



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DEL BOSQUE SAN VICENTE DE LA
CURIA DIOCESANA DE RIOBAMBA, UBICADO EN LA PARROQUIA SAN
ISIDRO DEL CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

DAVID FRANCISCO LARA VÁSCONEZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2018

HOJA DE CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA, que el proyecto de investigación titulado: CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DEL BOSQUE SAN VICENTE DEL LA CURIA DIOCESANA DE RIOBAMBA, UBICADO EN LA PARROQUIA SAN ISIDRO DEL CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO, de responsabilidad del señor David Francisco Lara Vásquez, ha sido prolijamente revisado quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN



ing. Wilson Anselmo Yáñez García. Msc

Director

Fecha: 12-12-2018



ing. Hernán Eriberto Chamorro Sevilla. Msc

Asesor

Fecha: 12/12/2018

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, David Francisco Lara Vásquez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 25 de octubre del 2018



David Francisco Lara Vásquez

C.C.: 0604159012

AUTORÍA

La autoría del presente trabajo investigativo es de propiedad intelectual del autor y de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



David Francisco Lara Vásquez

CI: 0604159012

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios por haberme dado la fortaleza necesaria para culminar esta carrera.

A mis padres por su apoyo durante todo este lapso de estudio porque sin ellos no sería posible su culminación.

A mis hermanos, Omar, Ximena, Sulema, Luis, Ulises, Edison, Santiago, Diego, Álvaro y Victoria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por sus bendiciones derramadas durante mi vida.

A mis padres por haberme brindado la educación y hacer de mí un hombre de bien temeroso de Dios.

A mis hermanos por su respaldo absoluto.

A mis maestros por sus sabios consejos y enseñanzas.

A los amigos con los que he pasamos grandes momentos durante estos años de estudio.

LISTA DE CONTENIDO

LISTA DE CONTENIDO.....	i
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE ANEXOS	vii
I. CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DEL BOSQUE SAN VICENTE DE	1
LACURIA DIOCESANA DE RIOBAMBA, UBICADO EN LA PARROQUIA.....	1
SAN ISIDRO DEL CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.	1
II. INTRODUCCIÓN.....	1
A. JUSTIFICACIÓN	2
B. OBJETIVOS.....	2
1. Objetivo General	2
2. Objetivos Específicos.....	2
A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PARROQUIA SAN ISIDRO	3
B. DASOMETRÍA.....	3
1. Origen de la Dasometría	3
C. EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)	3
D. UNIDADES DE MEDICIÓN	5
E. EQUIVALENCIAS Y CONVERSIÓN DE UNIDADES.....	6
1. Equivalencias.....	7
F. MEDICIONES DASOMÉTRICAS.....	8
1. Medición del Diámetro	8
a. Importancia.....	8
b. Localización del Dap	8
c. Instrumentos	9
2. Medición de alturas	10
a. Importancia.....	10
b. Hipsometro Suunto	11
c. Diferentes tipos de alturas	11
d. Estimación del volumen de la madera	12
2. Fórmula de Donley.....	13
3. Árbol en pie.....	13

G. TIPOS DE ERRORES	14
a. Equivocaciones.....	14
b. Aleatorios.....	14
c. Sistemático	14
d. De muestreo	15
H. INVENTARIOS FORESTALES	15
a. Clasificación de los inventarios.....	15
1. Inventarios al cien por ciento	16
2. Inventarios por muestreo.....	16
b. De acuerdo al grado de detalle.....	17
1. Reconocimiento	17
2. Inventario exploratorio.....	17
3. Inventario semi-detallado.....	17
4. Inventario detallado.....	17
c. De acuerdo al grado de objetivo.....	18
1. Evaluación del potencial maderero	18
2. Planificación de la extracción	18
3. Evaluación para un plan de manejo	18
I. ELEMENTOS DE ESTADÍSTICA PARA INVENTARIOS FORESTALES	19
a. Media aritmética (X).....	19
b. Desviación estándar (S)	19
c. Coeficiente de variación (CV).....	19
d. Error estándar (Sx).....	20
Fuente: (INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, 2003)	20
J. DISEÑOS BÁSICOS DE MUESTREO	20
b. Sistemático	21
K. PARCELA	21
L. TAMAÑO DE LAS PARCELAS	21
a. Parcelas de Dimensiones Variables y Parcelas de Dimensiones Fijas.....	21
M. DESCRIPCIÓN Y ESTRATIFICACIÓN DEL ÁREA DEL INVENTARIO.....	22
N. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	22
O. GEORREFERENCIACIÓN	23
a. Geoide	23
b. Elipsoide	24

c. Datum.....	25
d. GPS (Sistema de Posicionamiento Global).....	25
e. Los SIG y su importancia en el campo forestal	26
IV. MATERIALES Y METODOS	27
A. CARACTERISTICAS DEL SITIO	27
1. Localización.....	27
2. Ubicación geográfica	27
3. Condiciones climatológicas	27
4. Ubicación Ecológica	27
5. Suelos.....	28
B. MATERIALES Y EQUIPOS.....	28
1. Materiales.....	28
2. Equipos	28
C. METODOLOGÍA	28
1. Realizar la zonificación del bosque mediante sensores remotos.	28
2. Inventariar el bosque San Vicente de la Curia Diocesana.	29
V. RESULTADOS	30
A. ZONIFICACIÓN DEL BOSQUE MEDIANTE SENSORES REMOTOS.....	30
1. Zonificación Biofísica del Área de Estudio	31
2. Zona de <i>Pinus radiata</i> D.Don (Pino).....	31
a. Primer bloque	31
b. Segundo bloque.....	32
c. Tercer bloque.....	32
d. Cuarto bloque	32
e. Quinto bloque	32
3. Zona de <i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw (Ciprés)	33
4. Zona de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill (Eucalipto).....	33
a. Primer bloque	33
b. Segundo bloque.....	33
5. Zona de conservación.....	34
6. Zona Aprovechada	34
B. INVENTARIO DEL BOSQUE SAN VICENTE (DE LA CURIA DIOCESANA)..	34
a. Inventario de especies de interés ecológico	34
<i>Geranium laxicaule</i> (Kunth)	35

b. Inventario de especies de interés maderable	36
1. Pre muestreo.....	36
2. Volumen de los cinco bloques de <i>Pinus radiata</i> (Pino).....	36
2.1. El muestreo del bloque 1 de <i>Pinus radiata</i> (Pino) presento los siguientes valores:	37
2.2. El muestreo del bloque 2 de <i>Pinus radiata</i> (Pino) presento los siguientes valores:	38
2.3. El muestreo del bloque 3 de <i>Pinus radiata</i> (Pino) presento los siguientes valores:	38
2.4. El muestreo del bloque 4 de <i>Pinus radiata</i> (Pino) presento los siguientes valores:	39
2.5.) El muestreo del bloque 5 de <i>Pinus radiata</i> (Pino) presento los siguientes valores:	39
c. Tabla de altura local.....	39
1. Alturas estimadas de los árboles de pino del bosque San Vicente.....	39
Regresión lineal de la altura estimada.....	41
2. Exactitud de la ecuación logarítmica de las alturas estimadas de la plantación de pino de la hacienda San Vicente	42
Regresión lineal del volumen estimado	46
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	50
VIII. RESUMEN.....	51
IX. SUMMARY	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localización del Dap. Fuente: (Encinas J., 2011).....	8
Figura 2: Cinta Métrica. Fuente: (https://es.wikipedia.org/wiki/Cinta)	9
Figura 3: Forcípula finlandesa. Fuente: http://repiica.iica.int/docs/B4179e/B4179e.pdf	10
Figura 4: Hipsómetro Suunto. Fuente: (Encinas, 2011)	11
Figura 5: Representación gráfica del geoide.	23
Figura 6: Tres superficies fundamentales: superficie real de la Tierra, geoide y elipsoide.....	23
Figura 7: Representación gráfica del elipsoide.....	24
Figura 8: Formulario Para Inventario Forestal	29
Figura 9: Mapa de Zonificación del Bosque San Vicente	30
Figura 10: Estimación de la altura	42
Figura 11: Estimación del volumen.....	46

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Unidades básicas del SI.....	4
Tabla 2:	Unidades derivadas del SI.....	4
Tabla 3:	Unidades de uso frecuente que no pertenecen al SI.....	5
Tabla 4:	Unidades de Longitud	5
Tabla 5:	Unidades de Superficie	6
Tabla 6:	Unidades de Volumen.....	6
Tabla 7:	Unidades generalmente usadas en Dasometría	6
Tabla 8:	Equivalencias	7
Tabla 9:	Equivalencias	7
Tabla 10:	Equivalencias	7
Tabla 11:	Clasificación de los inventarios de acuerdo a sus criterios.....	16
Tabla 12:	Premuestreo de 5 bloques de pino (<i>Pinus radiata</i>).....	36
Tabla 13:	Muestreo de cinco bloques de <i>Pinus radiata</i> (Pino)	37
Tabla 14:	Estimación de la altura mediante la fórmula logarítmica	40
Tabla 15:	Resumen del modelo	41
Tabla 16:	Exactitud de la ecuación logarítmica	43
Tabla 17:	Estimación del volumen mediante la ecuación de las variables combinadas para estimar el volumen	45
Tabla 18:	Regresión lineal del volumen estimado	46
Tabla 19:	Exactitud de la ecuación de las variables combinadas para estimar el volumen.....	47

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Georreferenciación del inventario forestal de interés económico	58
Anexo 2: Imágenes del Inventario forestal de interés ecológico	59
Anexo 3: Imágenes del Procesamiento de datos en el programa Excel.	61

I. CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DEL BOSQUE SAN VICENTE DE LACURIA DIOCESANA DE RIOBAMBA, UBICADO EN LA PARROQUIA SAN ISIDRO DEL CANTÓN GUANO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.

II. INTRODUCCIÓN

La Food and Agriculture Organization (2010), define como bosque a la tierra que se extiende por más de 0,5 hectáreas dotada de árboles de una altura superior a 5 metros una cubierta de dosel superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ, no incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano.

Basado en el Sistema Nacional de Áreas de Conservación SINAC (2014), se puede manifestar que el Inventario Nacional de Costa Rica tiene como objetivo general, “determinar las existencias, características y el estado de los recursos forestales del país como base para orientar el ordenamiento de las tierras forestales en la toma de decisiones para su manejo y administración”. Añade que se debe considerar como objetivo:

Determinar el área de cobertura forestal por tipos de bosque, el estado productivo por tipos de bosque (dendrometría, especies, abundancia, biomasa y las existencias de carbono relacionadas), calcular las tasas de recuperación, deforestación, degradación de los bosques, y generar un sistema de monitoreo e información para orientar el ordenamiento de tierras y bosques.

Según la FAO (2017), un inventario forestal consiste en la recolección sistemática de datos sobre los recursos forestales de una zona determinada, a la vez que este permite la evaluación del estado actual y sienta las bases del análisis y la planificación, que constituyen el punto de partida de una gestión forestal sostenible.

La FAO (2017), señala que para la realización de un inventario forestal se requiere de expertos en diferentes campos, como por ejemplo: muestreo, mapeo, tecnologías de la información, ciencias sociales, teledetección, medición y elaboración de modelos, a fin de evaluar las múltiples funciones que cumplen los bosques y los árboles.

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE (2002), manifiesta que para la ejecución de un inventario es importante tener claro cada actividad que se

debe realizar y con base en ellas y definiendo las bases de materiales, equipos personal y logística sin hacer a un lado las áreas cubiertas de bosque su tamaño y tipo de bosque.

A. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene como meta principal aportar elementos que permitan conocer el estado actual del bosque San Vicente de la Curia Diocesana mediante el análisis de sus características dasométricas, es decir el desarrollo diametral, en altura y volumen. Esta información servirá como una línea base para realizar un plan de manejo sostenible del bosque San Vicente, el cual ha sido objeto de un convenio interinstitucional entre la Diócesis de Riobamba y la ESPOCH, lo que permitirá el monitoreo permanente del mismo mediante la ejecución de trabajos de titulación y prácticas preprofesionales.

B. OBJETIVOS

1. Objetivo General

- Caracterizar dasométricamente el bosque San Vicente de la Curia Diocesana de Riobamba, ubicado en la parroquia San Isidro del cantón Guano, provincia de Chimborazo.

2. Objetivos Específicos

- Realizar la zonificación del bosque San Vicente de la Curia Diocesana
- Inventariar el bosque San Vicente de la Curia Diocesana.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PARROQUIA SAN ISIDRO

La parroquia San Isidro se encuentra ubicada en la sierra central del país, al noroeste de la Provincia de Chimborazo, perteneciente al cantón Guano, a 6 km de la ciudad de Guano y a 13 ½ Km de la ciudad de Riobamba, tiene una superficie de 78,46 km², su altitud oscila entre 2801 y 4329 m sobre el nivel del mar.

(GAD San Isidro de Patalú, 2015)

B. DASOMETRÍA

Según Encinas (2011) la palabra dasometría se deriva de los vocablos griegos "daso" = bosque y "metrum" = medida. Consecuentemente la dasometría trata de las mediciones o variables de medida en el bosque.

1. Origen de la Dasometría

Encinas (2011), manifiesta que la dasometría surgió cuando el hombre sintió la necesidad de estimar o determinar cuantitativamente lo que poseía en términos de recursos forestales, posiblemente en el siglo 13. Registros bibliográficos informan que en 1763 en Wernigerode (Alemania) fue creada la primera escuela técnica de operarios forestales y el inicio formal de la enseñanza forestal a nivel técnico tiene su inicio en 1787, también en Alemania en la Universidad de Freiburg.

C. EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)

Diéguez Aranda & et al, (2003), sostienen que con el objeto de garantizar la uniformidad y equivalencia en las mediciones así como para facilitar todas las actividades tecnológicas industriales y comerciales, diversas naciones suscribieron el Tratado de la Convención del Metro, en el que se adoptó el Sistema Internacional de Unidades (SI). Este tratado fue firmado en París por 17 países en 1875 para luego en 1960 darse la 11^o conferencia de pesas y medidas en París en donde se estableció definitivamente el Sistema

Internacional de Medidas (SI), basado en el metro, kilogramo, segundo, amperio, kelvin, candela mol.

Estas medidas pueden ser apreciadas en la Tabla 1

Tabla 1: Unidades básicas del SI

Magnitud física	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	amperio	A
Temperatura	kelvin	K
Intensidad luminosa	candela	cd
Cantidad de materia	mol	mol

Fuente: (Diéguez Aranda & et al, 2003)

A partir de estas siete unidades de base se establecen las demás unidades de uso práctico, conocidas como unidades derivadas, asociadas a magnitudes tales como superficie, volumen, velocidad, etc. (Diéguez Aranda & et al, 2003)

En la Tabla 2 se muestran varias de uso frecuente en el campo forestal

Tabla 2: Unidades derivadas del SI

Magnitud	Unidad	Símbolo
Ángulo plano	Radián	rad
Ángulo solido	Estereorradián	sr
Superficie	Metro cuadrado	m ²
Volumen	Metro cubico	m ³
Densidad	Kilogramo entre metro cubico	kg/m ³

Fuente: (Diéguez Aranda & et al, 2003)

En el campo forestal también se emplean algunas unidades no pertenecientes al SI; su uso es tan habitual y está tan extendido que no se considera incorrecto y es previsible que contiene de forma indefinida. (Diéguez Aranda & et al, 2003)

Estas unidades pueden ser apreciadas a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3: Unidades de uso frecuente que no pertenecen al SI

Magnitud	Unidad	Símbolo	Equivalencia SI
Angulo	grado	°	$1^\circ = (\pi/180)$ rad
	minuto	'	$1' = (1/60)^\circ = (\pi/10.800)$ rad
	segundo	''	$1'' = (1/60)' = (\pi/648.000)$ rad
Tiempo	minuto	min	1 min = 60 s
	hora	h	1 h = 60 min = 3600 s
	día	d	1d = 24 h = 84.000 s
Volumen	litro	L	1 L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
Masa	tonelada	t	1 t = 10 ³ kg
Superficie	hectárea	ha	1ha = 1hm ² = 10 ⁴ m ²

Fuente: (Diéguez Aranda & et al, 2003)

D. UNIDADES DE MEDICIÓN

De la Vega & et al (2010), manifiestan que en México, legalmente se establece el uso de unidades del sistema métrico decimal, y se reconoce que la unidad básica es el metro con múltiplos y submúltiplos. Sin embargo, en transacciones comerciales de madera son de uso cotidiano unidades del sistema inglés y también otras unidades de uso. Lo cual se identifica en las Tablas 4, 5, 6.

Tabla 4: Unidades de Longitud

Sistema métrico	Sistema inglés
Metro (m)	Pulgada (in)
Centímetro (cm)	Pie (ft)
Kilómetro (Km)	Yarda (yd)
	Cadena (ch)
	Milla (mi)

Fuente: (De la Vega, 2010)

Tabla 5: Unidades de Superficie

Sistema métrico	Sistema inglés
Centímetro cuadrado (cm ²)	Pulgada cuadrada (sq in)
Metro cuadrado (m ²)	Pie cuadrado (sq ft)
Hectárea (ha)	Acre (a)

Fuente: (De la Vega, 2010)

Tabla 6: Unidades de Volumen

Sistema métrico	Sistema inglés
Centímetro cúbico (cm ³)	Pulgada cúbica (cu in)
Metro cúbico (m ³)	Pie cúbico (cu ft)

Fuente: (De la Vega, 2010)

De la Vega (2010), manifiestan que para la medición de las diferentes dimensiones en dasometría generalmente se utilizan las unidades de la Tabla 7.

Tabla 7: Unidades generalmente usadas en Dasometría

Dimensiones	Sistema Métrico	Sistema Inglés
Diámetros y circunferencias	Centímetro (cm)	Pulgadas
Alturas	Metro (m)	Pies
Volúmenes	Metro cúbico (m ³)	Pies cúbicos
Superficies	Hectárea (ha)	Acre

Fuente: (De la Vega, 2010)

E. EQUIVALENCIAS Y CONVERSIÓN DE UNIDADES

Romahn de la Vega & et al, (2010), afirma que debido a que en el comercio de la madera se usan unidades inglesas, a que la mayoría de los textos especializados están en idioma inglés, y a que en México se deben usar unidades métricas, es importante conocer la equivalencia y la conversión de las unidades de medición más usuales; cómo podemos observar en las Tablas 8, 9, 10.

1. Equivalencias

Tabla 8: Equivalencias

Unidades de Longitud	
1 metro	39.3701 pulgadas
1 metro	3.2808 pies
1 metro	1.0936 yardas
1 pulgada	2.5400 centímetros
1 pie	12 pulgadas = 0.3048 m
1 cadena	66 pies = 20.1168 m
1 yarda	3 pies = 0.9144 m
1 milla	1,609.34 m
1 kilómetro	0.6213720 mi

Fuente: (De la Vega, 2010)

Tabla 9: Equivalencias

Unidad de Superficie	
1 metro cuadrado	10.7639 pies cuadrados
1 acre	0.4047 hectáreas
1 hectárea	2.4710 acres
1 centímetro cuadrado	0.1550 pulgadas cuadradas
1 kilómetro cuadrado	247.1044 acres
1 pie	0.0929 metros cuadrados

Fuente: (De la Vega, 2010)

Tabla 10: Equivalencias

Unidades de Volumen	
1 metro cúbico	35.3145 pies cúbicos
1 pie cúbico	0.0283 metros cúbicos

Fuente: (De la Vega, 2010)

F. MEDICIONES DASOMÉTRICAS

1. Medición del Diámetro

Según Ferreira (1995), la medición del diámetro es una medición directa y está normalizada su ubicación a 1,3 metros sobre el nivel del suelo y se llama DAP o Diámetro a la altura del pecho, también se le llama Diámetro Normal (DN). Se lo mide con corteza y se expresa en centímetros o pulgadas siendo la medición más importante en árboles en pie, ya que se relaciona con otras variables del árbol como la altura, diámetro sin corteza, volumen, edad, incremento etc.

a. Importancia

Los diámetros y circunferencias son medidas fundamentales en la dasometría. Sirven de base para las mediciones y estimaciones del área basal, volumen, crecimiento, clasificación del sitio, comparación de variables etc. (Encinas J, 1998)

b. Localización del Dap

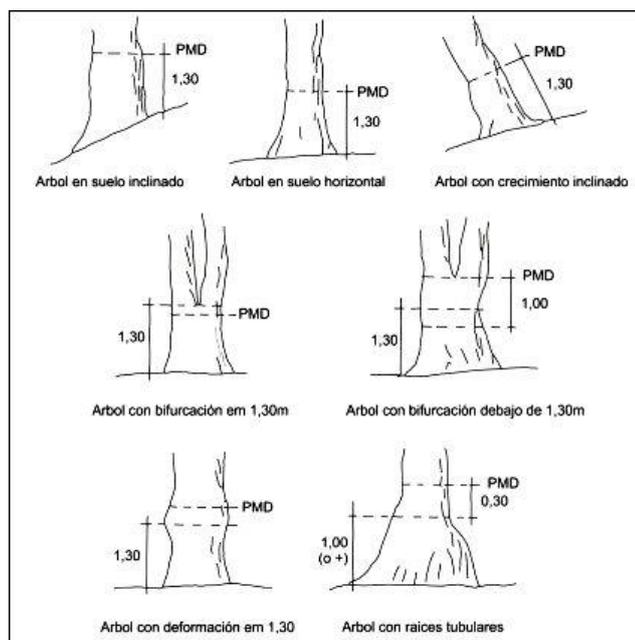


Figura 1: Localización del Dap.
Fuente: (Encinas J., 2011)

c. Instrumentos

1.) Cinta Métrica



Figura 2: Cinta Métrica.

Fuente: (<https://es.wikipedia.org/wiki/Cinta>)

Encimas J (1998), manifiesta que se puede utilizar cualquier cinta o trena graduada. Se recomienda usar unidades métricas (divididas en unidades de centímetros). Es común encontrar cintas con unidades inglesas (pulgadas, pies), que precisarán ser transformadas a las unidades métricas. Existe en el mercado la cinta métrica de costurero, instrumento barato y de fácil manipulación. Estas cintas son normalmente de material plástico y tienen una longitud de 150 centímetros, consecuentemente el diámetro máximo a ser medido con esas cintas será de 47 centímetros. Además de esas cintas es posible encontrar cintas o huinchas de 2, 5, 10, 15 hasta 50 metros de longitud.

Para Roundeux (2010), la fórmula para calcular diámetros a través de la cinta se resume en:

$$D = c / \pi$$

Donde:

D = Diámetro

C = Longitud de la cinta

$\Pi = 3,1416$

2.) Forcípula finlandesa

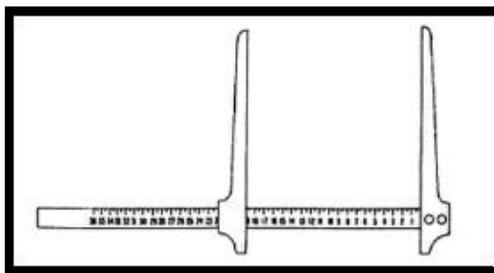


Figura 3: Forcípula finlandesa.

Fuente: <http://repiica.iica.int/docs/B4179e/B4179e.pdf>

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA (1997), manifiesta que la forcípula finlandesa, consiste en un brazo recto y otro parabólico, graduado de forma tal que el diámetro se pueda leer directamente en el punto de contacto con el árbol.

Según el IICA (1997), la forcípula debe cumplir las siguientes condiciones:

- Ser recta, suficientemente larga y estable, con una graduación precisa y legible.
- Los brazos deben estar en plano, ser perpendiculares a la barra y paralelos entre sí.
- El movimiento del brazo debe realizarse con facilidad, pero en ningún caso debe estar suelto.

2. Medición de alturas

El IICA (1997), menciona que dada la dificultad de emplear instrumentos de contacto o de medición directa como reglas o varas cuando la altura sobrepasa los 8 a 10 metros, se usan en general instrumentos de tipo óptico basados en principios geométricos y trigonométricos.

a. **Importancia**

La altura del árbol es una importante variable dendrométrica, necesaria para estimar junto con el diámetro, fundamentalmente el volumen de madera del árbol y sus componentes. También es imprescindible para la interpretación del proceso de crecimiento e incremento

volumétrico ofreciendo importante subsidio a la clasificación de sitios. Por la variable altura se podrá indicar la calidad del local de crecimiento cuándo fuese analizada en conjunto con la edad de los árboles. (Encinas, 2011)

b. Hipsómetro Suunto



Figura 4: Hipsómetro Suunto.

Fuente: (Encinas, 2011)

Ferreira (1995), señala que el hipsómetro Suunto es una caja de aluminio de pequeña dimensión (7.4 x 5.2 x 1.5 cm) por lo tanto fácil de transportar en el bolsillo. En el interior se observa dos escalas graduadas donde se desliza un líquido que amortigua las vibraciones para permitir una lectura exacta. La escala de la izquierda se utiliza para una distancia base de 20 metros y la de la derecha para 15 metros. Se puede usar también para escala de 30 duplicando la lectura de 15 metros y para 40 metros duplicando la lectura de 20 metros.

c. Diferentes tipos de alturas

1. **Altura Total.-** la Corporación Autónoma Regional del Risaralda (CARDER et al, 2013), manifiesta que la altura total se es la diferencia de nivel entre la base del árbol y el ápice.
2. **Altura Comercial.-** longitud del fuste que puede ser aprovechado comercialmente (CARDER et al, 2013)
3. **Altura Maderable o Altura del Fuste.-** distancia vertical que separa el nivel del suelo de un nivel que corresponde generalmente a un punto de intersección de la primera rama gruesa o, idealmente, a un límite fijo en grosor. (Roundeux, 2010)

d. Estimación del volumen de la madera

Según Roundeux (2010), si estamos interesados en la materia leñosa, muy especialmente en un contexto cuantitativo, la dendrometría es una característica fundamental en el plano de estimación en valor y operaciones de comercialización de la madera gracias a la determinación del volumen de esta.

Fórmulas para cubicar madera

1. Fórmula de Smalian

Antes de aplicar la fórmula de Smalian debemos saber que el diámetro promedio de la troza (Dx) es igual a la suma del diámetro mayor, más el diámetro menor, dividido entre dos.



$$Dx = \frac{(DM + Dm)}{2}$$

Donde:

DM = Diámetro mayor de la troza

Dm = Diámetro menor de la troza

Fórmula de Smalian:

Es una fórmula elaborada por el señor Smalian y utiliza los centímetros y el metro por lo tanto el resultado será en m³ rollizos. A continuación su explicación:

$$V = \frac{3.1416 (Dx)^2 L}{4}$$

Dónde:

V = Volumen en m³

L = Largo de la troza en metros

Dx = Diámetro promedio de la troza en metros

(Proyecto Espacial Alto Mayo & et al, 2015)

2. Fórmula de Donley

Esta tabla de cubicación es la más usada y fue confeccionada por el Señor Donley, utiliza el sistema métrico inglés con las unidades en pie y pulgadas, por lo tanto el resultado de esta fórmula es en pies tablares. La fórmula es la siguiente:

$$V = \frac{(D \text{ menor} - 4)^2 \times L}{16}$$

Dónde:

V = Volumen en pies tablares

D menor = Diámetro menor en pulgadas

L = Largo de la troza en pies

- La medición del diámetro menor de la troza debe de tener el descuento respectivo del espesor de la corteza.

- La medición del largo de la troza deberá de tener el descuento por despunte respectivo.

(PEAM & et al, 2015)

3. Árbol en pie

Este caso se da cuando el árbol aún se encuentra en pie. Entonces se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = \frac{3.1416 \times (Dap)^2 \times h \times f}{4}$$

Donde:

V = Volumen de la madera en metros cúbicos

Dap = Diámetro del árbol a la altura del pecho en metros

Hc = Altura comercial del árbol en metros

f = Factor de forma = 0.5

(PEAM & et al, 2015)

G. TIPOS DE ERRORES

Los errores se pueden clasificar en cuatro grupos: equivocaciones, errores aleatorios, errores sistemáticos y errores de muestreo. (Diéguez Aranda & et al, 2003).

a. Equivocaciones

Son errores causados directamente por el factor humano, por ejemplo al realizar una lectura incorrecta, emplear un instrumento inadecuado, anotar una cantidad diferente a la medida o cometer un error en los cálculos aritméticos. (Diéguez Aranda & et al, 2003)

b. Aleatorios

Son errores que varían en tamaño y signo y que se producen al leer las escalas de instrumentos en diferentes períodos de tiempo del día, cansancio del personal, etc. (CATIE, 2002)

c. Sistemático

Diéguez Aranda & et al (2003), manifiestan que este tipo de errores se cometen siempre exceso o siempre por defecto respecto a la medida real por lo que se supone la existencia de un sesgo en las mediciones. Se trata de errores que no se compensan entre sí aunque se eleve el número de repeticiones de una medición.

1. Causas más comunes de los errores sistemáticos:

- Aparatos de medida mal calibrados
- Imprecisiones en el método de seleccionar la muestra
- Incumplimiento de las hipótesis asumidas para la aplicación de los métodos de medición o de muestro

(Diéguez Aranda & et al, 2003)

d. De muestreo

El CATIE (2002), indica que en inventarios forestales se conoce como error de muestreo absoluto (E) al resultado de multiplicar el error estándar y de confiabilidad. El valor del error de muestreo depende del error de significancia (α) escogido para determinar el coeficiente de confiabilidad. A medida que el nivel de significancia aumenta, el nivel de confiabilidad ($1 - \alpha$) disminuye, pero también disminuye el error de muestreo.

Según el CATIE (2002), el error de muestreo también puede expresarse en forma relativa como un porcentaje de error (E%), el cual se calcula dividiendo el error de muestreo absoluto entre el valor de la estimación puntual. En el caso de la estimación de la medida poblacional (μ), a través de la media muestral (Y) calculando en un muestreo simple aleatorio, el error de muestreo absoluto (E) y el relativo (E%), calculados a un nivel de confiabilidad ($1 - \alpha$) se calculan de la siguiente forma:

$$E_{(1 - \alpha)} = S_y * t_{\alpha/2, n-1}$$

$$E\%_{(1 - \alpha)} = \frac{E_{(1 - \alpha)}}{y} * 100$$

Fuente: (CATIE, 2002)

H. INVENTARIOS FORESTALES

La literatura clásica define un inventario forestal como un procedimiento que permite recopilar eficientemente información del área, localización, cantidad, calidad, y crecimiento de los recursos maderables de un bosque. (CATIE, 2002)

a. Clasificación de los inventarios

Según el Instituto Nacional de Recursos Naturales - Centro Internacional de Investigación Forestal - Fondo de Promoción de Desarrollo Forestal en el Perú INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, (2003), manifiestan que existen muchas clasificaciones diferentes de acuerdo a los criterios que se mostrara en la Tabla 11.

Tabla 11: Clasificación de los inventarios de acuerdo a sus criterios

Criterios	Tipo
Método estadístico	Cien por ciento
	Muestreo
	Reconocimiento
Grado de detalle	Inventario exploratorio
	Inventario semi - detallado
	Inventario detallado
	Evaluación del potencial maderero
	Planificación de la extracción
Objetivo	Evaluación de un plan de manejo
	Evaluación de la dinámica del bosque
	Definición de la necesidad de aplicación de un tratamiento silvícola

Fuente: (IRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, 2003)

1. Inventarios al cien por ciento

Este tipo de inventario recibe también el nombre de censo o inventario pie a pie se utiliza comúnmente en bosques naturales tropicales en la planificación del aprovechamiento; obteniendo como producto un mapa con la distribución espacial de las especies en el área y las características del terreno, optimizando la planificación de caminos, lo que redundará en una reducción de costos en maquinaria y una disminución en la intensidad de daños al bosque residual. (CATIE, 1994)

2. Inventarios por muestreo

Este tipo de inventario es el que se utiliza para la elaboración de Planes de Manejo. Consiste en la evaluación de una pequeña muestra bien distribuida y representativa del bosque e inferir sus resultados sobre la población. Los inventarios por muestreo permiten un considerable ahorro de tiempo, esfuerzo y dinero, no obstante están afectados por un error de muestreo. (INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, 2003)

b. De acuerdo al grado de detalle

1. Reconocimiento

Consiste en una evaluación rápida del potencial forestal de una determinada superficie, con el fin de clasificarla “a priori” apta o no para ciertas actividades económicas. No requiere de datos cuantitativos precisos sino de órdenes de magnitud, tampoco es importante el error estadístico. Su ejecución en el juzgamiento rápido del área en el que la experiencia profesional juega un rol muy importante. Metodológicamente se puede realizar mediante un reconocimiento aéreo de la zona o un simple recorrido o sondeo por el área. (CATIE, 1994)

2. Inventario exploratorio

Ese tipo de inventario requiere de un muestreo de campo con el fin de obtener información cuali-cuantitativo del recurso forestal. El error de muestreo puede variar entre 15 y 20% con respecto a la media del volumen total, a un 95% de confianza. En muchos países del trópico americano las normas nacionales exigen este rango de error máximo de muestreo para la elaboración de planes de manejo. (CATIE, 1994)

3. Inventario semi-detallado

Este tipo de inventario permite tener más información y de mayor confiabilidad, como para garantizar la confiabilidad de un complejo industrial. Se ajusta a estudios de pre-factibilidad, siendo el error de muestreo permisible de hasta 15% sobre la medida de volumen. (CATIE, 1994)

4. Inventario detallado

Es el de mayor nivel de confiabilidad estadística y se ajusta a estudios de factibilidad. El error de muestreo no debe ser mayor al 5-10%. (INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, 2003)

c. De acuerdo al grado de objetivo

1. Evaluación del potencial maderero

Tienen como objetivo hacer una evaluación rápida del bosque con el fin de conocer la disponibilidad volumétrica actual, puede ser sobre el volumen total de todas las especies o sobre determinadas especies de acuerdo a su uso. (CATIE, 1994)

2. Planificación de la extracción

Es un inventario complejo, pues además de conocer el stock volumétrico exige el reconocimiento de las características del área con fines de extracción. (CATIE, 1994)

3. Evaluación para un plan de manejo

En este tipo de inventario no solo importa el volumen de las especies comerciales, sino también la distribución por clase diamétrica del número de árboles, área basal y volumen total de todas las especies a partir de clases diamétricas menores. No hay que perder de vista que el inventario para planes de manejo deben brindar información por lo menos para un ciclo de corta y que el mercado de especies maderables es muy dinámico. (INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, 2003)

4. Evaluación de la dinámica del bosque

Este tipo de inventario se realiza en parcelas permanentes de muestreo (PPM) en donde el objetivo es evaluar los procesos dinámicos que ocurren en el bosque; es decir el crecimiento, la mortalidad natural y el reclutamiento de nuevas especies, a partir de un diámetro establecido. (CATIE, 1994)

5. Definición de la necesidad de aplicación de un tratamiento silvícola

Existen muchos tipos de muestreos que pueden ayudar a definir la necesidad o no aplicación de un tratamiento silvicultural. Entre los principales muestreos se tienen el

muestreo diagnóstico, muestreo de remanencia y muestreo silvicultural, entre otros. (INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, 2003)

I. ELEMENTOS DE ESTADÍSTICA PARA INVENTARIOS FORESTALES

a. Media aritmética (X)

Es una medida de tendencia central, y se define como:

$$X = \frac{\sum xi}{n}$$

Fuente: (IRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, 2003)

Donde:

Xi = valor observado de unidad i-ésima de la muestra.

n = número de unidades de la muestra (tamaño de muestra).

Fuente: (INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, 2003)

b. Desviación estándar (S)

El proyecto INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, (2003) manifiesta que la desviación estándar (S), es una medida que caracteriza la dispersión de los individuos con respecto a la media.

$$S = \sqrt{\frac{\sum xi^2 - (\sum xi)^2/n}{n - 1}}$$

Fuente: (IRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, (2003)

c. Coeficiente de variación (CV)

El proyecto INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, (2003) indica que el coeficiente de variación (CV) es una medida que expresa la desviación estándar como un porcentaje de la media.

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

Fuente: IRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, (2003)

d. Error estándar (Sx)

El proyecto INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, (2003) manifiesta que a diferencia de la desviación estándar que mide el promedio de las desviaciones de las observaciones individuales respecto de la media muestral, el error estándar mide el desvío de las medias muestrales respecto de la media poblacional.

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n(1 - n/N)}}$$

Fuente: IRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, (2003)

Donde:

S = desviación estándar

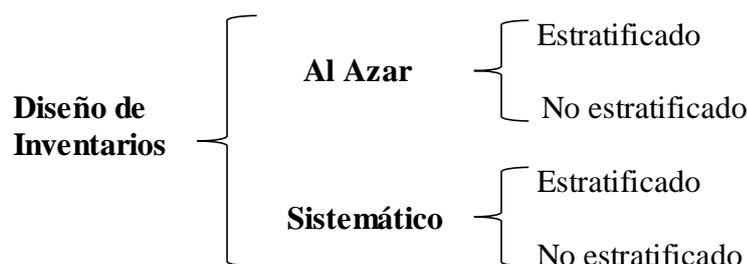
n = tamaño de la muestra (número de unidades muestrales)

N = tamaño de la población (expresada en parcelas)

Fuente: (INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE, 2003)

J. DISEÑOS BÁSICOS DE MUESTREO

Los principales diseños utilizados en la ejecución de inventarios forestales son el muestreo al azar y el sistemático, ambos pueden o no estratificarse. (FAO, 1966)



Fuente: (INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE,(2003)

a. Al azar

Según la FAO (1966), una muestra de objetos de una población se llama al azar cuando todos los miembros de la población tienen igual oportunidad de aparecer en la muestra.

b. Sistemático

El CATIE, (1996), manifiesta que el muestreo sistemático es el método más aplicado en los inventarios para la elaboración de planes de manejo en bosques tropicales, consiste en tomar las muestras, es decir las parcelas en secuencia sistemática, a distancias iguales.

K. PARCELA

Es una unidad que se caracteriza por su poca extensión menor a 1 ha. Es la parte mínima del monte con calidad de estación semejante, considerada como unidad productiva permanente, empleándose en bosques ordenados bajo manejo intensivo, a si tenemos:

- Parcelas de dimensiones variables.
- Parcelas de dimensiones fijas

Fuente: (Malleux O, 2011)

L. TAMAÑO DE LAS PARCELAS

Según el CATIE (1996), en Petén, como en la mayoría de las regiones o zonas que aun cuentan con grandes superficies de bosque tropical latifoliado, es costumbre utilizar unidades de muestreo de una hectárea durante el levantamiento de inventarios forestales.

a. Parcelas de Dimensiones Variables y Parcelas de Dimensiones Fijas

1. Parcelas de Dimensiones Variables

Las parcelas de dimensiones fijas pueden ser circulares, rectangulares o cuadradas. Las parcelas circulares son las más usadas en la práctica, ya que dan la misma relación entre circunferencia y superficie, minimizando errores de borde. Las parcelas rectangulares y

cuadradas, se utilizan generalmente en trabajos de investigación, sobre todo si hay ensayos en bloques en diferentes tratamientos silviculturales. El tamaño de parcela más usado para bosques es de 1000 m² (0.1 ha), o 500 m² (0.05 ha), dependiendo de la densidad y la edad. Para bosques jóvenes y densos, es conveniente usar parcelas pequeñas; y para bosques más viejos y ralos, usar parcelas grandes. Se recomienda como regla práctica, que el tamaño tal que incluya 20 o 30 árboles medibles. (Ferreira R. 1994)

2. Parcelas de Dimensiones Fijas

Las parcelas de dimensiones fijas son las que ocupan áreas determinadas por la forma de figuras geométricas regulares. (Malleux O, 2011)

M. DESCRIPCIÓN Y ESTRATIFICACIÓN DEL ÁREA DEL INVENTARIO

Antes de realizar el inventario es necesario obtener una idea bastante precisa del área. Esto se puede lograr mediante revisión de material bibliográfico y cartográfico y un reconocimiento del sitio, reconociendo las áreas con o sin bosque a la vez diferenciando los bosques de producción (área efectiva de manejo) y de protección (CATIE, 1996)

N. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Un SIG es un sistema que integra tecnología informática, personas e información geográfica, y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados, (Oyala, 2014)

El Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales ERSI (2014), cita como primer equipo SIG en el mundo el Canadian Geographical Information System (CGIS) el cual fue creado en 1964 para realizar el inventario y planeamiento de la ocupación del suelo en grandes zonas del país norteamericano. El servicio fue creado por el Departamento de Agricultura de Canadá con hardware de IBM, y en su elaboración tuvo un papel determinante Roger Tomlinson.

O. GEORREFERENCIACIÓN

La georreferenciación es la definición de posición o localización de un objeto en un sistema de coordenadas y Datum determinado, usado en los Sistemas de Información Geográfica - SIG. Esta es una definición técnica, que establece la relación que existe entre un espacio físico real y el mapa que lo representa sobre una proyección geográfica. (Perut, 2008)

a. Geoide

Según Oyala (2014), el geoide es la otra superficie de referencia, definida como la superficie tridimensional en cuyos puntos la atracción gravitatoria es constante. Se trata de una superficie equipotencial que resulta de suponer los océanos en reposo y a un nivel medio (el nivel es en realidad variable como consecuencia de las mareas, corrientes y otros fenómenos) y prolongar estos por debajo de la superficie terrestre. El geoide no es, sin embargo, una superficie regular y presenta protuberancias y depresiones que lo diferencian, como puede observarse en la figura 5.

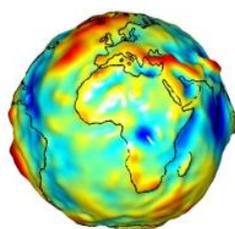


Figura 5: Representación gráfica del geoide.

Fuente: Misión GRACE (NASA)

La figura 6 muestra una comparación esquemática entre las tres superficies: superficie real de la Tierra, geoide y elipsoide. (Oyala, 2014)

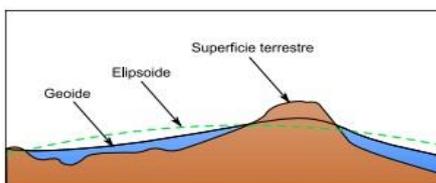


Figura 6: Tres superficies fundamentales: superficie real de la Tierra, geoide y elipsoide.

Fuente: (Adaptado de Wikipedia)

b. Elipsoide

Es la figura geométrica generada por la rotación alrededor de su eje menor. Es la forma geométrica que mejor se adapta a la forma real de la Tierra porque es achatada en los polos y abultada cerca del ecuador (plano ecuatorial). (Puerta Tuesta & Rengifo Trigozo, 2011).

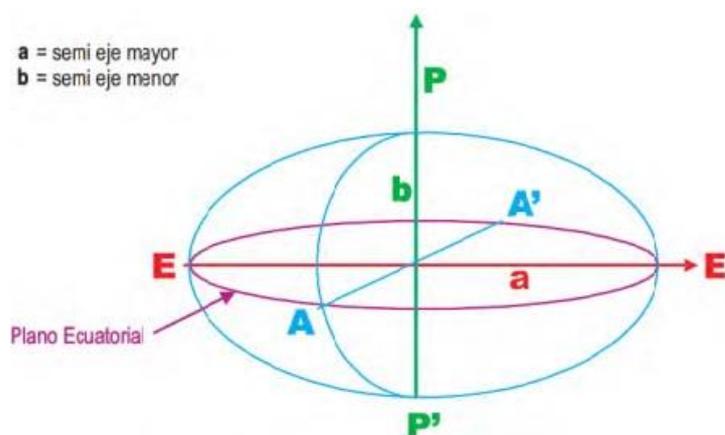


Figura 7: Representación gráfica del elipsoide.

Fuente: (Puerta Tuesta & Rengifo Trigozo, 2011)

Según Oyala (2014), los elipsoides que han sido utilizados a través del tiempo son:

- Australian National
- Bessel 1841
- Clarke 1866
- Clarke 1880
- Everest 1956
- Fischer 1968
- GRS 1980
- International 1924 (Hayford)
- SGS 85
- South American 1969
- WGS 72
- WGS 84

El elipsoide WGS-84 es muy empleado en la actualidad, pues es el utilizado por el sistema GPS. (Oyala, 2014)

c. Datum

Según Puerta Tuesta & Rengifo Trigozo (2011), un Datum se refiere a puntos de coincidencia del Geoide con el Elipsoide.

d. GPS (Sistema de Posicionamiento Global)

La implementación del programa NAVSTAR, GPS (Navigation System Timing And Ranging, Global Positioning System) fue efectivamente iniciada en diciembre de 1973. El 22 de febrero de 1978 fue lanzado el primer satélite de una serie de cuatro. (Huerta & Mangiaterra, 2005)

La responsabilidad del desarrollo y mantenimiento del GPS recae en el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, División Sistema Espacial. Esa dependencia se debía a que el sistema fue concebido, igual que el sistema Transit, para uso militar. (Huerta & Mangiaterra, 2005)

El GPS es un sistema que tiene como objetivo la determinación de las coordenadas espaciales de puntos respecto de un sistema de referencia mundial. Los puntos pueden estar ubicados en cualquier lugar del planeta, pueden permanecer estáticos o en movimiento y las observaciones pueden realizarse en cualquier momento del día. (Huerta & Mangiaterra, 2005)

A fines de 1993 cuando fue completada la constelación de satélites del sistema sus características eran las siguientes:

- Compuesta por 24 satélites.
- Los satélites se ubicaron en 6 órbitas planas prácticamente circulares, con inclinación de 55° respecto al plano del Ecuador y con una distribución aproximadamente uniforme; con 4 satélites en cada órbita.

- Se encuentran aproximadamente a 20180 km de altura.
- Tienen 12 horas de período de rotación (en tiempo sidéreo) u 11 horas y 58 minutos (en tiempo oficial).
- También hay satélites en órbita que se encuentran desactivados y disponibles como reemplazo.
- Con la constelación completa, se dispone, en cualquier punto y momento, entre 5 y 11 satélites observables, con geometría favorable.
- El tiempo máximo de observación de un satélite es de hasta 4 horas 15 minutos. Con la incorporación de los satélites de los Bloques IIR y IIF la constelación tuvo a principios del año 2005 29 satélites se encontraban en órbita.

(Huerta & Mangiaterra, 2005)

e. Los SIG y su importancia en el campo forestal

Según la FAO (1997), un SIG es un sistema informático diseñado para organizar, almacenar, recuperar, analizar, mostrar y publicar datos referenciados, su capacidad va mucho más allá, como realizar mapas que representan las clases de madera, suelo y relieve además nos permite la estimación de biomasa en los bosques y es de gran ayuda en el ordenamiento forestal, incendios forestales entre otros.

IV. MATERIALES Y METODOS

A. CARACTERISTICAS DEL SITIO

1. Localización

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el bosque San Vicente, parroquia San Isidro del cantón Guano, el cual pertenece a la Curia Diocesana de Riobamba.

2. Ubicación geográfica

Coordenadas proyectadas WGS 1984 UTM Zona 17S:

Latitud: 755005

Longitud: 9828065

Altitud: 3091 m.s.n.m.

3. Condiciones climatológicas

De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia San Isidro de Patulú (2015), las variables climáticas se dividen en dos para la zona helada (3500-5000m) y la zona fría (2000 – 3500m), la cual es la que nos interesa.

Temperatura: 2 a 13 °C

Precipitación anual: 800 a 600 mm

4. Ubicación Ecológica

Según el MAE (2017), la hacienda San Vicente pertenece a un bosque húmedo Montano (bhM).

5. Suelos

Según el GAD San Isidro de Patalú (2015), los suelos son Inceptisoles o Entisoles, los cuales se caracterizan por su estado de desarrollo no avanzado y poca fertilidad. Para la producción agrícola estos suelos requieren la utilización amplia de fertilizantes. Además falta destacar que en el 22,67% del territorio no se muestra la presencia de suelos debido a erosión.

B. MATERIALES Y EQUIPOS

1. Materiales

Botas de campo, lápiz, libreta de campo, poncho de aguas, plano del bosque, piola nylon, cartón.

2. Equipos

Flexómetro, clinómetro, tijera de podar, cámara fotográfica, GPS, computadora, calculadora, programa QGIS, forcípula.

C. METODOLOGÍA

Para la caracterización dasométrica del bosque San Vicente de la Curia Diocesana, ubicado en el cantón Guano parroquia San Isidro, Provincia de Chimborazo se propone la siguiente metodología para cumplir con los objetivos planteados:

1. Realizar la zonificación del bosque mediante sensores remotos.

Mediante la ayuda de las herramientas SIG se delimitó el bosque San Vicente de la Curia Diocesana la cual será la zona de investigación, a su vez en esta se realizó una zonificación según su vegetación.

2. Inventariar el bosque San Vicente de la Curia Diocesana.

Para identificación de las especies forestales de interés ecológico, se procedió mediante un censo del área de interés según el protocolo del herbario de la ESPOCH.

- Recolección de ejemplares botánicos
- Secado de ejemplares botánicos
- Consulta de bibliografía especializada
- Identificación de muestras

Para el inventario de especies comerciales se realizó un muestreo sistemático con parcelas circulares de 250 m² del bosque, posterior a un muestreo exploratorio para determinar la variabilidad de la población y establecer:

- Superficie por tipo de bosque
- Tamaño de la muestra
- Media muestral
- Error de muestreo
- Límites de confianza
- Tabla de altura local
- Tabla local de volumen
- Número de árboles por hectárea
- Volumen de madera por bloque y por hectárea

Para la recolección de información se utilizó el siguiente formato:

Figura 8: Formulario Para el Inventario Forestal

Parcela N^a _____ Radio _____ Especie _____		
Coordenadas x _____ y _____		
N^a. árbol	diámetro	altura
1		
2		
3		
4		
5		

Elaboración: Lara D. 20

V. RESULTADOS

A. ZONIFICACIÓN DEL BOSQUE MEDIANTE SENSORES REMOTOS.

Se procedió a ejecutar la zonificación del bosque San Vicente de la Curia Diocesana de Riobamba, en donde se realizaron recorridos de campo en el área de estudio tomando puntos con la ayuda del GPS, luego se descargó el programa QGIS con el cual se georeferenció la zona de estudio y se realizó la zonificación del bosque.

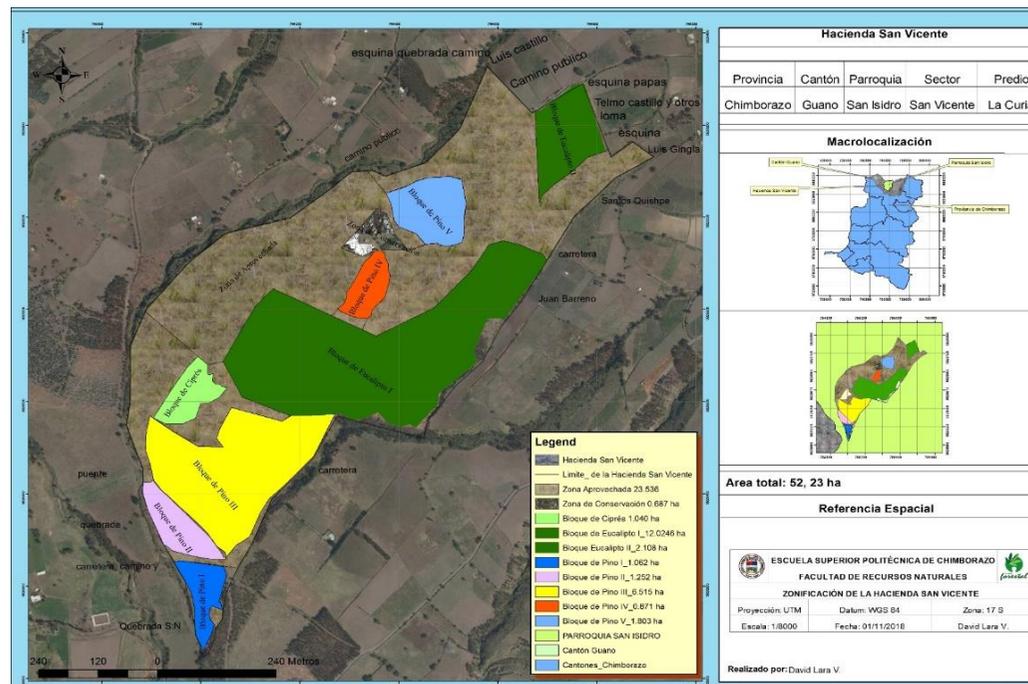


Figura 9: Mapa de Zonificación del Bosque San Vicente

La zona de estudio, presenta una extensión de 52,23 ha está situada en el barrio Pulug perteneciente a la parroquia San Isidro del cantón Guano, y se encuentra ubicada en los puntos x: 760962 y: 9814232, limita al norte con la provincia de Tungurahua al sur con las parroquias San Andrés y el Cantón Guano, al este con las parroquias de Santa Fe de Galán, Ilapo, Valparaíso y el cantón Guano y al Oeste con la parroquia San Andrés.

1. Zonificación Biofísica del Área de Estudio

Por observación directa el predio fue zonificado en 5 zonas; la primera conformada por 5 bloques de plantaciones de *Pinus radiata* D.Don (Pino), la segunda por un bloque de *Cupressus macrocarpa* Hartw. (Ciprés), la tercera por dos bloques de *Eucalyptus globulus* Labill, (Eucalipto), la cuarta por una zona de conservación conformada por especies nativas y exóticas, y la quinta que está conformada por la zona aprovechada. Al adicionar toda esta información en el programa QGIS se pudo obtener el mapa de zonificación del Bosque de la hacienda San Vicente de la Curia Diocesana de Riobamba.

2. Zona de *Pinus radiata* D.Don (Pino)

Esta zona se encuentra dividida en cinco bloques de pino de diferente extensión, cada uno de los cuales se encuentran en diferentes puntos de la hacienda San Vicente, se caracterizan por ser coetáneo con diámetros y alturas irregulares ubicados a diferentes pisos altitudinales, con diámetros medios de 16 cm y alturas promedios de 12,53 m y poseer según la Diócesis de Riobamba una edad de 8 años.

a. Primer bloque

Esta zona, está conformado por una plantación de árboles de *Pinus radiata* D.Don (Pino) la cual se encuentran a 3176 msnm, ubicado en los puntos x: 760962 y: 9814232 cubriendo una extensión de 1,062 ha abarcando el 2,03 % de la extensión total de la hacienda San Vicente, esta plantación se caracteriza por poseer una edad de ocho años según información directa de la Diócesis de Riobamba, el DAP varía de 10 cm a 19,4 cm, y alturas aproximadas de 11,54 m, con un volumen de madera de 156.66 m³.

b. Segundo bloque

El segundo bloque está conformado por una plantación de *Pinus radiata* D.Don (Pino) la cual se encuentran a 3185 msnm, ubicado en los puntos x: 755053 y: 9828258 cubriendo una extensión de 1,252 ha, abarcando el 2,39 % de la extensión total de la hacienda San Vicente, esta plantación se caracteriza por poseer una edad de 8 años según información directa de la Diócesis de Riobamba, el DAP varía de 10 cm a 24,5 cm, y alturas aproximadas de 12,48 m con un volumen de madera de 201.43 m³.

c. Tercer bloque

El Tercer bloque está conformado por una plantación de *Pinus radiata* D.Don (Pino) la cual se encuentran a 3185 msnm, ubicado en los puntos x: 755051 y: 9828264 cubriendo una extensión de 6,515 ha abarcando el 12,47 % de la extensión total de la hacienda San Vicente, esta plantación se caracteriza por poseer grandes espaciamientos de árbol a árbol debido a que una parte del bloque a ha sido aprovechada y otra ha sido víctima de un incendio forestal, además según la Diócesis de Riobamba posee una edad de 8 años, con un DAP que varía de 10 cm a 28,01 cm y una alturas aproximadas de 12,96 m con una cantidad de madera de 767.92 m³.

d. Cuarto bloque

El cuarto bloque está conformado por una plantación de *Pinus radiata* D.Don (Pino) la cual que se encuentra a 3239 msnm, ubicado en los puntos x: 755339 y: 9828784 cubriendo una extensión de 0,871 ha, abarcando el 1,66 % de la extensión total de la hacienda San Vicente, según la Diócesis de Riobamba este bloque se caracteriza por poseer una edad de 8 años con DAP que varían de 10 cm a 24,4 cm y una altura aproximada que logran alcanzar los 14,94 m con una cantidad de 161.69 m³.

e. Quinto bloque

El quinto bloque está conformado por una plantación de *Pinus radiata* D.Don (Pino) la cual se encuentran a 3286 msnm, ubicado en los puntos x: 755484 y: 9828939 cubriendo una extensión de 1,803 ha abarcando el 3,45 % de la extensión total de la hacienda San Vicente, según la Diócesis de Riobamba este bloque se caracteriza por poseer una edad

de 8 años según la Diócesis de Riobamba, con un DAP que varía de 10 cm a 23 cm y una altura aproximada que logran alcanzar los 12,26 m con una cantidad de aprovechamiento de 356.88 m³.

3. Zona de *Cupressus macrocarpa* Hartw (Ciprés)

Esta zona está conformada por una plantación de *Cupressus macrocarpa* Hartw (Ciprés) la cual se encuentran a 3191 msnm, ubicado en los puntos x: 754901 y: 9828565 cubriendo una extensión de 1,040 ha abarcando el 2,029 % de la extensión total de la hacienda San Vicente, esta zona se caracteriza por ser una plantación no manejada donde es difícil su ingreso debido a la cercanía existente de árbol a árbol, esta plantación según la Diócesis de Riobamba posee una edad de 8 años, con un DAP de 10,8 cm a 16 cm y una altura aproximada que alcanza los 11,47 m con un volumen de aprovechamiento de 34, 029 m³ calculado mediante un censo realizado a 300 árboles de esta especie.

4. Zona de *Eucalyptus globulus* Labill (Eucalipto)

Esta zona está conformada por dos bloques de *Eucalyptus globulus* Labill (Eucalipto) las cuales en su mayoría son rebrotes que no superan los 10 cm de DAP con una edad aproximada de tres años según la Diócesis de Riobamba es por eso que no serán tomados en cuenta para el inventario de aprovechamiento comercial.

a. Primer bloque

Este bloque está conformado por una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill (Eucalipto), se encuentran a 3231 msnm, ubicado en los puntos x: 755646 y: 9828940 la cual cubre una extensión de 12.246 ha, abarcando el 24,77 % de la extensión total de la hacienda San Vicente, con una edad aproximada de 3 años según la Diócesis de Riobamba.

b. Segundo bloque

Este bloque está conformado por una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill (Eucalipto), se encuentran a 3331 msnm, ubicado en los puntos x: 755675 y: 9829230 la cual cubre una extensión de 2,108 ha abarcando el 4% de la extensión total de la

hacienda San Vicente, con una edad aproximada de 3 años según la Diócesis de Riobamba.

5. Zona de conservación

Se encuentra alrededor de las casonas del predio San Vicente a una altura de 3258 msnm las cuales están localizadas en los puntos x: 754901 y: 9828570, esta posee especies en su mayoría arbóreas y arbustivas de interés ecológico, nativas pero introducidas en esta hacienda, como: *Polilepis leguminosa* Ruiz & Pav. (Arbol de papel), *Paraserianthes lophantha* Willd (Pedo chino), *Baccharis latifolia* Ruiz & Pavòn (Chilca), *Buddleja bullata* Kunth (Quishuar), *Yucca aloifolia* Baker (Yucca), *Tecoma stans* Juss. (Cholan) entre otras esta cubre una extensión de 0.687 ha que representan el 1,30 % de la hacienda San Vicente.

6. Zona Aprovechada

Esta zona cubre una extensión de 24,67 ha lo cual representa el 47,23 % del predio San Vicente de la Curia Diocesana.

B. INVENTARIO DEL BOSQUE SAN VICENTE (DE LA CURIA DIOCESANA)

a. Inventario de especies de interés ecológico

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó un inventario de las especies forestales, arbustivas y herbáceas de interés ecológico que se llevó cabo en base al protocolo establecido por el herbario de la ESPOCH.

Estas especies fueron recolectadas en la zona de conservación de la hacienda San Vicente la cual se encuentra ubicada en los puntos x: 754901 y: 9828570.

Se observó un número total de 18 individuos identificados pertenecientes a 14 familias 18 géneros y 18 especies, las más frecuentes corresponden a la familia Asteraceae con 4 individuos como: *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pavòn), *Bidens andicola* (L), *Achyrocline alata* (Kunth), *Ageratina* sp. (SPACH).

El motivo de la recolección en este sitio se debió a que se trata de un bosque cultivado con diversidad arbórea y florística a comparación de las demás zonas de la hacienda donde se puede observar una diversidad de vegetación absolutamente escasa.

Para mayor apreciación los resultados se muestran en la Tabla 13

Tabla 12: Especies de interés ecológico

N°	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	N. VULGAR
1	ASTERACEAE	<i>Baccharis</i>	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & P.)	Chilca
		<i>Bidens</i>	<i>Bidens andicola</i> (L)	Cilantrillo
		<i>Achyrocline</i>	<i>Achyrocline alata</i> (Kunth)	Algodón
		<i>Ageratina</i>	<i>Ageratina sp.</i> (SPACH)	Maravilla de monte
2	APOCYNACEAE	<i>Vinca</i>	<i>Vinca major</i> (L)	Hierba doncella
3	AGAVACEAE	<i>Yucca</i>	<i>Yucca guatemalensis</i> (Baker)	Yuca gigante
4	BETULACEAE	<i>Alnus</i>	<i>Alnus acuminata</i> (Kunth)	Aliso
5	BIGNONIACEAE	<i>Tecoma</i>	<i>Tecoma stans</i> (Juss.)	Cholan
		<i>Genista</i>	<i>Genista maspessulana</i> (L) L. A. S	Retama
6	FABACEAE	<i>Pareserantes</i>	<i>Pareserantes lophantha</i> (Willd)	Pedo chino
7	GERANACEAE	<i>Geranium</i>	<i>Geranium laxicaule</i> (Kunth)	Geranio
8	POACEA	<i>Estipa</i>	<i>Estipa ichu</i> (Ruiz & P.)	Paja
9	POLIGALACEAE	<i>Monina</i>	<i>Monina angustifolia</i> (Kunth)	
10	RUBIACEAE	<i>Arcytophyllum</i>	<i>Arcytophyllum thinifolium</i> (Willd)	Morlan blanco
11	ROSACEAE	<i>Polilepis</i>	<i>Polilepis leguminosa</i> (Ruiz & P.)	Árbol de papel
12	SCROPHULARIACEAE	<i>Buddleja</i>	<i>Buddleja incana</i> (Ruiz & P.)	Quishuar
13	SOLANACEAE	<i>Brugmansia</i>	<i>Brugmansia sanguínea</i> (Ruiz & P.)	Floripondio rojo
14	SOLANACEAE	<i>Solanus</i>	<i>Solanus nigrescens</i> (M. Martens & Galeotti)	Yerba mora

Fuente: Datos de Campo

Elaboración: Lara D, 2018

b. Inventario de especies de interés maderable

1. Pre muestreo

Para llevar a cabo este inventario se realizó un muestreo preliminar de 5 bloques de pino de la hacienda San Vicente, en donde se determinara el coeficiente de variación, con una muestra de tres parcelas por estrato distribuidas a través de todo el bosque.

Según (Ferreira, 1995) el coeficiente de variación del volumen puede variar desde 35% para bosques homogéneos y hasta 250% para bosques muy heterogéneos.

En la Tabla 14 podemos apreciar el premuestre de los 5 bloques de Pino.

Tabla 12: Premuestreo de 5 bloques de *Pinus radiata* (Pino)

	Pre muestreo Bloque 1	Pre muestreo Bloque 2	Pre muestreo Bloque 3	Pre muestreo Bloque 4	Pre muestreo Bloque 5
ha	1.062 ha	1.252 ha	6.515	0.871	1.803
X	150.3 m ³ /ha	173.78 m ³ /ha	128.88 m ³ /ha	183.85 m ³ /ha	123.10 m ³ /ha
S	21.37 m ³ /ha	25.20 m ³ /ha	10.02 m ³ /ha	22.16 m ³ /ha	9.90 m ³ /ha
CV	14.22.89 %	14.50%	7.70 %	12.05 %	8.04 %
n	4	4	3	3	3

Fuente: Datos de campo

Elaboración: Lara D, 2018

2. Volumen de los cinco bloques de *Pinus radiata* (Pino)

Se realizó un muestreo de acuerdo a un patrón regular, es decir, que elegida una primera parcela al azar todas las demás quedaron automáticamente determinadas, en este caso, se realizó la medición de las parcelas cada 20 metros de distancia sobre el área de muestreo, determinando:

- Superficie por tipo de bosque
- Tabla de altura local
- Tamaño de la muestra
- Media muestral
- Error de muestreo
- Límites de confianza
- Volumen área basal
- Número de árboles por hectárea
- Relación diámetro altura

En la Tabla 15 podemos apreciar el volumen de los 5 bloques de Pino

Tabla 13: Muestreo de cinco bloques de *Pinus radiata* (Pino)

	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5
ha	1.062 ha	1.252 ha	6.515 ha	0.871 ha	1.803 ha
\bar{X}	147.35 m ³ /ha	160.89 m ³ /ha	117.87 m ³ /ha	185.64 m ³ /ha	197.96 m ³ /ha
S	25 m ³ /ha	43.04 m ³ /ha	31.65 m ³ /ha	25.10 m ³ /ha	26.81 m ³ /ha
CV	16.96 %	26.75 %	26.85 %	13.52 %	13.54 %
n	4	4	3	3	3
EE	12.50	13.37	18.27	14.49	15.48
EM	36.25	38.79	52.99	42.02	44.89
Ls	183.61	199.68	170.87	227.67	242.85
Li	111.09	122.09	99.60	143.61	153.07

Fuente: Datos de campo

Elaboración: Lara D, 2018

2.1. El muestreo del bloque 1 de *Pinus radiata* (Pino) presento los siguientes valores:

La muestra del bloque 1 presenta un promedio (\bar{X}) de 147.35 m³/ha de madera de pino, con una desviación estándar (S) de 25 m³/ha en relación a su población, a la vez el bloque 1 mostro un coeficiente de variación (C.V) de 16.96 % lo cual arrojó un tamaño de la muestra (n) de 4 parcelas. El error estándar (E.E) es de 12.50 seguido por un error de

muestreo (EE) de 36.25 permitiendo de esta manera hallar un límite de confianza superior (Ls) de 183.61 y un límite de confianza inferior (Li) de 111.09 lo cual nos indica que existe una probabilidad de 95% de que la media estimada este contenida en este límite.

2.2. El muestreo del bloque 2 de *Pinus radiata* (Pino) presento los siguientes valores:

La muestra del bloque 2 presenta un promedio (X) de 160.89 m³/ha de madera de pino, con una desviación estándar (S) de 43.04 m³/ha en relación a su población, a la vez el bloque 2 mostro un coeficiente de variación (C.V) de 26.75 % lo cual arrojo un tamaño de la muestra (n) de 4 parcelas. El error estándar (E.E) es de 13.37 seguido por un error de muestreo (EE) de 38.79 permitiendo de esta manera hallar un límite de confianza superior (Ls) de 199.68 y un límite de confianza inferior (Li) de 122.09 lo cual nos indica que existe una probabilidad de 95% de que la media estimada este contenida en este límite.

2.3. El muestreo del bloque 3 de *Pinus radiata* (Pino) presento los siguientes valores:

La muestra del bloque 3 presenta un promedio (X) de 117.87 m³/ha de madera de pino, con una desviación estándar (S) de 31.65 m³/ha en relación a su población, a la vez el bloque 3 mostro un coeficiente de variación (C.V) de 26.85 % lo cual arrojo un tamaño de la muestra (n) de 3 parcelas. El error estándar (E.E) es de 18.27 seguido por un error de muestreo (EE) de 52.99 permitiendo de esta manera hallar un límite de confianza superior (Ls) de 170.87 y un límite de confianza inferior (Li) de 99.60 lo cual nos indica que existe una probabilidad de 95% de que la media estimada este contenida en este límite.

2.4. El muestreo del bloque 4 de *Pinus radiata* (Pino) presento los siguientes valores:

La muestra del bloque 4 presenta un promedio (X) de 185.64 m³/ha de madera de pino, con una desviación estándar (S) de 25.10 m³/ha en relación a su población, a la vez el bloque 4 mostro un coeficiente de variación (C.V) de 13.52 % lo cual arrojo un tamaño de la muestra (n) de 3 parcelas. El error estándar (E.E) de 14.49 seguido por un error de muestreo (EM) de 42.02 permitiendo de esta manera hallar un límite de confianza superior (Ls) de 227.67 y un límite de confianza inferior (Li) de 143.61 lo cual nos indica que existe una probabilidad de 95% de que la media estimada este contenida en este límite.

2.5.) El muestreo del bloque 5 de *Pinus radiata* (Pino) presento los siguientes valores:

La muestra del bloque 5 presenta un promedio (X) de 197.96 m³/ha de madera de pino, con una desviación estándar (S) de 26.81 m³/ha en relación a su población, a la vez el bloque 5 mostro un coeficiente de variación (C.V) de 13.54 % lo cual arrojo un tamaño de la muestra (n) de 3 parcelas. El error estándar (E.E) de 15.48 seguido por un error de muestreo (EM) de 44.89 permitiendo de esta manera hallar un límite de confianza superior (Ls) de 242.85 y un límite de confianza inferior (Li) de 153.07 lo cual nos indica que existe una probabilidad de 95% de que la media estimada este contenida en este límite.

c. Tabla de altura local

1. Alturas estimadas de los árboles de pino del bosque San Vicente

Las alturas de la plantación de pino de la hacienda San Vicente fueron estimadas mediante los diámetros de los arboles existentes en cada parcela circular tomando las alturas de tres arboles tipo por cada parcela, luego se procedió a determinar los coeficientes a y b, de una ecuación logarítmica, por medio de los mínimos cuadrados:

-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
43	21,7	11,50	3,077	35,389	9,470		9,470
44	24,4	12,40	3,195	39,613	10,205		10,205
45	16	10,30	2,773	28,558	7,687		7,687
46	20,7	13,40	3,030	40,604	9,182		9,182
47	23,3	11,90	3,148	37,467	9,913		9,913
48	17,5	12,20	2,862	34,919	8,192		8,192
49	11,1	11,40	2,407	27,439	5,793		5,793
50	16,8	10,90	2,821	30,753	7,960		7,960
51	12,2	9,98	2,501	24,964	6,257		6,257
		6,397	150,59	1892,49	446,485	22678,051	639,63
		12.54	2.93				12,54

Fuente: Datos de Campo.

Elaboración: Lara D, 2018

Regresión lineal de la altura estimada

Según el programa SPSS el resumen del modelo de la regresión lineal manifiesta que R posee el 100% es decir que existe una alta relación entre las variables (Altura_Estimada, ln.dap); R cuadrado posee un 100 % esto quiere decir que la variable Altura_Estimada es explicada gracias a la variable independiente (ln.dap) igual con un R cuadrado ajustado del 100% y un error estándar de 0%.

Tabla 15: Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	1,000 ^a	1,000	1,000	,0000000

a. Variable dependiente: Altura_Estimada
b. Predictores: (Constante), ln.dap

Fuente: Datos de Campo.

Elaboración: Lara D, 2018

A continuación se muestra el gráfico de la estimación de la altura la cual es proveniente de 5 bloques de *Pinus radiata* de la hacienda San Vicente con un número en total de 17 parcelas. Los datos corresponden a la estimación de la altura individual de 51 árboles.

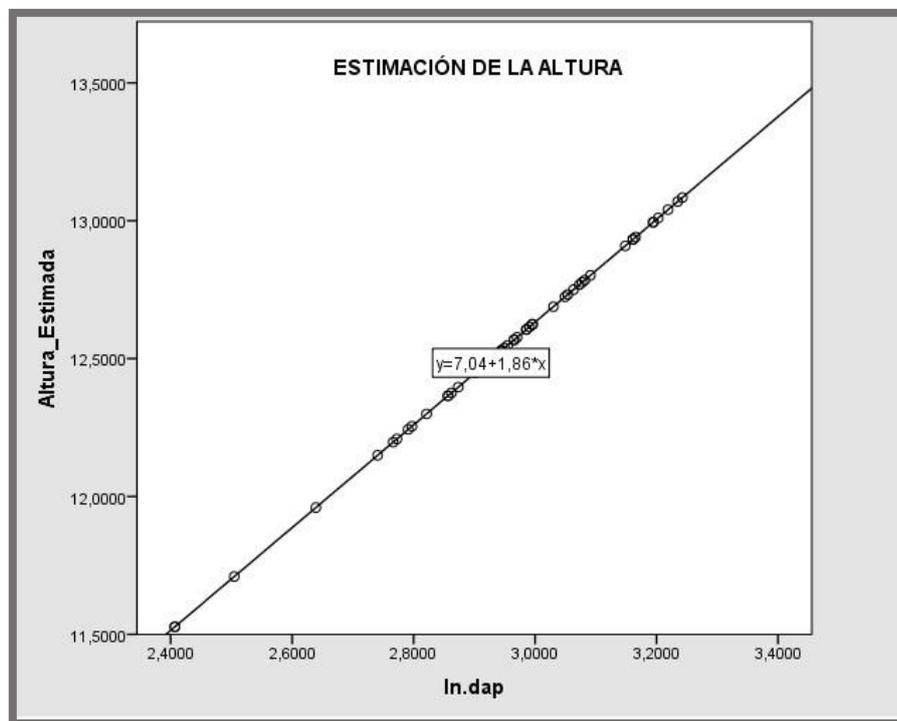


Figura 10: Estimación de la altura
Fuente: Datos de Campo.
Elaboración: Lara D, 2018

2. Exactitud de la ecuación logarítmica de las alturas estimadas de la plantación de pino de la hacienda San Vicente

Como resultados de la exactitud de la ecuación logarítmica de las alturas estimadas de la plantación de pino de la hacienda San Vicente, según la Tabla 25 se obtuvo los siguientes valores:

Diferencia agregada (DA) = 0.00 %, es decir que no existe diferencia entre la altura real y la altura estimada. Otro indicador de la exactitud es la Desviación media (DM) la cual presenta un valor de 15.79 %.

Tabla 16: Exactitud de la ecuación logarítmica

n	DAP	Alt R	Alt Est	(Alt R - Alt Est) / Alt Est	(Alt R - Alt Est) / Alt Est
1	18,3	12,48	12,698	-0,0171	0,0171
2	19,9	13,41	12,774	0,0497	0,0497
3	23,6	14	12,928	0,0829	0,0829
4	21,6	11,45	12,848	-0,1088	0,1088
5	19,2	12,49	12,742	-0,0197	0,0197
6	18,2	12,11	12,693	-0,0459	0,0459
7	15,5	11,29	12,548	-0,1002	0,1002
8	18,2	11,08	12,693	-0,127	0,12707
9	11,1	10,15	12,2465	-0,1711	0,1711
10	22	14,22	12,8653	0,1052	0,1052
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
48	17,5	12,2	12,376	-0,0142	0,0142
49	11,1	11,4	11,528	-0,0111	0,0111
50	16,8	10,9	12,300	-0,1138	0,1138
51	12,24	9,98	11,710	-0,1477	0,1477
Σ		12,5445098	12,5445098		8,05764232

Fuente: Datos de Campo.

Elaboración: Lara D, 2018

Resultado del cálculo de exactitud de la ecuación logarítmica de las alturas estimadas de la plantación de la hacienda San Vicente

Diferencia agregada (DA)

$$DA = \frac{\sum \text{Altura R} - \sum \text{Altura Est}}{\sum \text{Altura Est}} * 100$$

$$DA = \frac{12,5445098 - 12,5445098}{12,5445098} * 100$$

DA = 0.00 %

Desviación media (DM)

$$\mathbf{DM} = \left(\frac{\sum (\text{Altura } R - \text{Altura } Est)}{\sum \text{Altura } Est} \right) / n * 100$$

$$\mathbf{DM} = \frac{7.3346}{42} * 100 = 15.79 \%$$

Tabla 17: Estimación del volumen mediante la ecuación de las variables combinadas para estimar el volumen

Como podemos observar en la Tabla 26 para la estimación del volumen se procedió a realizar la regresión lineal, donde se obtuvo las constantes a y b, que fueron aplicadas en la formula $Y = a + b (DAP^2 * H)$

$$Y = 0,252 + 0,000000625 * (DAP^2 * H).$$

Así se logró estimar que la plantación de la hacienda San Vicente tiene un volumen de 1644.58 m³ (Tabla 26) de madera de pino.

n	DAP	DAP ² * H (X)	Altura	ΣX ²	DAP (m)	Volumen R (Y)	ΣXY	(ΣX ²)	Volumen Est
1	18,3	4179,43	12,48	17467611,7	0,183	0,22978	960,332		0,27822
2	19,9	5310,49	13,41	28201347,6	0,199	0,29196	1550,450		0,28529
3	23,6	7797,44	14	60800070,6	0,236	0,42869	3342,658		0,30082
4	21,6	5342,11	11,45	28538160,6	0,216	0,29370	1568,967		0,28548
5	19,2	4604,31	12,49	21199703,7	0,192	0,25314	1165,515		0,28088
48	17,5	4762,19	15,55	22678429,8	0,175	0,26181	1246,812		0,28186
49	11,1	1915,92	15,55	3670732,2	0,111	0,10533	201,809		0,26408
50	16,8	4388,83	15,55	19261846,3	0,168	0,24129	1058,975		0,27953
51	12,24	2329,66	15,55	5427332,9	0,1224	0,12808	298,383		0,26667
Σ		263851,20	675,74	1539941180,8		14,50590	84662,688	26765649,08	14,5060
X		5173,5528	13,25			0,28443			

Fuente: Datos de Campo.

Elaboración: Lara D, 2018

Regresión lineal del volumen estimado

Según el programa SPSS el resumen del modelo de la regresión lineal manifiesta que R posee el 100%, es decir que existe una alta relación entre las variables (Volumen_Estimado, Dap².h); R cuadrado posee un 100 % esto quiere decir que la variable dependiente (Dap².h) es explicada gracias a la variable independiente (Volumen_Estimado), igual con un R cuadrado ajustado de 100% y un error estándar de la estimación de 0%.

Tabla 18: Regresión lineal del volumen estimado

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
1	1,000 ^a	1,000	1,000	,00047858

a. Variable dependiente: dap2.h
b. b. Predictores: (Constante), Volumen_Estimado

Fuente: Datos de Campo.

Elaboración: Lara D, 2018

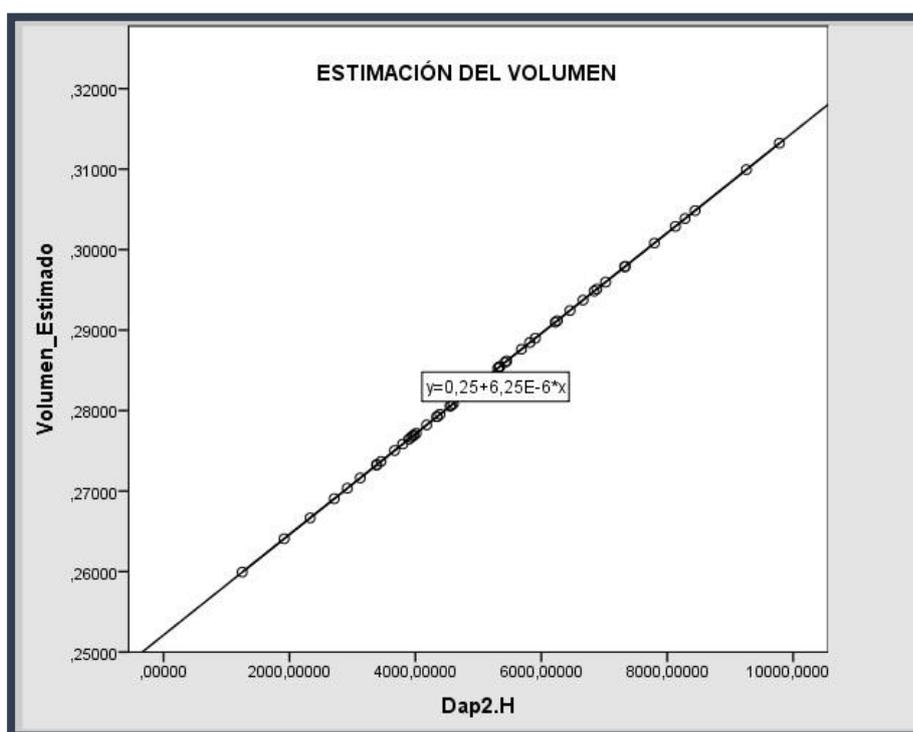


Figura 11: Estimación del volumen

Fuente: Datos de Campo.

Elaboración: Lara D, 2018

Tabla 19: Exactitud de la ecuación de las variables combinadas para estimar el volumen

Como resultados del cálculo de exactitud de la Tabla 27 se obtuvo los siguientes valores:

Diferencia agregada (DA) = 0,0000689 %, es decir que no existe diferencia entre el volumen real y el volumen estimado. Otro indicador de la exactitud es la Desviación media (DM) la cual presenta un valor de 18,48 %.

n	Dap	Volumen Real	Volumen Est	Volumen R-Volumen Est /Vol Est	Volumen R-Volumen Est /Vol Est
1	18,3	0,229776011	0,278221628	-0,174125991	0,174125991
2	19,9	0,291959662	0,285286257	0,023391962	0,023391962
3	23,6	0,428686654	0,300819688	0,425061828	0,425061828
4	21,6	0,293697947	0,285483742	0,028772935	0,028772935
5	19,2	0,253135361	0,280875463	-0,098762993	0,098762993
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
48	17,5	0,261814932	0,281861541	-0,071122185	0,071122185
49	11,1	0,105332956	0,264083764	-0,601138084	0,601138084
50	16,8	0,241288641	0,279529567	-0,136804583	0,136804583
51	12,24	0,12807995	0,266668029	-0,519702641	0,519702641
Σ		14,50597	14,50598		9,426875784

Fuente: Datos de Campo.

Elaboración: Lara D, 2018

Exactitud de la ecuación de las variables combinadas para estimar el volumen**1. Diferencia agregada (DA)**

$$DA = \frac{\sum \text{Volumen } R - \sum \text{Volumen } Est}{\sum \text{Volumen } Est} * 100$$

$$DA = \frac{14,50597 - 14,50598}{14,50598} * 100$$

$$DA = - 0,0000689 \%$$

2. Desviación media (DM)

$$DM = \sum \left(\frac{\text{Volumen } R - \text{Volumen } Est}{\text{Volumen } Est} \right) / n * 100$$

$$DM = \frac{9.42687578}{51} * 100$$

$$DM = 18,48 \%$$

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos obtenidos en campo y al análisis estadístico se concluyó lo siguiente:

- El predio fue dividido en 5 zonas; la primera conformada por 5 bloques de plantaciones de *Pinus radiata* (Pino) con una extensión de 11,50 ha, un bloque de *Cupressus macrocarpa* (Ciprés) con una extensión de 1,06 ha, dos bloques de *Eucalyptus globulus*, (Eucalipto) con una extensión de 15,03 ha, una zona de conservación en donde encontramos especies tanto exóticas como nativas, esta cuenta con una extensión de 0,68 ha, por último la zona de intervención cuenta con una extensión de 23,99 . Al adicionar toda esta información en el programa QGIS se obtuvo el mapa zonificado del bosque de la hacienda San Vicente de la Curia Diocesana de Riobamba la cual cuenta con 52, 23 ha.
- La parte inventariada de interés económico se tomó en cuenta a la zona de *Pinus radiata* (Pino) la cual posee 1644,58 m³ de madera distribuidos en 5 bloques y a la zona de (*Cupressus macrocarpa*) Ciprés la cual cuenta con un volumen de 34,029 m³ de madera.
- En lo que se refiere a la parte inventariada de interés ecológico se procedió a realizar una recolección de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas en los puntos x: 754901 y: 9828570 en la zona de conservación de la hacienda San Vicente, donde se observó un total de 18 individuos identificados, perteneciente a 14 familias, 18 géneros y 18 especies, las más frecuentes correspondieron a la familia Asteraceae con 4 individuos como *Baccharis latifolia*, *Bidens andicola*, *Achyrocline alata*, *Ageratina sp.*
- Se concluye que el cálculo de exactitud, se realiza para subestimar o sobrestimar los volúmenes reales con los volúmenes estimados y comparar el porcentaje de desviación media.
- La tabla volumétrica obtenida puede ser válida y utilizada para estimar volúmenes en futuros aprovechamientos de los bloques 1, 2, 3, 4, y 5 de Pino (*Pinus radiata D. Don*)

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda monitorear el bosque de la hacienda de la curia diocesana con estudios temporoespaciales que nos permitan obtener datos de crecimiento de las diferentes especies forestales de interés comercial.
- Para futuros estudios se recomienda utilizar el mapa de zonificación de la hacienda San Vicente de la Diócesis de Riobamba.
- Se recomienda utilizar parcelas circulares ya que presentan ventajas como: facilidad de construcción y trabajabilidad y un número reducido de árboles en los bordes, lo cual puede producir un mayor error de estimación.

VIII. RESUMEN

La presente investigación propone: caracterizar dasométricamente el bosque San Vicente de la Curia Diocesana de Riobamba, ubicado en la parroquia San Isidro del cantón Guano, provincia de Chimborazo; según el levantamiento planímetro realizado la hacienda, cuenta con una superficie de 52,23 ha donde se realizó una zonificación forestal que dividió el predio en 5 zonas la primera conformada por 5 bloques de plantaciones de *Pinus radiata* (Pino), un bloque de *Cupressus macrocarpa* (Ciprés), dos bloques de *Eucalyptus globulus*, (Eucalipto), una zona de conservación conformada por especies nativas y exóticas, zona aprovechada. En el muestreo se contabilizó cinco bloques de *Pinus radiata* (Pino), y un bloque de *Cupressus macrocarpa* (Ciprés) cada uno de estos posee diferente extensión ubicado en diferentes puntos de la hacienda, caracterizándose por ser coetáneo con diámetros y alturas irregulares y poseer según la Diócesis de Riobamba una edad de 8 años con diámetros medios de 16 cm y alturas promedios de 12,53 m los cuales en su totalidad nos dan un volumen promedio de 115,67 m³. Para inventariar las especies de interés ecológico se procedió a realizar una recolección de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas en los puntos en la zona de conservación de la hacienda, misma que se encuentra ubicada en los puntos x: 754901 y: 9828570, donde se observó un total de 18 individuos identificados perteneciente a 14 familias, 18 géneros y 18 especies, las más frecuentes correspondieron a la familia Asteraceae con 4 individuos como *Baccharis latifolia*, *Bidens andicola*, *Achyrocline alata*, *Ageratina sp.* Se concluye que la parte inventariada de interés económico se tomó en cuenta a la zona de *Pinus radiata* (Pino) la cual posee 1644,58 m³ de madera distribuidos en 5 bloques y a la zona de *Cupressus macrocarpa* (Ciprés) la cual cuenta con un volumen de 34,029 m³ de madera.

Palabras clave: CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA - DASOMETRÍA - LEVANTAMIENTO PLANÍMETRO - INVENTARIO FORESTAL - ESPECIES FORESTALES.

Por: David Lara



IX. SUMMARY

This present investigation aims to characterize dimensionally the forest *San Vicente de la Curia Diocesana de Riobamba*, located in *San Isidro* parish, *Guano* canton, *Chimborazo* province. According to the planimeter mapping, the farm has 52.23 of area where a forest zoning was carried out and it was divided in 5 zones. The first was composed by 5 blocks of plantations of *Pinus radiata* (Pine), one block of *Cupressus macrocarpa* (Cypress), two blocks of *Eucalyptus globulus*, (Eucalyptus), one conservation zone composed by native and exotic species, resourceful zone. We had five blocks of *Pinus radiata* (Pine), and one block of *Cupressus macrocarpa* (Cypress). Each one of these ones has different extension located on different points of the farm. They characterize by being contemporary with irregular diameters and heights and by owning 8 years of age with medium diameters of 16 cm and heights average of 12.53m with a total of volume average of 115.67 m³. In order to have an inventory of the most interesting ecological species we gathered herbal, bush and tree vegetation species in the points in the farm conservation zone. This is located on x: 754901 y: 9828570. In this place we could observe that there are 18 individuals belonging to 14 families, 18 genres and 18 species but the most frequent was *Asteraceae* family with 4 individuals as *Bacharis latifolia*, *Bidens andicola*, *Achyrocline alata*, *Ageratina* sp. It is concluded that the inventory took into account *Pinus radiata* (Pine) area which has 1644.58 m³ of wood distributed in 5 blocks and (*Cupressus macrocarpa*) Cypress area which has a volume of 34.029 m³ of Wood.

Key words: DIMENSIONAL CHARACTERIZACION – DIMENSIONAL – PLANIMETER MAPPING – FOREST INVENTORY – FOREST SPECIES.



X. BIBLIOGRAFÍA

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. (2002). Inventarios forestales, errores de muestreo; *Inventario forestal para bosque latifoliales en América Central. Turrialba, Costa Rica*: Orosco, L. Brúmer,

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. (1996).

Diseños básicos de muestreo; *Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de usos múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya, Peten, Guatemala.*

Turrialba, Costa Rica: Carrera, F. USAID/Guatemala. Recuperado el 25 de mayo del 2018, de

<https://books.google.com.ec/books?id=SSwOAQAIAAJ&pg=PA12&lpg=PA12&q=dise%C3%B1o+de+inventarios+al+azar&source=bl&ots=C25gTe5cj&sig=zAIJkgNi8VDuzJ7hpF1mJtddbY&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiTqZbz9ITZAhVMnlkKHftZBaUQ6AEIWTAL#v=onepage&q=dise%C3%B1o%20de%20inven&f=false>

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. (1994). Inventarios al cien por ciento y de acuerdo al grado de detalle. *Inventarios forestales en bosques secos.* Turrialba, Coscarica: Carrera, F. Bermudez A. Recuperado el 25 de mayo del 2018, de

http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1056/Curso_inventarios_forestales.pdf;jsessionid=92701FE901241C92F972A9896B5E342B?sequence=1

- Diéguez, C., Barrio, U., Castedo, M., Ruíz, F., Álvarez, A., Álvarez M., Rojo, G. J. (2003). El sistema internacional de unidades. *Dendrometria. Madrid, España: Mundi-Prensa Libros, S.A*
- Encimas, J. (2011). Medición de la altura de los árboles. *Mesura dasométrica*. Brasilia. *Universidad de Brasíla*, Departamento de Ingeniería Forestal, 2011. Recuperado el 27 de mayo del 2018, de http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/15807/3/LIVRO_MensuraDasom%C3%A9trica.pdf.
- Encimas, J. (1998). Utilidad de la cinta metrica. *Dasometría practica*. Brasíla: Universidad de Brasilia. Recuperado el 5 de mayo del 2018, de http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10017/1/LIVRO_DasometriaPractica.pdf
- Food and Agricultural Organization. FAO. (2017). Expertos en diferentes campos para realizar un inventario *Caja de herramienta para la gestión forestal sostenible*. Recuperado el 24 de Mayo del 2018 de <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/forest-inventory/basic-knowledge/en/>
- Food and Agricultural Organization. FAO. (2010). *Definición de bosque. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010*. Recuperado el 25 de junio del 2018, de <http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf>
- Food and Agricultural Organization. FAO. (1997). Los SIG y su importancia en el campo forestal. *La informática y el sector forestal*. Recuperado el 22 de junio del 2018, de <http://www.fao.org/docrep/w4086s/w4086s00.htm#Contents>

Food and Agricultural Organization. FAO. (1966). Diseño de inventario al azar. *Manual de metodos de muestreo y estadisticos para la biologia pesquera*. Recuperado el 28 de Mayo del 2018, de

<http://oads.org.br/livros/65.pdf>

Ferreira, O. (1995). Medicion del diametro . *Manual de dasometria*. Siguatepeque – Honduras.

Ferreira, O. (1994). Formula logaritmica. *Manual de inventarios forestales segunda edición*. Siguatepeque – Honduras

Gobierno Autonomo Descentralizado San Isidro de Patulú. (2015). Ubicación de la parroquia San Isidro de Patulú. Gobierno autónomo descentralizado de San Isidro de Patulú. Recuperado el 20 de julio del 2018, de [http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumento final/0660820080001_ACTUALIZACION%20PDYOT%20SAN%20ISIDRO%202015-2019_27-10-2015_18-33-01.pdf](http://app.sni.gob.ec/snmlink/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumento%20final/0660820080001_ACTUALIZACION%20PDYOT%20SAN%20ISIDRO%202015-2019_27-10-2015_18-33-01.pdf)

Gobernanza Forestal, Carder, Unión Europea. (2013). Altura comercial, altura total, *Guía de cubicación de madera*. Recuperado el 20 de mayo del 2018, de http://www.rivasdaniel.com/pdf/GUIA_DE_CUBICACION_MADERA.pdf

Huerta, E., Mangiaterra, A., & Noguera, G. (2005). Posicionamiento satelital. Argentina, Santa Fe: Univercidad Nacional del Rosario: UNR.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. (1997). *Mesura Forestal*. San José - Costa Rica. La forcípula. Recuperado el 26 de junio del 2018, de <http://repiica.iica.int/docs/B4179e/B4179e.pdf>

Instituto Nacional de Recursos Naturales - Centro Internacional de Investigación Forestal - Fondo de Promoción de Desarrollo Forestal en el Perú. INRENA-CIFOR-FONDEBOSQUE. (2003). Clasificación de los inventarios. *Inventarios para la elaboración de Planes de Manejo. Pucallapa - Perú*. Recuperado el 23 de julio del 2018, de <http://geodasometriaaplicada.weebly.com/uploads/3/0/0/6/30065975/207915081-doc-inventarios-forestales.pdf>

Malleux, O. (2011). Parcelas fijas y parcelas variables. *Levantamiento de parcelas de bosque tropical*. Recuperado el 6 de noviembre del 2018, de <http://amazoniaforestal.blogspot.com/2011/10/levantamiento-de-parcelas.html>

Ministerio del Ambiente Ecuatoriano. MAE. (2017). Zonas de vida del Ecuador. Recuperado el 22 septiembre del 2018 de <http://sni.gob.ec/coberturas>

Nosolosisig. (2014). *Fallece Roger Tomlimson, uno de los padres de los Sistemas de Información Geográfica*. Recuperado el 23 de junio del 2018, de <http://www.nosolosisig.com/noticias/260-fallece-roger-tomlinson-unos-de-los-padres-de-los-sistemas-de-informacion-geografica>

Oyala, V. (2014). Geoide y elipsoide. *Sistemas de información geográfica*. Recuperado el 22 de Octubre del 2018, de https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf

Perut. (2008). Georreferenciación: *conceptos básicos*. Recuperado el 27 de octubre del 2018 de <http://gps-peru.forums-free.com/gps-conceptos-basicos-t247.html>

Romahn de la Vega & Ramírez Maldonado. (2010). Unidades de longitud y sus equivalencias. *Dendrometria*. Estado de México. Recuperado el 25 mayo del 2018, de
[file:///C:/Users/eroverpc/Downloads/dendrometria%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/eroverpc/Downloads/dendrometria%20(2).pdf)

Roundeux, J. (2010). Fórmula para calcular diámetros a través de la cinta. *Medición de árboles y masas forestales*. Bélgica: Mundi - Prensa

Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica. (s/f). Estimación del volumen de la madera. *Aprendamos a cubicar nuestra madera*. / Lima / Perú. Edición: Giselle Cruzado Meléndez. Recuperado el 1 de junio del 2018, de
<http://191.98.188.189/Fulltext/6796.pdf>

Sistema Nacional de Areas de Conservación. SINAC. (2014). Ordenamiento de las tierras forestales en la toma de decisiones. *Manual de Campo*. Recuperado el 30 de mayo del 2018, de
<http://www.reddccadgiz.org/documentos/maual-decampo.pdf>

XI. ANEXOS

Anexo 1: Georreferenciación del inventario forestal de interés económico



a.) Plantación: de *Pinus radiata* (Pino)



b.) Georreferenciación



c.) Levantamiento de parcela



c.) Numeración de los árboles



d.) Toma de Diametros



e.) Toma de alturas

Anexo 2: Imágenes del Inventario forestal de interés ecológicoa.) *Buddleja incana* (Ruiz & Pav.)b.) *Genista maspessulana* (L) L. A. Sc.) *Tecoma stans* (Juss.)d.) *Brugmansia sanguínea* (Ruiz & Pav)e.) *Yucca guatemalensis* (Baker)f.) *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pavòn)



g.) *Paraserianthes lophanta* (Willd)



h.) *Alnus acuminata* (Kunth)

Anexo 3: Imágenes del Procesamiento de datos en el programa Excel.

a. Estimación de la altura mediante la fórmula logarítmica

ESTIMACIÓN DE LAS ALTURAS MEDIANTE LA FORMULA LOGARITMICA									
n	dap	altura(Y)	ln(dap) X	EXY	EX2	(EX)2	a	b	altura esti
1	18,3	12,48	2,9069011	36,278125	8,4500738		7,0437877	1,8628487	12,458904
2	19,9	13,41	2,9907197	40,105552	8,9444045		7,0437877	1,8628487	12,615046
3	23,6	14	3,1612467	44,257454	9,9934808		7,0437877	1,8628487	12,932712
4	21,6	11,45	3,0726933	35,182338	9,4414442		7,0437877	1,8628487	12,76775
5	19,2	12,49	2,9549103	36,906829	8,7314948		7,0437877	1,8628487	12,548338
6	18,2	12,11	2,9014216	35,136216	8,4182473		7,0437877	1,8628487	12,448697
7	15,5	11,29	2,74084	30,944084	7,512204		7,0437877	1,8628487	12,149558
8	18,2	11,08	2,9014216	32,147751	8,4182473		7,0437877	1,8628487	12,448697
9	11,1	10,15	2,4069451	24,430493	5,7933848		7,0437877	1,8628487	11,527562
10	22	14,22	3,0910425	43,954624	9,545434		7,0437877	1,8628487	12,801932
11	19	12,66	2,944439	37,276597	8,6697209		7,0437877	1,8628487	12,528832
12	19	13,26	2,944439	39,043261	8,6697209		7,0437877	1,8628487	12,528832
13	17,4	11,18	2,8564702	31,935337	8,159422		7,0437877	1,8628487	12,364959
14	18,3	11,34	2,9069011	32,964258	8,4500738		7,0437877	1,8628487	12,458904
15	19,4	11,54	2,9652731	34,219251	8,7928444		7,0437877	1,8628487	12,567643
16	16,3	10,99	2,7911651	30,674905	7,7906027		7,0437877	1,8628487	12,243306
17	17,4	11,18	2,8564702	31,935337	8,159422		7,0437877	1,8628487	12,364959
18	18,5	11,38	2,9177707	33,204231	8,513986		7,0437877	1,8628487	12,479153
19	21,1	13,26	3,049273	40,433361	9,2980661		7,0437877	1,8628487	12,724122
20	25	10,33	3,2188758	33,250987	10,361162		7,0437877	1,8628487	13,040066
21	24,6	12,12	3,2027464	38,817287	10,257585		7,0437877	1,8628487	13,01002
22	20	11,9	2,9957323	35,649214	8,9744119		7,0437877	1,8628487	12,624384
23	14	15,94	2,6390573	42,066574	6,9646236		7,0437877	1,8628487	11,959952
24	16,4	12,84	2,7972813	35,917092	7,8247829		7,0437877	1,8628487	12,254699
25	21,2	11,86	3,0540012	36,220454	9,3269231		7,0437877	1,8628487	12,73293
26	19,8	11,61	2,9856819	34,663767	8,9142966		7,0437877	1,8628487	12,609661
27	19,4	11,54	2,9652731	34,219251	8,7928444		7,0437877	1,8628487	12,567643
28	23,6	12,28	3,1612467	38,82011	9,9934808		7,0437877	1,8628487	12,932712
29	25,4	12,64	3,2425924	40,866367	10,514405		7,0437877	1,8628487	13,084247
30	25,6	12,6	3,2347492	40,75784	10,463602		7,0437877	1,8628487	13,069636
31	25,4	12,6	3,2347492	40,75784	10,463602		7,0437877	1,8628487	13,069636
32	21,4	11,84	3,0633909	36,270549	9,3843639		7,0437877	1,8628487	12,750421
33	21,8	11,96	3,08191	36,859643	9,4981691		7,0437877	1,8628487	12,78492

b. Exactitud de la ecuación logarítmica

EXACTITUD DE LA ECUACION LOGARITMICA				
N ARBOL	DAP	ALTURA REAL	ALTURA EST	(Alt R - Alt Est) / Alt Est
1	18,3	12,48	12,45890444	0,0016932
2	19,9	13,41	12,61504594	0,0630163
3	23,6	14	12,9327119	0,0825262
4	21,6	11,45	12,76775032	-0,1032093
5	19,2	12,49	12,54833835	-0,0046491
6	18,2	12,11	12,44869702	-0,0272074
7	15,5	11,29	12,14955786	-0,0707481
8	18,2	11,08	12,44869702	-0,109947
9	11,1	10,15	11,52756216	-0,1195016
10	22	14,22	12,80193199	0,1107698
11	19	12,66	12,5288319	0,0104693
12	19	13,26	12,5288319	0,0583588
13	17,4	11,18	12,36495939	-0,095832
14	18,3	11,34	12,45890444	-0,0898076
15	19,4	11,54	12,56764265	-0,0817689
16	16,3	10,99	12,24330587	-0,1028666
17	17,4	11,18	12,36495939	-0,095832
18	18,5	11,38	12,47915299	-0,0880791
19	21,1	13,26	12,72412189	0,0421151
20	25	10,33	13,04006621	-0,2078261
21	24,6	12,12	13,01001962	-0,0684103
22	20	11,9	12,62438355	-0,0573797
23	14	15,94	11,9599521	0,3327813
24	16,4	12,84	12,25469948	0,0477613
25	21,2	11,86	12,7329297	-0,0685569
26	19,8	11,61	12,60566129	-0,0789852
27	19,4	11,54	12,56764265	-0,0817689

c. Estimación de volumen mediante las variables combinadas

ESTIMACION DEL VOLUMEN MEDIANTE LA ECUACION DE LAS VARIABLES COMBINADAS PARA ESTIMAR EL VOLUMEN									
n	dap	dap ² *h (x)	altura	Ex ²	dapm	y	volumen real (Y)	EXY	(EX) ²
1	18,3	4179,4272	12,48	17467611,72	0,183	0,229776011	960,3321115		
2	19,9	5310,4941	13,41	28201347,59	0,199	0,291959662	1550,450062		
3	23,6	7797,44	14	60800070,55	0,236	0,428686654	3342,658462		
4	21,6	5342,112	11,45	28538160,62	0,216	0,293697947	1568,967326		
5	19,2	4604,3136	12,49	21199703,73	0,192	0,253135361	1165,514586		
6	18,2	4011,3164	12,11	16090659,26	0,182	0,220533637	884,6301962		
7	15,5	2712,4225	11,29	7357235,819	0,155	0,149123215	404,485165		
8	18,2	3670,1392	11,08	13469921,75	0,182	0,201776441	740,5476261		
9	11,1	1250,5815	10,15	1563954,088	0,111	0,068754309	85,98286679		
10	22	6882,48	14,22	47368530,95	0,22	0,378384101	2604,221005		
11	19	4570,26	12,66	20887726,47	0,19	0,251263167	1148,338		
12	19	4786,86	13,26	22914028,66	0,19	0,263171374	1259,764522		
13	17,4	3384,8568	11,18	11457255,56	0,174	0,186092222	629,895523		
14	18,3	3797,6526	11,34	14422165,27	0,183	0,208786856	792,8999481		
15	19,4	4343,1944	11,54	18863337,6	0,194	0,238779583	1037,066149		
16	16,3	2919,9331	10,99	8526009,308	0,163	0,160531707	468,7418436		
17	17,4	3384,8568	11,18	11457255,56	0,174	0,186092222	629,895523		
18	18,5	3894,8025	11,38	15169505,99	0,185	0,214128089	833,98715		

d. Calculo de la exactitud de la ecuación de las variables combinadas para estimar el volumen

EXACTITUD DE LA ECUACION DE LAS VARIABLES COMBINADAS PARA ESTIMAR EL VOLUMEN						
n	dap	volumen Real	Volumen Est	Volumen R- Volumen Est /Vol Est	Volumen R- Volumen Est /Vol Est	Volumen R- Volumen Est /Vol Est
1	18,3	0,229776011	0,278221628	-0,174125991	0,174125991	
2	19,9	0,291959662	0,285286257	0,023391962	0,023391962	
3	23,6	0,428686654	0,300819688	0,425061828	0,425061828	
4	21,6	0,293697947	0,285483742	0,028772935	0,028772935	
5	19,2	0,253135361	0,280875463	-0,098762993	0,098762993	
6	18,2	0,220533637	0,27717161	-0,204342619	0,204342619	
7	15,5	0,149123215	0,269058736	-0,445759622	0,445759622	
8	18,2	0,201776441	0,275040622	-0,266375854	0,266375854	
9	11,1	0,068754309	0,259928097	-0,735487199	0,735487199	
10	22	0,378384101	0,29510486	0,282202201	0,282202201	
11	19	0,251263167	0,280662764	-0,104750616	0,104750616	
12	19	0,263171374	0,282015645	-0,06681995	0,06681995	
13	17,4	0,186092222	0,273258752	-0,318988977	0,318988977	
14	18,3	0,208786856	0,275837069	-0,243079049	0,243079049	
15	19,4	0,238779583	0,279244516	-0,144908601	0,144908601	
16	16,3	0,160531707	0,270354844	-0,406218494	0,406218494	
17	17,4	0,186092222	0,273258752	-0,318988977	0,318988977	
18	18,5	0,214128089	0,276443881	-0,225419324	0,225419324	
19	21,1	0,324561017	0,288990067	0,123087102	0,123087102	
20	25	0,354950882	0,292442633	0,213745339	0,213745339	
21	24,6	0,403237353	0,297928415	0,353470607	0,353470607	
22	20	0,261694668	0,281847879	-0,071503855	0,071503855	

