

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**DETERMINACIÓN DE VOLUMEN, BIOMASA Y ESTRUCTURA ARBÓREA EN  
EL ECOSISTEMA DE PINO ENCINO UTILIZANDO PARCELAS DE  
MUESTREO PERMANENTE INSTALADAS EN GUALACO Y CATACAMAS,  
OLANCHO**

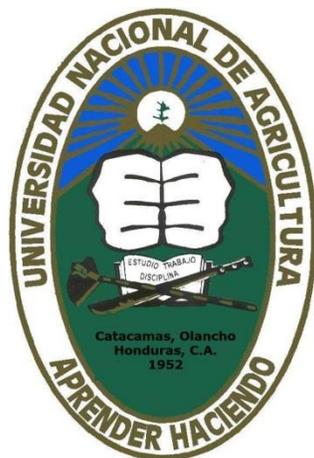
**PRESENTADO POR:**

**LUIS ALFONSO MARTÍNEZ GARCÍA**

**TESIS**

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO  
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**



**CATACAMAS, OLANCHO**

**HONDURAS C.A.**

**DICIEMBRE 2013**

**DETERMINACIÓN DE VOLUMEN, BIOMASA Y ESTRUCTURA ARBÓREA EN  
EL ECOSISTEMA DE PINO ENCINO UTILIZANDO PARCELAS DE  
MUESTREO PERMANENTE INSTALADAS EN GUALACO Y CATACAMAS,  
OLANCHO**

**POR:**

**LUIS ALFONSO MARTÍNEZ GARCÍA**

**OSCAR FERREIRA, M.Sc.**

Asesor Principal

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA  
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**

**CATACAMAS, OLANCHO**

**HONDURAS. C.A.**

**DICIEMBRE 2013**

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Por darme la vida, su infinita misericordia y por iluminar siempre mi camino.

### **A MI HIJA**

**Arleth Martínez** quien es mi inspiración para seguir adelante día a día y el regalo más bello que Dios me ha dado.

### **A MIS MADRES**

**Laura García** que siempre ha dado todo por sacarme adelante y hacerme llegar hasta donde eh llegado y que me enseñó que todo se puede lograr en la vida si nos lo proponemos y **Digna Cruz** que ha estado pendiente de mi para que lograra todo lo que me propuesto.

## AGRADECIMIENTOS

### A DIOS

Padre todo poderoso agradezco tu infinita misericordia, por haberme iluminado el camino, darme sabiduría y entendimiento para la realización de todas mis actividades.

### A MIS MADRES

Por haberme brindado su apoyo incondicional en estos cuatro años y por estar en los momentos en que más las he necesitado.

### A MIS AMIGOS

**Arely Turcios, Blanca Moradel, Carlos García, Carlos Reyes, Christiam Moya, Dania Núñez, David Mejía, Fanny Hoogerheidee, Ivonea Medina, Isaid Girón, Zoe Vásquez** por todo el apoyo brindado y por sopórtame estos cuatro años.

### AL PROYECTO PINO-ENCINO

Que fue mediante ellos que logre obtener los fondos económicos para el desarrollo de este estudio.

### AL GRUPO INCEBIO

**Héctorportillo, Fausto Elvir** por sus enseñanzas, sobre el monitoreo biológico, y **Hermes Vega** por su ayuda en la identificación de plantas y los consejos brindados

### A MIS ASESORES DE LA PPS

Al **M.sc. Oscar Ferreira** por compartir su amplio conocimiento que ha sido de gran ayuda y lo seguirá siendo en el futuro, al **M.sc. Juan Pablo Suazo** quien siempre me ha extendido su mano y nunca ha dejado de apoyarme y al **M.sc. Erlin Escoto** por su apoyo incondicional y las lecciones dadas.

## CONTENIDO

<b>ACTA DE SUSTENTACION</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	iii
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	3
2.1. Objetivo General: .....	3
2.2. Objetivos Específicos: .....	3
<b>III. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
3.1. Ecoregión de Pino Encino .....	4
3.1.1. Bosque de Pino Encino en Honduras .....	4
3.2. Manejo forestal sostenible .....	5
3.3. Evaluación forestal .....	5
3.4. Parcela permanente de medición (PPM) .....	5
3.5. Muestreo .....	7
3.5.1. Tipos de muestreo.....	7
3.5.1.1. Muestreo aleatorio .....	7
3.5.1.2. Muestreo estratificado .....	7
3.5.1.3. Muestreo sistemático .....	7
3.6. Medición forestal .....	8
3.6.1. Tipos de medición .....	8
3.6.1.1. Medición directa .....	8
3.6.1.2. Medición indirecta .....	8
3.6.2. Parámetros básicos .....	9
3.6.2.1. Altura.....	9
3.6.2.2. Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	9
3.7. Densidad .....	9

3.7.1.	Densidad de la madera .....	10
3.8.	Cobertura .....	10
3.9.	Área basal .....	10
3.10.	Volumen.....	10
3.10.1.	Tablas de volumen.....	11
3.11.	Biodiversidad .....	11
3.12.	Biomasa forestal .....	11
3.12.1.	Métodos para calcular biomasa.....	12
3.12.1.1.	Método directo .....	12
3.12.1.2.	Método indirecto.....	12
3.13.	Estructura y composición arbórea .....	12
3.13.1.	Estructura horizontal .....	13
3.13.2.	Estructura vertical.....	13
3.13.3.	Abundancia, dominancia y frecuencia de especies arbóreas .....	14
3.13.3.1.	Frecuencia.....	14
3.13.3.2.	Dominancia.....	14
3.13.3.3.	Abundancia.....	14
<b>IV.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>16</b>
4.1.	Materiales y Equipo .....	16
4.2.	Ubicación.....	17
4.2.1.	Municipio de Gualaco.....	17
4.2.2.	Municipio de Catacamas.....	18
4.3.	Metodología.....	18
4.3.1.	Variables medidas.....	19
4.3.2.	Demarcación de la parcela.....	19
4.4.	Análisis de datos .....	21
4.4.1.	Área basal .....	21
4.4.2.	Volumen.....	21
4.4.3.	Factor forma .....	22
4.4.4.	Elaboración de tablas de volumen.....	22

4.4.4.1. Procedimiento para la elaboración de las tablas de volumen. ....	23
4.5. Gravedad específica .....	25
4.6. Biomasa.....	26
4.7. Carbono acumulado.....	27
4.8. Estructura.....	27
A. Abundancia.....	27
B. Frecuencia.....	28
C. Dominancia.....	28
C.1 Dominancia absoluta (Da).....	28
C.2 Dominancia relativa (D%) .....	29
D. Índice de valor de importancia (IVI).....	29
E. Cociente De Mezcla (CM).....	29
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>30</b>
5.1. Comparación entre el volumen de los árboles de los niveles fustal y latizal en las parcelas de Gualaco y Catacamas.....	31
5.1.1. Elaboración de tablas de volumen para las diferentes especies y sitios .....	34
5.2. Obtención de la gravedad específica de madera.....	35
5.3. Determinación de la biomasa.....	36
5.4. Carbono acumulado en materia viva.....	39
5.5. Análisis de la estructura horizontal .....	41
5.5.1. Abundancia.....	42
5.5.2. Frecuencia.....	43
5.5.3. Dominancia.....	45
5.5.4. Índice de valor de importancia.....	46
5.5.5. Descripción de las especies importantes .....	47
5.6. Comparación entre sitios .....	49
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Datos básicos para la obtención de la tabla de volumen para la especie de <i>Pinus oocarpa</i> del municipio de Catacamas. (Fuente: propia). .....	23
<b>Cuadro 2.</b> Obtención de los coeficientes a y b de los mínimos cuadrados. ....	24
<b>Cuadro 3.</b> Área basal de los árboles de la parcela de Catacamas para fustales y latizales en bosque de pino, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	30
<b>Cuadro 4.</b> Área basal de los árboles de la parcela de Gualaco para fustales y latizales en bosque de pino, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	30
<b>Cuadro 5.</b> Tabla de volumen para las especies encontradas en las parcelas de permanentes, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho. ....	34
<b>Cuadro 6.</b> Total de árboles muestreados en Gualaco y Catacamas para realizar los cálculos de la gravedad específica, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho. ....	35
<b>Cuadro 7.</b> Resumen promedio de la gravedad específica de las especies estudiadas en Gualaco y Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	36

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización de sitios para el establecimiento de parcelas permanentes en Gualaco y Catacamas.....	17
<b>Figura 2.</b> Sub división de una parcela de muestreo permanente. ....	19
<b>Figura 3.</b> División y orientación de una Parcela permanente de medición (ppm). ....	20
<b>Figura 4.</b> sub división y medidas de una parcela permanente de medición (PPM).....	20
<b>Figura 5.</b> Volumen total en m <sup>3</sup> de las especies maderables en el nivel fustal en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho. ....	31
<b>Figura 6.</b> Volumen total en m <sup>3</sup> de las especies maderables en el nivel fustal en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	32
<b>Figura 7.</b> Volumen total en m <sup>3</sup> de las especies encontradas en el nivel latizal en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho. ....	32
<b>Figura 8.</b> Volumen total en m <sup>3</sup> de las especies encontradas en el nivel latizal en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	33
<b>Figura 9.</b> Volumen total en m <sup>3</sup> de las parcelas ubicadas en Gualaco y Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho .....	34
<b>Figura 10.</b> Biomasa total de las especies encontradas en el nivel fustal en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en el ecosistema de pino-encino en Olancho. ....	36
<b>Figura 11.</b> Biomasa total de las especies encontradas en el nivel fustal en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	37

<b>Figura 12.</b> Biomasa total de las especies encontradas en el nivel latizal en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	37
<b>Figura 13.</b> Biomasa total de las especies encontradas en el nivel latizal en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	38
<b>Figura 14.</b> Biomasa total de las especies encontradas en las parcelas ubicadas en Gualaco y Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	39
<b>Figura 15.</b> Carbono acumulado en las distintas especies en el nivel fustal en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	39
<b>Figura 16.</b> Carbono acumulado en las distintas especies en el nivel fustal en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	40
<b>Figura 17.</b> Carbono acumulado en las distintas especies en el nivel latizal en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino encino en Olancho.....	40
<b>Figura 18.</b> Carbono acumulado en las distintas especies en el nivel latizal en la parcela ubicada en Gualaco en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	41
<b>Figura 19.</b> Carbono total de las especies encontradas en las parcelas ubicadas en Gualaco y Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.....	41
<b>Figura 20.</b> Abundancia relativa de las especies encontradas en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho. ....	42
<b>Figura 21.</b> Abundancia relativa de las especies encontradas en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho. .	43

<b>Figura 22.</b> Frecuencia relativa de las especies encontradas en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho .....	44
<b>Figura 23.</b> Frecuencia relativa de las especies encontradas en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho. .	44
<b>Figura 24.</b> Dominancia relativa de las especies encontradas en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho. ....	45
<b>Figura 25.</b> Dominancia relativa de las especies encontradas en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho. ....	46
<b>Figura 26.</b> Índice de valor de importancia de las especies encontradas en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho. ....	46
<b>Figura 27.</b> Índice de valor de importancia de las especies encontradas en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho. ....	47
<b>Figura 28.</b> Histograma de similitud entre Gualaco y Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho. ....	49
<b>Figura 29.</b> Curva de acumulación de especies para Gualaco y Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho .....	50

## LISTADO DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Formulario para el levantamiento de datos en los diferentes sitios. ....	63
<b>Anexo 2.</b> Fotografías de toma de datos de investigación en Gualaco y Catacamas, Olancho. .....	64
<b>Anexo 3.</b> Prueba de ANOSIN realizado para los sitios de Gualaco y Catacamas .....	66
<b>Anexo 4.</b> Listado especies encontradas .....	67
<b>Anexo 5.</b> Arboles muestreados para obtención de la gravedad específica.....	69

**Martínez García, L. A. 2013.**Determinación de volumen, biomasa y estructura arbórea en el ecosistema de pino encino utilizando Parcelas de Muestreo Permanente instaladas en Gualaco y Catacamas, Olancho.Tesis Lic. RR.NN. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Honduras.p.70

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en los municipios de Gualaco y Catacamas, en el departamento de Olancho, en dos áreas próximas a la zona de influencia del Parque Nacional de Sierra de Agalta. La investigación consistió en la determinación del volumen, biomasa y estructura arbórea en ecosistemas de pinoencino, para lo cual se instalaron dos parcelas de muestro permanente (PMP) de 10,000 m<sup>2</sup>, una ubicada en la microcuenca la Siguapa, municipio de Gualaco, y la otra en la localidad de Piedra Blanca, en el municipio de Catacamas, y se georreferenciaron para elaborar mapas posteriormente utilizando gvSIG 1.10<sup>®</sup>. Las variables que se midieron fueron el diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro a la altura de la base y la altura total de los árboles fustales, encontrados dentro de la parcela de muestreo (PMP), con el fin de determinar el volumen a través de las fórmulas de Smalian y del cono, y además obtener la biomasa y la acumulación de carbono en la materia viva de las especies. También se elaboraron tablas de volumen y se determinaron el factor de forma, la gravedad específica de la madera, la frecuencia, la abundancia y la dominancia de las especies encontradas. Para la parcela ubicada en Catacamas la especie que presentó el mayor rendimiento fue *Pinus oocarpa* con un volumen de 129.25 m<sup>3</sup>, una biomasa de 109.57 ton/ha y carbono acumulado de 103.38 ton/ha, y en la parcela ubicada en Gualaco fue *Pinus caribaea* con un volumen de 32.02 m<sup>3</sup>/ha, una biomasa de 23.65 ton/ha y un carbono acumulado de 18.45 ton/ha. La gravedad específica de la madera de las especies varió entre 0.58 g/cm<sup>3</sup> y 0.87 g/cm<sup>3</sup>, y el factor forma entre los 0.35 y 0.40. De acuerdo con los resultados el sitio de Catacamas presenta valores más altos de volumen, biomasa y carbono acumulado que el de Gualaco.

**Palabras claves.** Medición forestal, *Pinus oocarpa*, *Pinus caribaea*, *Quercus* spp., curva de acumulación de especies, Dasometría

## I. INTRODUCCION

Honduras, con un área total de 112.492 km<sup>2</sup>, es el país de América Central con mayor área cubierta de bosque, de los cuales 98.629 km<sup>2</sup> son tierras de vocación forestal. Los pinares cubren alrededor de 2, 781,500 hectáreas equivalentes a un 42% de la superficie territorial cubierta de bosque, representan un recurso estratégico para el desarrollo socioeconómico del país (Flórez y Renán 2005).

La medición forestal o dasimetría implica la determinación del volumen de árboles completos y de sus partes, las existencias de maderas en rodales, la edad y el incremento de árboles individuales y de rodales completos, así como la magnitud y volumen de sus productos (Rivas 2006). Con la medición de la biomasa se determinan los montos de C por unidad de superficie y tipo de bosques, además de otros elementos químicos existentes en cada uno de sus componentes (Snowdon *etal.* 2001; Montero *et al.* 2004).

Considerando que los bosques de pino-encino son los que presentan la principal actividad forestal productiva, que produce bienes directos, que protege recursos como el suelo, la biodiversidad y fuentes de agua, y que sin embargo no se cuenta con información sobre este ecosistema; por tanto, se considera necesario iniciar trabajos referentes a la medición de los bosques de las comunidades locales que cuenten con este recurso. En base a lo expuesto se han determinado las condiciones dasométricas del bosque, seleccionando un modelo matemático para medir el volumen, la biomasa y la estructura en los ecosistemas de pino encino en dos municipios del departamento de Olancho. Con el fin de estimar la cantidad de biomasa aérea y el porcentaje de captura de carbono en los bosques de pino encino Este esfuerzo se desarrolla en el contexto del Programa de Investigación aplicada de los Bosques de pino-encino liderado por la Universidad Nacional de Agricultura.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1.Objetivo General:**

Determinar volumen, biomasa y estructura arbórea en el ecosistema de pino encino utilizando parcelas de muestreo permanente en los municipios de Gualaco y Catacamas, en Olancho.

### **2.2.Objetivos Específicos:**

- a. Calcular volumen,biomasa arbórea y carbono acumulado en ecosistemas de pino-encino en los municipios de Gualaco y Catacamas, en Olancho.
- b. Determinar frecuencia y abundancia florística encontradas en el ecosistema de pino encino en los municipios de Gualaco y Catacamas, en Olancho.
- c. Evaluar la composición estructural de los ecosistemas de pino-encino en los municipios de Gualaco y Catacamas, en Olancho.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. Ecoregión de Pino Encino

La ecoregión de Pino Encino de Centroamérica, abarca territorialmente desde Chiapas, al sur de México hasta el norte de Nicaragua (TNC 2012). Está constituida por la asociación vegetal predominante de especies de los géneros *Pinus* y *Quercus*, dentro de un rango altitudinal predominante de 600 a 2,500 msnm. El crecimiento y composición de las masas mixtas y sus asociaciones con otras especies como *Ostrya sp.*, *Liquidambar styraciflua* y *Alnus spp.* La Ecoregión alcanza altitudes mayores hacia el norte, en Chiapas y Guatemala. En Chiapas los bosques de pino-encino predominan entre los 1,300 y 2,500 msnm y en Guatemala su distribución tiende a concentrarse en altitudes entre 800 y 2,200 msnm. En Honduras la distribución se encuentra principalmente entre los 800 y 1,900 msnm, en El Salvador entre los 500 y 1,800 msnm y en Nicaragua estos bosques se encuentran principalmente en elevaciones que van de los 400 hasta los 900 msnm (Centro de estudios ambientales y biodiversidad Universidad del Valle de Guatemala 2009).

##### 3.1.1. Bosque de Pino Encino en Honduras

Según documento elaborado para el GEF los bosques de pino y encino, a diferencia del año 1995 cuando se consideraron en situación de vulnerabilidad, ahora se encuentran en estado crítico (SERNA 2009). Honduras posee las áreas más extensas e intactas de la ecoregión pino-encino de Centro América, La importancia global de esta ecoregión radica en los niveles de biodiversidad y de endemismo, así como su importancia para como ruta de especies migratorias (SERNA 2010).

El bosques de pino-encino cubre una superficie aproximada de 4.5 millones de hectáreas, abarcando 12 de los 70 ecosistemas que se conocen para el país, incluyendo las sabanas de pino de la Moskitia y los bosques altimontanos de la montaña de Celeque (House 2008).

En general, los bosques de pino-encino se ubican en una zona montañosa y accidentada del país, con fuertes pendientes, que presenta suelos poco profundos y recientes (Wilson y Townsend 2007).

### **3.2. Manejo forestal sostenible**

El manejo de los bosques naturales requiere del desarrollo de procesos y herramientas, tales como los criterios e indicadores para la certificación forestal, o elaboración de modelos de crecimiento y rendimiento. Dichas herramientas demandan información veraz que solo puede obtenerse de sitios de investigación a largo plazo, mediante parcelas permanentes de muestreo PPM (Camacho 2000).

Una condición necesaria para una adecuada planeación del manejo forestal y un aprovechamiento de los recursos forestales, es el conocimiento de su volumen y su estructura, así como su proceso de crecimiento e incremento de las especies arbóreas que se encuentran en el rodal (Groothoussen 2000).

### **3.3. Evaluación forestal**

La Evaluación es el proceso de contextualización de los datos del inventario y de asignación de valores al recurso, esto quiere decir que la evaluación de los recursos forestales va más allá de la simple toma de datos o mediciones; implica todo el análisis de estos datos a la luz de una situación económica, ecológica y social en que se encuentre el desarrollo del recurso (Rivas 2006).

### **3.4. Parcela permanente de medición (PPM)**

Una PPM es una superficie de terreno debidamente delimitada y ubicada geográficamente, en donde se registran datos ecológicos y dasométricos con la finalidad de obtener resultados sobre incremento, mortalidad, reclutamiento (ingresos), o de otro tipo de información previamente determinada (Pinelo 2000). Las PPM son instrumentos que

permiten seguir el crecimiento y rendimiento del bosque remanente con el propósito de obtener información esencial para ser utilizada en el momento de tomar decisiones de ordenación forestal respecto a ciclos de corta, diámetros mínimos de corta, volúmenes de corta y otros supuestos planteados en los Planes de Manejo (Contreras *et al.* 1999).

Según Manzanero (2003) la instalación y monitoreo de un conjunto de PPM conlleva diversas actividades entre las cual podemos mencionar:

- Predicciones del crecimiento de los árboles, actividad de utilidad para la planificación del manejo, medición de diámetros del fuste.
- Conocer el rendimiento o incremento total de un árbol a un grupo de árboles o rodales, el incremento periódico (IP) crecimiento acumulado durante un año, el incremento medio anual (IMA) o incremento periódico anual crecimiento anual promedio por un periodo largo, el incremento corriente anual (ICA) o incremento anual actual, crecimiento de un año determinado.
- Conocer aquellos factores que afectan el crecimiento.
- Conocer la variabilidad en los incrementos.
- Determinación del crecimiento en los árboles (en el caso de coníferas esto se realiza a través de un análisis fustal), en el caso de las latifoliadas los datos de PPM, es lo recomendable ya que son datos confiables. También puede determinarse conociendo la edad del bosque.
- Índice de valor de importancia (IVI),
- Riqueza y diversidad florística.
- Abundancia y área basal, en distintas condiciones, como iluminación, condición del sitio.
- Mortalidad y reclutamiento.

Las PPM deben instalarse en el Área de Aprovechamiento Anual (AAA) de la superficie productiva de la concesión o propiedad privada respectiva (Contreras *et al.* 1999).

### **3.5.Muestreo**

El muestreo consiste en hacer una selección de parcelas o unidades de muestreo de la población total. El total de parcelas seleccionadas con algún procedimiento adecuado forman la muestra (Ferreira 2005), el muestreo forestal es el acto de tomar o seleccionar una parte (muestra) del bosque (población), realizar mediciones sobre ella e inferir o aplicar los resultados a todo el bosque (Rivas 2006).

#### **3.5.1. Tipos de muestreo**

##### **3.5.1.1.Muestreo aleatorio**

Consiste en distribuir las parcelas mediante una selección al azar, donde cada parcela tiene la misma oportunidad o probabilidad de ser seleccionada para formar parte de la muestra. Ubicar en el terreno y medir las parcelas seleccionadas, esta es la etapa que lleva más tiempo, pues cada parcela debe ubicarse midiendo distancias, ángulos, siendo la principal desventaja del muestreo aleatorio (Ferreira 2005).

##### **3.5.1.2.Muestreo estratificado**

La estratificación es una zonificación del bosque con el objetivo de conseguir estratos más homogéneos, por ejemplo tres estratos de bajo, mediano y alto volumen por ha. La estratificación es eficiente si la variación dentro de los estratos es pequeña y entre los estratos grandes (Duabert 1995).

##### **3.5.1.3. Muestreo sistemático**

El muestreo sistemático es el método que más nos interesa porque es el método que normalmente aplicamos en el muestreo forestal. La distribución por azar en la práctica es difícil a realizar por la dificultad de ubicar en el campo los sitios de cada unidad de muestreo. Además el costo por los trechos a caminar sería alto (Daubert 1995).

### **3.6. Medición forestal**

Medición es el arte y la ciencia de localizar, medir y calcular la longitud de líneas, el área de planos y el volumen de sólidos. La medición forestal se concentra en árboles y bosques. Podemos definir la Medición Forestal como el arte y la ciencia de proporcionar información cuantitativa acerca de los árboles y rodales forestales, necesaria para el manejo, la planeación y la investigación forestal (Rivas 2006).

#### **3.6.1. Tipos de medición**

De acuerdo con (Picos y Cogolludo 2008) existen dos formas para hacer medición forestal:

##### **3.6.1.1. Medición directa**

La evaluación o medición directa está basada en observaciones que se obtienen de forma inmediata al tomar mediciones o hacer conteos sobre el recurso que nos interesa. Por ejemplo: cuando empleamos una forcípula para determinar el diámetro de un árbol, estamos haciendo una evaluación directa porque el dato obtenido expresa inmediatamente el diámetro del árbol.

##### **3.6.1.2. Medición indirecta**

La evaluación o medición indirecta se basa en mediciones que nos permiten inferir los datos del recurso de una manera menos inmediata. Tendremos primero que efectuar cálculos para obtener el dato que nos interesa sobre el recurso. Por ejemplo: cuando empleamos una fotografía aérea o una imagen de satélite para evaluar un recurso forestal como puede ser el bosque, obtendremos datos que nos permitirán conocer o evaluar la condición del recurso indirectamente.

### **3.6.2. Parámetros básicos**

#### **3.6.2.1. Altura**

La altura es uno de los principales parámetros que se miden en una vegetación o una especie. La altura se mide de acuerdo al interés que se tenga y puede ser de forma cualitativa o cuantitativa. Generalmente, cuando se quiere una mayor precisión de medición de la altura se utiliza mayor tiempo, en cambio, cuando se estima sin tomar cierta precisión esta medición puede ser muy rápida (Mostacedo 2000).

#### **3.6.2.2. Diámetro a la altura del pecho (DAP)**

El diámetro del tronco de un árbol es uno de los parámetros de mayor uso para estudios de ecología vegetal. El diámetro consiste en determinar la longitud de la recta que pasa por el centro del círculo y termina en los puntos en que toca toda la circunferencia (Contreras *et al.* 1995).

Se medirán todos los árboles y palmeras a partir de 10 cm de (DAP). Esta medición corresponde al diámetro del árbol medido a 1.30 m del nivel del suelo en condiciones normales, es decir, cuando el árbol se encuentra en forma perpendicular al suelo y presenta fuste recto y cilíndrico (Contreras *et al.* 1995).

### **3.7. Densidad**

Para Mostacedo (2000) la densidad es un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas. La densidad (D) es el número de individuos (N) en un área (A) determinada:  $D = N/A$ .

### **3.7.1. Densidad de la madera**

La densidad de la madera es uno de los parámetros de más frecuente utilización en la cuantificación de las plantaciones y la caracterización de sus propiedades, por que define la relación que hay entre material seco de madera y su volumen, que es lo que se mide cuando la plantación está aún de pie. De esa manera midiendo el volumen de madera y sabiendo su densidad básica, se conoce a cuanta madera seca corresponde es decir su biomasa (Núñez2007).

### **3.8. Cobertura**

Es la porción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada. En comunidades complejas tales como bosque s los valores de cobertura de las especies de cada estrato se considera por separado (Montani y Busso 2004).

La cobertura ha sido utilizada para medir la abundancia de especies cuando la estimación de la densidad es muy difícil, pero principalmente la cobertura sirve para determinar la dominancia de especies o formas de vida (Matteucci y Colma 1982).

### **3.9. Área basal**

El área basal es una medida que sirve para estimar el volumen de especies arbóreas o arbustivas. Por definición, el área basal es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco de un árbol a una determinada altura del suelo (Matteucci y Colma 1982).

### **3.10. Volumen**

El volumen que se obtiene en un inventario forestal se refiere a árboles en pie y se calcula en base al DAP, la altura y la forma de los árboles.

Esta relación entre el volumen con el DAP y Altura pueden ser una ecuación o fórmula, o bien una relación obtenida por métodos gráficos, que en general reciben el nombre de Tablas de Volumen (Ferreira 2005).

### **3.10.1. Tablas de volumen**

La Tabla de Volumen es una tabulación del volumen Promedio de árboles de diferentes tamaños, expresados por su DAP y Altura y diferentes clases de formas. El volumen es la variable dependiente de las variables independientes DAP y Altura. Otras variables que influyen en el volumen y que pueden considerarse constantes en un área forestal determinada son: Forma del árbol, calidad de sitio, espesor de corteza. La idea básica de la tabla de volumen es desarrollar para una especie una relación entre el volumen y algunas variables de fácil determinación como el DAP y la Altura (Ferreira 2005).

### **3.11. Biodiversidad**

La biodiversidad o diversidad biológica se define como “la variabilidad entre los organismos vivos de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas” (UNEP 1992).

### **3.12. Biomasa forestal**

La biomasa forestal se define como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco, permite elaborar previsiones sobre el ciclo mundial del carbono, que es un elemento de importancia en los estudios sobre el cambio climático (Schlegelet *al.* 2000).

### **3.12.1. Métodos para calcular biomasa**

González (2008) expone dos métodos para calcular el contenido de biomasa: el directo y el indirecto.

#### **3.12.1.1. Método directo**

Es denominado también método destructivo y consiste en medir los parámetros básicos de un árbol (entre los más importantes el diámetro a la altura del pecho -dap, altura total, diámetro de copa y longitud de copa); derribarlo y calcular la biomasa pesando cada uno de los componentes (fuste, ramas y follaje).

#### **3.12.1.2. Método indirecto**

Éste método es utilizado cuando existen árboles de grandes dimensiones y en casos en los que se requiere conocer el carbono de un bosque sin necesidad de derribar los árboles. En éste método se cubica y estima el volumen de las trozas con fórmulas dendrométricas; el volumen total del fuste o de las ramas gruesas se obtiene con la suma de estos volúmenes parciales. Se toman muestras de madera del componente del árbol y se pesan en el campo, luego se calcula en el laboratorio los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad específica verde y la gravedad específica seca o densidad básica en gramos por centímetro cúbico.

### **3.13. Estructura y composición arbórea**

La estructura de la masa forestal se puede definir como la forma en los diferentes elementos del sistema se organizan en el espacio (Kimmins 1997) y se puede describir mediante tres características: diversidad y mezcla de especies; distribución espacial y variaciones en las dimensiones de los arboles (Gadou y Hui 1999; Franklin *et al.* 2002).

En la característica de diversidad interesan tres aspectos, el número de especies, la proporción de cada una de ellas, así como el grado de mezcla o la forma en que las especies se distribuyen en el espacio. La distribución espacial está condicionada, principalmente, por las relaciones entre individuos, las estrategias de regeneración de las diferentes especies, las intervenciones silvícolas y la fase del desarrollo del rodal (Castellanos *et al.*, 2008).

La estructura, composición y diversidad arbórea son características frecuentes y útiles usadas para describir y comparar tipos de bosques, a través de la evaluación de estas características, se puede conocer el estado, distribución actual, así como información base para entender relaciones y modelar cambios a futuro de tipos de bosques a escala paisaje. Lo anterior, con el fin de obtener herramientas sobre su conservación y manejo (Moreno 2001).

#### **3.13.1. Estructura horizontal**

La estructura horizontal es la extensión de las especies arbóreas. En los bosques tropicales este fenómeno se refleja en la distribución de individuos por clase diamétrica. La distribución normal para la mayoría de las especies en los bosques tropicales es la de ‘J invertida’, aunque algunas pocas no parecen tener una tendencia identificable debido a características particulares (Manzanero y Pinelo 2004).

#### **3.13.2. Estructura vertical**

Las estructuras totales en el plano vertical constituyen la organización vertical del bosque, y se definen como las distribuciones que presentan las masas foliares en el plano vertical, o las distribuciones cuantitativas de las variables medidas en el plano vertical, tal como la altura (Manzanero y Pinelo 2004).

### **3.13.3. Abundancia, dominancia y frecuencia de especies arbóreas**

Lamprecht citado por Baca (2000) señala que, la abundancia está determinada por el número de individuos por hectárea, y la dominancia como variable de proporción del área basal. Siendo el área basal un valor fundamental para evaluar.

#### **3.13.3.1.Frecuencia**

Permite determinar el número de parcelas en que aparece una determinada especie, en relación al total de parcelas inventariadas, o existencia o ausencia de una determinada especie en una parcela. La abundancia absoluta se expresa como un porcentaje (100% = existencia de la especie en todas las parcelas), la frecuencia relativa de una especie se determina como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies (Gordo 2009).

#### **3.13.3.2.Dominancia**

Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo (Gordo 2009).

#### **3.13.3.3.Abundancia**

Lamprecht citado por Baca (2000) dice que, la abundancia hace referencia al número de individuos por hectárea y por especie en relación con el número total de individuos. Se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema).

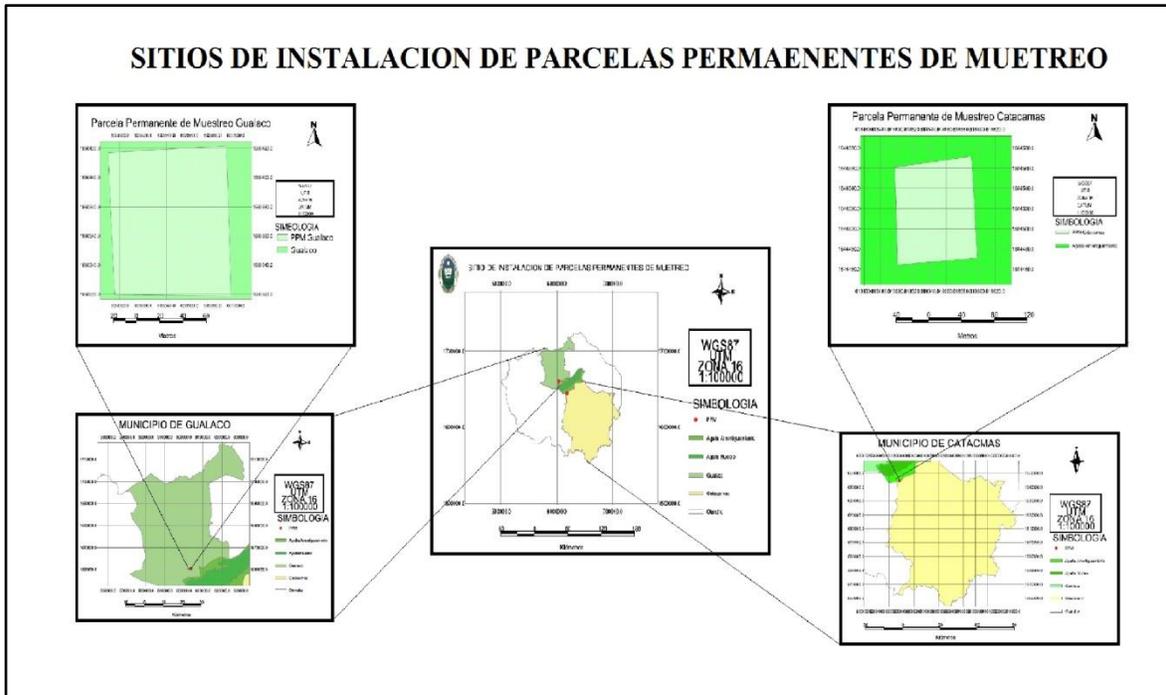
## IV. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Materiales y Equipo

- Cinta métrica de 50 m, utilizada para trazar las líneas de medición de cada parcela. Brújula, esta se utilizó para dar la orientación de sur norte a las parcelas.
- Estacas de PVC, empleadas para la marcación y delimitación de las parcelas.
- Dúplex, empleadas en la perforación del suelo para colocar estacas de PVC.
- Machete, utilizado para el trazado de picas de la parcela y obtención de muestras de árboles.
- Cintadiamétrica, utilizada para medir el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los arboles medidos en cada parcela
- Clinómetro, utilizado para la determinación de la altura de los árboles que se midieron dentro de la parcela.
- Receptor GPS Garmin Etrex, empleado para la georeferenciación de las parcelas.
- Pintura en spray, para marcación del diámetro a la altura del pecho (DAP) y numeración de los árboles en la parcela.
- Tablero y Libreta de campo, en los que se tomó nota de los datos recolectados
- Balanza analítica, utilizada para pesar las muestras de madera recolectadas
- Probeta, en el cual se introdujo cada una de las muestras de madera para el cálculo de la gravedad específica.
- Horno de secado, utilizado para secar las muestras de madera para el cálculo de la gravedad específica.
- Hojas de cálculo Excel<sup>®</sup>2010 para tabulación de datos y elaboración de gráficos.
- Software GVSig, empleado para la elaboración de mapas de sitios de estudio.
- Software Past, empleado para la comparación de parcelas en los sitios de estudio.

## 4.2.Ubicación

El estudio se realizó en bosques naturales de pino-encino en los municipios de Gualaco y Catacamas departamento de Olancho, con un rango altitudinal de 780 metros sobre el nivel del mar (Figura 1).



**Figura 1.** Localización de sitios para el establecimiento de parcelas permanentes de muestreo en Gualaco y Catacamas.

### 4.2.1. Municipio de Gualaco

El municipio de Gualaco queda ubicado al suroeste de la cabecera departamental de Olancho, Juticalpa. Se sitúa en un extenso valle llamado Gualaco, al sur del Río Tinto o Negro, y al norte la montaña de Botaderos. Sus límites territoriales son: Al norte, municipios de Olanchito, Sabá y Tocoa, al Sur, municipios de Manto, Guarizama, San Francisco de la Paz y Santa María del Real, al este, Municipio de San Esteban y Catacamas y al Oeste, municipio de Guata, en las coordenadas  $15^{\circ} 01' 26''$  norte,  $86^{\circ} 04' 13''$  oeste (Rincones de Honduras 2013), su elevación va desde los 450 msnm hasta los 1200 msnm.

Podemos encontrar hábitats como matorrales áridos, bosques de galería, bosques de pino y bosques espinosos (Bonta y Anderson 2002).

#### **4.2.2. Municipio de Catacamas**

El municipio de Catacamas queda ubicado al oeste de la cabecera departamental Juticalpa se sitúa en el extenso valle del Guayape al sur del parque nacional Sierra de Agalta Límites Geográficos: Al Norte: con el municipio de Gualaco, San Esteban y Dulce Nombre de Culmí, en el mismo departamento. Al Sur: con el municipio de Patuca y el departamento de El Paraíso. Al Este: con el municipio de Dulce Nombre de Culmí y la Republica de Nicaragua. Al Oeste: con el municipio de San Francisco de Becerra, Santa María del Real y Juticalpa en las coordenadas 14° 50' 50'' norte 85° 53' 31'' oeste a una altura de 450 msnm. La precipitación anual promedio alcanza los 1,343.3 mm, de los cuales el 88% se registra en los meses del período lluvioso.

Los fenómenos meteorológicos que influyen en el clima de Honduras son de la zona de convergencia tropical, los centros de baja presión atmosférica, los frentes fríos y las brisas marinas. Según la clasificación bio-climática de Holdridge, el clima corresponde al de bosque seco tropical (CONFISA, s.f.).

#### **4.3. Metodología**

Se establecieron parcelas de muestreo de 100 x 100 m lo que corresponde a una hectárea, la cual está dividida en 25 sub parcelas de 20 x 20, cinco parcelas de 5x5 y parcelas de 2x2 colocadas en cada esquina de la parcela y una en el centro. Para obtener una mejor distribución en la recolección de datos la parcela fue dividida en categorías según su clase diamétrica que se divide en:

En la Figura 1 una se muestra los diferentes niveles que se midieron en las parcelas de muestreo permanente.

Fustal: Individuos con  $DAP \geq 10$  cm registrados en las sub-parcelas de 20x20 m.

Latizales: Individuos con DAP mayor o igual a 5 cm y menor a 10 cm ( $5 DAP < 10$  cm), registrados en sub-parcelas de 5 x 5 m.

Brinzales: Individuos con DAP menor a 5 cm y altura mayor o igual a 1.30 m ( $DAP < 5$  cm,  $h \geq 1.30$  m), registrados en sub-parcelas de 2 x 2 m.



**Figura 2.** Sub división de una parcela de muestreo permanente de acuerdo al desarrollo de los árboles, categorizados en fustales (árboles adultos o maduros, con  $DAP \geq 10$  cm), latizales (árboles juveniles, con  $DAP < 10$  cm) y brinzales (regeneración, con  $DAP < 5$  cm).

#### 4.3.1. Variables medidas

Dentro de las variables medidas están:

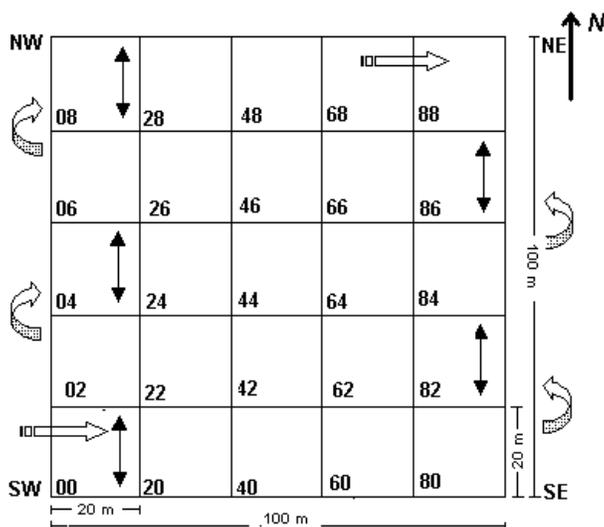
DAP (diámetro a la altura del pecho), altura comercial, altura total, y el radio del dosel, Para la medición de estas variables se elaboraron formatos el cual se encuentra en el (anexo 1).

#### 4.3.2. Demarcación de la parcela

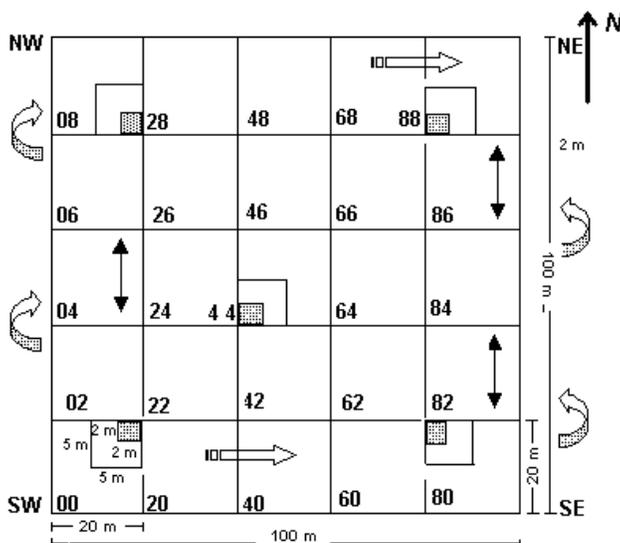
Para la instalación, se ubicó un punto de origen, que es el vértice o esquina SW (Sudoeste) cuyas coordenadas rectangulares son (0; 0) y se tomaran las coordenadas geográficas de este punto con GPS, a partir del punto (0; 0) se abrieron picas, una con rumbo Este y otra con rumbo Norte hasta alcanzar los 100 m que es el tamaño de la parcela.

Para evitar malos cierres de la PPM, los rumbos fueron controlados, desde el inicio, con brújula, sobre las picas se dejaron estacas cada 20 m pintadas, estas sirvieron para la demarcación de las 25 sub-parcelas (20 x 20 (Figura 2).

Las sub parcelas de 5 x 5 y 2 x 2 m se demarcaron con estacas de madera en las sub parcelas de las esquinas SW, NW, NE, SE y una en el centro (Figura 3).



**Figura 3.** División y orientación de una Parcela permanente de medición (PPM).



**Figura 4.** Sub división y medidas de una parcela permanente de medición (PPM).

#### **4.4. Análisis de datos**

Ya obtenida la información de campo se procesaron los datos para realizar el análisis de los mismos y saber la significancia de cada dato obtenido. Para las parcelas fustal y latizal se determinó el volumen, la biomas, la frecuencia, abundancia y dominancia de las especies. Para el las parcela brinzal solo se determinó su frecuencia y abundancia dado que sus diámetros son pequeños y es difícil su medición.

##### **4.4.1. Área basal**

Para el cálculo del área basal se hizo de la siguiente formula:

$$AB = 0.7854 * DAP^2$$

AB= área basal en m<sup>2</sup>

DAP=diámetro a la altura del pecho

##### **4.4.2. Volumen**

El volumen se calculó mediante el uso de tres fórmulas (Rivas 2006):

###### **Fórmula Uno**

$$V = AB * H * F$$

Dónde:

V = Volumen del árbol en m<sup>3</sup>

AB = Área basal en m<sup>2</sup>

H = Altura o longitud del árbol en m

F = Factor o coeficiente de forma

###### **Formula Dos**

Fórmula de Smalian

$$V = 0.00003927 * (D1^2 + D2^2) * L$$

Dónde:

V = volumen del árbol

D1 = diámetro inferior en centímetros (cm)

D2 = diámetro superior en centímetros (cm)

L = largo de la troza (altura total de la pieza) en metros (m)

### **Formula Tres**

$$V = (0.7854 * D1^2 * L) / 3$$

Dónde:

V = volumen del árbol

D1 = diámetro inferior en centímetros (cm)

L = = largo de la troza (altura total de la pieza) en metros (m)

### **4.4.3. Factor forma**

$$FF = \frac{Vol. \text{ arbol}}{Vol. \text{ del cilindro}}$$

Dónde:

FF = factor de forma

Vol. árbol = volumen del árbol en metros cúbicos

Vol. cilindro = volumen del cilindro en metros cúbicos

### **4.4.4. Elaboración de tablas de volumen**

En este estudio se elaboraron tablas de volumen para las especies de pino (*Pinus oocarpa*), (*Pinus caribea*), encino (*Quercus sapoteifolia*), roble (*Quercus segoviensis*), nance (*Byrsonima crassifolia*) y palo de corcho (*Agarista mexicana*). La metodología utilizada para la elaboración de tablas de volumen de las cuatro especies fue la usada por Ferreira (1990).

#### 4.4.4.1. Procedimiento para la elaboración de las tablas de volumen.

En el Cuadro 1 se muestra un resumen de los pasos que se llevaron a cabo para la elaboración de la tabla de volumen de cada una de las especies maderables.

**Cuadro 1.** Datos básicos para la obtención de la tabla de volumen para la especie de *Pinus oocarpa* del municipio de Catacamas. (Fuente: propia).

No. Árbol	Nombre científico	Dap m	Altura Total	Volumen
1	<i>Pinus oocarpa</i>	0.422	25	1.398672
2	<i>Pinus oocarpa</i>	0.368	24	1.021075
3	<i>Pinus oocarpa</i>	0.331	21.5	0.740023
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
143	<i>Pinus oocarpa</i>	0.414	24.4	1.313837
144	<i>Pinus oocarpa</i>	0.691	34.5	5.175187
<b>TOTAL</b>		<b>50.047</b>	<b>2846.600</b>	<b>127.199</b>

- a) Los datos anteriores se ajustaron al modelo de Variables Combinadas, utilizada por Ferreira (1990)

#### **Fórmula 3.** Variable combinada

$$\text{Volumen} = [a + b * [(D^2) * (H)]]$$

Los coeficientes a y b se obtuvieron aplicando el método de los mínimos cuadrados, como se explica a continuación:

Los coeficientes a y b se obtuvieron aplicando el método de los mínimos cuadrados, como se explica a continuación:

- b) Primero se escribió la ecuación anterior como:  $Y = a + bX$

Dónde:

Y = (V) volumen

X = D<sup>2</sup> H (diámetro al cuadrado por altura)

c) Plantear la ecuación normal:

$$\Sigma Y = n a + b \Sigma X$$

$$\Sigma XY = a \Sigma X + b \Sigma X^2$$

d) Obtener las sumatorias a usar en las ecuaciones normales:

**Cuadro 2. Obtención de los coeficientes a y b de los mínimos cuadrados.**

No. Árbol	volumen	D <sup>2</sup> *H	(D <sup>2</sup> H) <sup>2</sup>	V <sup>2</sup>	D <sup>2</sup> HV
	Y	X	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY
1	1.398672	4.4521	19.82	1.956	6.227
2	1.021075	3.250176	10.56	1.043	3.319
3	0.740023	2.3555615	5.55	0.548	1.743
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
143	1.313837	4.1820624	17.49	1.726	5.495
144	5.175187	16.4730945	271.36	26.783	85.251
$\Sigma$	<b>127.199</b>	<b>404.887</b>	<b>1798.139</b>	<b>177.470</b>	<b>564.903</b>

Nota: Esta tabla es ejemplo en donde resume a cantidad de árboles.

e) Reemplazar las sumatorias en las ecuaciones normales y resolverlas para encontrar a y

b.

$$127.199 = 144 * a + 4004.887 * b \quad (1)$$

$$564.903 = 127.199 * a + 1798.139 * b \quad (2)$$

f) Dividir la ecuación (1) entre 144 y la ecuación (2) entre 127.199

$$0.883329397 = a + 2.811718224 b \quad (3)$$

$$1.395211115 = a + 4.441084527 b \quad (4)$$

Restar la ecuación 3 a la ecuación 4

$$0.5118881753 = 1.629366303 b$$

Despejar b             $b = 0.31416$

Reemplazar b en la ecuación (3) y despejar a

$$0.883329397 = a + (2.811718224) (0.31416) \quad a = 1$$

Ecuación obtenida para usarse de tabla de volumen en especie de *Pinus oocarpa* del municipio de Catacamas del departamento de Olancho:

$$\text{Vol.} = 1 + 0.31416 (D^2H)$$

Dónde:

Vol. Volumen en  $m^3$

D= diámetro en m

H= altura en m

#### **4.5. Gravedad específica**

Para la determinación de la gravedad específica a nivel de campo se tomaron muestra de un 30% de las especies encontradas a nivel fustal y latizal, los muestreos se realizaron completamente al azar en las sub-parcelas, Estas muestras fueron trasladadas al laboratorio en las primeras 8 horas después de haber sido recolectadas en el campo, en bolsas plásticas, cada una identificada con el nombre, numero de parcela y lugar. Ya en el laboratorio se extrajo una sub muestra requerida para la determinación de la gravedad específica, de  $2 \text{ cm}^3$  Luego se procedió a pesar cada muestra en la balanza, para finalmente ingresarla al horno y comenzar con su secado a una temperatura constante de 60 grados centígrados.

La gravedad específica (GE) se calculó sumergiendo cada muestra de madera en un recipiente graduado, en este caso una probeta, midiendo el volumen de agua desplazada (Principio de Arquímedes); subsecuentemente se dividió el peso seco anhidro (en gramos) entre el volumen de agua desplazada (en  $\text{cm}^3$ ), de acuerdo a las normas de ASTM (1978).

#### 4.6. Biomasa

A partir de los datos tomados en la parcela se utilizó un método de cálculo de estimación de biomasa basado en el cálculo de biomasa del fuste y un factor de expansión de biomasa para la biomasa en hojas y ramas.

$$B_f = \frac{1}{4} \pi (\text{DAP})^2 \cdot \text{AC} \cdot \text{DB} \cdot \text{Ff}$$

Dónde:

$B_f$  = biomasa del fuste de cada árbol (ton)

DAP = diámetro a la altura del pecho (m)

AC = altura comercial del árbol (m)

DB = densidad específica ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

FF = factor forma (es la relación entre el volumen real del fuste y el volumen del fuste considerado como un cilindro perfecto)

La biomasa aérea total se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$B_T = B_{tf} \times F_{eb}$$

Dónde:

$B_{tf}$  = biomasa del fuste

$F_{eb}$  = factor de expansión

El Factor de Expansión de Biomasa (FEB), que es igual a 1.60 considerando un 60% adicional de contenido de ramas y follaje (en la literatura este factor se menciona con

rango entre el 60% y el 90%) y la cifra total se multiplica por el área respectiva de cada una de las parcelas o unidades de muestreo.

#### **4.7. Carbono acumulado**

El carbono acumulado se obtuvo mediante la aplicación de la siguiente fórmula

$$C = \text{Vol.} \times \% \text{Ms} \times \text{FEX}$$

C = Carbono acumulado

Vol.= Volumen en m<sup>3</sup>

%Ms= Porcentaje de materia seca

Fex.= Factor de expansión

Materia seca se considera un 50%) por el contenido de Carbono en la MS (%C= 50% de la MS valor aceptado por el IPCC (2003).

#### **4.8. Estructura**

El análisis estructural de una comunidad vegetal, se hace con el propósito de valorar sociológicamente una muestra y establecer su categoría en la asociación. Esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema, es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias.

##### **A. Abundancia**

Se determinó la abundancia absoluta y relativa del sitio de muestreo a través de la fórmula sugerida por Gordo (2009).

Abundancia absoluta (Aba) = número de individuos por especie con respecto al número total de individuos encontrados en el área de estudio (ni)

Abundancia relativa (Ab%)

$$Ab\% = (n_i / N) \times 100$$

Dónde:

$n_i$  = Número de individuos de la  $i$ ésima especie

$N$  = Número de individuos totales en la muestra

## **B. Frecuencia**

Para obtener la frecuencia relativa se utilizó la siguiente fórmula:

$$Fr = (F_i / \sum F) \times 100$$

Dónde:

$Fr$  = es la frecuencia relativa para cada especie

$F_i$  = es la frecuencia absoluta de la especie  $i$  de cada especie en las sub-parcelas

$F$  = es el número total de frecuencias absolutas para todas las especies.

## **C. Dominancia**

Gordo 2009 dice que la dominancia absoluta es la sumatoria de las áreas basales de los individuos de una especie sobre el área especificada y expresada en metros cuadrados y la dominancia relativa es la relación expresada en porcentaje entre la dominancia absoluta de una especie cualquiera y el total de las dominancias absolutas de las especies consideradas en el área inventariada.

Las siguientes fórmulas fueron utilizadas para calcular la dominancia de las especies,

### **C.1 Dominancia absoluta ( $D_a$ )**

$$D_a = G_i / G_t$$

Dónde:

$G_i$  = Área basal en m<sup>2</sup> para la *i*ésima especie

$G_t$  = Área basal en m<sup>2</sup> de todas las especies

### **C.2 Dominancia relativa (D%)**

$$D\% = (DaS / DaT) \times 100$$

Dónde:

DaS = Dominancia absoluta de una especie

DaT = Dominancia absoluta de todas las especies

### **D. Índice de valor de importancia (IVI)**

Este se obtuvo para cada especie a partir de suma la abundancia relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa.

Fórmula

$$IVI = Ab\% + Fr + D\%$$

### **E. Cociente De Mezcla (CM)**

Es el indicador de la homogeneidad o heterogeneidad del bosque, relacionando el número de especies y el número de individuos totales ( $S: N$  o  $S / N$ ) (Gordo 2009).

$$CM = \frac{S}{N} = \frac{\frac{S}{N}}{\frac{S}{S}}$$

Dónde:

CM= Cociente de mezcla

S = Número total de especies en el muestreo.

N = Número total de individuos en el muestreo.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

Los Cuadros 3 y 4 muestran el total de árboles y área basal en m<sup>2</sup> por especie y por clase diamétrica para los municipios de Catacamas y Gualaco, en Olancho.

Se puede observar que para el nivel fustal la especie de *Pinus oocarpa* tiene un área basal de 14.93 m<sup>2</sup> y es la que da mayor aporte al área basal en la parcela instalada en Catacamas, mientras que el *Pinus caribaea* posee un área basal de 5.12 m<sup>2</sup> dando el mayor aporte en la parcela instalada en Gualaco.

**Cuadro 3.** Área basal de los árboles de la parcela de Catacamas para fustales y latizales en bosque de pino, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

Especie	Familia	Fustal		Latizal	
		No Árboles	Área Basal	No Árboles	Área Basal
<i>Pinus oocarpa</i>	<i>Pinaceae</i>	145	14.9300	0	0.0000
<i>Quercus sapoteifolia</i>	<i>Fagaceae</i>	16	0.1700	3	0.0016
<i>Quercus segoviensis</i>	<i>Fagaceae</i>	9	0.1300	0	0.0000
<i>Byrsonima crassifolia</i>	<i>Malpighiaceae</i>	4	0.0740	0	0.0000
<i>Agarista mexicana</i>	<i>Ericaceae</i>	4	0.1140	1	0.0005
<b>Total</b>		<b>178</b>	<b>15.4180</b>	<b>4</b>	<b>0.0021</b>

**Cuadro 4.** Área basal de los árboles de la parcela de Gualaco para fustales y latizales en bosque de pino, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

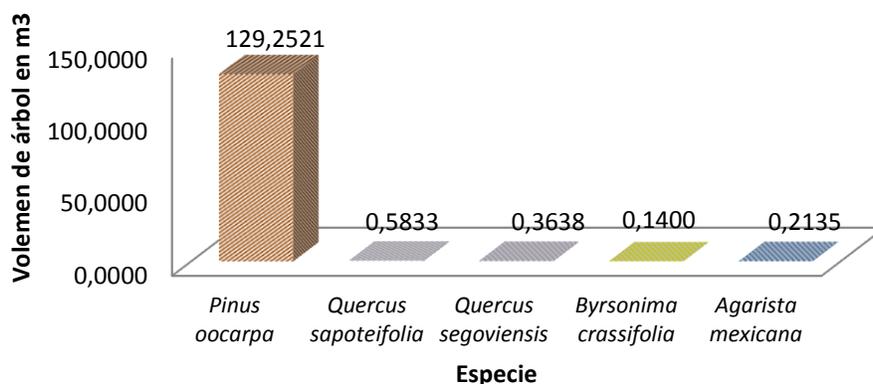
Especie	Familia	Fustal		Latizal	
		No Árboles	Área Basal	No Árboles	Área Basal
<i>Pinus caribaea</i>	<i>Pinaceae</i>	97	5.1200	3	0.0171
<i>Pinus oocarpa</i>	<i>Pinaceae</i>	4	0.4170	6	0.0000
<i>Byrsonima crassifolia</i>	<i>Malpighiaceae</i>	8	0.1786	3	0.0258
<i>Quercus sapoteifolia</i>	<i>Fagaceae</i>	1	0.0108	0	0.0097
<b>Total</b>		<b>110</b>	<b>5.7264</b>	<b>12</b>	<b>0.0525</b>

Por otra parte la especie *Byrsonima crassifolia* que tiene un área basal de 0.074 m<sup>2</sup> es la que da el menor aporte para el nivel fustal en la parcela instalada en Catacamas, mientras que para la parcela de que se instaló en Gualaco la especie que da el menor aporte es el *Quercus sapoteifolia* con área basal de 0.01(Cuadro 3 y 4).

Para el nivel latizal la especies de *Quercus sapoteifolia* con 0.0016m<sup>2</sup> de área basal en la parcelas de Catacamas y *Byrsonima crassifolia* con 0.026 m<sup>2</sup> de área basal en la parcela Gualaco son la que dan mayor al total del área basal, mientras que las especies como *Pinus oocarpa* y *Quercus segoviensis* no dan aporte de área basal al encontrarse individuos en este nivel (Cuadro 3 y 4).

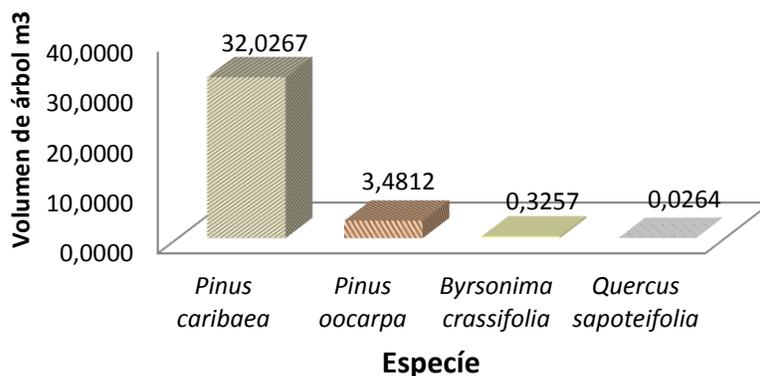
### 5.1. Comparación entre el volumen de los árboles de los niveles fustal y latizal en las parcelas de Gualaco y Catacamas

Se puede observar que la especie de *Pinus oocarpa* es la que presenta mayor rendimiento de volumen en el nivel fustal de Catacamas, por lo contrario la especie que presento menor rendimiento de volumen fue el nance (*Byrsonima crassifolia*) (Figura 5).



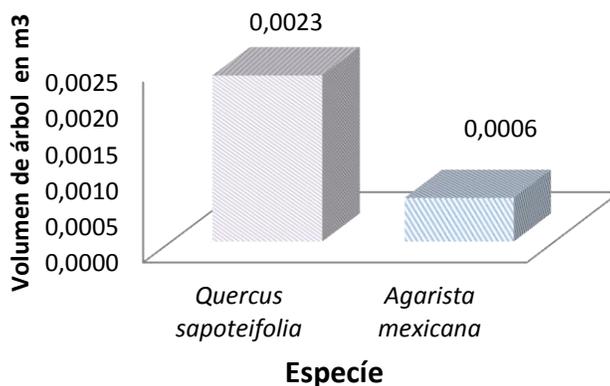
**Figura 5.** Volumen total en m<sup>3</sup> de las especies maderables en el nivel fustal en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

Para el nivel fustal de Gualaco la especie que presenta el mayor rendimiento de volumen es el *Pinus caribaea*, por otra parte la especie que presenta el menor rendimiento de volumen es el *Quercus sapoteifolia*(Figura 6).



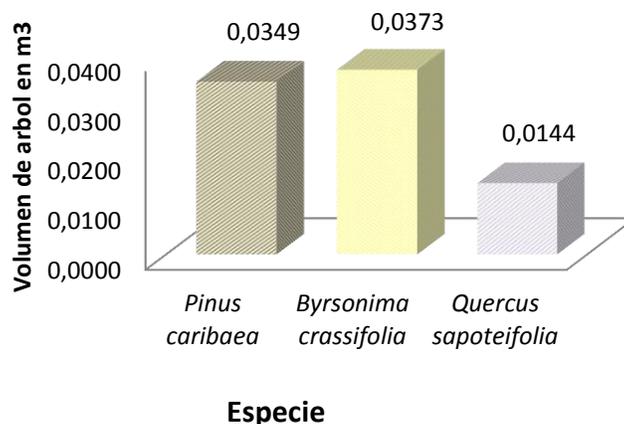
**Figura 6.** Volumen total en m<sup>3</sup> de las especies maderables en el nivel fustal en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

En el nivel latizal de Catacamas solo se encontraron dos especies de las cuales el *Quercus sapoteifolia* es el que da el mayor aporte de volumen, mientras que el *Agarista mexicana* presenta el más bajo rendimiento de volumen y el volumen total no alcanza el m<sup>3</sup> debido al bajo número de especies, lo cual indica que la regeneración es poca y se corre el riesgo de que en unos pocos años este pueda desaparecer (Figura 7).



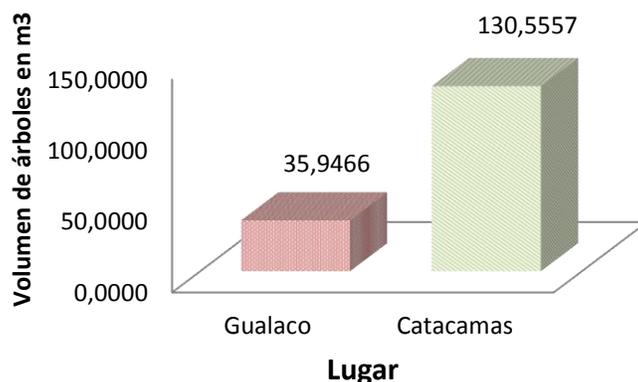
**Figura 7.** Volumen total en m<sup>3</sup> de las especies encontradas en el nivel latizal en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

Para el nivel latizal de la parcela en Gualaco se encontraron tres especies maderables de la cual el *Byrsonima crassifolia* presenta mayor rendimiento de volumen, mientras que el rendimiento de volumen más bajo lo tiene el *Quercus sapoteifolia*, el volumen total de este nivel es bajo, esto se debe a la poca cantidad de árboles que hay en el sitio por la intervención antrópica (Figura 8).



**Figura 8.** Volumen total en m<sup>3</sup> de las especies encontradas en el nivel latizal en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

Se puede observar que el rendimiento de volumen que se registró en la parcela de Gualaco, es inferior al volumen registrado en la parcela instalada en Catacamas. Esto se debe a la existencia de individuos en mayor cantidad en Catacamas con alturas y área basal mayor que los individuos encontrados en Gualaco, sin mencionar que en Gualaco existe evidencia de que se ha hecho aprovechamiento forestal con lo cual se reduce el número de individuos y se encuentran rodales jóvenes (Figura 9).



**Figura 9.** Volumen total en m<sup>3</sup> de las parcelas ubicadas en Gualaco y Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho

### 5.1.1. Elaboración de tablas de volumen para las diferentes especies y sitios

Se elaboraron siete tablas generales de volumen para las distintas especies de cada sitio, para la elaboración de estas tablas se tomó en cuenta el número de árboles, altura total en m, diámetro de la base en m y volumen en metros cúbicos.

**Cuadro 5.** Tabla de volumen para las especies encontradas en las parcelas de permanentes, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

	<b>ESPECIE</b>	<b>SITIO</b>	<b>TABLA DE VOLUMEN</b>	<b>F.F.</b>
1	<i>Pinus caribaea</i>	Gualaco	Vol. = $2.01616102 + 1.78789313 * D^2 * H$	<b>0.35</b>
2	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Gualaco	Vol. = $0.10164208 + 5.2487571 * D^2 * H$	<b>0.35</b>
3	<i>Pinus oocarpa</i>	Catacamas	Vol. = $1 + 0.31416 * D^2 * H$	<b>0.40</b>
4	<i>Quercus sapoteifolia</i>	Catacamas	vol. = $0.06143237 + 4.09113334 * D^2 * H$	<b>0.37</b>
5	<i>Quercus segoviensis</i>	Catacamas	Vol. = $0.98418126 + 3.16293883 * D^2 * H$	<b>0.38</b>
6	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Catacamas	Vol. = $0.96825914 + 3.98477276 * D^2 * H$	<b>0.37</b>
7	<i>Agarista mexicana</i>	Catacamas	Vol. = $6.13017855 + 0.11071553 * D^2 * H$	<b>0.38</b>

Dónde:

Vol. = volumen del árbol en m<sup>3</sup>

D = diámetro de la base del árbol en m

H = altura total del árbol en m

FF= factor forma de los arboles

## 5.2. Obtención de la gravedad específica de madera

Para la obtención de la gravedad específica se tomaron muestras de madera de los distintos sitios, estas fueron secadas en un horno para determinar su peso seco y este se dividió entre el volumen de agua desplazada, el Cuadro 6 se observa el número de árboles muestreados en Catacamas y Gualaco.

**Cuadro 6.** Total de árboles muestreados en Gualaco y Catacamas para realizar los cálculos de la gravedad específica, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

No	Especie	Lugar		Total
		Gualaco	Catacamas	
1	<i>Pinus oocarpa</i>	0	11	11
2	<i>Pinus caribaea</i>	9	0	9
3	<i>Quercus sapoteifolia</i>	4	4	8
4	<i>Quercus segoviensis</i>	0	3	3
5	<i>Byrsonima crassifolia</i>	5	3	8
6	<i>Agarista mexicana</i>	0	4	4
<b>total</b>		<b>18</b>	<b>25</b>	<b>43</b>

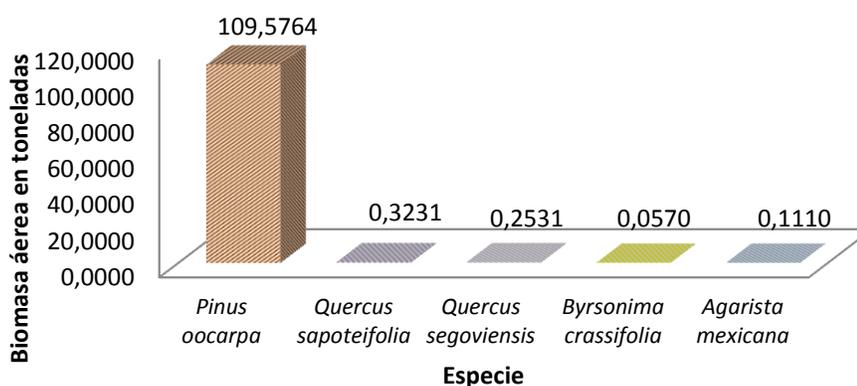
Se observa que la gravedad específica de las especies oscila entre 0.58 y 0.87 siendo el *Quercus sapoteifolia* la que presentó el valor más alto con un promedio de 0.87 en la parcela ubicada en Gualaco, por el contrario la especie que presentó el promedio más bajo fue el *Agarista mexicana* con 0.58 g/cm<sup>3</sup> de gravedad específica en la parcela ubicada en Catacamas (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Resumen promedio de la gravedad específica de las especies estudiadas en Gualaco y Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho

No	Especie	Lugar		Gravedad específica en g/cm <sup>3</sup>
		Gualaco	Catacamas	
1	<i>Pinus oocarpa</i>		x	0.86
2	<i>Quercus sapoteifolia</i>		x	0.82
3	<i>Quercus segoviensis</i>		x	0.87
4	<i>Byrsonima crassifolia</i>		x	0.64
5	<i>Agarista mexicana</i>		x	0.58
6	<i>Pinus caribaea</i>	x		0.63
7	<i>Byrsonima crassifolia</i>	x		0.60
8	<i>Quercus sapoteifolia</i>	x		0.79

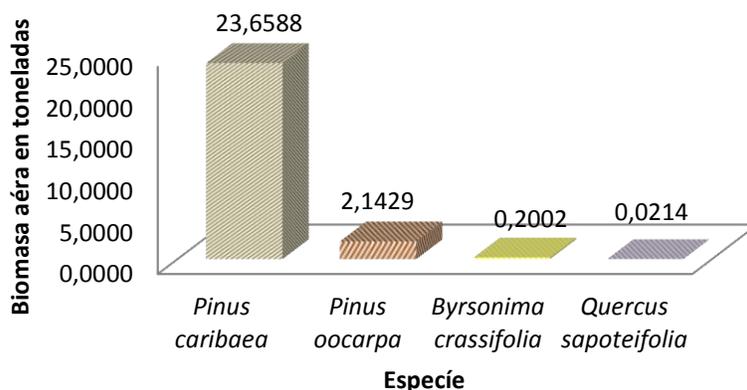
### 5.3. Determinación de la biomasa

Se puede observar que la especie *Byrsonima crassifolia* con tan solo 0.057 toneladas es la que da menor aporte de biomasa en este el nivel fustal de Catacamas esto se debe a la poca existencia de individuos y que las áreas basales son relativamente pequeñas en comparación con las demás especies, por otra parte el *Pinus oocarpa* presenta las mejores resultados con 109.576 toneladas de biomasa (Figura 10).



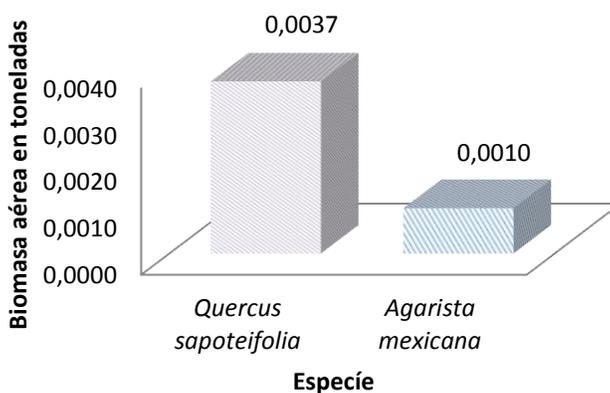
**Figura 10.** Biomasa total de las especies encontradas en el nivel fustal en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en el ecosistema de pino-encino en Olancho.

En el nivel fustal de Gualaco el mayor aporte de biomasa lo hace el *Pinus caribaea* con un total de 23.66 toneladas mientras que el *Quercus sapoteifolia* es el que queda el menor aporte de biomasa con tan solo 0.02 toneladas esto se debe a poca cantidad de árboles encontrados (Figura 11).



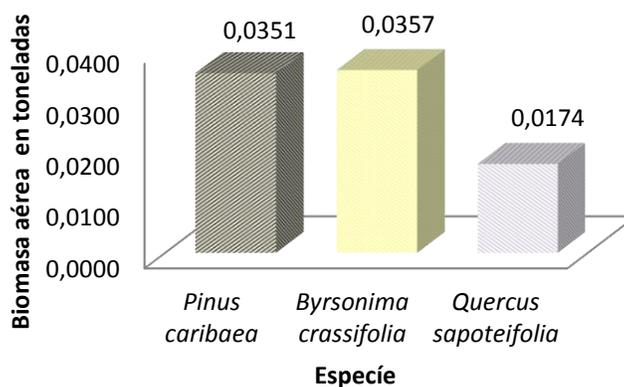
**Figura 11.** Biomasa total de las especies encontradas en el nivel fustal en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

En el nivel latizal de Catacamas solo se encontraron dos especies de las cuales el mayor aporte de biomasa lo da el *Quercus sapoteifolia* con un total de 0.003 toneladas, mientras que el *Agarista mexicana* tiene el más bajo aporte con 0.0009 toneladas (Figura 12).



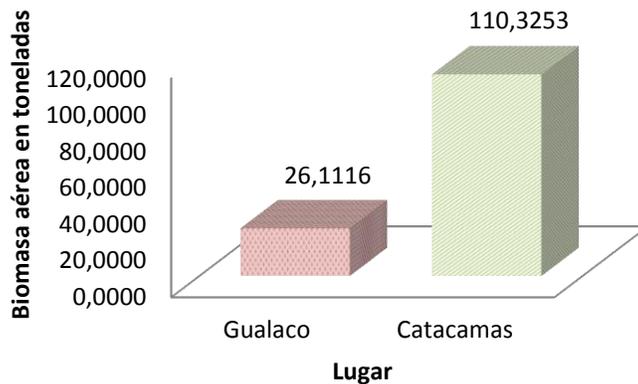
**Figura 12.** Biomasa total de las especies encontradas en el nivel latizal en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

Para el nivel latizal de Gualaco la especie que da el mayor aporte es *Byrsonima crassifolia* con un total de 0.035 toneladas, mientras que *Quercus sapoteifolia* es el que da el menor aporte con un total de 0.017 toneladas. Se puede observar que el aporte de los individuos a la biomasa total es similar, esto se debe a la existencia de individuos casi en la misma cantidad (Figura 13)



**Figura 13.** Biomasa total de las especies encontradas en el nivel latizal en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

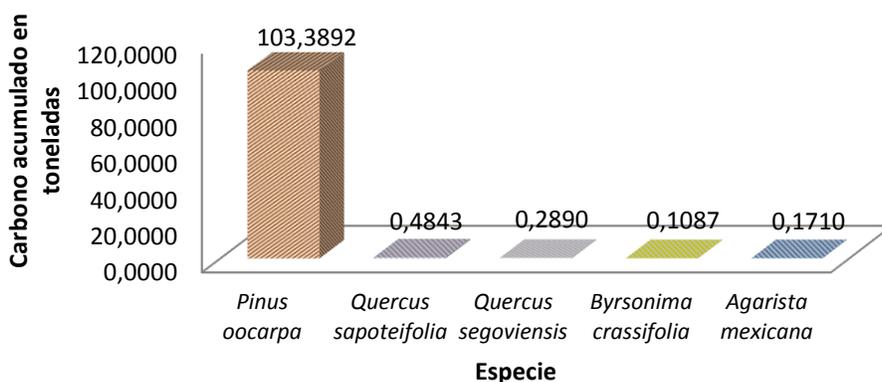
Se observa que existe una mayor cantidad de biomasa en la parcela ubicada en Catacamas que presenta un valor de 110.325 ton/h, por otra parte en la parcela ubicada en Gualaco se registró un total de 26.112 ton/h el cual es un valor bastante bajo y este se debe a que el área basal de los árboles en Catacamas es mayor que los de Gualaco, sin mencionar que en este último existe evidencia de que se ha hecho aprovechamiento forestal y que han existido incendios forestales los cuales reducen significativamente el número de individuos que se puedan encontrar (Figura 14).



**Figura 14.** Biomasa total de las especies encontradas en las parcelas ubicadas en Gualaco y Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

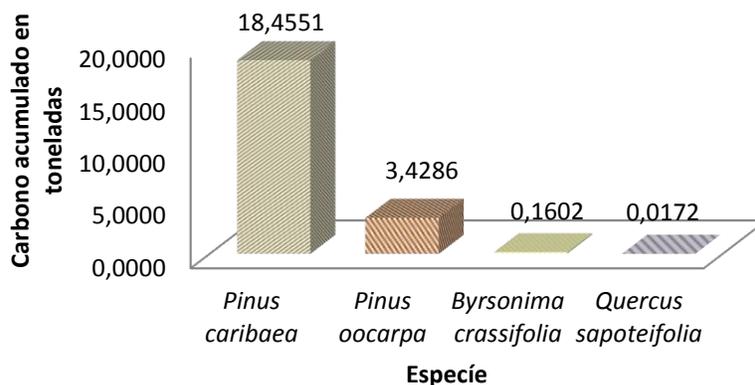
#### 5.4. Carbono acumulado en materia viva

La mayor cantidad de carbono acumulado en el nivel fustal de Catacamas se encuentra en la especie de *Pinus oocarpa* con un total de 103.389 toneladas, por otra parte la menor concentración de carbono la presenta la especie *Byrsonima crassifolia* con tan solo 0.109 toneladas (Figura 15).



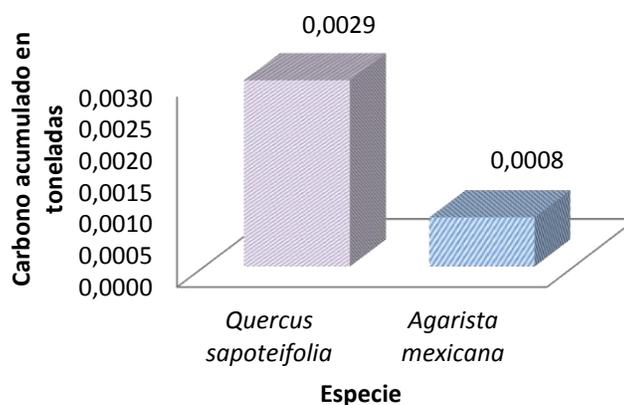
**Figura 15.** Carbono acumulado en las distintas especies en el nivel fustal en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

En el nivel fustal de Gualaco la especie con mayor acumulación de carbono es *Pinus caribaea* con un total de 18.46 toneladas, mientras que *Quercus sapoteifolia* es la especie con menor acumulación de carbono con tan solo 0.02 toneladas (Figura 16).



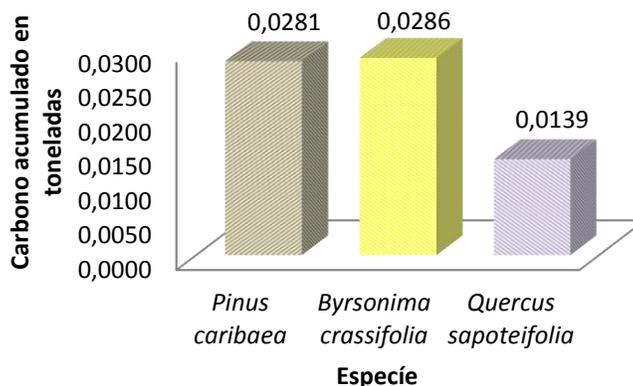
**Figura 16.** Carbono acumulado en las distintas especies en el nivel fustal en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

En el nivel latizal de Catacamas la especie con mayor carbono acumulado es la especie de *Quercus sapoteifolia* con un total de 0.003 toneladas mientras que *Agarista mexicana* es quien presenta la menor cantidad de carbono acumulado con 0.0008 toneladas (Figura 17).



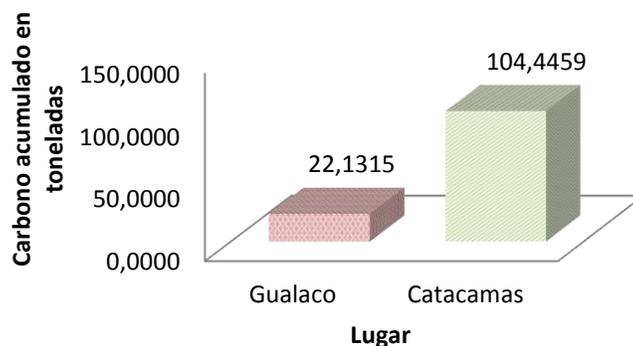
**Figura 17.** Carbono acumulado en las distintas especies en el nivel latizal en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino encino en Olancho.

Se observa que la especie con mayor acumulación de carbono en el nivel latizal de Gualaco es *Byrsonima crassifolia* con un total de 0.029 toneladas, por otra parte la concentración más baja de carbono acumulado lo presentó el *Quercus sapoteifolia* con un total de 0.014 toneladas (Figura 18).



**Figura 18.** Carbono acumulado en las distintas especies en el nivel latizal en la parcela ubicada en Gualaco en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

Se observa que con un total de 104.446 toneladas la concentración de carbono acumulado de Catacamas, es superior al carbono acumulado en Gualaco en donde solo se registró un total de 22.132 toneladas, esto se debe a que en Catacamas la biomasa total por hectárea es mayor y esta condiciona la cantidad de carbono que se acumula en un determinado sitio (Figura 19).

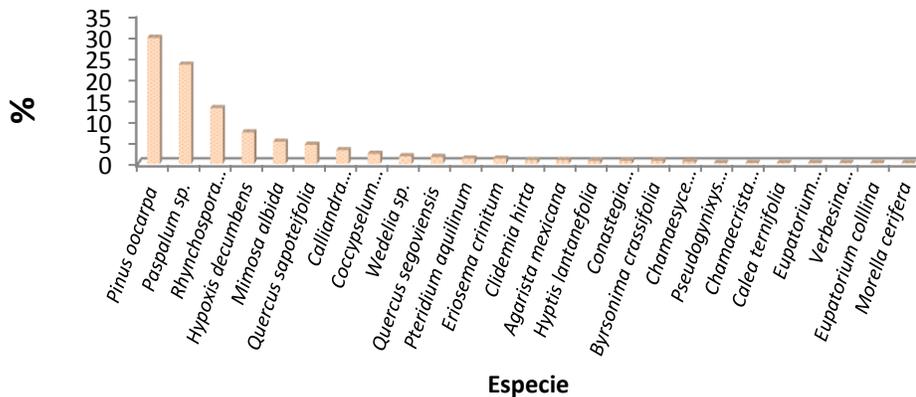


**Figura 19.** Carbono total de las especies encontradas en las parcelas ubicadas en Gualaco y Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

### 5.5. Análisis de la estructura horizontal

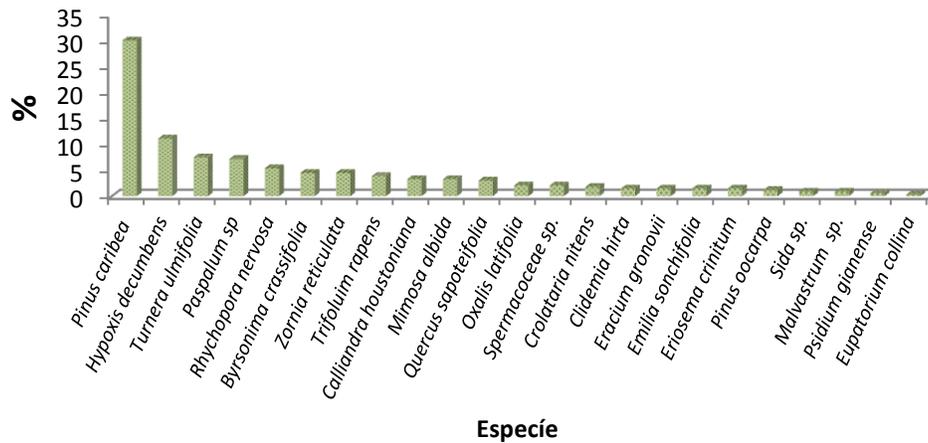
### 5.5.1. Abundancia

De acuerdo con la información obtenida en el inventario de la parcela ubicada en Catacamas, en total se encontraron 26 especies con 556 individuos de los cuales la especie más abundante fue *Pinus oocarpa* seguida de *Calliandra houstoniana* y *Paspalum sp.* y las especies menos abundantes fueron *Calea ternifolia*, *Morella cerífera*, *Eupatorium laevigata*, *Chamaecrista nictitans* y *Pseudogynixys chenopodioides* (Figura 20).



**Figura 20.** Abundancia relativa de las especies encontradas en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

Para la parcela ubicada en Gualaco en el inventario levantado en este estudio se encontraron un total de 26 especies y 332 individuos de los cuales la especie más abundantes son *Pinus caribea*, *Hypoxis decumbens*, *Turnera ulmifolia*, *Paspalum sp.* Por otra parte las especies menos abundantes son el *Eupatorium collina* y *Psidium gianense* (Figura 21).

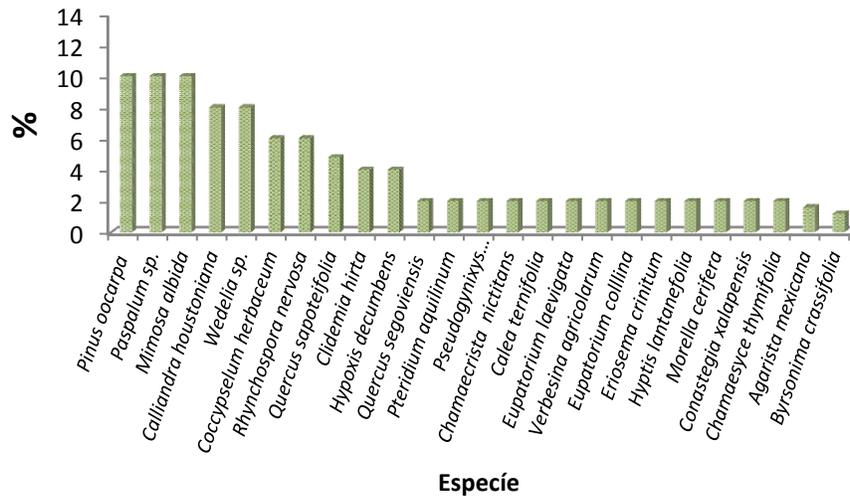


**Figura 21.** Abundancia relativa de las especies encontradas en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

Como se observa la cantidad de especies que se encontraron en Gualaco es inferior a las encontradas en Catacamas y se debe a que en donde se instaló la parcela de Gualaco se habían producido incendios, con lo cual el sotobosque se empezaba a regenerar.

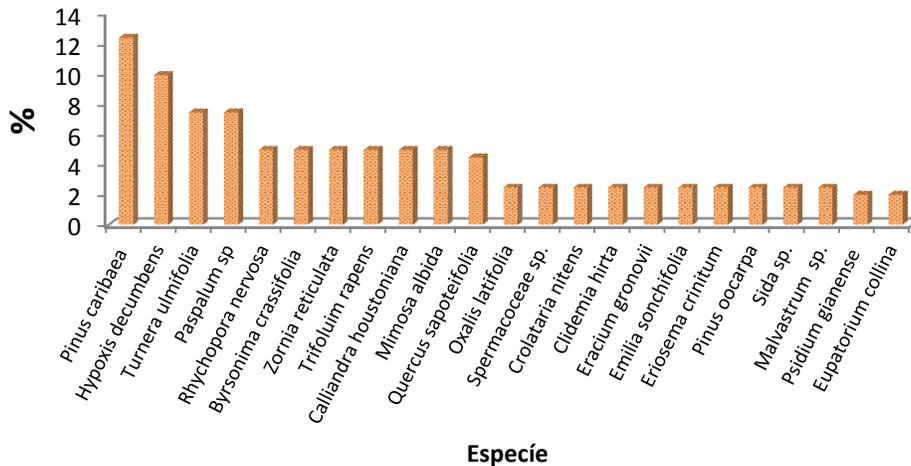
### 5.5.2. Frecuencia

Las especies más frecuentes en la parcela ubicada en Catacamas son *Pinus oocarpa*, *Paspalum sp.* y *Mimosa albida*, mientras que las especies menos frecuentes encontradas en este estudio fueron *Byrsonima crassifolia* y *Agarista mexicana* (Figura 22).



**Figura 22.** Frecuencia relativa de las especies encontradas en la parcela ubicada en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho

En Gualaco las especies que aparecen con mayor frecuencia son *Pinus caribaea*, *Calliandra houstoniana* y *Turnera ulmifolia*, por otra parte las especies que se mostraron con una menor frecuencia fueron *Pinus oocarpa* y *Quercus sapoteifolia* (Figura 23).

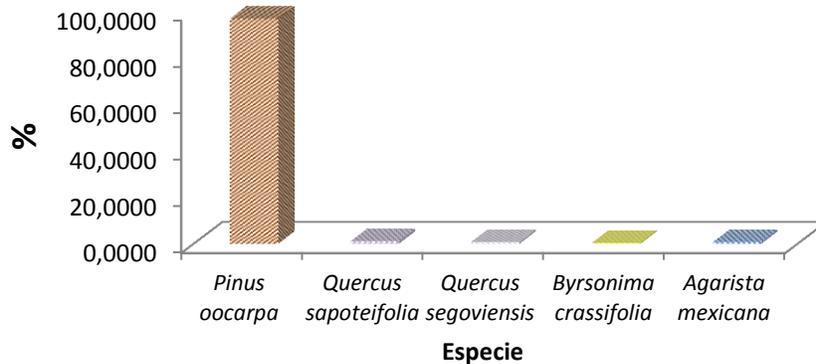


**Figura 23.** Frecuencia relativa de las especies encontradas en la parcela ubicada en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

### 5.5.3. Dominancia

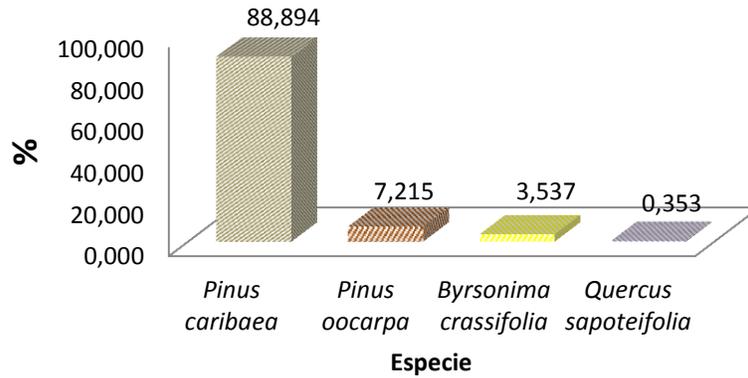
Para el análisis de la dominancia solo se tomaron los arboles encontrados en el nivel latizal y fustal para ambos sitios ya que las especies que se encuentran a nivel brinzal el área basal que tienen son pequeñas y están condicionadas por la dominancia de los niveles superiores.

Se observa que la especie dominante para la parcela ubicada en Catacamas es *Pinus oocarpa* seguida *Quercus sapoteifolia*, *Quercus segoviensis*, y *Agarista mexicana* mientras que la especie de *Byrsonima crassifolia* fue la que presentó la menor dominancia, esto se debe a que el área basal de este individuo es baja (Figura 24).



**Figura 24.** Dominancia relativa de las especies encontradas en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

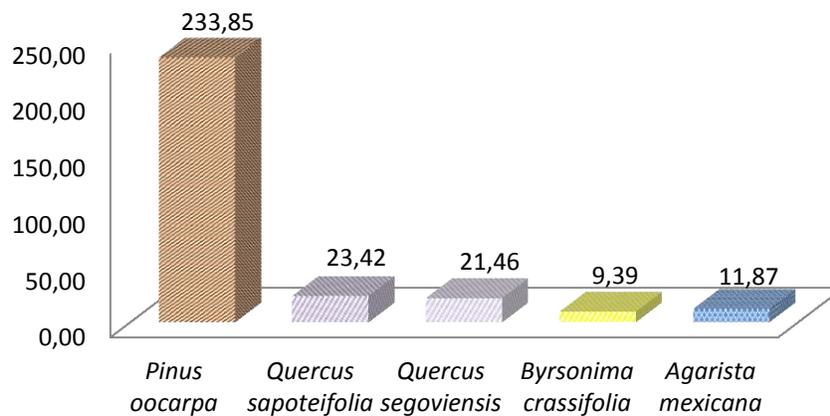
Se puede observar que la especie que tiene mayor dominancia es *Pinus caribaea* seguida de *Pinus oocarpa* y *Byrsonima crassifolia*, por otra parte *Quercus sapoteifolia* es quien presenta la dominancia más baja (Figura 25).



**Figura 25.** Dominancia relativa de las especies encontradas en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

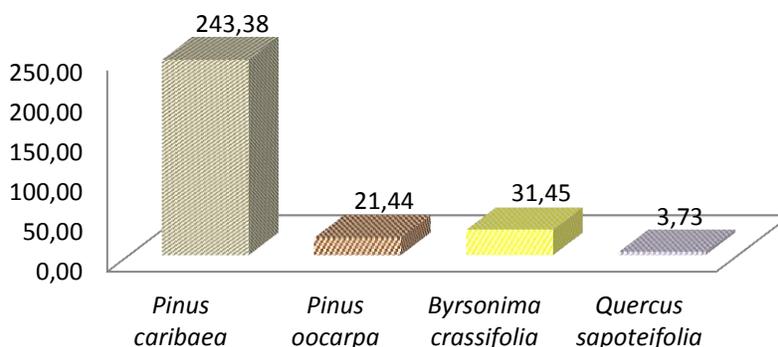
#### 5.5.4. Índice de valor de importancia

Las especie con mayor peso ecológico para Catacamas en este estudio fue *Pinus oocarpa* con un índice de valor de importancia de 233, mientras que la especie que presento el menor peso ecológica fue *Byrsonima crassifolia* (Figura 26).



**Figura 26.** Índice de valor de importancia de las especies encontradas en Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

Se puede observar que la especie con mayor peso ecológico en Gualaco es el *Pinus caribaea* con un índice de valor de importancia de 243, por otra parte la especie con el menor peso ecológico es *Quercus sapoteifolia* con un índice de valor de importancia de 3.73 (Figura 27).



**Figura 27.** Índice de valor de importancia de las especies encontradas en Gualaco, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

### 5.5.5. Descripción de las especies importantes



***Pinus oocarpa***, árbol perennifolio perteneciente a la familia de las Pinaceae que alcanza altura hasta de 45 m y DAP de 1 m con fuste recto y cilíndrico, copa: irregular, ramas finas y relativamente ralas, las inferiores horizontales, las superiores más ascendentes. Corteza: color rojizo oscuro a grisáceo, fuertemente fisurada, se exfolia en bandas largas e

irregulares, escamosas. Hojas: en forma de aguja, en grupos de cinco (ocasionalmente 3 o 4), de 14-25 cm de largo, erguidas, gruesas y ásperas, con bordes finamente aserrados. Flores: pequeñas, en inflorescencias terminales en la parte superior de la copa, y las masculinas en las ramas inferiores. Frutos: los conos son fuertes y pesados, ovoides a globosos, de 5-10 cm de largo, de color café oscuro, a veces con tinte verdoso, lustrosos, con escamas leñosas, en grupos de dos a tres en la rama. su madera es utilizado en construcción en general (pisos, paredes interiores, puertas, marcos de ventanas), postes de conducción eléctrica, pilotes, durmientes (tratados), cajas, embalajes, molduras,

decoración, chapas, contrachapado, juguetes, artesanías, artículos deportivos y mueblería. También se utiliza como leña.



*Pinus caribaea*, perteneciente a la familia de las Pinaceae árbol que alcanza alturas de 30 m y diámetros de hasta 75cm, aunque en sitios óptimos puede alcanzar alturas de hasta 45m y dap de 135cm, con fuste recto y limpio de ramas en los primeros 12m o más cuando adulto, copa: piramidal, con ramas bajas horizontales o caedizas y ramas superiores ascendentes, corteza: es gruesa, pardo rojiza, y forma placas ásperas con profundas fisuras verticales y horizontales, flores: los estróbilos masculinos son numerosos, sésiles, cortos, agrupados cerca del final de las ramillas principalmente en la sección inferior de la copa, de 20 a 32 mm de largo, con brácteas pardo rojizas en la base. Los estróbilos femeninos se localizan mayormente en la parte superior de la copa, cerca del ápice de ramillas alargadas. Frutos: los conos son simétricos, péndulos, 4- 14 cm de largo, 2.5-4.8cm de diámetro cuando están cerrados, aparecen solos o en grupos de dos a cinco, con pedúnculos de 1-2 cm de longitud, color café cuando maduran. De este se pueden hacer muchos usos que van desde la extracción de resina, construcción en general también es utilizado como leña.

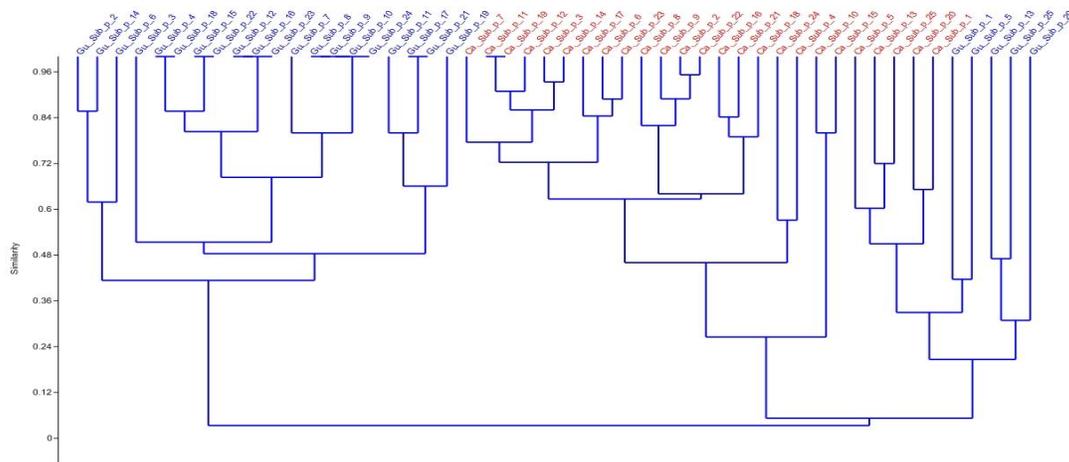


*Quercus sp.* Árbol mediano, de hasta 18 m de alto y hasta 0.75 m de dap. Las hojas son siempre verdes, alternas, casi siempre con peciolo, gruesas y coriáceas, de 6-16 cm de largo, la base de la hoja se estrecha mucho y son marcadamente cordadas, los márgenes son ondulados, el fruto es una bellota anual, que aparece solitaria o en grupos y viene envuelta en una copa que puede envolver la bellota entera o tan solo una parte.

### 5.5.5. Cociente de mezcla

El cociente de mezcla para Catacamas da un valor de 1:21 indicando que por cada especie encontrada se presentan 21 individuos, mientras que para Guapaco el cociente de mezcla da un valor de 1:14 indicando que por cada especie se presentaran 14 individuos se observan que ambos ecosistemas presentan una buena heterogeneidad.

### 5.6. Comparación entre sitios

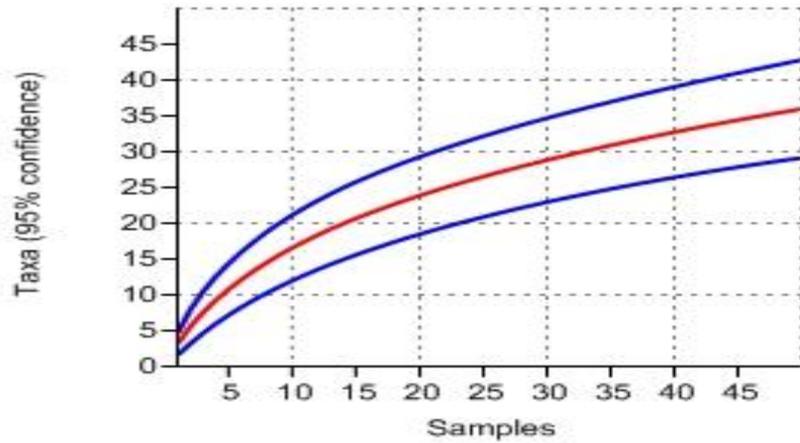


**Figura 28.** Histograma de similitud entre Gualaco y Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho.

Como se puede observar a través del análisis de conglomerados que agrupa un conjunto de parcelas basándose en el número de especies y abundancia de individuos que son similares, la Figura 28 se observa los conglomerados diferenciados entre Gualaco y Catacamas que son similares en un 10%. Aunque Gualaco presenta entre sus parcelas dos conglomerados siendo cinco parcelas más similares a las de Catacamas.

Según la prueba de ANOSIN (Anexo 7) realizada con el programa Past, dice que el grado de disimilitud es de 0.9048 esto apoya el histograma de conglomerados el cual nos dice que existe una diferencia entre ambos sitios (Figura 28).

La curva de acumulación de especies nos muestra que para ninguno de los dos sitios se ha alcanzado la asíntota, lo cual sugiere que aún existen especies que no han sido identificadas (Figura 29).



**Figura 29.** Curva de acumulación de especies para Gualaco y Catacamas, en el estudio de volumen y biomasa en ecosistema de pino-encino en Olancho

## VI. CONCLUSIONES

- a. El género de *Pinus* spp. fue el que mostró mayor volumen en el sitio de Catacamas, con  $130.55 \text{ m}^3$ , biomasa de  $110.32 \text{ ton/ha}$  y el carbono acumulado de  $104.44 \text{ ton/ha}$ , mientras que en Gualaco hubo un volumen de  $35.94 \text{ m}^3$ , biomasa de  $26.11 \text{ ton/ha}$  y el carbono acumulado de  $22.13 \text{ ton/ha}$ , a nivel fustal, debido al mayor número de árboles por hectárea de estas especies predominantes.
- b. La parcela de Gualaco presenta una menor cantidad de volumen, biomasa y carbono acumulado que la parcela de Catacamas, posiblemente debido a la mayor intervención antrópica, la cual modifica la abundancia de las especies.
- c. El *Pinus* spp. es el género con mayor frecuencia y abundancia en ambos sitios, Catacamas y Gualaco, y en los tres niveles evaluados, brinzal, latizal y fustal; encontrándose esta especie en etapa clímax.
- d. A nivel latizal (juvenil), el número de especies en las dos parcelas fue bajo, indicando que no existe una buena regeneración natural y que los ecosistemas se encuentran en estado frágil, poniendo en peligro su conservación.
- e. El ecosistema estudiado presenta cierta tendencia a la heterogeneidad, posiblemente por la presencia de especies que se desarrollan en parches y a la intervención humana en algunos de estos espacios. Sin embargo el estudio de prospección en los ecosistemas de pino encino no muestra que el ecosistema tenga una tendencia a ser heterogéneo, la diferencia en los estudios puede deberse a la metodología propuesta para cada uno, viéndose que en este estudio la curva de acumulación de especies no se alcanzó la asíntota.

- f. El cociente de mezcla presenta valores altos para la dos parcelas, en Catacamas el valor es de 1:21 indicando que por cada especie se presentaran 21 individuos de la misma y en el valor es de Gualaco 1:14, lo cual nos indica que por cada especie se presentaran 14 individuos de la misma, a su vez muestra que existe una tendencia a la heterogeneidad del ecosistema.
  
- g. El nivel de disimilitud fue alto, lo que indica que los sitios de Gualaco y Catacamas son diferentes basado en el número y cantidad de especies, debido a la presencia de incendios forestales y a la alta intervención humana que se dan en los sitios.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- a. Darle seguimiento al proceso investigativo en las parcelas instaladas en Gualaco y Catacamas, mediante el monitoreo de los árboles, realizando mediciones anuales para determinar el incremento del volumen, biomasa y carbono por año.
- b. Instalar más parcelas en Gualaco y Catacamas para tener una mayor área de estudio y poder alcanzar la asíntota de la curva de acumulación de especies.
- c. Para estudios rápidos se recomienda el uso de transeptos, ya que al ser líneas horizontales, hay una mayor área cubierta ya que el estudio no se concentra en un solo sitio.
- d. Gestionar y elaborar un plan de manejo integrado para el ecosistema de pino encino, con el objetivo de disminuir el impacto sobre este.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

Baca J. 2000. Caracterización De Vertical Y Horizontal En Bosques De Pino Encino. Universidad Autónoma De Nuevo León. Linares. Nuevo León, México. 117P.

Bonta, M. y Anderson DL. 2002. Birding Honduras: A Checklist and Guide. Tegucigalpa, HN. ECOARTE S. DE R.L. 186 P.

Camacho M. 2000. Parcelas Permanentes De Muestreo En Bosque Natural Tropical. Guía Para Establecimiento Y Medición. CATIE. Turrialba Costa Rica. 58P.

Castellanos .J. Treviño .E. Aguirre. .A. Jiménez. J. Musalem .M. Lopez .R. 2008. Estructura De Bosque De Pino Patula Bajo Manejo En Ixtlan De Juárez. Oaxaca, México.13P.

Contreras F; Leño; C; Dauber E; Gunnar L; Hager N. y Caba C. 1999. Parcelas Permanentes De Muestreo (Ppms). Proyecto BOLFOR. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 60P.

Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, Alianza para la Conservación de Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica. 2009. Diagnóstico Ecológico y Socioeconómico de la Ecoregión Bosques de Pino-Encino de Centroamérica. The Nature Conservancy/Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 335 P.

COFISA. s.f. Diagnóstico Institucional y Financiero: Municipalidad de Catacamas, Departamento de Olancho. BID. 10 P.

Daubert E .1995. Guía Práctica Y Teórica Para El Diseño De Un Inventario Forestal De Reconocimiento. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.24P.

Ferreira O. 2005. Herramientas Para El Manejo De Bosques. Inventario Forestal. Siguatepeque, Honduras. 141P.

Flores E y Mairena R.2005. Diagnóstico de la situación forestal en bosques depino en Honduras. Tegucigalpa, Honduras.88P.

Godow K y Hiu G. 1999. Modelling forest development.213p.

González M. 2008. Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, *Pinusoocarpa* var. *Ochoterenai*

Mtz. y *Quercus* sp. En el norte del Estado de Chiapas, México. CATIE. Turrialba, Costa Rica.81P.

Gordo A. 2009. Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán.

Groothousen C. 2000. Las parcelas de muestreo permanente, bases para estudios de crecimiento y rendimiento en bosques de pino en Honduras. Siguatepeque, Honduras. 88 P.

House P. 2008. Pino y Roble en Honduras. Simposio Biodiversidad del bosque de pino-encino. Escuela Agrícola de El Zamorano.

Manzanero .A. 2003. Importancia de las parcelas permanentes de muestreo, en el manejo forestal sostenible y en la certificación forestal y otras alternativas en la metodología de parcelas permanentes de muestreo. USAID. Santa Elena, Petén.18P.

Manzanero M. y Pinelo G. 2004. Plan Silvicultural En Unidades De Manejo Forestal. Serie técnica, número 3.49 P.

Mostacedo B. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal, Proyecto BOLFOR. Santa Cruz de la Sierra.92P.

Matteucci S. y Colma A. 1982. Metodología Para El Estudio De La Vegetación. USA, OEA. 163 P.

Montani T. y Busso C. 2004. Metodos De Estudio De La Vegetación. Guía De Trabajos Prácticos De Ecología. 68 P.

Montero G.; Muñoz M.; Donés J. y A. Rojo. 2004. Fijación de CO<sub>2</sub> por *Pinus sylvestris* L. y *Quercus pyrenaica* Willd. En los montes “Pinar de Valsaín” y “Matas de Valsaín”. Revista Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales Vol 13 (2): 399-416.

Moreno, C. 2001. Métodos Para Medir La Biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 P.

Nuñez E. 2007. Relaciones entre densidad básica y densidad seca de madera. Universidad Nacional de Misiones. Provincia de Misiones, Argentina.

Pinelo G. 2000. Manual Para El Establecimiento De Parcelas Permanentes De Muestreo En La Reserva De La Biosfera Maya, Peten, Guatemala. Turrialba Costa Rica. 68P.

Picos J y Cogolludo M. 2008. Apuntes De Dasometría. Universidad De Vigo. 158P.

Rivas D.2006. Evaluación De Los Recursos Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. 26P.

Rincones de Honduras. 2013. Municipio de Gualaco (en línea). HN. Consultado 27 de abril. 2013.

Schlegel B; Gayoso J; Guerra J.2000. Medición De La Capacidad De Captura De Carbono En Bosques De Chile Y Promoción En El Mercado Mundial: Manual De Procedimientos Muestreo De Biomasa Forestal. Universidad Austral De Chile. Valdivia, Chile. 24P.

SERNA, 2009. Política Nacional de Humedales de Honduras (en prep.). Proyecto Manejo Integrado de Recursos Naturales (MIRA).

SERNA.2010. (secretaria de recursos naturales y ambiente). Convención sobre Diversidad Biologica.185P.

Snowdon P.; Raison J.; Keith H.; Montagu K.; Bi K.; Ritson P.; Grierson P.; Adams M.; Burrows W. and D. Eamus. 2001. Protocol For Sampling Tree And Stand Biomass. National carbon accounting system technical report No. 31 Draft-March.

The Nature Conservancy 2012

UNEP.1992. Text of the Convention on Biological Diversity. United Nations Environmental Program.

Wilson, L. D. & Townsend J.H.2007. Biogeography and conservation of the herpetofauna of the Upland Pine- Oak Forests of Honduras. Biota Neotropica, Vol.7, 1:131-142.

# **ANEXOS**



**Anexo 2.**Fotografías de toma de datos de investigación en Gualaco y Catacamas,Olancho.



Fotografía 1.Parcela instalada GualacoFotografía2.Parcela instalada Catacamas



Fotografía3. GeoreferenciaciónFotografía4. Descripción del sitio



Fotografía6. Colación de estacas

Fotografía7. Rumbo de la parcela



Fotografia8. Marcacion del DAP



Fotografia 9. Numeracion de árbol



Fotografia 10. Medicion del DAP



Fotografia 11. Medicion de altura

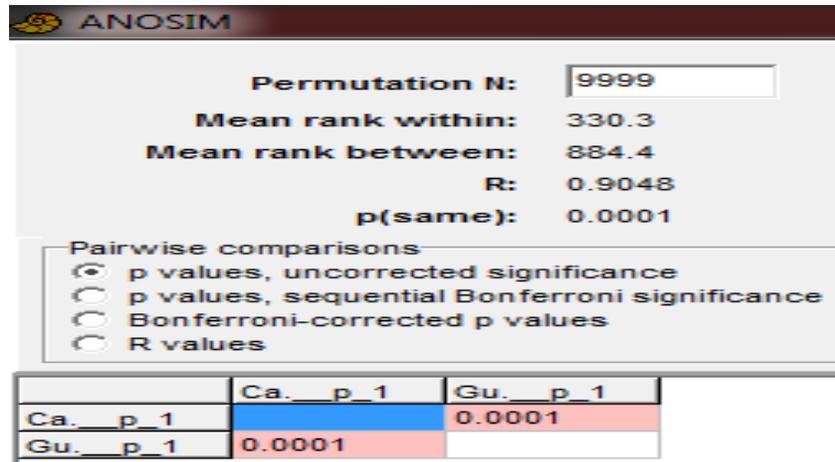


Fotografia 12. Resinacion en gulaco



Fotografia 13. Aprvechamiento de madera

Anexo 3. Prueba de ANOSIM realizado para los sitios de Gualaco y Catacamas



#### Anexo 4. Listado especies encontradas

##### A. Catacamas

No.	Especies	Familia	Total
1	<i>Pinus oocarpa</i>	<i>Pinaceae</i>	165
2	<i>Paspalum sp.</i>	<i>Poeceae</i>	130
3	<i>Rhynchospora nervosa</i>	<i>Cyperaceae</i>	73
4	<i>Hypoxis decumbens</i>	<i>Amaryllidaceae</i>	41
5	<i>Mimosa albida</i>	<i>Fabaceae</i>	29
6	<i>Quercus sapoteifolia</i>	<i>Fagaceae</i>	25
7	<i>Calliandra houstoniana</i>	<i>Fabaceae</i>	18
8	<i>Coccypselum herbaceum</i>	<i>Rubiaceae</i>	13
9	<i>Wedelia sp.</i>	<i>Asteraceae</i>	10
10	<i>Quercus segoviensis</i>	<i>Fagaceae</i>	9
11	<i>Pteridium aquilinum</i>	<i>Hypolepydaceae</i>	7
12	<i>Eriosema crinitum</i>	<i>Fabaceae</i>	7
13	<i>Clidemia hirta</i>	<i>Melastomataceae</i>	5
14	<i>Agarista mexicana</i>	<i>Ericaceae</i>	5
15	<i>Hyptis lantanefolia</i>	<i>Lamiaceae</i>	4
16	<i>Conastegia xalapensis</i>	<i>Melastomataceae</i>	4
17	<i>Byrsonima crassifolia</i>	<i>Malpighiaceae</i>	4
18	<i>Chamaesyce thymifolia</i>	<i>Euohorbiaceae</i>	3
19	<i>Pseudogynixys chenopodioides</i>	<i>Asteraceae</i>	1
20	<i>Chamaecrista nictitans</i>	<i>Fabaceae</i>	1
21	<i>Calea ternifolia</i>	<i>Asteraceae</i>	1
22	<i>Eupatorium laevigata</i>	<i>Asteraceae</i>	1
23	<i>Verbesina agricolarum</i>	<i>Asteraceae</i>	1
24	<i>Eupatorium collina</i>	<i>Asteraceae</i>	1
25	<i>Morella cerifera</i>	<i>Miricaceae</i>	1
<b>TOTAL</b>			<b>559</b>

B. Gualaco

No.	Epecies	Familia	Total
1	<i>Pinus caribaea</i>	<i>Pinaceae</i>	100
2	<i>Calliandra houstoniana</i>	<i>Fabaceae</i>	11
3	<i>Turnera ulmifolia</i>	<i>Turneraceae</i>	25
4	<i>Hypoxis decumbens</i>	<i>Amaryllidaceae</i>	37
5	<i>Mimosa albida</i>	<i>Fabaceae</i>	11
6	<i>Clidemia hirta</i>	<i>Melastomataceae</i>	5
7	<i>Paspalum sp</i>	<i>Poeceae</i>	24
8	<i>Rhychopora nervosa</i>	<i>Cyperaceae</i>	18
9	<i>Trifolium rapens</i>	<i>Fabaceae</i>	13
10	<i>Zornia reticulata</i>	<i>Fabaceae</i>	15
11	<i>Byrsonima crassifolia</i>	<i>Malpighiaceae</i>	15
12	<i>Sida sp.</i>	<i>Malveceae</i>	3
13	<i>Malvastrum sp.</i>	<i>Malveceae</i>	3
14	<i>Eracium gronovii</i>	<i>Asteraceae</i>	5
15	<i>Emilia sonchifolia</i>	<i>Asteraceae</i>	5
16	<i>Oxalis latifolia</i>	<i>Oxiladaceae</i>	7
17	<i>Psidium gianense</i>	<i>Myrtaceae</i>	2
18	<i>Spermacoceae sp.</i>	<i>Rubiaceae</i>	7
19	<i>Eriosema crinitum</i>	<i>Fabaceae</i>	5
20	<i>Eupatorium collina</i>	<i>Asteraceae</i>	1
21	<i>Crolataria nitens</i>	<i>Fabaceae</i>	6
22	<i>Pinus oocarpa</i>	<i>Pinaceae</i>	4
23	<i>Quercus sapoteifolia</i>	<i>Fagaceae</i>	10
<b>total</b>			<b>332</b>

**Anexo 5.**Arboles muestreados para obtención de la gravedad específica.

A. Catacamas

No. Muestra	Especie de la muestra	Peso seco de la muestra en g	Cantidad de agua desplazada en cm <sup>3</sup>	Gravedad específica en g/cm <sup>3</sup>
1	<i>Pinus oocarpa</i>	6	10	0.60
2	<i>Pinus oocarpa</i>	5	5	1.00
3	<i>Pinus oocarpa</i>	9	10	0.90
4	<i>Pinus oocarpa</i>	7	5	1.40
5	<i>Pinus oocarpa</i>	9	10	0.90
6	<i>Pinus oocarpa</i>	6	8	0.75
7	<i>Pinus oocarpa</i>	5	7	0.71
8	<i>Pinus oocarpa</i>	4	5	0.80
9	<i>Pinus oocarpa</i>	7	10	0.70
10	<i>Pinus oocarpa</i>	6	10	0.60
11	<i>Pinus oocarpa</i>	9	8	1.13
12	<i>Agarista mexicana</i>	7	10	0.70
13	<i>Agarista mexicana</i>	4	8	0.50
14	<i>Agarista mexicana</i>	6	10	0.60
15	<i>Agarista mexicana</i>	5	10	0.50
16	<i>Quercus sapoteifolia</i>	9	10	0.90
17	<i>Quercus sapoteifolia</i>	9	10	0.90
18	<i>Quercus sapoteifolia</i>	8	10	0.80
19	<i>Quercus sapoteifolia</i>	8	12	0.67
20	<i>Quercus segoviensis</i>	9	11	0.82
21	<i>Quercus segoviensis</i>	7	7	1.00
22	<i>Quercus segoviensis</i>	7	9	0.78
23	<i>Byrsonima crassifolia</i>	5	10	0.50
24	<i>Byrsonima crassifolia</i>	7	13	0.54
25	<i>Byrsonima crassifolia</i>	6	6	1.00
<b>Promedio</b>				<b>0.79</b>

B. GUALACO

No. Muestra	Especie de la muestra	Peso seco de la muestra en g	Cantidad de agua desplazada en cm <sup>3</sup>	Gravedad específica en g/cm <sup>3</sup>
1	<i>Byrsonima crassifolia</i>	5	10	0.50
2	<i>Byrsonima crassifolia</i>	5	7	0.71
3	<i>Byrsonima crassifolia</i>	6	10	0.60
4	<i>Byrsonima crassifolia</i>	6	9	0.67
5	<i>Byrsonima crassifolia</i>	4	8	0.50
6	<i>Pinus caribaea</i>	6	10	0.60
7	<i>Pinus caribaea</i>	6	10	0.60
8	<i>Pinus caribaea</i>	5	9	0.56
9	<i>Pinus caribaea</i>	5	7	0.71
10	<i>Pinus caribaea</i>	7	8	0.88
11	<i>Pinus caribaea</i>	6	10	0.60
12	<i>Pinus caribaea</i>	6	8	0.75
13	<i>Pinus caribaea</i>	4	7	0.57
14	<i>Pinus caribaea</i>	6	10	0.60
15	<i>Pinus caribaea</i>	5	11	0.45
16	<i>Pinus caribaea</i>	6	10	0.60
17	<i>Quercus sapoteifolia</i>	7	7	1.00
18	<i>Quercus sapoteifolia</i>	7	8	0.88
19	<i>Quercus sapoteifolia</i>	6	10	0.60
20	<i>Quercus sapoteifolia</i>	7	10	0.70
<b>Promedio</b>				<b>0.65</b>