

NORMAS PARA EL ESTABLECIMIENTO Y MEDICIÓN DE PRECOSECHA (PTP) EN PLANTACIONES FORESTALES.

1. METODOLOGÍA DEL INVENTARIO FORESTAL

1.1. Tipo de inventario

El tipo de inventario a desarrollar corresponde a un muestreo sistemático con distribución en malla cuadrada en cada rodal.

1.2. Tamaño de muestra e intensidad de muestreo

Se entiende por intensidad de muestreo, a la superficie que se muestrea expresada en porcentaje, la cual se ve reflejada en el número de unidades de muestreo (UM) de un mismo tamaño, distribuidas sistemáticamente en el rodal. Esta intensidad depende del área neta plantada, sin embargo, dicha intensidad de muestreo siempre deberá garantizar que el error de muestreo no sobrepase 10 % para un nivel de confianza del 95 %. El tamaño de la muestra será determinado usando la siguiente fórmula para muestras finitas:

$$n = \frac{t^2 \times CV^2}{E^2 + \frac{t^2 \times CV^2}{N}} \quad [1]$$

Donde, t es el valor de *t-student* definido a una significancia alfa (α) y con $n - 1$ grados de libertad; CV es el coeficiente de variación estimado de la población por muestrear; E es el error de muestreo (en porcentaje) máximo requerido a un nivel de confiabilidad establecido del 95 %.

Sin embargo, una intensidad de muestreo del 10%, con parcelas de 200 a 500 m², ha demostrado ser eficiente en la estimación del volumen de plantaciones forestales.

1.3. Ubicación de unidades de muestreo

La ubicación de las unidades de muestreo será definida en oficina antes de efectuar la evaluación en terreno. Para garantizar la distribución sistemática de las unidades muestrales en toda el área de la plantación, se empleará ArcGIS (v. 10.1), en el cual la información *Shapefile* de la base patrimonial será analizada para la obtención de los puntos de localización de cada unidad muestral. Se seguirán los siguientes pasos:

- Se determina la superficie neta reforestada del archivo *Shapefile*.
- Una vez determinada el área neta plantada (ha) y el número de unidades de muestreo a establecer, se determinará la distancia entre ellas, garantizando una distribución en malla cuadrada.
- Se construirá una grilla de puntos y se calculará las coordenadas UTM del centroide de la unidad muestral.

- Las coordenadas del centro de cada parcela serán exportadas a MapSource de Garmin y en dicho programa se realizará la ubicación de los WayPoints de cada parcela de forma distribuida en el lote (Figura 1).
- En el caso que la parcela se ubique en un claro o sector sin plantación no georreferenciado en las mediciones conjuntas con CONIF, la parcela se correrá al lugar más próximo con plantación y se medirá con GPS el nuevo claro para alimentar el levantamiento conjunto de áreas.

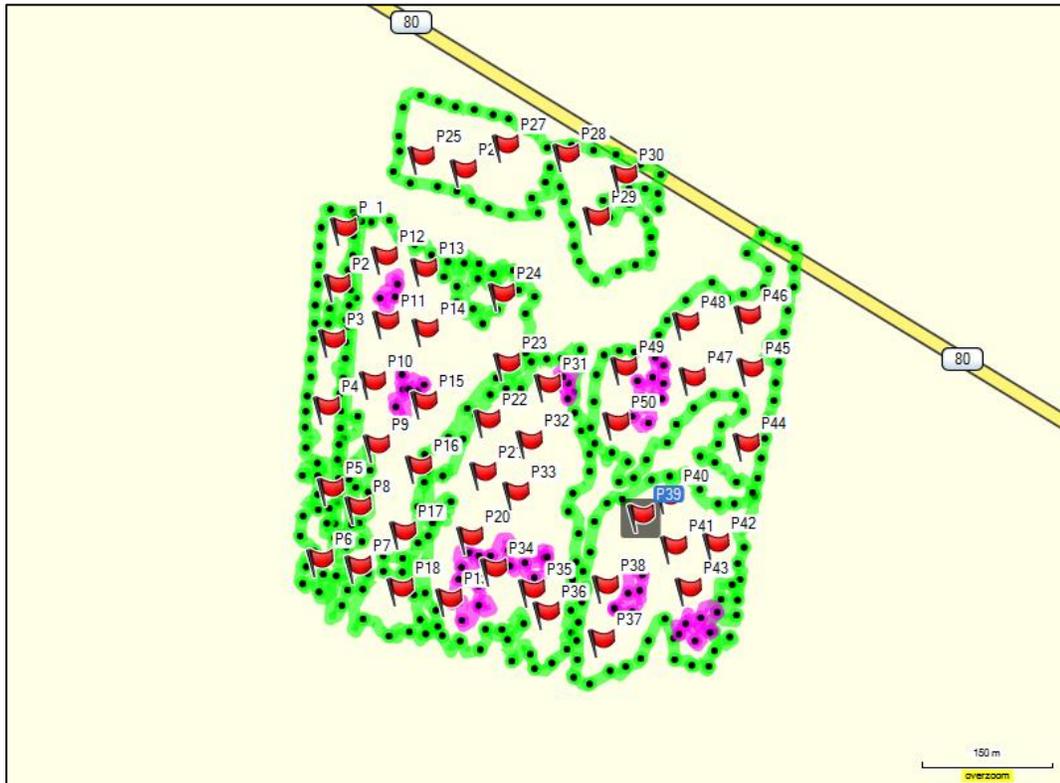


Figura 1. Ubicación de unidades de muestreo en Mapsource.

1.4. Unidades de muestreo

Para fines de evaluación de existencias madereras las unidades de muestreo corresponderán a parcelas temporales de forma circular como unidades de muestreo.

El tamaño de las parcelas deberá mantenerse fijo en 500 m² (radio = 12.62 m) en todos los rodales. El árbol más cercano al punto de coordenada UTM se tomará como centro de la parcela, debe ser marcado con pintura (roja o amarilla) indicando el número de identificación y la fecha de instalación de la parcela. Con el fin de ubicar los árboles que están dentro de la parcela con una cinta métrica se mide el radio desde el punto central de la parcela hacia afuera en sentido de las manecillas del reloj y se efectúa una marcación a los árboles que están sobre el borde y se les hace una marca con pintura, hacia el centro de la parcela (Figura 2).

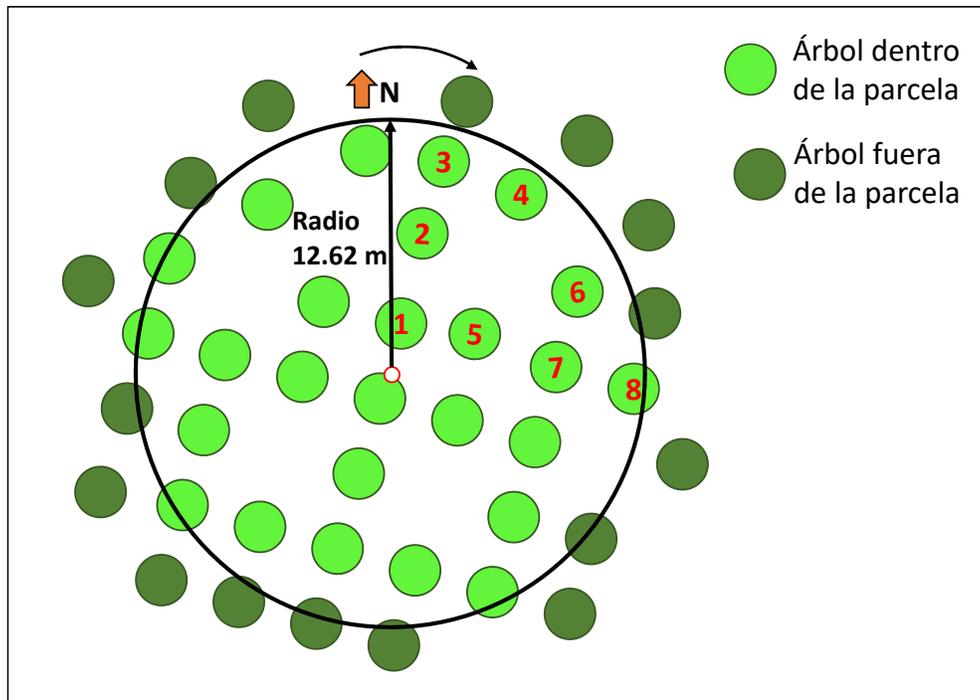


Figura 2. Monumentación de parcelas de inventario.

1.5. Numeración y marcación de árboles

Para la marcación de los árboles se consideran todos aquellos que están dentro de la parcela, que estén en pie y se encuentren vivos al momento de la marcación. En el caso de árboles en el límite, se consideran dentro de la parcela aquellos cuyo centro gravitacional se encuentra dentro de la parcela (Figura 2).

La marcación de los árboles que entran en la parcela se debe realizar radialmente siguiendo las manecillas del reloj, comenzando desde la posición del primer árbol más cercano al norte y al punto central de la parcela.

Algunos casos especiales de marcación del diámetro a la altura del pecho:

- Árboles inclinados: el diámetro para los árboles que tengan el fuste inclinado se marca perpendicularmente al eje del árbol, con 1.3 m como la distancia más corta sobre el suelo paralela al fuste.
- Bifurcaciones: cuando la bifurcación ocurra por debajo de la altura del diámetro, las ramas se consideran como dos árboles por separado y se marcan individualmente.
- Engrosamiento: si se presenta una anomalía en el fuste a la altura del diámetro (ensanchamiento, tumor, bifurcación), se marca a la altura inmediatamente inferior en que la sección transversal es mínima.
- Sin diámetro: los árboles con altura menor que 1.3 m se numeran y pintan en la base del fuste.

1.6. Medición de variables descriptivas

A todos los individuos de la parcela se les debe registrar información cualitativa y/o descriptiva con base a asignación de códigos de variables (Tabla 1):

Parámetro	Código	Descripción
<u>Condición</u>	1	Vivo
	2	Muerto en pie o sobre el suelo
<u>Posición</u>	1	Dominante
	2	Codominante
	3	Intermedio
	4	Suprimido
<u>Estado fitosanitario¹</u>	1	Sano
	2	Deformación, torcedura extrema
	3	Perforación
	4	Abultamiento
	5	Descortezamiento
	6	Exudación
	7	Reventamiento
	8	Chancro
	9	Otros

Tabla 1. Código de variables descriptivas.

1.7. Medición de variables cuantitativas

- **Diámetro a la altura del pecho (d)**

A todos los árboles de la parcela se les mide el diámetro a 1.30 m (d), el que debe estar debidamente marcado en el fuste por un anillo de pintura roja ó amarilla. El registro de los valores debe ser en centímetros, con un decimal. Las mediciones de diámetro se deben hacer siempre en forma perpendicular al eje del fuste, cuidando de hacerla exactamente en la marca o anillado de este.

- **Altura total (h)**

En cada parcela se miden la altura de todos los individuos, los que deben estar identificados por una letra “H” en el fuste bajo el nivel del diámetro, en dirección hacia el centro de la parcela.

- **Altura libre de ramas (hr)**

A todos los individuos se les estimará la altura libre de ramas. No se considerarán ramas de diámetro menor a 3 cm o chupones.

- **Calificación de calidad**

Se registrará la calidad (rectitud, cilíndricidad) de los primeros diez (10) metros del fuste por secciones (longitud) a todos los individuos de la parcela.

¹ Ver anexo 1 para mayor claridad.

El formulario permitirá el ingreso de máximo 4 secciones para calificar el fuste hasta 10 metros y una sección adicional para calificar el fuste desde los 10 m hasta altura total. La calificación de rectitud corresponde a la relación que tiene la desviación del eje longitudinal de la sección a evaluar respecto de la recta que une los extremos de esta. La cilindridad hace referencia a la forma de la sección transversal y longitudinal del fuste.

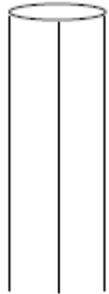
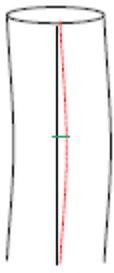
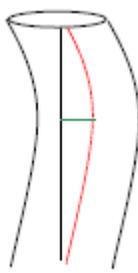
Código	Calidad	Descripción	Figura
1	Recto-cilíndrico	Recto casi perfecto, sin desviación del eje longitudinal. Fuste de sección cilíndrica. El arbolito tiene hasta dos trozas buenas y un DAP mínimo de 21 cm	
2	Semi recto-semi cilíndrico	Recto, con cierta desviación del eje longitudinal. Fuste de sección casi cilíndrica.	
3	Curvo-cónico, ovalado	Una o varias curvaturas. La desviación en el eje longitudinal es considerable. Fuste de sección irregular, cónica, ovalada a aplanada.	

Tabla 2. Calificación de calidad (rectitud, cilindridad).

2. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Luego de haber realizado las mediciones y evaluaciones en campo de los árboles de cada parcela, se realizará el procesamiento de la información para estimar por medio de ecuaciones matemáticas una serie de datos dasométricos que nos ayuden a caracterizar el estado de desarrollo y sanitario del rodal.

2.1. Procesamiento a nivel de árbol

- **Área basal y volumen total**

A cada árbol se le estimará el área basal ocupando la siguiente ecuación

$$g_i = \frac{\pi}{40000} \cdot d^2 \quad [3]$$

El volumen total sin corteza de cada árbol se calculará aplicando un modelo de ahusamiento ajustado para perfiles fustales de cada especie. Los modelos para aplicar están disponibles en López et al. (2011) y López et al. (2015).

Especie	Modelo	R ²
Melina	$d_i = 1.8205 \cdot d^{0.62205} \cdot 1.01703^d \cdot \left[\frac{1 - \sqrt{Z}}{1 - \sqrt{0.17}} \right]^c$ $c = 1.3976 \cdot Z^2 - 0.2999 \cdot \ln(Z + 0.001) + 2.1363 \cdot \sqrt{Z} - 1.1586 \cdot e^Z + 0.31409 \cdot (d/h)$	0.96
Teca	$\frac{d_i^2}{d^2} = -4.1845 \cdot (Z - 1) + 1.9274 \cdot (Z^2 - 1) - 1.4046 \cdot (0.9994 - Z)^2 \cdot I_1 +$ $60.9044 \cdot (0.12404 - Z)^2 \cdot I_2$ $I_i = 1 \text{ si } (\alpha_i - Z) \geq 0, 0 \text{ si no. } (i = 1, 2)$	0.92
Ceiba	$d_i = 1.8197 \cdot d^{0.6189} \cdot 1.0171^d \cdot \left[\frac{1 - \sqrt{Z}}{1 - \sqrt{0.16}} \right]^c$ $c = 1.3998 \cdot Z^2 + -0.3006 \cdot \ln(Z + 0.001) + 2.1399 \cdot \sqrt{Z} - 1.1499 \cdot e^Z + 0.3198 \cdot (d/h)$	0.95
Eucalipto tereticornis	$d = 0.795147D^{0.955151} \left[\frac{1 - \sqrt{Z}}{1 - \sqrt{p}} \right]^{0.71539Z^2 - 0.06943 \ln(Z + 0.001) + 0.29488D/H}$	0.98

Tabla 3. Modelos de ahusamiento a aplicar.

- **Volumen por índice de utilización**

El índice de utilización hace referencia al diámetro límite o en la punta delgada. Se calculará el volumen acumulado para los índices de utilización 8, 13, 21 cm.

- **Volumen por producto**

Se aplicará un algoritmo de trozado secuencial para estimar el número (cantidad) y volumen de los productos a obtener de cada árbol. El algoritmo usará la información colectada de calificación de calidad de cada árbol y la información de productos demandados en el mercado. Inicialmente se contemplan los siguientes productos:

1- Madera Aserrío mayor: Mínimo 2 trozas rectas, de 2,5 a 3 metros de longitud cada una, cilíndricas, libres de ramas gruesas, diámetro del extremo más delgado superior a 21 cm.

2- Madera Aserrío menor: Mínimo 1 troza recta de 2,5 a 3 metros de longitud, con torceduras leves, diámetro en el extremo más delgado superior a 15 cm, no importa la presencia de ramas.

3- Pulpa: Trozas que no entran en la categoría de madera tipo 1 y 2 y tiene un diámetro mínimo de 8 cm.

2.2. Variables a nivel de parcela

La información para generar con las diferentes ecuaciones es la siguiente:

Variable	Símbolo	Descripción	Unidades
Edad	t	Edad en años que posee la plantación desde su establecimiento hasta la fecha de la evaluación.	años
Diámetro medio	d	Diámetro a 1.3 m sobre el suelo medio de la parcela	cm
Altura total media	ht	Altura total media de la parcela	m
Densidad	N	Número de aboles por hectárea	árb ha ⁻¹
Área basal	G	Sumatoria del área basal de todos los individuos por hectárea	m ² ha ⁻¹
Altura dominante	H_d	Altura media de los 100 árboles de mayor diámetro por hectárea	m
Volumen total	V	Sumatoria del volumen total de todos los individuos por hectárea	m ³ ha ⁻¹
Volumen por índice de utilización	V_{IU}	Sumatoria del volumen por cada índice de utilización por hectárea	m ³ ha ⁻¹
Volumen por producto	V_i	Sumatoria del volumen por tipo de producto por hectárea	m ³ ha ⁻¹

Tabla 4. Variables a determinar en cada parcela.

2.3. Variables a nivel de rodal

Las variables de la tabla 4 serán resumidas usando una tabla de rodal que permita el análisis de forma detallada a través de una distribución de clases diamétricas.

2.4. Determinación del error de muestreo

El error de muestreo será calculado teniendo en cuenta el volumen total usando la formulación estadística para muestreos sistemáticos (West, 2009; Tabla 6). Cabe resaltar que cada rodal será procesado como un inventario independiente.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CONIF, 2011. Monitoreo y modelamiento del crecimiento para el manejo de plantaciones forestales comerciales.

López, Barrios, Trincado. 2015. Modelos de perfiles fustales con una estructura de error autorregresiva para plantaciones de *E. tereticornis* en Colombia. *Madera y Bosques* 21 (2) 73-78.

Documento interno (CONIF). Inventarios Forestales de precosecha para especies forestales en el Magdalena medio