapote

También, se realizó el conteo de los canales gomíferos/mm²; obteniéndose en promedio para fuste 2 canales por mm² y para ramas 3 canales por mm². Los resultados muestran que existe una mayor densidad de canales tanto para fuste y ramas para las clases diamétricas de 10 a 20cm de DAP, resultado similar al que se obtuvo para la medición del diámetro tangencial de los canales gomíferos. (Ver Figura 13)

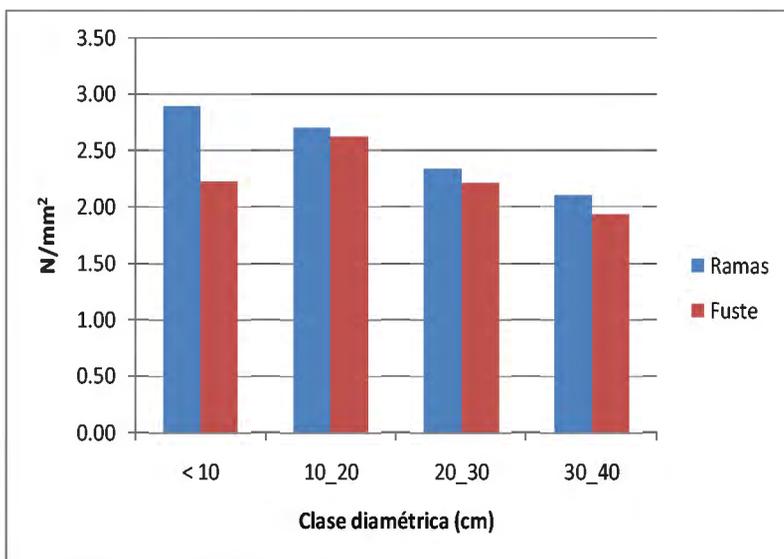


Figura 13 Densidad de canales gomíferos por mm² en Sapote

4.1.5 Análisis Estadístico de la medición de los elementos anatómicos.

En el cuadro 5 se presenta los valores estadísticos de las dimensiones de los elementos xilemáticos para fuste y ramas respectivamente. De acuerdo a Arbo (2008) la formación de madera es el mismo tanto para fustes y ramas; por ello se asume que no debería existir variabilidad en los datos de mediciones de los elementos anatómicos en fuste versus ramas.

Según los coeficientes de variabilidad dados por Rubio (2002) del Anexo 3; se puede mencionar que el diámetro tangencial de poros presenta datos muy variables para fuste y ramas de sapote; sin embargo, existe diferencia en el grado de variabilidad de mediciones de longitud de elementos vasculares siendo datos variables para el fuste y datos regularmente variables para las ramas. En el caso de la frecuencia de poros por milímetro cuadrado se obtiene los coeficientes de variabilidad más altos determinándose que tanto la medición en fuste y ramas presentan datos muy variables. Sobre los poros, se puede decir que en el fuste tienen mayor diámetro tangencial que en las ramas debido a la adaptación de la especie por su capacidad de obtener agua tal como menciona Segala y Angyalossy (2000).

En relación a los datos obtenidos para los radios, se presentan datos muy variables para la medición de altura y ancho en fuste y ramas que se puede deber a características ambientales o alteraciones en el crecimiento conociendo que las ramas son más propensas a este cambio (Panshin y De Zeeuw, 1980).

Con respecto al coeficiente de variabilidad de longitud de fibras se presentan datos muy variables para la medición del espesor, pared, lumen entre fuste y ramas. En el caso del fuste se presenta datos muy variables para la medición del espesor de las fibras; no obstante, se presenta datos variables para la medición del diámetro total y longitud de las fibras. La variabilidad de los datos en fibras se debe a que las fibras, son los elementos que más se adecuan a climas que tienen periodos marcados. Al tener una época seca y otra de lluvia los valores tal como le menciona Costa, citado por Voigt (2009) presentan variaciones en la parte estructural de la madera.

De acuerdo a lo encontrado estadísticamente se puede deducir que la medición de elementos anatómicos en fuste presenta una menor variabilidad que las mediciones dadas para las ramas; según la descripción botánica el árbol tiende a ramificar desde temprana edad, por lo que

estadísticamente, existirá un buen número de ramas que entre ellas presentarán variabilidad; sin embargo, de acuerdo al análisis estadístico se concluye que no existe una variabilidad significativa, lo que comprueba, tal como lo menciona Arbo (2008), que la estructura anatómica es la misma en ambas partes del árbol.

4.2 PRODUCCIÓN DE GOMA DE SAPOTE

4.2.1 Forma de extracción de goma

La extracción de goma fue por el método del corte; siendo el corte ideal el tipo bisel debiéndose aplicar a nivel de corteza sin llegar al duramen de la madera (Figura 14).

El número de cortes aplicable para una mayor producción de goma es de 3 a 5 cortes para el fuste y la misma cantidad para las ramas; la profundidad del corte debe ser de 2 a máximo 4cm; esto último se determinó debido que en la caracterización general los espesores de corteza van de 2 a 4 cm.



Figura 14 Corte para producción de goma en fuste de Sapote.

4.2.2 Producción Estacional de Goma

Como se mencionó en la metodología se tuvo en cuenta obtener datos en los meses de época seca y los meses donde con presencias de lluvia como se presenta en la Figura 15.

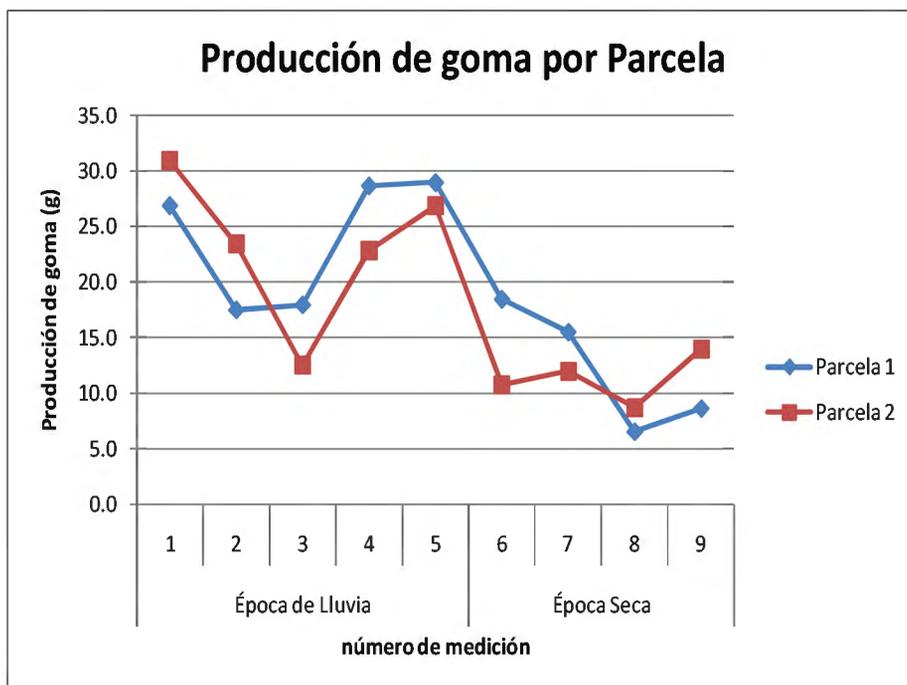


Figura 15 Producción promedio de goma según meses del año.

Conforme al gráfico ambas parcelas presentan un comportamiento similar entre sí, el cual debe ser complementado estadísticamente, siendo los últimos meses de época de lluvia los de más alta producción después de la primera medición. Debe mencionarse también, que de acuerdo a la experiencia en la recolección, la primera vez que se hace un corte al árbol para propósitos de extracción de goma exuda mayor cantidad comparándolo con las siguientes veces conforme se observa.

Según los datos de colección (Anexo 5 y 6) en la parcela 1, en el periodo de 9 meses, el Sapote en promedio exuda 18,8 g de goma, exudando como máximo 28,9 g, medición de lluvias de verano y como mínimo 6,6 g en uno de los meses secos del año. En la parcela 2 un árbol en promedio exuda 18 g de goma, exudando como máximo 30,9 g y como mínimo 8,7 g.

En la Figura 16 y 17 se presentan se presentan los valores de normalidad (distribución normal) para cada una de las parcelas, para luego realizar la hipótesis para comprobar los resultados obtenidos en producción de goma.

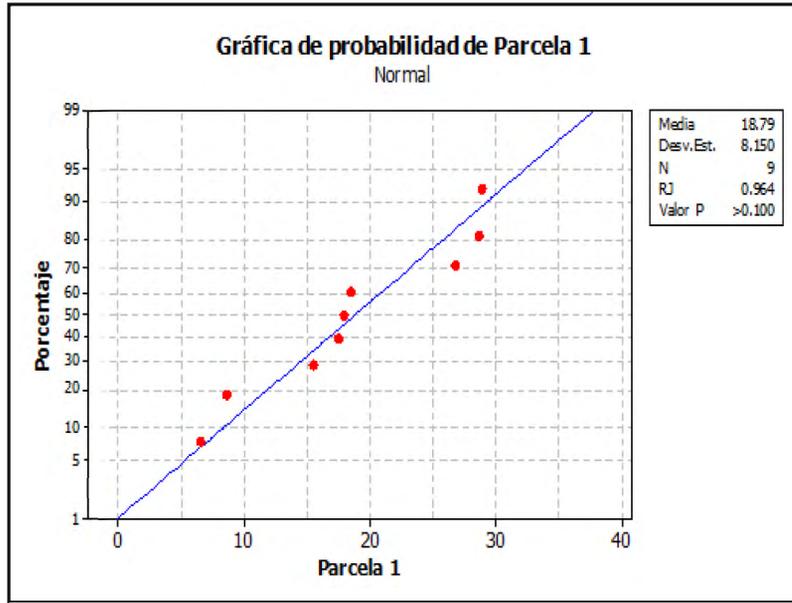


Figura 16 Prueba de Normalidad en la Parcela 1 y en la Parcela 2

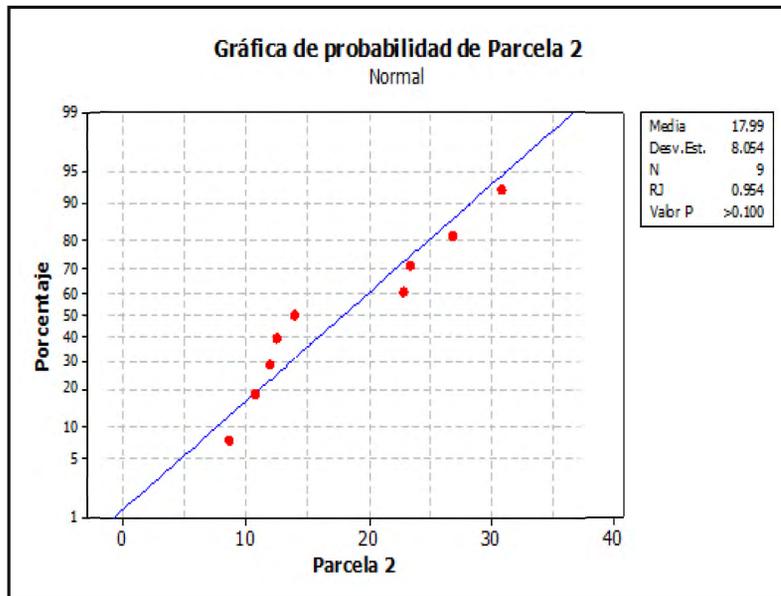


Figura 17 Prueba de Normalidad en la Parcela 2

De acuerdo a la Figura 18, los datos se encuentran dentro de la normalidad (distribución normal) debido a que la dispersión de puntos se encuentra cerca a la recta. En la Figura 19, se muestra un diagrama de caja para cada una de las parcelas el cual indica que la parcela 2 tiene una mayor dispersión de datos que la parcela 1.

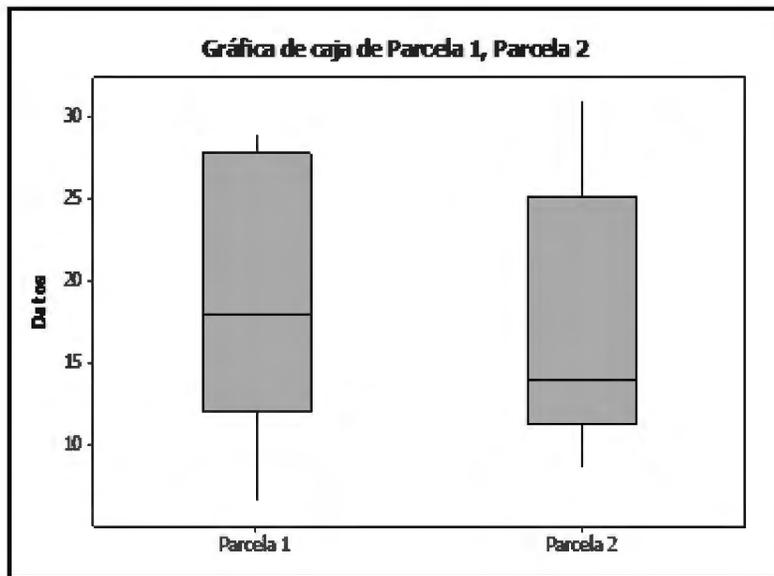


Figura 18 Gráfico de caja para las dos parcelas de muestreo.

Al conocerse que los datos cumplen una distribución normal se analizó los datos de producción obtenidos mediante varias pruebas F (Anexo 8) y una Prueba T (Anexo 9) en donde se realizó la comparación de medias y se comprobó con un nivel de significancia de 0.05 la hipótesis que la medias son similares, es decir, no existen diferencias significativas en el rendimiento de goma en las parcelas 1 y 2.

4.2.3 Producción de Goma por Clase Diamétrica

De acuerdo a los resultados obtenidos, y comprobado estadísticamente (Cuadro 5), no existen diferencias significativas entre las parcelas, por lo que se realizó un promedio de ambas para evaluar la clase diamétrica tal como se muestra en la Figura 19.

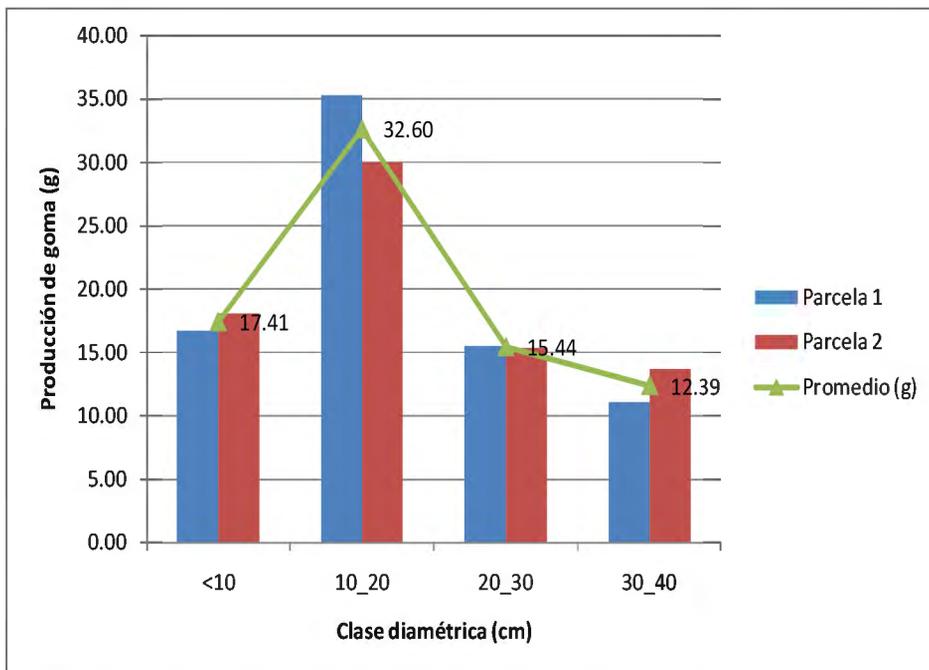


Figura 19 Producción de goma de Sapote por clase diamétrica tomada del Bosque de Motupe.

Según el gráfico, la mayor producción de goma se genera en árboles de las primeras clases diamétricas; siendo la clase diamétrica de 10 a 20 centímetros de DAP la que tiene la mayor producción de goma; reduciéndose la producción conforme aumenta la clase diamétrica, siendo los árboles mayores a 30cm como la clase diamétrica con menores resultados; ello se puede deber a que de acuerdo a lo observado anatómicamente los mayores diámetros tangenciales de canales se da en las primeras clases diamétricas reduciendo su diámetro conforme aumenta el DAP.

Al comparar los resultados obtenidos con el estudio realizado por Herz (2007), se ha observado que dichos valores de producción de goma en promedio por la aplicación del método del corte son similares. Asimismo, de acuerdo al mismo autor, la mayor producción de goma es encontrada en las primeras clases diamétricas.

4.2.4 Producción de Goma por Fuste y Ramas

En la recolección se tuvo en cuenta el lugar de procedencia dentro del árbol, es decir la goma en fuste y ramas; el cual se puede observar en la Figura 20, donde se muestra en promedio la producción de goma en fuste y ramas.

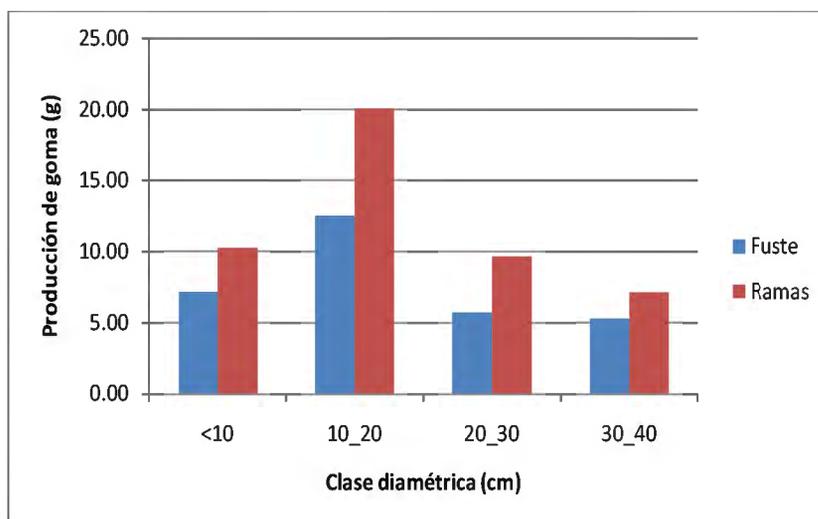


Figura 20 Producción de goma de fuste y ramas por clase diamétrica.

Acorde con la Figura 20, se puede mencionar que la producción promedio de goma en ramas es mayor que la producción ocasionada en el fuste; el cual podría deberse a que en la caracterización anatómica en ramas se observó un ligero aumento del número de canales gomíferos en comparación con el fuste. Así mismo, en la Figura 21, se muestra el comportamiento de la producción de goma en fuste y ramas, en función al tiempo.

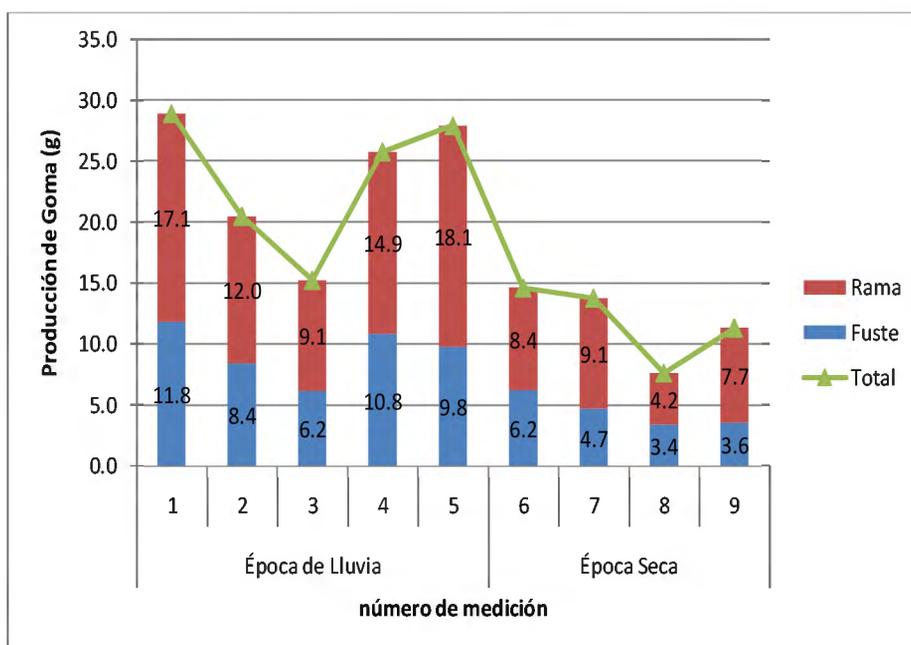


Figura 21 Producción de goma en fuste y ramas según meses de obtención

Como la producción de goma según los datos depende de factores externos a la anatomía de árbol, se debe analizar el comportamiento de los resultados de producción tanto para fuste y ramas; por ello, se realizó una prueba de normalidad para observar la distribución de los datos obtenidos.

Conforme a las Figuras 22 y 23, se observa que la parcela 1, tiene su dispersión de datos para fuste y ramas dentro de la recta; comprobándose la normalidad de sus datos.

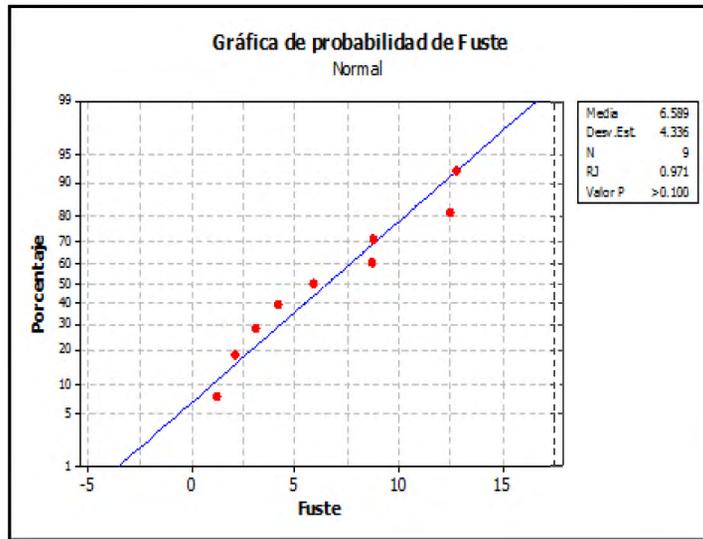


Figura 22 Gráfica de Probabilidad para la producción de goma en el fuste de la Parcela 1

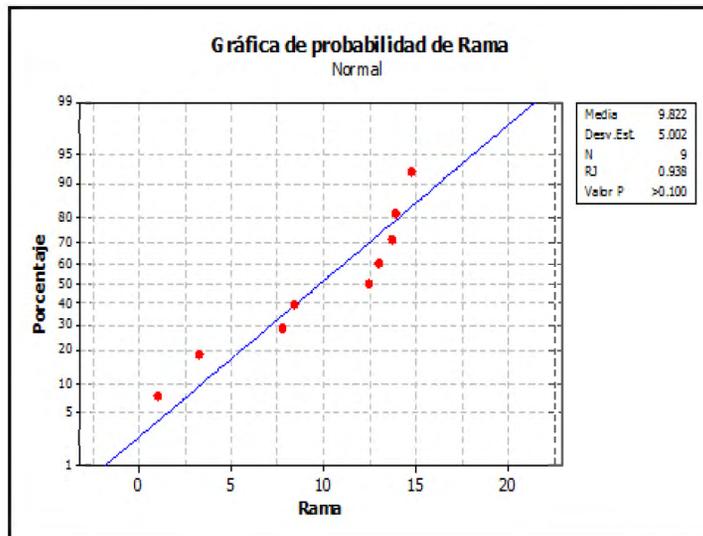


Figura 23 Gráfica de Probabilidad para la producción de goma en las ramas de la Parcela 1

Conocida la normalidad de los datos, se realizó la comparación de medias para conocer si existe diferencia significativa entre la producción de goma en fuste y ramas; por lo que se determinó los intervalos de confianza y se probó una distribución normal (prueba F). El resultado de esta prueba, es que no se rechaza la hipótesis ya que la producción de goma en fuste es similar a la producción en ramas. Ello comprueba, que con un nivel de significancia de 0,05, en la parcela 1 no existen diferencias significativas en el rendimiento de goma entre el fuste y las ramas.

De la misma forma se realizó la prueba de normalidad o probabilidad para la parcela 2, encontrándose como resultado que la dispersión de datos, tanto para fuste y ramas, se ajusta a la recta (Figuras 24 y 25).

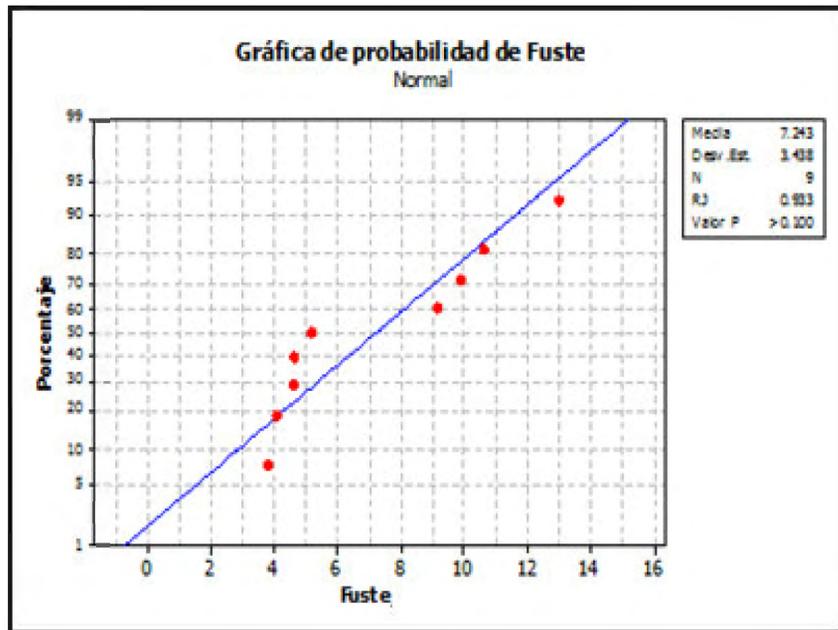


Figura 24 Gráfica de Probabilidad para la producción de goma en el fuste de la Parcela 2

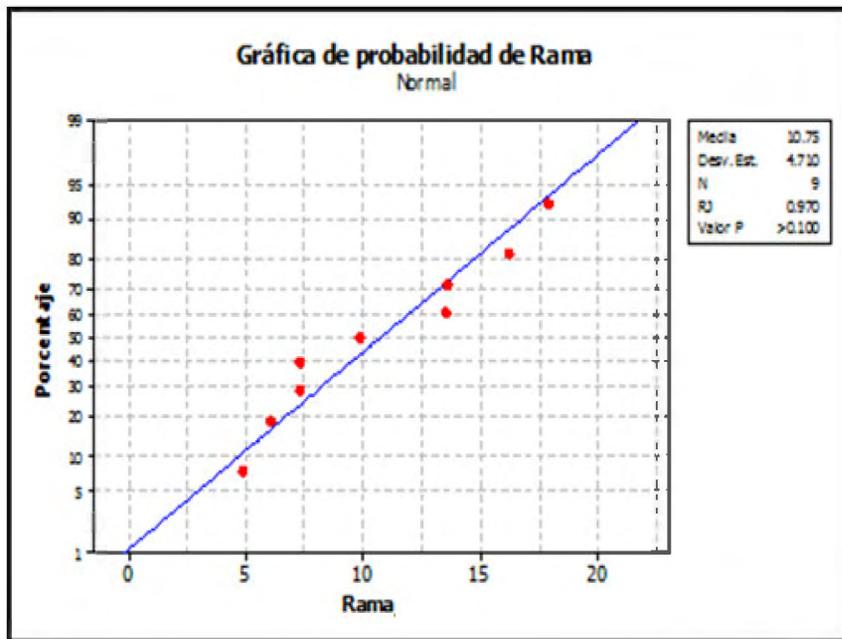


Figura 25 Gráfica de Probabilidad para la producción de goma en las ramas de la Parcela 2.

De acuerdo a las gráficas de probabilidad para fuste y ramas de los árboles en la parcela 2, los datos de producción corresponden a una distribución normal; por lo tanto, se siguió el mismo procedimiento que en la parcela 1. Se determinó los intervalos de confianza y se realizó una Prueba F para comparación de medias; cuyo resultado es similar al de la parcela 1, indicándonos que a un nivel de significancia de 0,05 para la parcela 2, no existen diferencias significativas en el rendimiento de goma en el fuste y ramas.

Para ver el comportamiento de datos y conociendo que no existe diferencia en los rendimientos de extracción en el fuste y ramas se elaboró gráficas de caja para comparar los datos de producción obtenidos conforme a las Figuras 26 y 27 en donde se muestra que más del 50% de los datos en los rendimientos de producción de goma para ambas parcelas están dentro de la misma cantidad, por lo que se comprueba que existe similitud en los datos de producción de goma en fuste y ramas.

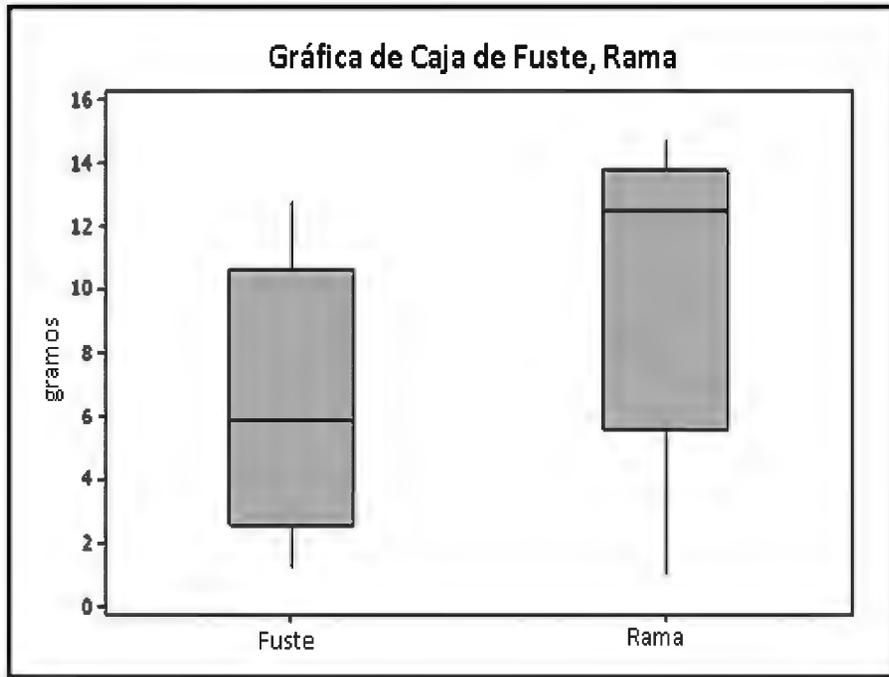


Figura 26 Gráfico de Caja de los rendimientos de Goma de la Parcela 1.

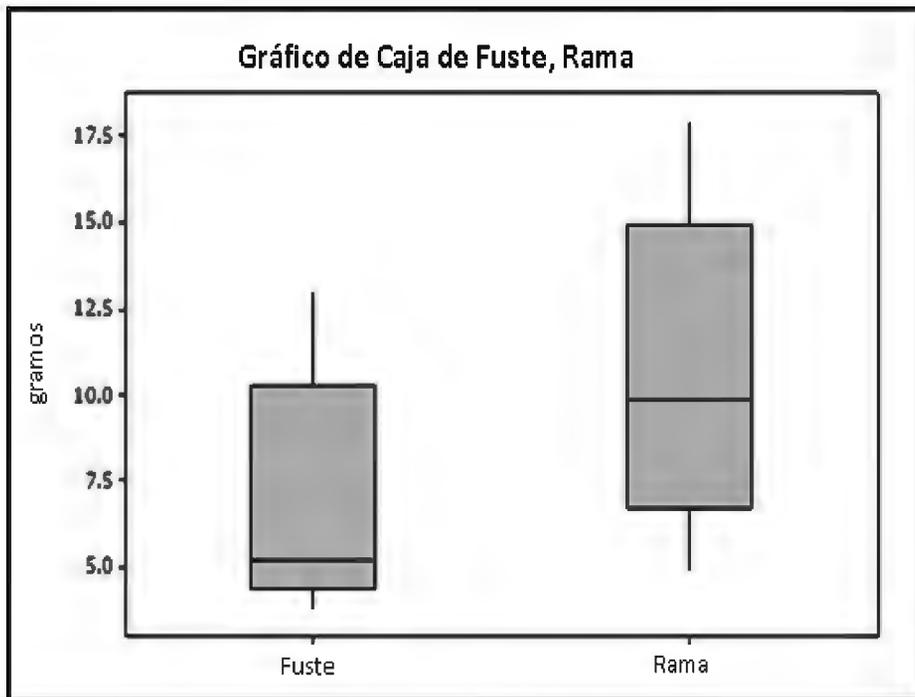


Figura 27 Gráfico de Caja de los rendimientos de Goma de la Parcela 2.

4.3 INFLUENCIA DEL DIÁMETRO TANGENCIAL Y NUMERO DE CANALES GOMÍFEROS EN LA PRODUCCIÓN DE GOMA

4.3.1 *Análisis de la producción de goma en relación con el diámetro tangencial de canales gomíferos por clase diamétrica.*

Los datos de producción de goma de los canales gomíferos, por clase diamétrica para el fuste; así como de la medición del diámetro tangencial de canales gomíferos se encuentran en el Cuadro 6; donde se observa que los valores más altos para ambas variables son para la clase diamétrica de 10 – 20 cm.

La menor producción de goma se da en los árboles de mayores diámetros; que podría deberse como lo menciona Losano (1995), a un mecanismo de adaptación de la planta a un hábitat; un árbol de 30 a más centímetros de DAP ya está acondicionado al hábitat y por ende, sus mecanismos de adaptación serán lentos en comparación de árboles de menor DAP que todavía siguen en competencia y adaptación al hábitat donde se encuentran.

Cuadro 6 Medición de canales gomíferos y producción de goma en el fuste por clase diamétrica

Clase diamétrica (cm)	Diámetro tangencial de canales gomíferos (μm)	Producción de goma (g)
< 10	227,4	7,2
10_20	240,5	12,6
20_30	226,7	5,7
30_40	229,2	5,3
Promedio	230,9	7,7

Igualmente, en el Cuadro 7 se presenta la producción de goma de sapote por clase diamétrica y el diámetro tangencial de los canales gomíferos para las ramas. Los datos son similares que para el fuste; es decir, los valores más altos se encuentran en la clase de 10 a 20 cm y los canales de menor diámetro tangencial y menor producción de goma se encuentra en la clase diamétrica mayor (30 a 40 cm).

Cuadro 7 Medición de canales gomíferos del fuste y producción de goma en ramas por clase diamétrica

Clase diamétrica (cm)	Diámetro tangencial de canales gomíferos (μm)	Producción de goma (g)
< 10	258,8	10,2
10_20	282,4	20,0
20_30	277,1	9,7
30_40	221,2	7,1
Promedio	259,9	11,8

Al tener valores para cada clase diamétrica se relacionó la producción de goma (variable Y) con el diámetro tangencial de los canales gomíferos (variable X). Se realizaron pruebas de regresión (Cuadro 8) donde se analizó el índice de determinación (Figura 28) obteniéndose que la regresión exponencial presenta un mayor coeficiente que las demás pruebas de regresión. Asimismo, se realizó el análisis de varianza (Anexo 11) donde el valor F calculado acepta la hipótesis, por lo que se demuestra que la regresión del modelo exponencial acepta la influencia que existe entre la producción de goma y el diámetro tangencial de canales gomíferos.

Cuadro 8 Ecuaciones de análisis de regresión de la relación del diámetro tangencial de canales y producción de goma.

Tipo de Ecuación	Ecuación	R	R²
Lineal	$y = 0,1536x - 27,961$	0,7682	0,5902
Exponencial	$y = 0,2603e^{0,0144x}$	0,7870	0,6194
Logarítmica	$y = 38,412\ln(x) - 201,49$	0,7658	0,5865
Polinómica	$y = 0,0014x^2 - 0,5334x + 57,831$	0,7737	0,5986

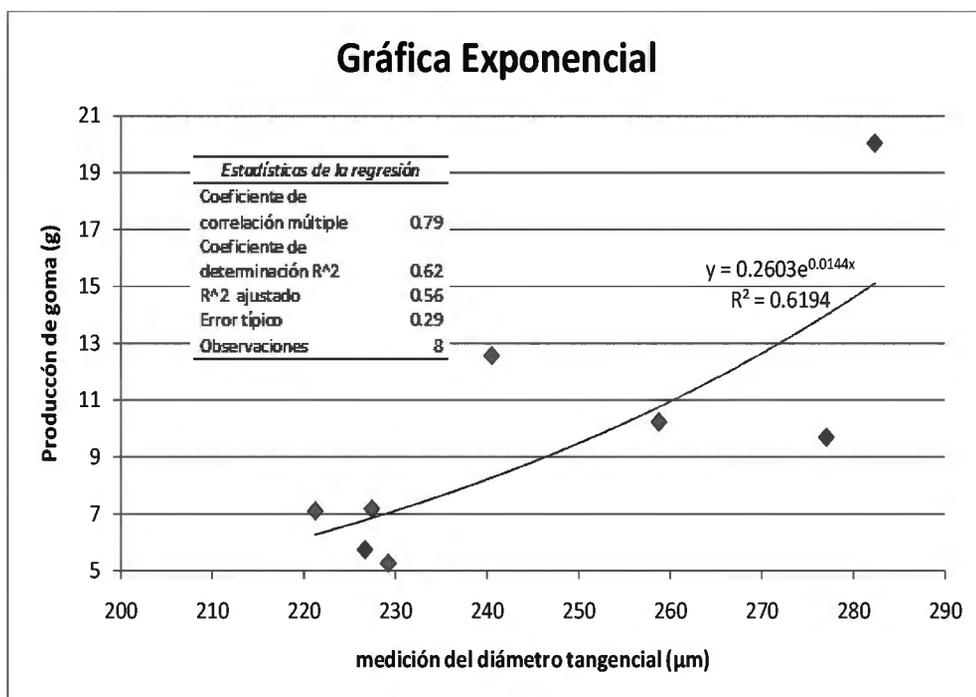


Figura 28 Gráfica y ecuación exponencial de producción de goma vs diámetro tg de canales

Asimismo se analizó el comportamiento de los residuales (Anexo 14) y tal como se muestra en el Anexo 15, en la mayoría de estos tienden a cero siendo la variabilidad mínima.

Por último, se determinó la normalidad de los datos que estadísticamente ayuda a determinar si los datos de la correlación tienen un comportamiento de distribución normal. Esta prueba se realizó a los datos residuos (Figura 29).

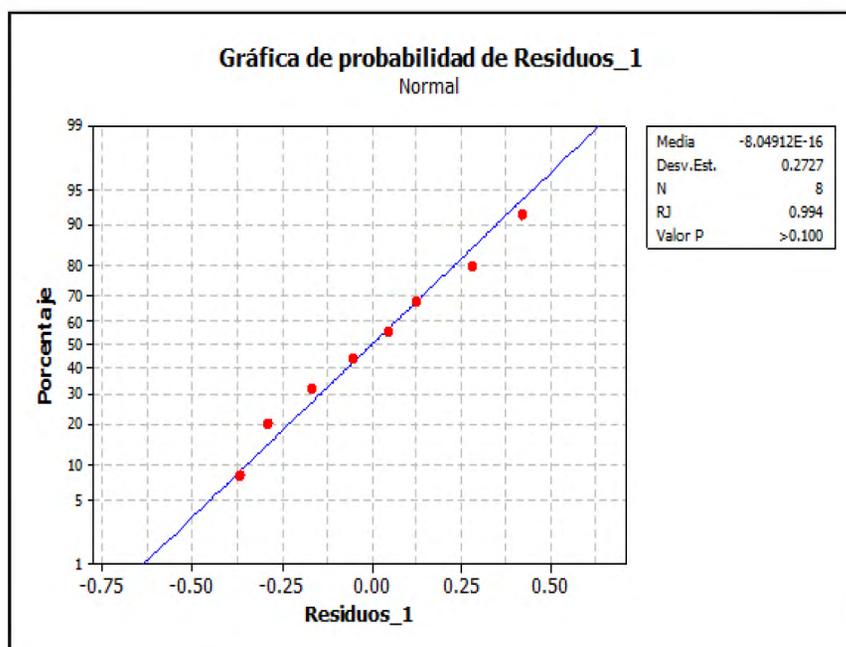


Figura 29 Gráfica de probabilidad del análisis residual.

Por lo demostrado estadísticamente, la ecuación $y = 0,2603e^{0,0144x}$, valida de la mejor forma la relación entre el diámetro tangencial de canales y la producción de goma obteniéndose un coeficiente de correlación (R) de 0,78, indicando que existe una relación directa entre la medición del diámetro tangencial de los canales y la producción de goma. El coeficiente de determinación (R^2) de 0,62 indica que los datos se ajustan a la ecuación de regresión planteada; de todas las ecuaciones este fue el valor que más se ajustaban a la dispersión de datos (Cuadro 9) y expresa que el 62% de los valores de producción de goma se debe al diámetro tangencial de los canales gomíferos; el otro 38% se debe a factores no evaluados en este estudio.

Es importante mencionar que las ecuaciones presentadas, son válidas para una producción de goma anual sin la evaluación de los factores climáticos que pudieran influenciar; por lo tanto, las ecuaciones presentadas son válidas para un cálculo anual de producción de goma más para una época o temporada específica. Lo mismo sucede para el siguiente análisis.

4.3.2 *Análisis de la producción de goma en relación al número de canales por clase diamétrica*

Se relacionó los promedios de producción de goma por clase diamétrica para el fuste y ramas con la frecuencia de canales gomíferos tal como lo muestran los Cuadros 9 y 10; observándose un mayor número de canales gomíferos en ramas que en fuste en todas las clases diamétricas; así como una mayor producción de goma en ramas que en fuste.

El número de canales, tanto en ramas como en fuste, no es muy variable entre clases diamétrica por lo que no se puede hallar una tendencia; no obstante, existe un ligero aumento en las primeras clases diamétricas. Ello se debe a que los canales gomíferos son una forma de adaptación y por ende cuando los árboles son más jóvenes se asume que debe tener una mayor cantidad de canales (Losano, 2000).

Cuadro 9 Número de canales gomíferos y producción de goma en el fuste/clase diamétrica.

Clase	N/mm²	Producción (g)
< 10	2,2	7,2
10_20	2,6	12,6
20_30	2,2	5,7
30_40	1,9	5,3
Promedio	2,3	7,7

Cuadro 10 Número de canales gomíferos y producción de goma en ramas/clase diamétrica.

Clase	N/mm²	Producción (g)
< 10	2,9	10,2
10_20	2,7	20,0
20_30	2,3	9,7
30_40	2,1	7,1
Promedio	2,5	11,8

Al tener valores para cada clase diamétrica se relacionó la producción de goma (variable Y) con el número de canales gomíferos por mm² (variable X). Se realizaron varias pruebas de correlación donde se analizó el coeficiente de determinación para cada una de las diferentes ecuaciones de regresión (Cuadro 11) determinándose, que la ecuación exponencial (Figura 30) tiene el más alto valor de determinación ($R^2=0,64$).

Cuadro 11 Ecuaciones de análisis de regresión del número de canales/mm² vs producción de goma.

<i>Tipo de Ecuación</i>	<i>Ecuación</i>	<i>R</i>	<i>R²</i>
Lineal	$y = 10,645x - 15,602$	0,7230	0,5227
Exponencial	$y = 0,6796e^{1,0799x}$	0,8023	0,6437
Logarítmica	$y = 25,807\ln(x) - 12,431$	0,7311	0,5345
Polinómica	$y = -11,258x^2 + 65,236x - 80,695$	0,7509	0,5638

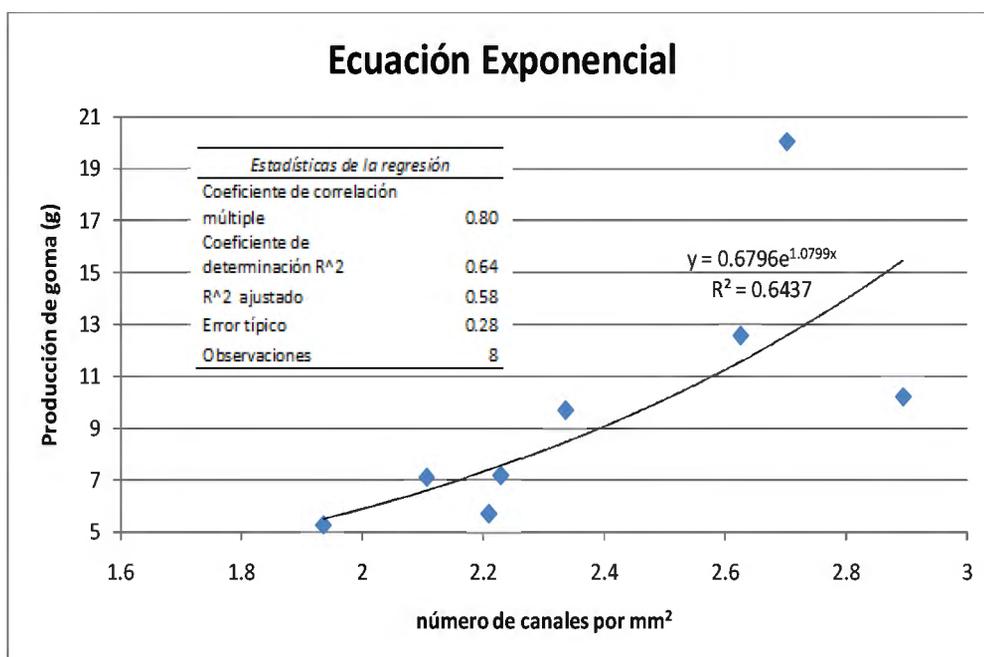


Figura 30 Gráfica y ecuación exponencial de número de canales vs producción de goma.

También se realizó el análisis de varianza (Anexo 13) donde el valor de F calculado acepta la hipótesis; confirmando que la regresión del modelo exponencial demuestra la relación que existe entre la producción de goma y el número de canales gomíferos.

Para validar el modelo se realizó la prueba de normalidad, donde se demostró que los datos tienen el comportamiento de una distribución normal (Figura 31).

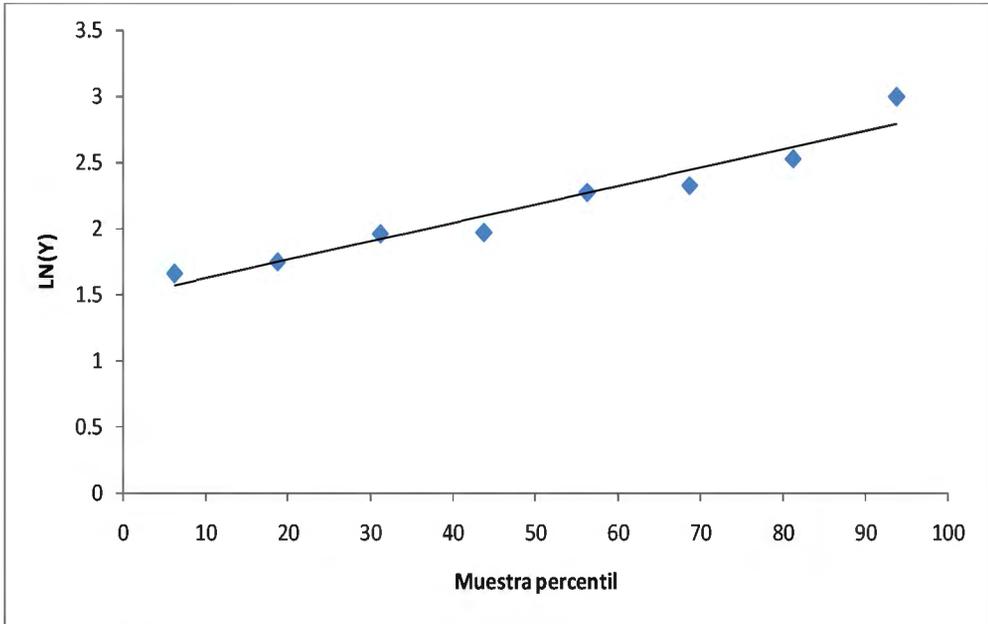


Figura 31 Gráfica de datos de probabilidad.

También se realizó la medición de los residuales encontrándose que la variabilidad es cercana a cero (Anexo 16 y 17). Asimismo se analizó la prueba de normalidad para los residuos, para demostrar la distribución normal de los datos (Figura 32).

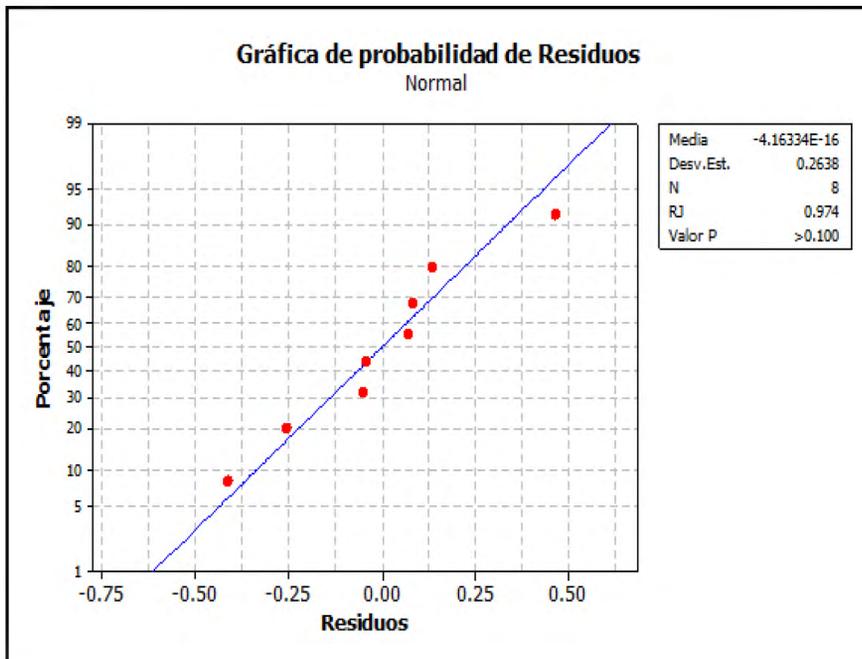


Figura 32 Gráfica de probabilidad de residuos de la regresión de modelo exponencial

De acuerdo al análisis, se demostró estadísticamente que la ecuación $y = 0,6796e^{1,0799x}$, valida de mejor forma la relación entre la frecuencia de canales y la producción de goma obteniéndose un coeficiente de correlación (R) de 0,80, es decir, existe una relación directa entre la medición del número de canales por mm^2 y la producción de goma. El coeficiente de determinación (R^2) de 0,64 indica que los datos se ajustan a la ecuación de regresión planteada y expresa que el 64% de la producción de goma se debe a la densidad de canales gomíferos que presenta la madera; el otro 36% se debe a otros factores no considerados en la investigación.

5. CONCLUSIONES

- Macroscópicamente la madera presenta poros solitarios; grano entrecruzado; textura fina y parénquima en bandas y paratraquel vasicéntrico. Microscópicamente, presenta poros y elementos vasculares pequeños; radios homogéneos, multiseriados, no estratificados y fibras libriformes no estratificadas.
- No existe variación entre la estructura anatómica de la madera del fuste y madera de ramas del *Capparis scabrida* H.B.K.
- La mejor época para la producción de goma, para la zona de Motupe, es en los meses próximos después de lluvias.
- No existe una diferencia significativa entre la producción de goma entre fuste y ramas
- La mayor producción de goma está dentro de la clase diamétrica entre 10 a 20 cm de DAP.
- Existe una correlación directa entre la producción de goma y diámetro tangencial de canales gomíferos; así como con la densidad de canales. En ambos casos la regresión que mejor se aplica es el modelo exponencial. La ecuación que relaciona mejor la producción de goma y la dimensión de canales gomíferos es $y = 0,2603e^{0,0144x}$; y la que relaciona mejor la producción de goma y frecuencia de canales gomíferos es $y = 0,6796e^{1,0799x}$.
- Las ecuaciones obtenidas para producción de goma están diseñadas para obtener la producción anual de goma promedio en el bosque seco de Las Humedades Motupe - Lambayeque, sin considerar factores externos como el clima y/o la calidad de sitio.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios anatómicos de la misma especie en otros ámbitos geográficos, con la finalidad de establecer cuáles son las características inherentes a la especie y cuales se relacionan con los factores externos; información que podría relacionarse con su producción de goma para otros sitios.
- Analizar el comportamiento de la producción de goma en relación a los factores externos tales como clima, agua, suelo y tipo de bosque.
- Realizar un estudio botánico y fisiológico del sapote, para conocer cuál es la mejor forma de estimular al árbol para la producción de goma.
- Conocer la abundancia de la especie, mediante inventarios forestales que permita realizar proyecciones económicas en relación a la producción de goma.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, M.; Kikata, Y. 1994.** Atlas de Maderas del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Lima, PE. 200 p.
- Ananías et al. 2011.** Estudio Exploratorio de la Variabilidad Radial y Apical del Tamaño y Frecuencia de los Canales Resiníferos en *Pinus radiata*. Maderas, Ciencia y Tecnología 12 (2): 135-142. 8 p.
- Arbo, M. 2008.** Morfología de Plantas Vasculares. Tema 15: Tejidos conductores o Vasculares. Universidad Nacional de Nordeste (UNNE). Chaco, AR. Disponible en:
http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema15/15-1_asculares.htm
- _____. 2008. Morfología de Plantas Vasculares. Tema 18: Estructura Secundaria de Tallo. Universidad Nacional de Nordeste (UNNE). Chaco, AR. Disponible en:
<http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema18/tema18-2tiposrec2.htm>
- Bueno, J. 1988.** Análisis Químicos de la Madera. Extractivos de la Madera. Universidad Nacional Agraria La Molina UNALM. Lima, PE. 15 p.
- Calderón, C. 1999.** Manejo Forestal en los Bosques secos - Tecnologías aplicadas. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE: Universidad Nacional Agraria La Molina. 135p.
- COPANT 30:1-19. 1974.** Descripción de las características generales, macroscópicas y microscópicas de la Madera.
- Dematei, J. Sebastiao, I. 2006.** Anatomia de raiz, caule e folha e identificação de estruturas secretoras de *Achillea millefolium* L. (Asteraceae). Revista de Biología Maringá 28 (4): 327-334. 8 p.
- D.S. N° 043-2006-AG.** Clasificación oficial de Especies Amenazadas de Flora Silvestre, publicado el 13 de julio del 2006.
- Fadl, K.& Gebauer, J. 2004.** Effect of different tapping tools and different tapping positions on 'talh gum' yield of *Acacia seyal* var. *seyal* in South Kordofan, Sudan. Conference on International Agricultural Research for Development. Berlin, DE.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT)**
1995. Gums, resins and latexes of plant origin. Non-Wood Forest Products 6. Roma, IT.
- _____. **1997.** Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición. Ed. Morón, C; Zacarías, I; De Pablo, Z. Roma, IT. 356 p.
- Ferreira, R. 1986.** Flora y Vegetación del Perú. Gran Geografía del Perú. Ed. Juan Mejía Baca. Editorial Manfer. Barcelona, ES. Vol 2. 174 p.
- Foresti, J. 2009.** Cavidades secretoras nos órgãos vegetativos aéreos de *Copaifera trapezifolia* Hayne (Leguminales, Caesalpinoideae). Tesis (Mag. Sc). Riberao Preto, BR, Universidad de Sao Paulo. 61 p.
- García, L; Guindeo, A; Perez, C; De Palacios, P. 2003.** La madera y su anatomía. Multi-Prensa Conde del Valle Salazar. Madrid, ES. 346 p.
- Gutiérrez, T. 1953.** Contribución al estudio fitoquímico y bromatológico del fruto del *Capparis angulata*. Tesis (Ing. Químico). Trujillo, PE: Universidad Nacional de Trujillo. 93 p.
- Hernández, L. 2009.** La profesión de resinero: el ocaso de un oficio centenario. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, ES. 518 p.
- Herz, K. 2007.** “Análisis físico-químico de la goma exudada de la especie sapote (*Capparis scabrida* H.B.K.), proveniente de los bosques secos de Lambayeque”. Tesis (Ing Forestal). Lima, PE: Universidad Nacional Agraria La Molina. 195 p.
- IAWA (Internacional Association of Wood Anatomists, BE). 1989.** List of Microscopic Features for Hardwood Identification. Boletín 10 (3): 219 – 332.
- IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais, BR). 1989.** Normas de Procedimentos em Estudos de Anatomia da Madeira: Angiospermae. Comissao de Etudos CE: 11-01-07:001 ABNT. Curitiba, Brasil.
- IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, BR). 1978.** O *Pinus Elliottii*, A Goma Resina e seus derivados. Circular Técnica No 38. 22p.

- Kollmann, F. 1959.** Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Física de la madera. Teoría de la impregnación de maderas a presión. Ed. IFIE. Madrid, ES. 675 p.
- Lacerda, E. 2003.** Resinagem. Universidade Federal do Paraná: Gestão do Abastecimento Florestal. 2 ed. Curitiba, BR. 39 p.
- León, A. 1956.** Purificación de la goma de Sapote *Capparis angulata*. Tesis (Ing. Químico). Trujillo, PE: Universidad Nacional de Trujillo
- León, W.; Espinoza, N. 2001.** Anatomía de la Madera. Universidad de los Andes. Consejo de Publicaciones: Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico. Mérida-VE. 396 p.
- Llerena, A. 1983.** Estudio de Pre-Factibilidad Técnico-Económico para la Industrialización de la Goma de Sapote (*Capparis angulata*) en el Departamento de La Libertad. Tesis (Ing. Agrónomo). Lambayeque, PE: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 150 p.
- Losano, M. A. 1995.** Producción de goma en brea *Cercidium praecox* (R et P.) Harms). Su relación con el estado hídrico, la concentración de carbohidratos no estructurales totales y el número y tamaño de las heridas. Agriscientia 12: 25-32. 8 p.
- _____ **et al. 2000.** Secreciones intravasculares en sustancias gomosas en *Cercidium praecox*. Anales del Instituto de Biología (Serie Botánica) 71 (1): 1-9. 9 p.
- Mac Bride, J. 1938.** "Flora of Peru". Botánica II N°3. Publi. Field. Mundo Natural Histórico Botánico. Chicago, US.
- McGraw-Hill. 2005.** Encyclopedia of Science and Technology. The McGraw-Hill Companies, Inc. 5 ed. New York, US.
- Mohali, S.; Castro, F. 2005.** Evaluación de laboratorio de la durabilidad natural e inducida de la madera Pino Caribe (*Pinus caribaea* Mor. Var. Hondurensis) y Melina (*Gmelina arborea* Roxb). Copérnico 1 (2): 52 – 59. 8p.
- MUNSEL, 1977.** Munsell soil color charts. Macbeth division of Kollmorgen Corporation Baltimore. Maryland, U.S.
- Ninin, L. 1986.** Manual de aserrado y afilado. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, VE. 144 p.

- Panshin, A.; De Zeeuw, C. 1980.** Textbook of wood anatomy. McGraw-Hill. 4 ed. New York, US. 722 p.
- Pérez, A. 1986.** Apuntes de anatomía de la madera. Universidad Nacional de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, VE. 132 p.
- PROYECTO ALGARROBO. 1991.** Estudio: Comercialización de productos del Bosque Seco de la sub-región Lambayeque. Chiclayo, PE. 98 p
- Puigdomènech, P. 1986.** Enciclopedia de las Ciencias; Las plantas, el mundo de la botánica. Ediciones Orbis S.A. Madrid, ES. 132 – 133 p.
- Rodrigues, T.; Rodrigues, M. 2009.** Developmental and structural features of secretory canals in root and shoot wood of *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae–Caesalpinioideae). Trees 23: 1013–1018. 16p.
- Rodriguez, E.; Bussmann, R.; Arroyo, S.; López, S.; Briceño, J. 2007.** *Capparis scabrida* (Capparaceae) una especie del Perú y Ecuador que necesita planes de conservación urgente. Arneloa 14 (2): 269-282. 14 p.
- Rojas, J; Rondón, M; Meccia, G; Morales, A. 2008.** “Análisis por CG/EM de hidrocarburos y compuestos terpénicos en las especies *Euphorbia caracasana* Boiss y *Euphorbia cotinifolia* L. (Euphorbiaceae)”. Revista Latinoamericana de Química 36: 22- 28. 7 p.
- Rosero, J. et al. 2010.** Aplicación de la técnica de análisis de imagen digital para caracterización y medición de elementos xilemáticos de especies forestales. Revista Xilema 27 (23): 63 - 69. 7 p.
- Rosero, J. 2011.** Análisis Dendrocronológico de tres especies forestales del Bosque seco Ecuatorial Estacional. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE: Universidad Nacional Agraria La Molina. 106 p.
- Rubio, J. 2002.** Estadística. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, PE. 175 p.
- Segala, E.; Angyalossy-Alfonso, V. 2000.** Ecological trends in the wood anatomy of some brazilian species.1. Growth rings and vessels. International Association of Wood Anatomists Journal 21 (1): 3-30. 28 p.

- _____. **2002.** Ecological trends in the wood anatomy of some brazilian species.2. Growth rings and vessels. International Association of Wood Anatomists Journal 23(4): 3-32. 30 p.
- Stechhahn, A. 2006.** Estruturas Secretoras em Órgaos Vegetativos e Reprodutivos de Espécies de Anacardiaceaea: Anatomia, Histoquímica e Ultra-Estrutura. Tesis (Ph.D. en Biología Vegetal). Campinas, BR: Universidade Estadual de Campinas. 264 p.
- Silva, M. 2005.** Características anatómicas y propiedades fisico-mecánicas de *Cedrelinga cateniformis* Ducke (tornillo) de diferentes edades, provenientes de plantaciones de Jenaro Herrera. Tesis (Ing. Forestal). Lima, PE: Universidad Nacional Agraria La Molina. 105 p.
- Tewari, J. & Ram, M. 2010.** Tree gum exudation technique. Project on Harvesting, Processing and Value addition of Natural Resins & Gums. Central Arid Zone Research Institute (CAZRI). Nueva Delhi, IN. 12p.
- Verbeken, D.; Dierckx, S. & Dewettinck, K. 2003.** Exudate gums: Occurrence, production, and applications. Appl Microbiol Biotechnol 63: 10 - 21.12 p.
- Voigt, A. 2009.** Anatomia comparada do lenho da espécie *Caryocar brasiliense* CAMB (Caryocaraceae) em áreas de cerrado no sudeste e centro-oeste do Brasil. Universidad Federal Do Paraná. Curitiba, BR. 122 p.

ANEXO 1

LISTA DE CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MADERAS DURAS - IAWA (1989)

CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS

- Anillos de crecimiento
1. Anillos de crecimiento diferenciados
 2. Anillos de crecimiento no diferenciados
- Vasos/poros
- Porosidad
3. Porosidad circular
 4. Porosidad semicircular
 5. Porosidad difusa
- Arreglo o disposición de poros
6. Poros en bandas tangenciales
 7. Poros en disposición diagonal o radial
 8. Poros en disposición dendrítica
- Agrupamiento de poros
9. Poros exclusivamente solitarios (90% o más)
 10. Poros múltiples radiales de 4 o más
 11. Poros en racimos o grupos
- Contorno de poros solitarios
12. Poros solitarios con contorno angular
- Platinas de perforación
13. Platinas de perforación simple
 14. Platinas de perforación escaleriforme
 15. Platinas de perforación escaleriforme con ≤ 10 barras
 16. Platinas de perforación escaleriforme con 10-20 barras
 17. Platinas de perforación escaleriforme con 20-40 barras
 18. Platinas de perforación escaleriforme con ≥ 40 barras
 19. Platinas de perforación reticulada, foraminada y/o otros tipos de perforación múltiple
- Punteaduras intervasculares: Arreglo y tamaño
20. Punteaduras intervasculares escaleriforme
 21. Punteaduras intervasculares opuestas
 22. Punteaduras intervasculares alternas
 23. Punteaduras intervasculares alternas de forma poligonal
 24. Muy pequeñas - $\leq 4\mu\text{m}$
 25. Pequeñas - 4-7 μm
 26. Medianas - 7-10 μm
 27. Grandes - $\geq 10\mu\text{m}$
 28. Rango de tamaño punteaduras intervasculares (μm)
- Punteaduras ornadas
29. Punteaduras ornadas
- Punteaduras radiovasculares
30. Punteaduras radiovasculares con bordes diferenciados, similares a las punteaduras intervasculares en forma y tamaño
 31. Punteaduras radiovasculares con bordes muy reducidos a aparentemente simple: punteaduras redondas o angulares
 32. Punteaduras radiovasculares con bordes muy reducidos a aparentemente simple: punteaduras horizontales (escaleriforme, como un tajo) a vertical (empalizada)
 33. Punteaduras radiovasculares de dos tipos o tamaños distintos en la misma célula radial.
 34. Punteaduras radiovasculares unilateralmente compuestas y grandes
 35. Punteaduras radiovasculares restringidas a hileras marginales
- Engrosamientos espiralados
36. Engrosamientos espiralados presentes en los elementos vasculares

37. Engrosamientos espiralados en todo el cuerpo de los elementos vasculares
38. Engrosamientos espiralados sólo en las colas de los elementos vasculares
39. Engrosamientos espiralados presentes sólo en los elementos vasculares delgados
- Diámetro tangencial promedio de poros
40. $\leq 50\mu\text{m}$
41. $50-100\mu\text{m}$
42. $100-200\mu\text{m}$
43. $\geq 200\mu\text{m}$
44. Promedio, \pm desviación estándar, rango, $n = x$
45. Poros de dos clases de diámetros distintas, maderas sin porosidad circular
- Poros por milímetro cuadrado
46. ≤ 5 poros/ mm^2
47. $5-20$ poros/ mm^2
48. $20-40$ poros/ mm^2
49. $40-100$ poros/ mm^2
50. ≥ 100 poros/ mm^2
51. Promedio, \pm desviación estándar, rango, $n = x$
- Longitud promedio de elementos vasculares
52. $\leq 350\mu\text{m}$
53. $350-800\mu\text{m}$
54. $\geq 800\mu\text{m}$
55. Promedio, \pm desviación estándar, rango, $n = x$
- Tilosis y depósitos en vasos
56. Tilosis común
57. Tilosis esclerótica
58. Gomas y otros depósitos en vasos en el duramen
- Madera sin poros
59. Madera sin vasos
- Traqueidas y fibras
60. Traqueidas vasicéntricas/vasculares presentes
- Fibras de tejido macerado
61. Fibras con punteaduras simples a areoladas con borde reducido
62. Fibras con punteaduras areoladas
63. Punteaduras comunes en las paredes radial y tangencial
64. Engrosamientos espiralados en fibras de tejido macerado
- Fibras septadas y bandas de fibras similares a parénquima
65. Presencia de fibras septadas
66. Presencia de fibras no septadas
67. Bandas de fibras parecidas a parénquima alternando con fibras ordinarias
- Espesor de pared de las fibras
68. Fibras de pared muy delgada
69. Fibras de pared delgada a gruesa
70. Fibras de pared muy gruesa
- Longitud promedio de fibras
71. $\leq 900\mu\text{m}$
72. $900-1600\mu\text{m}$
73. $\geq 1600\mu\text{m}$
74. Promedio, \pm desviación estándar, rango, $n = x$
- Parénquima longitudinal
75. Parénquima longitudinal ausente o extremadamente raro
- Parénquima longitudinal apotraqueal
76. Parénquima longitudinal difuso
77. Parénquima longitudinal difuso en agregados
- Parénquima longitudinal paratraqueal
78. Parénquima longitudinal paratraqueal escaso
79. Parénquima longitudinal vasicéntrico
80. Parénquima longitudinal aliforme
81. Parénquima longitudinal aliforme romboide
82. Parénquima longitudinal aliforme en forma de alas
83. Parénquima longitudinal confluyente
84. Parénquima longitudinal paratraqueal unilateral
- Parénquima longitudinal en bandas
85. Bandas de parénquima longitudinal de más de 3 células de ancho
86. Parénquima longitudinal en bandas delgadas o líneas hasta 3 células de ancho

87. Parénquima longitudinal reticulado
88. Parénquima longitudinal escaleriforme
89. Parénquima longitudinal marginal o aparentemente en bandas marginales
- Tipo de célula/longitud de hilera del parénquima longitudinal
90. Células de parénquima fusiformes
91. Dos células por hilera de parénquima
92. Cuatro (3-4) células por hilera de parénquima
93. Ocho (5-8) células por hilera de parénquima
94. Más de 8 células por hilera de parénquima
95. Parénquima no lignificado
- Radios
- Ancho de radios
96. Radios exclusivamente uniseriados
97. Radios con 1-3 células de ancho
98. Radios mayores comúnmente de 4-10 células de ancho
99. Radios mayores comúnmente > 10 células de ancho
100. Radios con porciones multiseriadas tan anchas como las porciones uniseriadas
- Radios agregados
101. Radios agregados
- Altura de radios
102. Altura de radios > 1mm
- Radios de dos tamaños distintos
103. Radios de dos tamaños distintos
- Radios: Composición celular
104. Todas las células radiales procumbentes
105. Todas las células radiales erectas y/o cuadradas
106. Cuerpo de células radiales procumbentes con una fila marginal de células erectas y/o cuadradas
107. Cuerpo de células radiales procumbentes con 2-4 hileras marginales de células erectas y/o cuadradas
108. Cuerpo de células radiales procumbentes con más de 4 hileras marginales de células erectas y/o cuadradas
109. Radios con células procumbentes, erectas y cuadradas mezcladas en todo el radio
- Células envolventes
110. Células envolventes
- Células tipo baldosas
111. Células tipo baldosas
- Perforaciones en células radiales
112. Perforaciones en células radiales
- Paredes celulares del parénquima radial separadas
113. Paredes celulares del parénquima radial separadas
- Radios por milímetro
114. ≤ 4 /mm
115. 4-12 /mm
116. ≥ 12 /mm
- Madera sin radios
117. Madera sin radios
- Estructura estratificada
118. Todos los radios estratificados
119. Radios menores estratificados, radios mayores no estratificados
120. Parénquima longitudinal y/o elementos vasculares estratificados
121. Fibras estratificadas
122. Radios y/o elementos axiales estratificados irregularmente
123. Número de hileras de radios por mm longitudinal
- Elementos secretorios y variantes cambiales
- Células oleosas y mucilaginosas
124. Células oleosas y/o mucilaginosas asociadas al parénquima radial
125. Células oleosas y/o mucilaginosas asociadas al parénquima longitudinal
126. Células oleosas y/o mucilaginosas presentes entre las fibras
- Canales intercelulares
127. Canales longitudinales en líneas tangenciales largas

128. Canales longitudinales en líneas tangenciales cortas
129. Canales longitudinales difusos
130. Canales radiales
131. Canales intercelulares de origen traumático
- Tubos laticíferos o taniníferos
132. Tubos laticíferos o taniníferos
- Variantes cambiales
133. Floema incluido, concéntrico
134. Floema incluido, difuso
135. Otras variantes cambiales
- Inclusiones minerales
136. Presencia de cristales prismáticos
137. Cristales prismáticos en células radiales erectas y/o cuadradas
138. Cristales prismáticos en células radiales procumbentes
139. Cristales prismáticos en alineación radial en células radiales procumbentes
140. Cristales prismáticos en cámaras en células erectas y/o cuadradas
141. Cristales prismáticos em células del parénquima longitudinal.
142. Cristales prismáticos en cámaras en células del parénquima longitudinal
143. Cristales prismáticos en fibras
- Drusas
144. Presencia de drusas
145. Drusas en células de parénquima radial
146. Drusas en células de parénquima longitudinal
147. Drusas en fibras
148. Drusas en cámaras
- Otros tipos de cristales
149. Rafidios
150. Cristales aciculares
151. Estiloides y/o cristales elongados
152. Cristales de otras formas (mayormente pequeños)
153. Cristales arenosos
- Otras características de diagnóstico de cristales
154. Más de un cristal del mismo tamaño por célula o cámara
155. Cristales de dos tamaños distintos por célula o cámara
156. Cristales en células agrandadas
157. Cristales en tilosis
158. Cistolitos
- Sílice
159. Presencia de cuerpos de sílice
160. Cuerpos de sílice en células radiales
161. Cuerpos de sílice en células de parénquima longitudinal
162. Cuerpos de sílice en fibras
163. Sílice vítreo
- APENDICE - información no anatómica
- Distribución Geográfica
164. Europa y Asia templada (región Brazier y Franklin 74)
165. Europa, excepto el Mediterráneo
166. Mediterráneo incluyendo África del Norte y el Medio Oriente
167. Asia Templada (China), Japón, USSR
168. Asia del Sur Central (región Brazier y Franklin 75)
169. India, Pakistán, Sri Lanka
170. Birmania
171. Sureste de Asia y el Pacífico (región Brazier y Franklin 76)
172. Tailandia, Laos, Vietnam, Camboya (Indochina)
173. Indonesia, Filipinas, Malasia, Brunei, Papua Nueva Guinea e Islas Salomón
174. Islas del Pacífico (incluyendo Nueva Caledonia, Samoa, Hawai y Fiji)
175. Australia y Nueva Zelanda (región Brazier y Franklin 77)
176. Australia
177. Nueva Zelanda
178. África Tropical e islas adyacentes (región Brazier y Franklin 78)
179. África Tropical

180. Madagascar y Mauricio, La Reunión y Comores
181. África del Sur (Sur del Trópico de Capricornio) (región Brazier y Franklin 79)
182. América del Norte, norte de Méjico (región Brazier y Franklin 80)
183. Neotrópico y Brasil templado (región Brazier y Franklin 81)
184. Méjico y América Central
185. El Caribe
186. América del Sur Tropical
187. Sur de Brasil
188. América del Sur templado incluyendo Argentina, Chile, Uruguay, Paraguay (región Brazier y Franklin 82)
- Hábitat
189. Árbol
190. Arbusto
191. Trepadora/liana
- Madera de importancia comercial
192. Madera de importancia comercial
- Densidad Básica
193. Densidad básica baja, ≤ 0.40
194. Densidad básica media, $0.40-0.75$
195. Densidad básica alta, ≥ 0.75
- Color del duramen
196. Duramen de color más oscuro que la albura
197. Duramen básicamente marrón o tono marrón
198. Duramen básicamente rojo o tono rojo
199. Duramen básicamente amarillo o tono amarillo
200. Duramen básicamente blanco a gris
201. Duramen con vetas
202. Duramen diferente a los de arriba
- Olor
203. Olor distinguible
- Fluorescencia del duramen
204. Duramen fluorescente
- Extractivos en agua y etanol: fluorescencia y color
205. Extractivo en agua fluorescente
206. Extractivo en agua básicamente sin color a color marrón o tono marrón
207. Extractivo en agua básicamente rojo o tono rojo
208. Extractivo en agua básicamente amarillo o tono amarillo
209. Extractivo en agua diferente a los de arriba
210. Extractivo en etanol fluorescente
211. Extractivo en etanol básicamente sin color a color marrón o tono marrón
212. Extractivo en etanol básicamente rojo o tono rojo
213. Extractivo en etanol básicamente amarillo o tono amarillo
214. Extractivo en etanol diferente a los de arriba
- Prueba de espuma
215. Prueba de espuma positiva
- Prueba de Cromo Azurol-S
216. Prueba de Cromo Azurol-S positiva
- Prueba de combustión de astillas
217. Astillas combustionan hasta carbón
218. Astillas combustionan totalmente hasta cenizas: Color de cenizas blanco brillante
219. Astillas combustionan totalmente hasta cenizas: Color de cenizas amarillo-marrón
220. Astillas combustionan totalmente hasta cenizas: Color de cenizas diferente a las de arriba
221. Astillas combustionan parcialmente hasta cenizas

ANEXO 2

CLASIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS LEÑOSOS EN BASE A SUS DIMENSIONES

N° de poros por mm²

Muy pocos	< 5
Pocos	5 a 20
Moderadamente numeroso	21 a 40
Numerosos	41 a 100
Muy numerosos	> 100

Diámetro de poros

Muy pequeños	< 50µm
Pequeños	50 < 100µm
Medianos	101 < 200µm
Grandes	> 200µm

Longitud de los elementos vasculares

Cortos	< 350 µm
Medianos	351 a 800 µm
Largos	> 800µm

N° de radios/mm

Pocos	< 4
Poco numerosos	4 a 11
Numerosos	>11

Longitud de fibras

Cortas	< 900µm
Medianas	901-1600µm
Largas	> 1600µm

Diámetros de fibras

Angostas	< 25µm
Medianas	25-40µm
Anchas	>40µm

Altura de radios

Extremadamente bajos	menos de 600 µm
Bajos	600-2000µm
Medianos	2000-5000µm
Altos	5000-10000µm
Muy altos	> 10000µm

Ancho de radios

Muy finos	< 50µm
Finos	51-100µm
Medianos	101-200µm
Anchos	> 200µm

Espesor de pared de las fibras (µm)

Muy gruesa	Cuando el diámetro del lumen es menor a 1/3 del diámetro total
Gruesa	Cuando el diámetro del lumen es de 1/3 a 1/2 del diámetro total
Delgada	Cuando el diámetro del lumen es de 1/2 a 3/4 del diámetro total
Muy delgada	Cuando el diámetro del lumen es mayor de 3/4 del diámetro total

ANEXO 3

TABLAS DE COEFICIENTE VARIABILIDAD ESTABLECIDA POR RUBIO (2002)

CV (%)	GRADO DE VARIABILIDAD
$0 < CV < 10$	Datos muy homogéneos
$10 \leq CV < 15$	Datos regularmente homogéneos
$15 \leq CV < 20$	Datos regularmente variables
$20 \leq CV < 25$	Datos variables
$CV \geq 25$	Datos muy variables

ANEXO 4

MEDICIÓN DE ELEMENTOS ANATÓMICOS

ESTADÍSTICOS SAPOTE 1	POROS		RADIOS				FIBRAS				VASOS	
	Ø tangencial (µm)	Frecuencia (n/mm ²)	Altura (µm)	Ancho (µm)	Número de células		Frecuencia (n/mm ²)	Esp. Pared (µm)	Lumen (µm)	D. Total (µm)	Longitud (µm)	Longitud (µm)
					Altura	Ancho						
N	200	200	200	200	200	200	200	75	75	75	75	75
Mínimo	21.58	5.00	141.95	34.68	7.00	2.00	13.00	1.10	1.15	5.63	143.21	33.81
Máximo	152.26	15.00	1012.95	107.87	49.00	6.00	24.00	5.10	8.08	16.26	706.06	74.60
Rango	130.68	10.00	871.00	73.19	42.00	4.00	11.00	4.00	6.93	10.63	562.85	40.79
Media	84.00	7.95	371.34	68.97	23.06	4.09	18.42	2.41	3.95	8.77	333.88	55.58
Des. Est.	22.08	1.98	131.48	13.98	8.07	0.88	2.04	0.63	1.75	2.02	85.25	8.43
Sumatoria	16800.32	1589.00	74268.70	13793.28	4611.00	818.00	3684.00	180.71	296.61	658.02	25040.71	4168.57
CV %	26.28	24.86	35.41	20.28	35.02	21.54	11.05	26.19	44.25	23.04	25.53	15.17

ESTADÍSTICOS SAPOTE 2	POROS		RADIOS				FIBRAS				VASOS	
	Ø tangencial (µm)	Frecuencia (n/mm ²)	Altura (µm)	Ancho (µm)	Número de células		Frecuencia (n/mm ²)	Esp. Pared (µm)	Lumen (µm)	D. Total (µm)	Longitud (µm)	Longitud (µm)
					Altura	Ancho						
N	200	200	200	200	200	200	200	75	75	75	75	75
Mínimo	25.31	5.00	131.25	36.05	7.00	2.00	9.00	1.17	1.40	4.09	202.50	37.86
Máximo	107.51	53.00	824.13	98.92	45.00	6.00	27.00	4.78	9.84	15.45	463.33	83.65
Rango	19.71	48.00	692.88	62.88	38.00	4.00	18.00	3.60	8.44	11.36	260.83	45.80
Media	57.72	15.70	348.02	67.07	18.69	4.41	19.09	2.44	4.73	9.62	337.79	62.47

ESTADÍSTICOS SAPOTE 2	POROS		RADIOS				FIBRAS				VASOS	
	∅ tangencial (μm)	Frecuencia (n/mm ²)	Altura (μm)	Ancho (μm)	Número de células		Frecuencia (n/mm ²)	Esp. Pared (μm)	Lumen (μm)	D. Total (μm)	Longitud (μm)	Longitud (μm)
Des. Est.	14.32	10.62	118.20	11.46	6.59	0.97	2.88	0.69	2.00	2.17	65.08	10.76
Sumatoria	11543.15	3139.00	69603.50	13414.18	3738.00	881.00	3818.00	183.30	354.65	721.24	25334.08	4685.42
CV %	24.82	67.64	33.97	17.09	35.28	22.08	15.09	28.04	42.36	22.56	19.27	17.23

ESTADÍSTICOS SAPOTE 3	POROS		RADIOS				FIBRAS				VASOS	
	∅ tangencial (μm)	Frecuencia (n/mm ²)	Altura (μm)	Ancho (μm)	Número de células		Frecuencia (n/mm ²)	Esp. Pared (μm)	Lumen (μm)	D. Total (μm)	Longitud (μm)	Longitud (μm)
					Altura	Ancho						
N	200	200	200	200	200	200	200	75	75	75	75	75
Mínimo	22.53	10.00	126.75	32.90	7.00	2.00	18.00	1.10	1.24	5.50	251.52	37.05
Máximo	139.38	37.00	544.19	101.08	30.00	6.00	32.00	3.96	10.49	16.36	709.26	89.13
Rango	116.85	27.00	417.44	68.18	23.00	4.00	14.00	2.86	9.25	10.86	457.74	52.08
Media	68.04	21.80	278.28	66.40	16.55	4.58	25.14	2.49	5.30	10.27	394.13	64.76
Des. Est.	20.58	5.18	74.51	11.77	4.30	0.78	2.68	0.69	2.22	2.35	88.82	11.73
Sumatoria	13607.15	4360.00	55655.95	13280.81	3309.00	916.00	5028.00	186.52	397.43	770.46	29559.43	4857.01
CV %	30.24	23.74	26.77	17.72	25.98	17.01	10.66	27.83	41.82	22.92	22.54	18.11

ESTADÍSTICOS SAPOTE 4	POROS		RADIOS				FIBRAS				VASOS	
	∅ tangencial (μm)	Frecuencia (n/mm ²)	Altura (μm)	Ancho (μm)	Número de células		Frecuencia (n/mm ²)	Esp. Pared (μm)	Lumen (μm)	D. Total (μm)	Longitud (μm)	Longitud (μm)
					Altura	Ancho						
N	200	200	200	200	200	200	200	75	75	75	75	75
Mínimo	25.12	8.00	106.77	21.61	6.00	1.00	16.00	1.01	0.49	4.54	215.34	37.74
Máximo	116.49	24.00	745.28	95.01	42.00	6.00	30.00	4.59	9.30	17.22	802.82	86.54

ESTADÍSTICOS SAPOTE 4	POROS		RADIOS				FIBRAS				VASOS	
	∅ tangencial (μm)	Frecuencia (n/mm ²)	Altura (μm)	Ancho (μm)	Número de células		Frecuencia (n/mm ²)	Esp. Pared (μm)	Lumen (μm)	D. Total (μm)	Longitud (μm)	Longitud (μm)
Rango	91.37	16.00	638.51	73.40	36.00	5.00	14.00	3.58	8.80	12.68	587.49	48.80
Media	63.39	14.64	309.32	51.08	19.55	4.36	22.39	2.24	4.75	9.22	398.65	57.71
Des. Est.	16.98	3.01	114.52	12.16	6.41	0.89	2.89	0.72	2.10	2.67	117.75	11.94
Sumatoria	12677.42	2929.00	64307.63	10619.54	4125.00	853.00	4607.00	167.73	356.15	691.61	29898.77	4327.89
CV %	26.78	20.57	37.02	23.81	32.82	20.48	12.92	32.28	44.23	28.97	29.54	20.70

ESTADÍSTICOS SAPOTE 5	POROS		RADIOS				FIBRAS				VASOS	
	∅ tangencial (μm)	Frecuencia (n/mm ²)	Altura (μm)	Ancho (μm)	Número de células		Frecuencia (n/mm ²)	Esp. Pared (μm)	Lumen (μm)	D. Total (μm)	Longitud (μm)	Longitud (μm)
					Altura	Ancho						
N	200	200	200	200	200	200	200	75	75	75	75	75
Mínimo	27.75	5.00	114.00	25.90	7.00	2.00	17.00	1.30	0.57	4.42	241.27	28.66
Máximo	133.06	21.00	556.44	90.55	24.00	6.00	31.00	3.42	9.41	14.36	635.76	84.51
Rango	105.31	16.00	442.44	64.66	17.00	4.00	14.00	2.12	8.84	9.94	394.49	55.85
Media	77.72	11.95	241.00	63.41	14.05	4.74	23.53	2.31	4.26	8.87	361.72	61.28
Des. Est.	19.01	3.21	61.67	13.96	2.90	0.81	2.69	0.55	1.86	1.82	79.25	14.00
Sumatoria	15544.87	2390.00	48199.12	12682.21	2809.00	948.00	4706.00	172.88	319.61	665.38	27129.30	4596.33
CV %	24.45	26.84	25.59	22.02	20.64	17.08	11.44	24.02	43.63	20.50	21.91	22.85

ANEXO 5

PRODUCCIÓN DE GOMA (PARCELA 1)

DAP (cm)	Ht (m)	Ø Copa 1(m)	Ø Copa 2(m)	CD	Rendimientos de Goma por mes																				PROMEDIO		GOMA PROMEDIO EKUDADA/ ARBOL	Observacion es
					MED 1		MED 2		MED 3		MED 4		MED 5		MED 6		MED 7		MED 8		MED 9							
					Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas		
18.6	7	7.9	8	10_20	9.9	13.1	7.1	10.1	9.4	12.8	37.1	43.5	19.2	50.3	12.2	19.8	10.5	22.4	3.3	7.8	6.2	8.8	12.5	20.2	32.7			
39.3	6.5	8.6	9.4	30_40	8.8	6.2	2.6	4.9	3.0	3.9	5.2	9.8	9.7	13.8	6.2	9.9	3.8	4.3	1.7	0.0	3.1	3.3	5.3	6.2	11.5			
10.0	3	2.5	1.9	<10	10.0	13.9	10.2	18.2	9.1	13.2	9.4	8.2	7.6	9.3	3.5	8.5	1.9	4.7	0.5	0.2	2.7	6.6	6.5	9.7	16.2			
18.1	4.5	8.6	9.6	10_20	26.2	51.0	10.2	16.9	8.3	9.9	23.4	8.5	12.3	21.6	24.5	22.4	14.2	16.7	0.0	0.0	0.7	0.9	14.6	19.9	34.5	Bifurcado. El segundo DAP es de 19.4cm		
33.7	6.5	10.1	10.2	30_40	10.0	13.1	2.1	6.4	4.2	5.2	2.8	7.6	1.9	9.9	7.2	8.7	4.1	8.2	4.0	0.3	2.1	3.8	4.8	7.6	12.5			
21.6	7	8.2	8	20_30	7.1	8.3	4.0	9.9	4.1	8.3	16.2	3.2	5.6	1.9	4.1	5.2	4.4	7.8	6.5	0.3	8.5	16.8	6.8	7.0	13.8	Bifurcado. El segundo DAP es de 20.7cm		
11.5	3	2.7	2.9	10_20	11.7	21.1	7.6	12.5	14.5	29.6	21.4	60.2	18.0	83.4	18.8	20.3	6.3	13.7	2.2	0.8	4.0	6.6	11.6	26.9	38.6			
10.0	4	3.3	4.1	<10	12.3	16.3	10.9	14.4	7.2	11.1	7.8	9.6	9.5	5.3	5.6	8.1	1.1	10.1	0.4	0.0	3.0	5.6	7.4	9.7	17.1			
10.2	3.5	2.8	3.5	<10	8.7	12.5	12.5	13.9	12.8	13.7	8.8	14.8	5.9	13.0	4.2	8.4	1.2	7.8	3.1	1.0	2.1	3.3	6.9	10.1	17.0			
21.6	8	9.2	8.5	20_30	8.1	8.7	6.0	6.1	3.2	8.3	6.6	9.4	5.9	9.2	1.3	6.3	4.3	17.8	8.9	23.2	0.0	0.0	5.2	9.8	15.0	Bifurcado. El segundo DAP es de 20.4cm		
31.8	7.5	9.6	9.5	30_40	5.1	16.2	3.8	5.5	3.8	4.9	1.9	2.9	1.6	3.1	1.1	2.8	0.3	8.2	2.5	0.0	2.2	4.7	2.7	6.5	9.2			
29.1	6	9.5	8.7	20_30	9.3	14.8	6.3	7.9	6.2	8.7	9.3	16.2	10.1	19.2	4.0	8.3	4.5	7.8	2.9	9.1	1.6	7.1	6.4	11.4	17.7			

PRODUCCIÓN DE GOMA (PARCELA 2)

DAP (cm)	Ht (m)	Ø Copa 1(m)	Ø Copa 2(m)	CD	Rendimientos de Goma por mes																				PROMEDIO	GOMA (G) PROMEDIO EXUDADA/ ARBOL	Observaciones
					MED 1		MED 2		MED 3		MED 4		MED 5		MED 6		MED 7		MED 8		MED 9						
					Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas	Fuste	Ramas			
21.0	7	5.6	4.7	20_30	7.4	12.6	3.9	6.1	1.5	5.5	3.2	7.8	3.6	7.4	0.2	2.2	6.3	16.7	1.1	0.0	2.0	2.1	3.66	7.3	10.96		
22.3	7	4	3.5	20_30	6.9	24.1	1.4	7	3.3	4.3	5.2	6.8	5.4	7.2	6.6	8.1	5.7	7.1	3.4	3	9.2	31.5	5.4	12.32	17.72		
10.0	6	2.7	5.1	<10	14.7	19.8	2.2	9.2	2.1	6.8	9.4	13.7	10.5	12.8	6.5	7.7	0	0.8	2.7	6.3	0.7	0.4	6.35	9.73	16.08		
17.1	6	4.7	5.8	10_20	34.1	40.5	31.8	32.7	8.6	7.4	11.9	12.3	16.1	22.3	14.3	14.6	3.8	7.2	0.8	4.2	1.6	31.4	15.71	21.31	37.02		
31.7	7.5	6.2	8.1	30_40	14	6.7	6	0	2	0	4.9	4	4.3	2.1	1.8	4.1	3.3	4.1	2.4	1.2	3.1	1.2	5.58	3.01	8.59		
36.9	10	8.9	9	30_40	11.1	22.9	8.7	13.5	7.7	6.8	8.9	9	6.1	11.5	4.9	5.9	5	7.2	0	0	6.1	8.3	6.96	10.8	17.76		
9.9	4	2.7	2.3	<10	4.7	7.4	20.3	31.6	6.5	13.7	13.8	19.2	17.6	19.4	4.2	0	4	0	13.2	16.6	9	9.2	9.8	12.45	22.25		
11.8	6	4.3	3.5	10_20	9.3	16	13.4	14.3	13.3	17.1	23.3	35.1	19.2	49.4	9.9	17.2	12.3	14.8	13.6	14.4	0	7.3	12.36	20.16	32.52	Bifurcado. El segundo DAP es de 11.1cm	
10.0	4	4.3	4.4	<10	6.2	5.7	17.4	23.2	4.7	7.6	6.5	17.2	9.7	15.9	0.3	2.2	2.9	6.1	3.4	7.2	4.2	6.8	6.15	9.76	15.91		
30.2	6	6.9	7.4	30_40	18.2	20.1	3.3	4.2	2.8	4.1	3	6.5	4.3	6.2	0	0	7.5	15.5	0	0	5.1	8.7	6.24	8.54	14.78		
14.7	5.5	5	5.2	10_20	17.1	22.6	8.3	11.3	8.2	13.3	15	18.4	16.1	17.2	0.4	3	0.3	2.7	0.3	0	3.4	6.2	8.62	11.73	20.35	Bifurcado. El segundo DAP es de 11.4cm	
27.8	7	8.2	8	20_30	12.4	16.3	2.1	9.3	1.6	1.1	5.3	13.5	14.6	23.1	6.9	7.9	4.6	6	5.1	5.5	5	5.2	7	10.42	17.42	Ramificado. Segundo DAP mide 26.1cm y el tercer DAP mide 19.2cm.	

ANEXO 6

ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN DE GOMA

PRODUCCION DE GOMA PARCELA 1			
Clase Diamétrica (cm)	Producción (g)		Promedio (g)
	Fuste	Ramas	
<10	6.93	9.81	16.74
10_20	12.90	22.33	35.23
20_30	6.12	9.39	15.50
30_40	4.29	6.77	11.06
Promedio (g)	7.56	12.08	19.63

PRODUCCION DE GOMA PARCELA 2			
Clase Diamétrica (cm)	Producción (g)		Promedio (g)
	Fuste	Ramas	
<10	7.43	10.65	18.08
10_20	12.23	17.73	29.96
20_30	5.35	10.01	15.37
30_40	6.26	7.45	13.71
Promedio (g)	7.82	11.46	19.28

PRODUCCION DE GOMA PROMEDIO EN FUSTE Y RAMAS			
Clase Diamétrica (cm)	Producción (g)		Promedio (g)
	Fuste	Ramas	
<10	7.18	10.23	17.41
10_20	12.57	20.03	32.60
20_30	5.74	9.70	15.44
30_40	5.28	7.11	12.39
Promedio (g)	7.69	11.77	19.46

PRODUCCION DE GOMA PROMEDIO EN FUSTE Y RAMAS			
Clase Diamétrica (cm)	Producción (g)		Promedio (g)
	Parcela 1	Parcela 2	
<10	16.74	18.08	17.41
10_20	35.23	29.96	32.60
20_30	15.50	15.37	15.44
30_40	11.06	13.71	12.39
Prom (g)	19.63	19.28	19.46

ANEXO 7

ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN DE GOMA EN RELACIÓN AL TIEMPO

PRODUCCION ESTACIONAL DE GOMA (g) EN LA PARCELA 1										
Producción	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Promedio
Fuste	10.6	6.9	7.2	12.5	8.9	7.7	4.7	3.0	3.0	7.2
Rama	16.3	10.6	10.8	16.2	20.0	10.7	10.8	3.6	5.6	11.6
Total	26.9	17.5	18.0	28.7	28.9	18.5	15.5	6.6	8.6	18.8

PRODUCCION ESTACIONAL DE GOMA (g) EN LA PARCELA 2										
Producción	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Promedio
Fuste	13.0	9.9	5.2	9.2	10.6	4.7	4.6	3.8	4.1	7.2
Rama	17.9	13.5	7.3	13.6	16.2	6.1	7.4	4.9	9.9	10.7
Total	30.9	23.4	12.5	22.8	26.8	10.7	12.0	8.7	14.0	18.0

PRODUCCION ESTACIONAL DE GOMA (g)										
Producción	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Promedio
Fuste	11.8	8.4	6.2	10.8	9.8	6.2	4.7	3.4	3.6	7.2
Rama	17.1	12.0	9.1	14.9	18.1	8.4	9.1	4.2	7.7	11.2
Total	28.9	20.5	15.2	25.7	27.9	14.6	13.8	7.6	11.3	165.5

ANEXO 8

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRODUCCIÓN DE GOMA (MINITAB 16)

Datos Parcela 1

Fuste	Rama
8.7	12.5
12.5	13.9
12.8	13.7
8.8	14.8
5.9	13
4.2	8.4
1.2	7.8
3.1	1
2.1	3.3

Prueba F (distribución normal)

Estadística de prueba = 0.75, valor p = 0.696

Prueba T e IC de dos muestras: Fuste, Rama

T de dos muestras para Fuste vs. Rama

Media del Error				
Tipo	N	Media	Des.Est.	Estándar
Fuste	9	6.59	4.34	1.4
Rama	9	9.82	5.00	1.7

Diferencia = μ (Fuste) - μ (Rama)

Estimado de la diferencia: -3.23

IC de 95% para la diferencia: (-7.91, 1.44)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -1.47 Valor P = 0.162 GL = 16

Ambos utilizan Desv. Est. agrupada = 4.6811

Como el nivel de significación= 0.05 es menor al valor P = 0.162, entonces no se rechaza Ho
 No existen diferencias significativas en el rendimiento de goma en el Fuste y la ramas

Datos Parcela 2

Fuste	Rama
13.0	17.9
9.9	13.5
5.2	7.3
9.2	13.6
10.6	16.2
4.7	6.1
4.6	7.4
3.8	4.9
4.1	9.9

Prueba F (distribución normal)

Estadística de prueba = 0.53, valor p = 0.392

T de dos muestras para Fuste_1 vs. Rama_1

Media del Error				
	N	Media	Desv.Est.	Estándar
Fuste_1	9	7.24	3.44	1.1
Rama_1	9	10.75	4.71	1.6

Diferencia = μ (Fuste_1) - μ (Rama_1)

Estimado de la diferencia: -3.50

IC de 95% para la diferencia: (-7.62, 0.62)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = -1.80 Valor P = 0.090 GL =16

Ambos utilizan Desv. Est. agrupada = 4.1235

Como el nivel de significación= 0.05 es menor al valor P = 0.090, entonces no se rechaza Ho
 No existen diferencias significativas en el rendimiento de goma en el Fuste y la ramas

Datos de Producción de Parcelas

Parcela 1	26.9	17.5	18.0	28.7	28.9	18.5	15.5	6.6	8.6
Parcela 2	30.9	23.4	12.5	22.8	26.8	10.7	12.0	8.7	14.0

Parcela 1	Parcela 2
26.8666667	30.9
17.5	23.43333
17.95	12.5
28.65	22.825
28.9416667	26.83333
18.45	10.74167
15.5083333	11.99167
6.5583333	8.7
8.6416667	13.975

Prueba F (distribución normal)

Estadística de prueba = 1.02, valor p = 0.974

T de dos muestras para Parcela 1 vs. Parcela 2

Media del Error				
	N	Media	Desv.Est.	Estándar
Parcela 1	9	18.79	8.15	2.7
Parcela 2	9	17.99	8.05	2.7

Diferencia = μ (Parcela 1) - μ (Parcela 2)

Estimado de la diferencia: 0.80

IC de 95% para la diferencia: (-7.30, 8.89)

Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 0.21 Valor P = 0.837 GL = 16

Ambos utilizan Desv.Est. agrupada = 8.1022

Como el nivel de significación = 0.05 es menor al valor P = 0.837, entonces no se rechaza H_0

No existen diferencias significativas en el rendimiento de goma en las parcelas 1 y 2

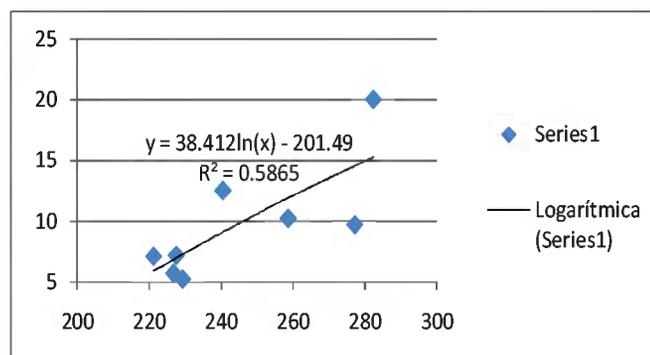
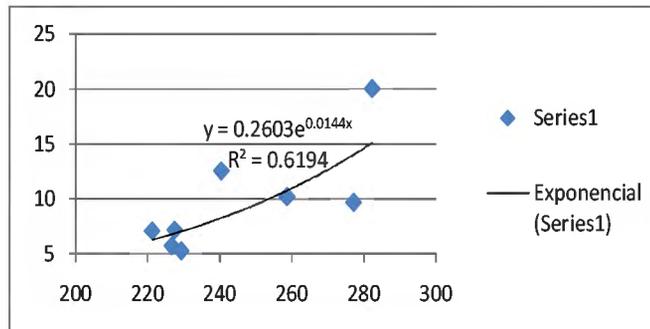
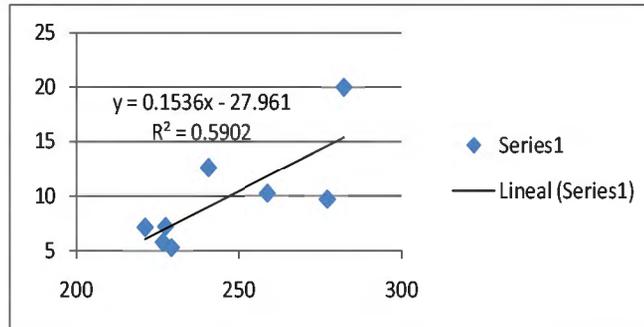
ANEXO 9

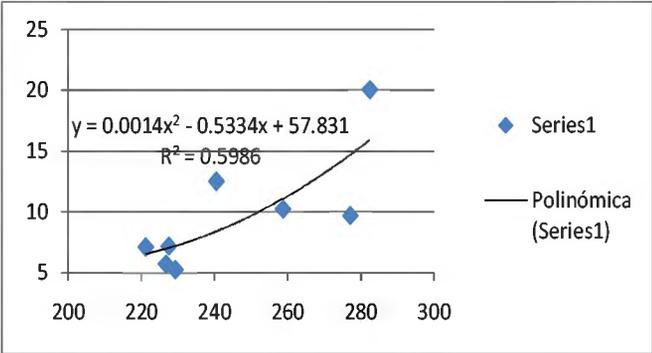
PRUEBA T PARA COMPARAR MEDIAS DE PARCELA 1 Y PARCELA 2

Estadística de prueba = 1.02, valor p = 0.974				
T de dos muestras para Parcela 1 vs. Parcela 2				
Media del Error				
	N	Media	Desv. Est.	Estándar
Parcela 1	9	18.79	8.15	2.7
Parcela 2	9	17.99	8.05	2.7
Diferencia = μ (Parcela 1) - μ (Parcela 2)				
Estimado de la diferencia: 0.80				
IC de 95% para la diferencia: (-7.30, 8.89)				
Prueba T de diferencia = 0 (vs. no =): Valor T = 0.21 Valor P = 0.837 GL = 16				
Ambos utilizan Desv. Est. agrupada = 8.1022				
Como el nivel de significación= 0.05 es menor al valor P = 0.837, entonces no se rechaza Ho. No existen diferencias significativas en el rendimiento de goma en las parcelas 1 y 2				

ANEXO 10

GRÁFICAS DE ANÁLISIS DE REGRESIÓN DE DIAMETRO TANGENCIAL DE CANALES Y PRODUCCIÓN DE GOMA





ANEXO 11

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN DEL MODELO EXPONENCIAL

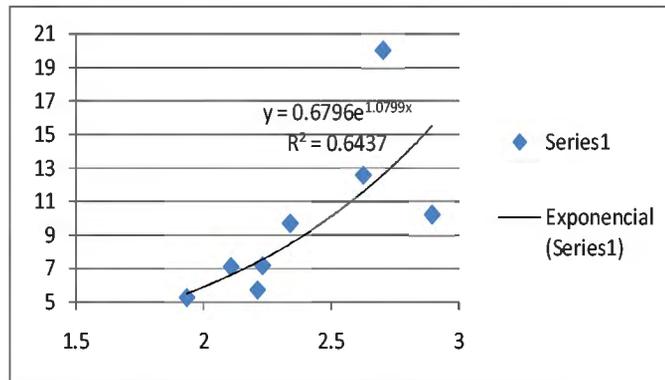
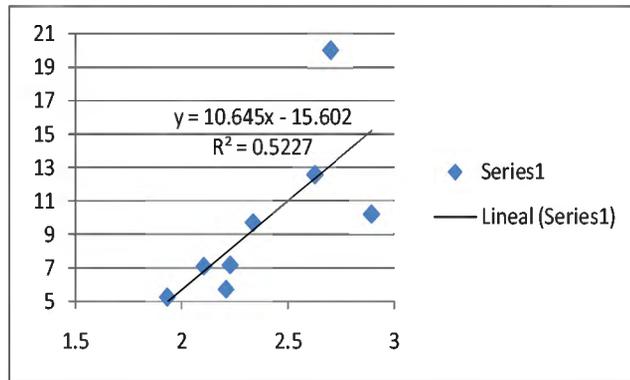
ANÁLISIS DE VARIANZA

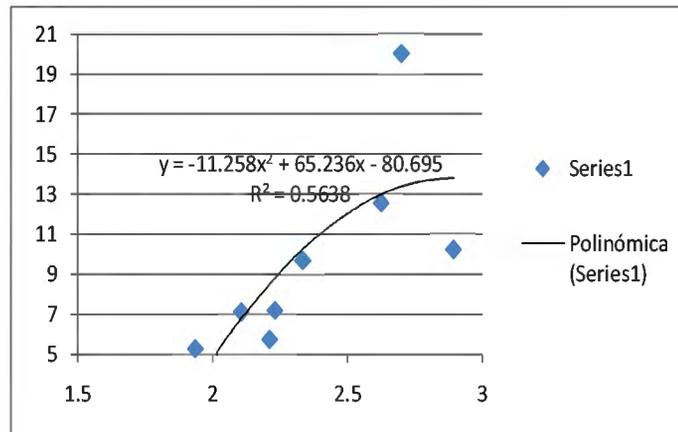
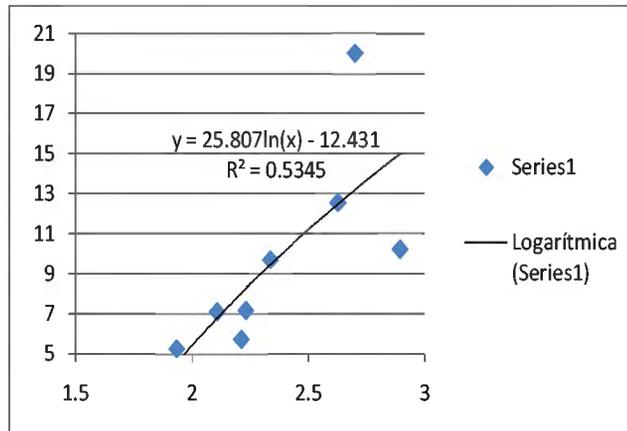
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>			
Regresión	1	0.848	0.848	9.806	0.020			
Residuos	6	0.519	0.086					
Total	7	1.367						

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	-17.676	6.342	-2.787	0.0317	-33.2	-2.156	-33.196	-2.156
LnX	3.612	1.153	3.131	0.0203	0.79	6.434	0.79	6.434

ANEXO 12

GRÁFICAS DE ANÁLISIS DE REGRESIÓN DE FRECUENCIA DE CANALES Y PRODUCCIÓN DE GOMA





ANEXO 13

ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN DEL MODELO EXPONENCIAL

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0.880	0.880	10.838	0.017
Residuos	6	0.487	0.081		
Total	7	1.367			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	-0.386	0.787	-0.491	0.641	-2.312	1.540	-2.312	1.540
N/mm ²	1.080	0.328	3.292	0.017	0.277	1.883	0.277	1.883

ANEXO 14

ANÁLISIS DE LOS RESIDUALES DE LA REGRESIÓN EXPONENCIAL DE DIAMETRO TANGENCIAL DE CANALES Y PRODUCCIÓN DE GOMA

Análisis de los residuales

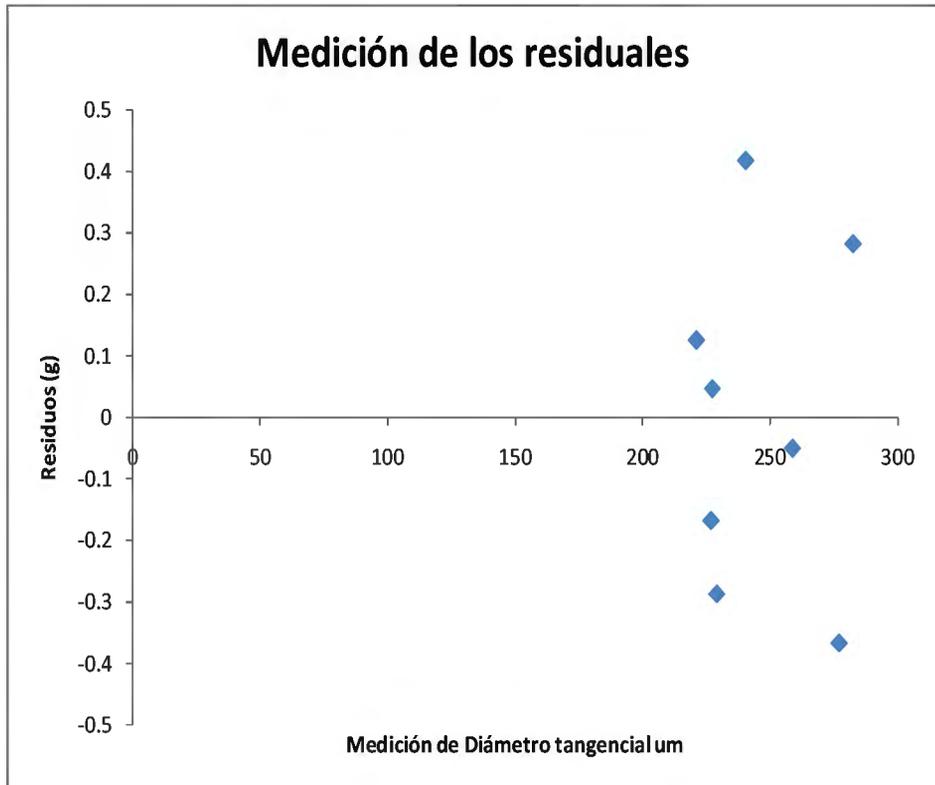
<i>Observación</i>	<i>Pronóstico LN(Y)</i>	<i>Residuos</i>
1	2.739039	-0.41371442
2	2.531107936	0.466206419
3	2.136248946	0.135876939
4	1.888411921	0.073090323
5	2.020731688	-0.049432305
6	2.449195699	0.081719472
7	1.999728551	-0.2531408
8	1.703584308	-0.040605629

Resultados de datos de probabilidad

<i>Percentil</i>	<i>LN(Y)</i>
6.25	1.662978679
18.75	1.746587751
31.25	1.961502244
43.75	1.971299383
56.25	2.272125886
68.75	2.32532458
81.25	2.530915171
93.75	2.997314355

ANEXO 15

MEDICIÓN GRÁFICA DE LOS RESIDUALES DE LA REGRESIÓN DE MODELO EXPONENCIAL



ANEXO 16

ANÁLISIS DE LOS RESIDUALES DE LA REGRESIÓN EXPONENCIAL DE LA FRECUENCIA DE CANALES Y PRODUCCIÓN DE GOMA

Análisis de los residuales

<i>Observación</i>	<i>Pronóstico</i>	
	<i>LN(Y)</i>	<i>Residuos</i>
1	2.375898464	-0.05057388
2	2.714776387	0.282537968
3	2.639276795	-0.36715091
4	1.835928224	0.12557402
5	1.924683765	0.046615618
6	2.113065545	0.417849626
7	1.913941496	-0.16735375
8	1.950477373	-0.28749869

Resultados de datos de probabilidad

<i>Percentil</i>	<i>LN(Y)</i>
6.25	1.663
18.75	1.7466
31.25	1.9615
43.75	1.9713
56.25	2.2721
68.75	2.3253
81.25	2.5309
93.75	2.9973

ANEXO 17

MEDICIÓN GRÁFICA DE LOS RESIDUALES DE LA REGRESIÓN DE MODELO EXPONENCIAL

