



# MANUAL DE INVENTARIOS FORESTALES

II SEMESTRE 2024



DÍA	ACTIVIDAD
Lunes	<b>Práctica 1: Utilización de aparatos de medición forestal</b>
Martes	<b>Práctica 2: Planificación de un Inventario Forestal</b>
Miércoles	<b>Práctica 3: Ejecución de un Inventario Forestal</b>
Jueves	<b>Práctica 4: Procesamiento de datos</b>
Viernes	Examen final

### Materiales necesarios para las prácticas de inventarios forestales

Practica	Material individual
1	Calculadora Hojas en blanco lápiz
2	Hojas en blanco Libreta de campo Machete con vaina Calculadora científica Nylon para marcar los árboles a medir
3	Hojas en blanco Lápiz Lapicero Manual Calculadora
4	Libreta de campo Lápiz
5	Computadora Lápiz Libreta de campo ** MISMA QUE DEBE TENER DESDE EL PRIMER DIA DE LABORATORIO

### OBSERVACIONES

En el laboratorio se le proporcionará instrumentos como forcípula, clinómetro, cinta dimétrica, distanciómetro.

## INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS

Para la realización adecuada de las prácticas deberán atenderse las siguientes indicaciones:

1. Presentarse puntualmente a la hora del inicio del laboratorio y permanecer durante la duración de este.
2. Realizar las actividades y hojas de trabajo planteadas durante la práctica.
3. Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
4. Conocer la teoría, (leer el manual antes de presentarse a cada práctica).
5. **No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio**, Si tiene llamadas laborales deberá atender las mismas únicamente en el horario de receso.
6. Si sale del salón de clases sin la autorización del docente perderá el valor de la práctica.
7. No puede atender visitas durante la realización de la práctica.
8. El horario de receso es únicamente de 15 minutos.
9. Contar con los implementos de seguridad y los conocimientos adecuados:  
Ropa adecuada para trabajar en campo, (gorra, zapatos de campo, guantes de jardinería)  
Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.  
Tener conocimiento previo de la teoría de la práctica a realizar.
10. **Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).**

**La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.**

Considere que se prohíbe terminantemente comer, beber y fumar. Éstos también serán motivos para ser retirado de la práctica.

Recuerde que para tener derecho al punteo y aprobar el curso deberá presentarse a las prácticas y realizar las evaluaciones en línea, las cuales estarán habilitadas del **28 de octubre 2024 a las 8:00 al 1 de noviembre 2024 a las 18:00.**

## NORMAS DE SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL LABORATORIO

El laboratorio es un lugar de trabajo serio y se debe comportarse de forma adecuada. Las siguientes reglas de seguridad se aplican a todo laboratorio:

1. En la práctica de campo, llevar siempre protección contra los rayos solares, con camisa manga larga y gorra.
2. Las personas que tienen el cabello largo deberán llevarlo siempre agarrado con algún accesorio para evitar accidentes.
3. Debe utilizar zapato cerrado antideslizante y pantalón. Queda estrictamente prohibido usar faldas, short y/o sandalias.
4. Cualquier accidente, aún la menor lesión debe informarse de inmediato al instructor del laboratorio. ¡no dude en pedir ayuda si tiene un problema!
5. No intente ninguna otra práctica no autorizada, sólo deben realizarse las prácticas explicadas por el instructor y la guía de laboratorio.
6. Nunca debe dejar de prestar atención a la práctica en curso.
7. Leer el manual de laboratorio cuidadosamente antes de ingresar al mismo, esto le ayudará en la toma de datos y a mejorar su seguridad y eficacia en el laboratorio.
8. Antes de usar los equipos no conocidos, consultar la bibliografía adecuada e informarse sobre cómo manipularlos y descartarlos.
9. Mantener siempre limpias las mesas y aparatos o equipo de laboratorio y colocar sobre estas solo aquellos utensilios que sean indispensables para la práctica.

No se permite correr o jugar dentro del laboratorio.

**Nota: Cualquier infracción a alguna de las anteriores reglas, lo hacen acreedor a la expulsión de la práctica del día, perdiendo su asistencia a la misma, aunque se haya hecho acto de presencia.**

### REPORTE DE INVESTIGACIÓN

Las secciones de las cuales consta un reporte de Química, el punteo de cada una y el orden en el cual deben aparecer son las siguientes:

a.	Carátula.....	0 puntos
b.	Objetivos.....	20 puntos
c.	Resumen.....	20 puntos
d.	Resultados.....	20 puntos
e.	Interpretación de Resultados.....	20 puntos
f.	Conclusiones.....	20 puntos
g.	Bibliografía.....	0 puntos
	Total.....	100 puntos

En caso de no concordar entre la hoja de datos original y los datos u observaciones citados dentro del reporte automáticamente se anulará el reporte.

Por cada falta de ortografía o error gramatical, se descontará un punto sobre cien, todas las mayúsculas se deben de tildar. Es importante dirigirse al lector de una manera impersonal, de manera que expresiones tales como “obtuvimos”, “hicimos”, “observé”, serán sancionadas. Si se encuentran dos reportes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

a. **OBJETIVOS:** Son las metas que se desean alcanzar en la práctica de investigación. Se inician generalmente con un verbo, que guiará a la meta que se desea alcanzar, los verbos finalizan en AR, ER o IR, ejemplo: reconocer, determinar, etc. Deben ser verbos cuantificables. Únicamente se utiliza un verbo por cada objetivo. Deben estar en concordancia con las conclusiones.

b. **RESUMEN:** Es una síntesis de lo que se realizó en la práctica de investigación explicando ¿qué se hizo?, ¿cómo se hizo? y ¿a qué se llegó? El contenido debe ocupar media página como mínimo y una página como máximo.

c. **RESULTADOS:** En esta sección deben incluirse todos los datos obtenidos al final de la práctica. Por ejemplo, mediciones de diámetros, volumen, alturas, gráficas obtenidas o cualquier otro tipo de resultado final. Deben presentarse, de preferencia, en tablas debidamente ordenadas para mayor facilidad al interpretar. Ejemplo:

Tabla No. 1: Ejemplo de entrega de Resultados

Árbol. No.	DAP cm. (con corteza)	Altura	
		Aparato 1	Aparato 2
1	14	11.5	12
2	16	12	13

Fuente: Laboratorio de Inventarios Forestales. Universidad Rural de Guatemala.

d. **INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS:** Esta sección corresponde a una demostración, explicación y análisis de todo lo que ocurrió y resultó de la práctica, interpretando de una manera cuantitativa y cualitativa, tanto los resultados como los pasos seguidos para la obtención de los mismos. Aun cuando la discusión se apoya en la bibliografía, no debe ser una transcripción de la misma, ya que el estudiante debe explicar con sus propias palabras y criterio lo que sucede en la práctica. Cuando se haga uso de la teoría en alguna parte de la discusión debe indicarse colocando al final de párrafo (que debe ir entre comillas), la bibliografía de donde se obtuvo la información. La forma de colocarlo es la siguiente: (Ref. 1 Pág. 5). En cuanto a los resultados propiamente dichos, deben explicarse el porqué de los mismos. Debe hacerse una comparación entre el resultado experimental y el resultado real de cada objeto de estudio.

e. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del reporte. Las conclusiones son “juicios críticos razonados” a los que ha llegado el autor, después de una cuidadosa consideración de los resultados del estudio o experimento y que se infieren de los hechos. Deberán ser lógicos, claramente apoyados y sencillamente enunciados. Esta sección deberá ser extraída de la interpretación de resultados ya que allí han sido razonados y deben de ir numeradas. Se redacta una conclusión por cada objetivo.

f. **BIBLIOGRAFÍA:** Esta sección consta de todas aquellas referencias (libros, revistas, documentos) utilizados como base bibliográfica en la elaboración del reporte. Deben citarse, como mínimo 3 referencias bibliográficas (**EL INSTRUCTIVO NO ES UNA REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**), las cuales deben ir numeradas y colocadas en orden alfabético según el apellido del autor. Todas deben estar referidas en alguna parte del reporte. La forma de presentar las referencias bibliográficas es la siguiente:

1. Calzada N., A. 1981. Manual de prácticas forestales. Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Bosques. 46 p.

## DETALLES FÍSICOS DEL REPORTE

- El reporte debe presentarse en hojas de papel bond tamaño carta.
- Cada sección descrita anteriormente, debe estar debidamente identificada y en el orden establecido.
- Todas las partes del reporte deben estar escritas a mano **CON LETRA CLARA Y LEGIBLE**.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

## IMPORTANTE:

Los reportes se entregarán al día siguiente de la realización de la práctica al entrar al laboratorio **SIN EXCEPCIONES**. Todos los implementos que se utilizarán en la práctica se tengan listos antes de entrar al laboratorio pues el tiempo es muy limitado. **ES IMPORTANTE TENER TODOS LOS MATERIALES NECESARIOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS**

Cada grupo de estudiantes de máximo 6 personas debe de traer el material que se le indica en la tabla No. 2 junto con los materiales de limpieza (jabón líquido, bolsa para basura y un rollo de papel mayordomo).

## PRÁCTICA No. 1. UTILIZACIÓN DE APARATOS DE MEDICIÓN FORESTAL.

### 1- PRESENTACIÓN.

La medición de árboles y rodales se realiza utilizando instrumentos de medición diseñados para ese propósito. Una de las metas educacionales de esta práctica de laboratorio es que el estudiante al finalizar esté en capacidad de manejar adecuadamente los instrumentos más frecuentemente empleados en la medición de bosques.

En este laboratorio se tendrá el primer acercamiento a los instrumentos de medición forestal a través de la realización de una revisión documental, el acceso a los principales instrumentos que serán utilizados en el curso, así como la realización de una presentación y discusión en clase sobre el tema.

### 2- OBJETIVOS

- Al finalizar esta práctica, el estudiante estará en capacidad de:
- Comprender los principios que fundamentan el diseño y uso de los instrumentos más comúnmente empleados en medición forestal.
- Reconocer los principales aparatos empleados en la medición de diámetros, alturas, grosor de corteza y crecimiento de árboles.

### 3- MARCO TEÓRICO

#### Medición de diámetros

Diámetro a la altura del pecho (DAP), circunferencia a la altura del pecho (CAP) y área basal (g)

En Dendrometría medición o mensuración de árboles la variable diámetro o circunferencia es la más fundamental y frecuente medida a ser obtenida del árbol por el técnico forestal, constituyendo la base de cálculo para la estimación del volumen y la indicación del estado de desarrollo del árbol.

La importancia básica en la medición de esta variable es que:

- Afecta el cálculo del volumen, área basal y peso
- Es accesible. Implica gran precisión y mayor economía en la toma de esta medida
- Posibilita conocer la distribución diamétrica del bosque
- Posibilita definir el grado de ocupación de un local del bosque a través de la determinación de la densidad.

## Consideraciones sobre el diámetro y la circunferencia

La medición del diámetro es efectuada a 1,30 m en Cuba y Brasil, 1,37 m en los Estados Unidos de Norteamérica y 1,25 m en Japón por simple comodidad. Es muy Común la medición de la circunferencia (C) y su posterior transformación en diámetro. Para tal transformación basta utilizar la siguiente relación:

$$C = 2\pi R$$

Donde:

C = Circunferencia

R = Radio

$$\pi = 3,1415927$$

El radio a su vez corresponde a la mitad del diámetro (D)


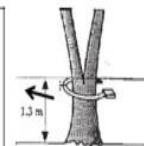
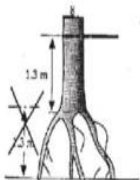
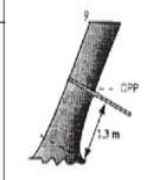
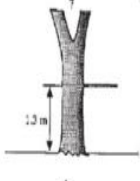
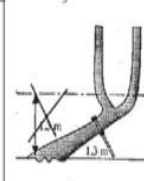
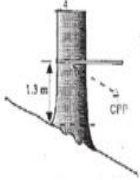
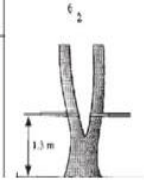
## Medición de los diámetros y/o de las circunferencias

Al efectuar mediciones de diámetros y/o circunferencias es Común que surjan una serie de dudas debido a la forma de cómo se presentan los árboles, pudiéndose encontrar las siguientes situaciones en los árboles, como se muestra a continuación:

- a) árboles situados en un plano horizontal (terreno plano)
- b) árboles situados en un terreno inclinado
- c) árboles inclinados
- d) árboles con deformaciones en la base (aletones, etc.)
- e) árboles con deformaciones a la altura de 1,30 m del suelo (altura del pecho)
- f) árboles bifurcados encima del DAP
- g) árboles bifurcados abajo del DAP.



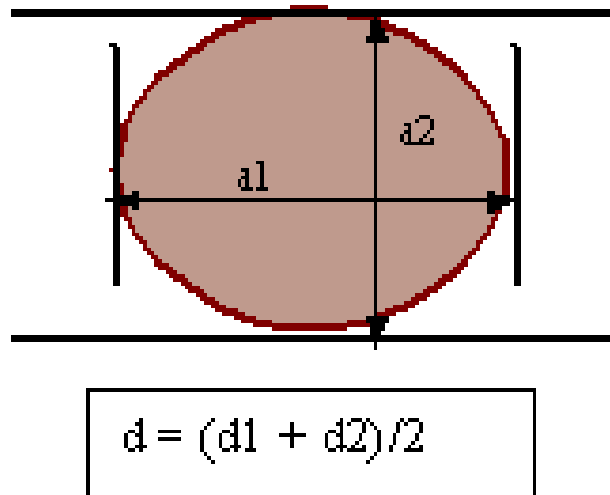
Casos particulares en la medición de árboles

	<p><b>Árbol caído</b></p>	<p>La medición del diámetro se hace a 1.3 m desde el punto de transición entre el tronco y la raíz</p>		<p><b>Árbol bifurcado a 1.3 m</b></p>	<p>Se medirá el diámetro por debajo de la horquilla justamente por debajo de cualquier abultamiento que pueda aumentar el DAP</p>
	<p><b>Árbol con raíces aéreas</b></p>	<p>La medición del diámetro se realizará a 1.3 m desde el límite entre el tronco y las raíces.</p>		<p><b>Árbol inclinado</b></p>	<p>Se medirá el árbol a la distancia de 1.3 m en donde la base de éste y el terreno se encuentran formando un ángulo.</p>
	<p><b>Árbol bifurcado por encima de 1.3 m</b></p>	<p>El árbol se contará como un solo árbol y las mediciones se realizarán a 1.30 m</p>		<p><b>Árbol inclinado y bifurcado</b></p>	<p>Se medirá el árbol a la distancia de 1.3 m en donde la base de éste y el terreno se encuentran formando un ángulo</p>
	<p><b>Árbol en terreno inclinado</b></p>	<p>La medición del DAP del árbol se toma desde el lado superior del tronco, ladera arriba</p>		<p><b>Árbol bifurcado por debajo de 1.3 m</b></p>	<p>Se medirá cada tronco por separado. Sólo se medirán los troncos con el diámetro requerido (<math>\geq 10</math> cm DAP en la subparcela de 20 m x 50 m, <math>\geq 20</math> cm DAP en la subparcela de 20 m x 150 m y <math>\geq 50</math> cm DAP en toda la parcela)</p>

**Cuidados en la toma de las mediciones**

Para que la forcípula trabaje en buenas condiciones en el momento de la toma de las mediciones, hay que tener los siguientes cuidados.

- Que el brazo fijo esté perpendicular a la regla graduada.
- Que los dos brazos y la regla estén situados en un mismo plano.
- Que el brazo móvil, en la medición, esté paralelo al brazo fijo. Condición esencial para hacer lecturas correctas.
- Que al tomar dos medidas, si las secciones no fueran circulares, estas deben ser tomadas ortogonalmente una a otra. El diámetro del árbol será obtenido por la media aritmética de D1 y D2.



**Figura 5. Medición de diámetro cuando las secciones no son circulares.**

### Cinta diamétrica

Cintas para medición de diámetros en ciencias forestales. La cinta métrica sirve para medir indirectamente el diámetro de los árboles. Se coloca a 1.3 m de altura alrededor del tronco del árbol. El valor es dividido por PI (3.1415...) para estimar el diámetro normal. Con frecuencia la cinta tiene unidades normales (mm, cm) de un lado y unidades de PI en el otro lado. En este último caso recibe el nombre de cinta diamétrica.

- Ideal para registros en estudios de antropométrica, morfología, ingeniería forestal e industrial, o en cualquier caso que se requiera el diámetro de un cuerpo.
- Equipo indispensable para proyectos forestales, diseñado para la medición de los diámetros de árboles pequeños, medianos.
- El diámetro se obtiene fácilmente a partir de la circunferencia la cual se observa en la parte superior de la cinta.
- Fácil de transportar por su tamaño y peso.
- Excelentes materiales en su construcción lo que le permite soportar las condiciones de trabajos en campo.



**Figura 6. Cinta diamétrica**

## Forcípula

Tiene una regla graduada que posee un brazo fijo y otro móvil, perpendiculares ambos a la escala o regla graduada, puede ser de aluminio, hierro o madera, está graduada de 1 en 1 cm o de 0,5 en 0,5 cm.

En los países de lengua inglesa la graduación es hecha en pulgadas enteras; y - su dimensión debe variar en función de la población forestal en que se va a hacer el levantamiento.



Figura 7. Forcípula

## INSTRUMENTOS PARA MEDIR ALTURA DE ÁRBOLES

### Hipsómetro y clinómetro

Los hipsómetros son instrumentos para medir las alturas, especialmente las dimensiones de los árboles, de manera precisa y rápida. Los dendrómetros pueden medir el ángulo de un grado.

Los clinómetros de mano son instrumentos de precisión utilizados en el mundo. Son excelentes para topógrafos, ingenieros, cartógrafos, geólogos, mineros y para todo tipo de personas que necesiten precisión en mediciones de altura, ángulos verticales e inclinaciones.

Ambos hipsómetros y clinómetros tienen una caja fabricada en liga de aluminio anticorrosivo. Los discos pivotantes de escala, montados sobre rubí, contenidas en una caja plástica hermética, se mueven en un fluido estabilizador para que los discos pivotantes se muevan bien y se paren rápidamente.

El líquido no se congela ni se evapora. Las propiedades de amortiguamiento y de eliminación de las vibraciones permanecen iguales en cualquier situación.

Figura 8. Clinómetro

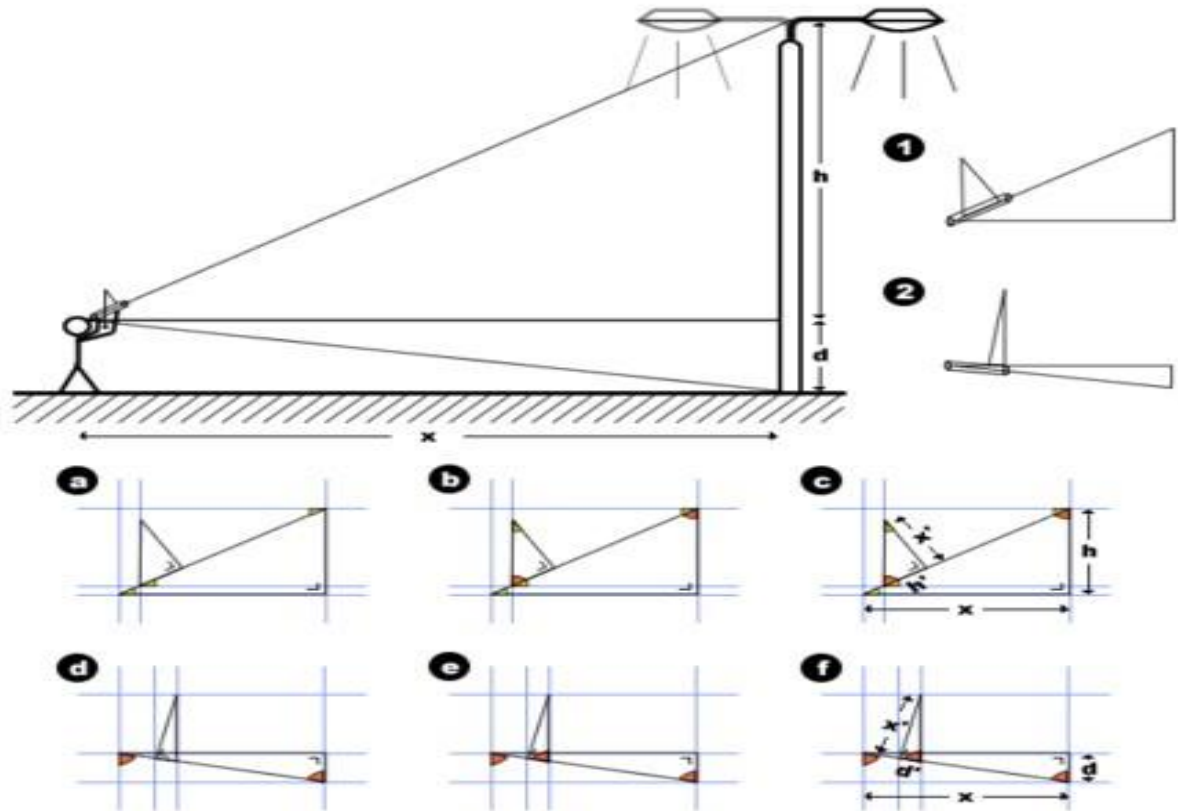


Figura 9. Medición de altura y ángulo con clinómetro

## PRÁCTICA No. 2: PLANIFICACIÓN DE UN INVENTARIO FORESTAL

### 1. **Objetivos:**

- 1.1. Emplear criterios técnicos para determinar la forma y el tamaño más “adecuado” de las unidades de muestreo en un inventario forestal.
- 1.2. Aplicar métodos estadísticos para determinar el tamaño de la muestra en los inventarios forestales.
- 1.3. Emplear criterios técnicos para determinar el método de muestreo más “adecuado” según las características del bosque a inventariar.
- 1.4. Planificar un inventario forestal tomando en consideración las características del área a inventariar.

### 2. **Marco Teórico:**

#### **Recopilación de información base**

Antes de iniciar un inventario forestal es necesario recopilar cierta información base, la cual permitirá hacer una mejor planificación del inventario. Entre los datos más importantes que se deben obtener se encuentran los siguientes:

- Tiempo y fondos disponibles para el inventario
- Apoyo logístico y organizaciones que participan en el inventario
- Accesibilidad, vías de comunicación y servicios existentes
- Inventarios previos, informes y mapas existentes (de suelos, vegetación, etc.)
- Lista de especies de árboles esperadas (comerciales, no comerciales, protegidas, etc.)
- Hojas cartográficas, fotografías aéreas o imágenes de satélite
- Estado legal de la propiedad
- Área total y colindancias
- Topografía general. (Catie, 2002)

#### **Tamaño de las unidades de muestreo**

La unidad de muestreo tradicional usada en los inventarios forestales, es la parcela que es una superficie fija de tamaño pequeño, de forma circular, cuadrada o rectangular. En

general, para bosques jóvenes y densos, es más conveniente usar parcelas pequeñas; y para bosques más viejos y ralos, se utilizan parcelas grandes.

Para elegir el tamaño de la parcela hay que considerar dos factores:

La representatividad y El tiempo de medición

La representatividad se refiere a que la variación del bosque está representada en la parcela (en las parcelas más grandes, la variabilidad es menor que en parcelas pequeñas). La guía principal para elegir el tamaño de la parcela es que ésta sea tan grande para incluir un número representativo de árboles, pero que sea lo suficientemente pequeña para que el tiempo de medición requerido no sea excesivo. Se recomienda como regla práctica, que el tamaño sea tal que incluya de 20 a 30 árboles medibles.

El CONAP recomienda para los bosques de Guatemala, los tamaños de parcelas siguientes:

- En bosques latifoliados cuya superficie es mayor a 10000 hectáreas, parcelas de 1 hectárea
- En bosques latifoliados cuya superficie es menor a 1000 hectáreas, parcelas de 2500 m<sup>2</sup>
  
- En bosques de coníferas, parcelas de 500 m<sup>2</sup>
- En bosques mixtos, parcelas de 1000 m<sup>2</sup>

Cualquiera que sea el tamaño de la unidad de muestreo escogida, este no debe variar en el mismo inventario. Hay que tener presente que el tamaño de las unidades de muestreo siempre se refiere al plano horizontal, es decir, en terrenos inclinados hay que hacer la corrección de pendiente. (Catie, 2002; Ferreira, 1994)

### **Forma de las unidades de muestreo**

La consideración más importante para definir la forma de la parcela es el “efecto de borde”. Es más conveniente seleccionar formas con menor relación perímetro/superficie. La forma que mejor llena esta condición es la forma circular; con rectángulos largos y delgados o cuadrados muy pequeños el error de borde es considerable.

A continuación, se presentan algunas consideraciones sobre las parcelas de uso más común en inventarios forestales. a) Parcela circular

La parcela circular se utiliza solamente en bosques con buena visibilidad, y no se recomienda en terrenos con pendiente fuerte. Una de las ventajas de esta parcela es que su trazo es fácil, ya que únicamente se necesita una cinta métrica.

Para calcular el radio de la parcela se emplea la fórmula siguiente:

$$\text{Radio (m)} = \sqrt{\frac{\text{Tamaño de la parcela en m}^2}{\pi}}$$

#### b) Parcela cuadrada

La parcela cuadrada se emplea comúnmente en parcelas permanentes de medición (PPM), y en bosques con poca visibilidad. Para establecer la parcela cuadrada se necesita además de la cinta métrica, una brújula para medir los ángulos de 90° del cuadrado.

Para calcular el lado de la parcela se utiliza la fórmula siguiente:

$$\text{Lado de la parcela (m)} = \sqrt{\text{Tamaño de la parcela en m}^2}$$

#### c) Parcela rectangular

Las parcelas rectangulares se recomiendan en bosques con poca visibilidad y en terrenos con pendiente fuerte. En áreas donde existan pendientes, se recomienda ubicar el lado más largo de la parcela en forma paralela a la pendiente, esto con el objetivo de captar la mayor variabilidad posible (gradiente de crecimiento).

Los lados para parcelas rectangulares, podrían ser por ejemplo:

Parcelas de 1000 m<sup>2</sup> (25m x 40m)

Parcelas 800 m<sup>2</sup> (25m x 32m)

Parcelas de 600 m<sup>2</sup> (20m x 30m)

Parcelas de 500 m<sup>2</sup> (20m x 25m)

Parcelas de 300 m<sup>2</sup> (15m x 20m). (Ferreira, 1994; Matteucci et al., 1982)

### **Tamaño de la muestra**

Una vez determinado el tamaño de la parcela, la etapa siguiente es determinar el tamaño de la muestra, es decir, el número de parcelas a medir en el terreno. El tamaño de la muestra se refiere al área total por inventariar, expresado en número de parcelas de un tamaño definido. Para determinar el tamaño de la muestra, existen dos modalidades: método de la intensidad de muestreo y método del error de muestreo. Estos métodos se discuten a continuación:

#### a) Método de la intensidad de muestreo

En este método el tamaño de la muestra se estima aplicando un porcentaje de intensidad del área total, para lo cual se requiere bastante experiencia y habilidad para fijar el

porcentaje; el método no deja de ser subjetivo y arbitrario. Por ejemplo, para un área grande o cuando no se requiere una exactitud alta, se puede fijar una intensidad del 2% al 5%.

Para calcular el número de parcelas se utilizan las fórmulas siguientes:

$$Np = \frac{Am}{Tp}$$

$$Am = \frac{Im}{100} \times At$$

Donde:

$Np$  = número de parcelas a levantar

$Am$  = área muestreada (has)

$Tp$  = tamaño de la parcela (has)

$Im$  = intensidad de muestreo (%)

$At$  = área total del bosque (has)

La experiencia en Petén (Guatemala), señala que en este tipo de bosques es más práctico inventariar con base en intensidades de muestreo, ya que permite simplificar el proceso de diseño y planificación del inventario forestal. Las intensidades propuestas están basadas en el mínimo necesario para alcanzar un error del 15%, respecto del volumen comercial para todas las especies en conjunto. En todo caso, después de realizar el inventario este debe incluir el error obtenido cualquiera que sea su valor. Si existiera un caso en que este sea mayor al 15% este debe ser aceptado.

A continuación, se presenta una propuesta de intensidades mínimas de muestreo aplicable a los bosques peteneros de la Reserva de la Biosfera Maya.

Superficie a inventariar (has)	Intensidad mínima de muestreo (%)	Número de parcelas a levantar (de 1 hectárea cada una)
5,000	0.80	40
10,000	0.50	50
15,000	0.40	60
20,000	0.35	70
30,000	0.27	80
40,000	0.23	90
50,000	0.20	100
100,000	0.15	150

Fuente: Carrera, 1996.



En el Altiplano Occidental de Guatemala, cuando no se hace un pre-muestreo, se recomienda referirse al cuadro siguiente para determinar la intensidad de muestreo a aplicar en función del área y tipo de bosque, y del error máximo de muestreo permitido.

Superficie a inventariar (has)	Intensidad de muestreo (%)			
	Bosques de coníferas		Bosques mixtos y latifoliados	
	15% de error de muestreo	20% de error de muestreo	15% de error de muestreo	20% de error de muestreo
5	20.4	12.5	30.3	18.1
10	10.2	6.2	15.2	9.0
15	6.8	4.2	10.1	6.0
20	5.1	3.1	7.6	4.5
30	3.4	2.1	5.1	3.0
40	2.5	1.6	3.8	2.3
50	2.0	1.2	3.0	1.8
100	1.0	0.6	1.5	0.9

Fuente: Fundap, 1993.

El CONAP recomienda que para bosques de coníferas el error de muestreo permitido no debe ser mayor del 15%; mientras que para bosques mixtos se considera un máximo de error de muestreo permisible del 20%.

#### b) Método del error de muestreo

Este método consiste en determinar el número de parcelas de muestreo tomando como base la variabilidad del bosque, y para medir esta variabilidad se usa el coeficiente de variación. En base solamente a la variabilidad de la población, un bosque heterogéneo necesita mayor número de parcelas que un bosque homogéneo, para obtener la misma precisión en el muestreo.

Para calcular el número de parcelas se utiliza la fórmula siguiente:

$$n = \frac{CV^2 \times t^2}{E^2}$$

Donde:

$n$  = número de parcelas a levantar

CV = coeficiente de variación (%)

$t$  = valor  $t$  de Student (depende del nivel de confiabilidad requerido y de los grados de libertad)  $E$  = error de muestreo máximo requerido (generalmente se utiliza un 15%)

De la fórmula anterior, se deduce que el tamaño de la muestra está en función de la variabilidad del bosque (CV) y de la precisión requerida ( $E$ ), y no del tamaño de la superficie del bosque a inventariar. El problema normalmente es que de antemano no se conoce el valor del coeficiente de variación. Este valor depende de la homogeneidad del bosque y del tamaño de las parcelas.

En general, el coeficiente de variación del volumen, puede ir desde 35% para bosques homogéneos hasta 250% para bosques muy heterogéneos. En el Altiplano Occidental de Guatemala, el coeficiente de variación del volumen varía en general entre 22 y 32% en el caso de bosques de coníferas y entre 26 y 46% en el caso de bosques mixtos y latifoliados.

### **Definición del método de muestreo**

Una vez determinado el número de parcelas a medir, el paso siguiente es distribuir la muestra de parcelas en el bosque. Las parcelas se pueden distribuir en forma aleatoria, en forma sistemática, en forma estratificada y por conglomerados.

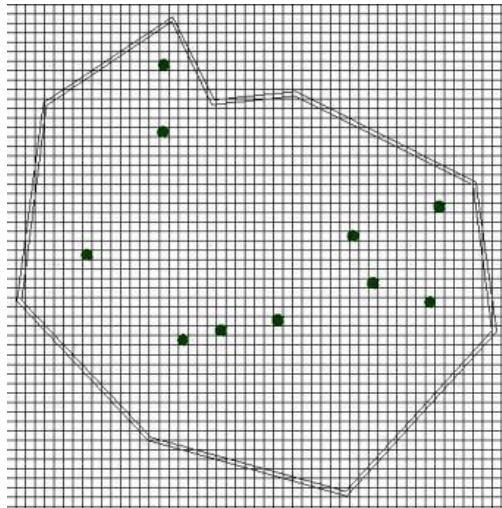
En este paso se requiere analizar las diferentes opciones de muestreo y definir cuál es la que permite minimizar los costos del inventario y maximizar la precisión de las estimaciones.

Los costos de un inventario están determinados principalmente por los tiempos de desplazamiento en el campo y los tiempos efectivos de medición. En este sentido, se debe dar preferencia a diseños de muestreo con una buena distribución de la muestra, de tal forma que se reduzcan el tiempo de desplazamiento y el de ubicación de las unidades de muestreo en el campo, ya que estos son, en realidad, tiempos no efectivos.

### **Muestreo aleatorio**

En este diseño las unidades muestrales son seleccionadas aleatoriamente, sin que la elección de una influya en las otras. El muestreo aleatorio es muy útil cuando el parámetro que se quiere estimar se manifiesta de manera homogénea en la población.

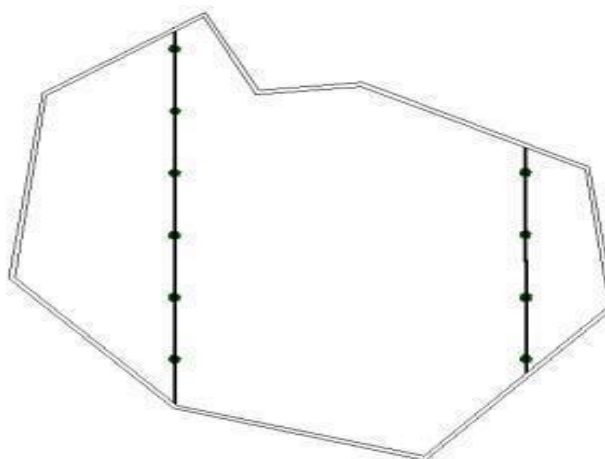
}



### **Muestreo sistemático**

El muestreo sistemático es el más utilizado en inventarios forestales de bosques naturales tropicales, a pesar de que en teoría este tipo de muestreo no está basado en las leyes de la probabilidad, lo que no permite calcular con precisión el error de muestreo. Sin embargo, se pueden introducir procedimientos especiales que validan el cómputo del error de muestreo, como, por ejemplo, la selección al azar de la primera muestra, parcela o transecto.

Entre las ventajas del muestreo sistemático están la ubicación fácil de las parcelas, el costo del trabajo de campo es menor en comparación del método aleatorio, existe una distribución regular de las parcelas sobre toda la población inventariada, y se tiene la posibilidad de dibujar las características del terreno. El modelo sistemático de uso más común es por líneas, que consiste en definir líneas de muestreo equidistantes sobre las cuales se ubican las parcelas también equidistantes. (Catie, 2002; Carrera, 1996; Ferreira, 1994).



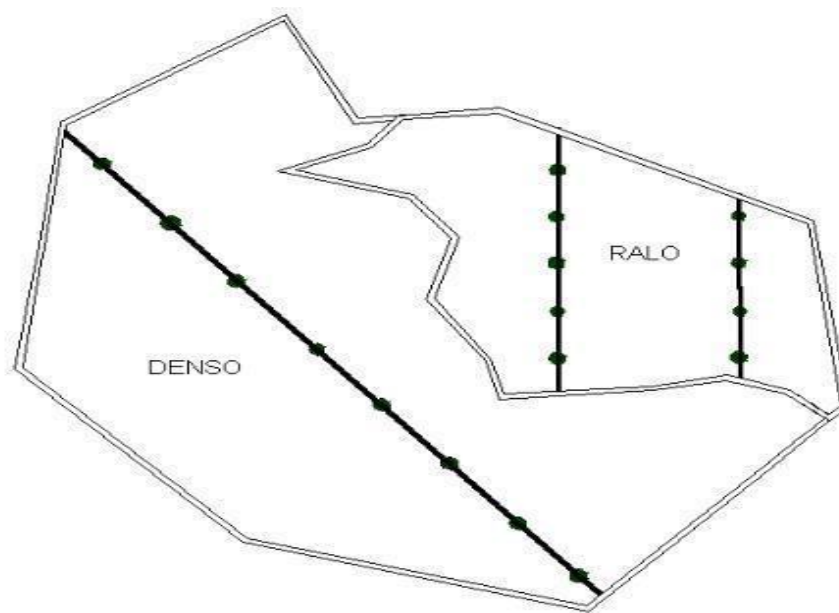
### **Muestreo estratificado**

Consiste en dividir el bosque en subunidades más homogéneas denominadas “estratos” y efectuar un muestreo independiente en cada estrato. El muestreo puede ser aleatorio o sistemático, y se emplean los mismos procedimientos para distribuir las parcelas en el mapa.

La estratificación se refiere a la división por estratos del bosque. El propósito inicial de la división es la planificación del inventario. Los criterios de estratificación son numerosos, por ejemplo: tipo de bosque, especie, densidad, altura, edad, topografía, etc. La estratificación es eficiente si la variación dentro de los estratos es pequeña y entre los estratos es grande.

Para aplicar el muestreo estratificado se requiere de un conocimiento del bosque a evaluar, referente a su variabilidad. La estratificación puede hacerse a priori o a posteriori, si se hace antes o después de la realización del inventario.

Los diferentes estratos pueden ser de forma y de superficie variable, y se constituyen únicamente de unidades homogéneas en cuanto al criterio de estratificación elegido y no necesariamente geográficamente continuas.



### **Definición de las variables a medir**

En esta etapa se deben identificar las variables a medir en campo para generar la información necesaria para cumplir con los objetivos del inventario forestal. Básicamente se deben identificar las variables que se medirán en el terreno y las variables que se medirán en los árboles, lo cual dependerá del tipo de inventario a realizar (Catie, 2002).

### **Diseño y elaboración de formularios de campo**

Una vez que se han definido las variables a evaluar, se deben diseñar los formularios de campo para la recopilación de información. El registro de las mediciones del inventario se hace en formularios que deben estar preparados antes del inicio del trabajo de campo. La elaboración de los formularios debe considerarse como una de las fases de planificación, que ha de ser precedida por algunas decisiones fundamentales, especialmente lo relativo a la información que ha de contener el inventario.

El tipo de formulario depende de la información a obtener, la que estará definida por los objetivos del inventario. El formulario debe ser simple, pero con espacio suficiente para recoger toda la información que se necesita (es preferible un tamaño pequeño). (Ferreira, 1994)

### 3. **Material y Equipo**

- Lapicero      • Manual
- Lápiz      • Hojas papel bond
- Calculadora

### 4. **Procedimiento**

- a) Con la ayuda del instructor del laboratorio, se procederá a recopilar la información que se tenga disponible del área donde se realizará el inventario forestal: ubicación, vías de acceso, propietarios, especies presentes, tipo de bosque, área total, colindancias, etc.
- b) Con base a la información obtenida y proporcionada por el instructor, se determinará el tamaño de las unidades de muestreo (parcelas), y forma de la unidad de muestreo (circular, cuadrada o rectangular; realizando los cálculos para establecer las longitudes de las parcelas).
- c) Determinar el tamaño de la muestra, usando cualquiera de los dos métodos según indique el instructor (método de intensidad de muestreo y método de error de muestreo)
- d) Luego se procederá a definir el método de muestreo a realizar (aleatorio, sistemático o estratificado), con base a las características del bosque en donde se realizará el inventario.
- e) Definir las variables a medir en campo: DAP, Altura, calidad de fustes, estado fitosanitario.
- f) Documentar todos los cálculos realizados guardándose para la siguiente práctica ya que serán fundamentales e incluirlos en el reporte.

### 5. **Reportar:**

- Datos generales del área a trabajar
- Tamaño de parcela
- Unidad de muestreo
- Tamaño de muestra
- Método de muestreo
- Variables de campo a medir

## PRÁCTICA No. 3: EJECUCIÓN DE UN INVENTARIO FORESTAL

### 1. Objetivos

- 1.1. Decidir en qué situaciones se debe cambiar la ubicación original de una parcela en un inventario forestal.
- 1.2. Recopilar los datos de identificación, del terreno, dendrométricos y silvícolas en un inventario forestal.

### 2. Marco Teórico:

#### Ubicación y delimitación de parcelas

Después de haber planificado todos los aspectos relacionados a la ejecución del inventario forestal, se procede a la toma de datos de campo, que constituye la segunda operación importante de un inventario forestal. En un inventario forestal las mediciones se inician con la ubicación y delimitación de la parcela.

#### a. Ubicación

La ubicación inicial del centro o vértice de la parcela se hace con la ayuda de instrumentos como la brújula, el clinómetro, la cinta métrica, el GPS, etc.

El centro o vértice de la parcela se sitúa en el terreno en una ubicación previamente determinada en la planificación del inventario y nunca se desplazará, excepto cuando el perímetro de la parcela incluye o se limita a zonas forestales no productivas, como, por ejemplo:

- Carreteras principales o secundarias
- Áreas agrícolas y residenciales
- Ríos principales
- Barrancos abruptos, etc.

Entre las condiciones que no influyen en el desplazamiento del centro o vértice de la parcela podemos mencionar los taludes, rondas corta fuego, pequeños claros de bosque, árboles tumbados por el viento, pequeños ríos, entre otros.

Cuando el centro o vértice de la parcela se sitúa fuera de los límites del bosque se elimina la parcela en ese sitio, pudiéndose ubicar en otra parte del bosque. Es preferible no medir que registrar medidas falsas, imaginadas o imprecisas.

#### Delimitación

El centro o vértice de la parcela deberá marcarse con una estaca “grande” y desde este punto se procede a trazar los límites de la parcela, de acuerdo a la forma y tamaño que se han definido previamente. (Fundap, 1993)

En el trazo de la parcela se deben compensar aquellas distancias donde existan pendientes mayores de 5°. La compensación de distancias puede hacerse con la fórmula siguiente:

$$DC = \frac{DH}{\cos \alpha}$$

Donde:

DC = distancia compensada

DH = distancia horizontal

Cos  $\alpha$  = coseno de los grados de pendiente del terreno

### Recolección de datos de identificación

Los datos de identificación se anotan en una boleta de campo previamente elaborada. El olvido de uno de estos datos puede obligar a no tomar en cuenta la parcela en los cálculos, por lo que la anotación de la información debe hacerse con cuidado. Los datos de identificación pueden incluir los siguientes:

- Parcela. Número de identificación de la parcela.
- Fecha. Deberá anotarse el día, mes y año de la medición; estos datos permitirán verificar si no hay mala numeración de las parcelas y saber también cuántos días tomó la fase de campo del inventario,
- Inicio y final de las operaciones. Tiempo necesario entre la llegada del caminamiento al centro o vértice de la parcela y el final de las operaciones en la parcela (separar estos dos tiempos). Esta información servirá para evaluar el rendimiento de los equipos de trabajo.
- Operadores. Se debe anotar el número de personas que tomaron los datos en la parcela, y principalmente el nombre del o las personas que anotaron la información en los formularios. (Ferreira, 1994; Fundap, 1993)

### Recolección de datos del terreno

La recopilación de información del terreno permitirá tener información auxiliar para planificar de mejor manera el manejo del bosque. Las variables que se recopilan del terreno pueden ser las siguientes.

- Pendiente. Se refiere al grado de inclinación de los terrenos expresado en grados o porcentajes. El conocimiento de la pendiente es indispensable para la delimitación de la parcela. Cuando la pendiente es uniforme, basta con una sola medición; en aquellos sitios donde hay diferentes pendientes, se aconseja tomar las medidas de pendiente necesarias y calcular un promedio.
- Textura del suelo. En el terreno, se puede apreciar la textura del suelo por el tacto, con un poco de experiencia. Las arenas empiezan a raspar entre los dedos a partir de 0.1 mm. La arcilla se distingue del limo por amasamiento: un

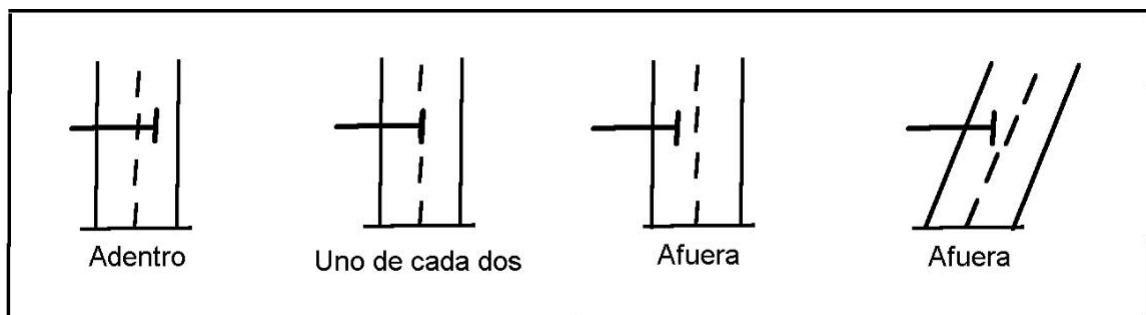
poco de tierra húmeda que se frota entre los dedos se desmorona cuando es limo, no cuando es arcilla. - Exposición. Es la dirección respecto al norte de la pendiente de la parcela. Se distinguen las exposiciones siguientes: terreno plano, norte, noreste, noroeste, sur, sureste, suroeste, este y oeste. Esta información puede ser útil en la comparación de crecimientos de acuerdo a las distintas exposiciones que existan en el bosque. - Altitud. Puede tomarse con un altímetro o con un GPS. Esta información puede ser útil para la elaboración de curvas a nivel, especialmente cuando se está utilizando el método de muestreo sistemático.

- **Fisiografía.** Es la situación en el centro de la parcela respecto al relieve general ( $\pm 100$  m a la redonda) y no al microrelieve de la parcela. Se distinguen las características fisiográficas siguientes: lomo de colina, ladera alta, ladera media, pie de monte, valle, terraza, depresión.

- **Erosión.** La erosión es la acción de varios agentes climáticos y tiene como efecto la desaparición progresiva de la capa superficial del suelo. Se indica la presencia y el tipo de erosión presente en la parcela y alrededores ( $\pm 100$  m a la redonda). En el campo se pueden encontrar los tipos de erosión siguientes: sin erosión, erosión laminar, erosión en surcos y erosión en cárcavas. (Ferreira, 1994; Fundap, 1993)

### Recolección de datos dendrométricos

La recolección de los datos dendrométricos constituye lo esencial del trabajo a realizar en una parcela. En una parcela se miden los árboles que están presentes en la misma, sin embargo, existen casos en donde no se sabe exactamente si un árbol entra o no en la parcela. En esta situación, se recomienda utilizar los criterios que se presentan en la figura siguiente:



**Figura 10.** Esquema para determinar si un árbol está dentro o no de la parcela.

Las mediciones dendrométricas más comunes que se realizan en una parcela son el diámetro, la altura, incrementos y el estado físico del arbolado. Estos aspectos se discuten a continuación:

#### - **Medición del diámetro**

La medición del diámetro está normalizado a una altura de 1.3 metros sobre el nivel del suelo, el cual se conoce como DAP (diámetro a la altura del pecho) o diámetro normal.



En la parcela se mide el DAP con corteza de todos los árboles. Generalmente, el diámetro de referencia mínimo a medir es 10 cms, pero puede ser diferente según el objetivo del inventario, por ejemplo, en inventarios con fines de carbono se empieza las mediciones a partir de 5 cms. La medición se hace con cinta diámetro, forcípula u otro instrumento adecuado al diámetro de los árboles. (Ferreira, 1994; Fundap, 1993)

#### - **Medición de alturas**

La altura es importante para el uso de tablas de volumen y en algunas ocasiones, puede servir para indicar la productividad de un sitio. Las mediciones de DAP y su correspondiente altura, se usan para establecer una relación local de DAP y altura.

La medición de la altura se puede hacer con hipsómetro o clinómetro y se recomienda, siempre que las condiciones de visibilidad lo permita, medirla con exactitud y no estimarla.

Para las especies coníferas se mide la altura total del árbol, desde la base hasta el extremo de la copa. Para las especies latifoliadas de preferencia se mide la altura del fuste, desde la base hasta el punto de copa (inicio de las ramas más gruesas). La altura también se puede medir también en número de trozas (generalmente de 5 m) que pueden salir de un árbol.

En los bosques de coníferas de Guatemala, usualmente se miden las alturas de los 2 ó 3 árboles más cercanos al centro de la parcela (árboles tipo). Cuando el rodal es muy heterogéneo, se obtienen por lo menos dos alturas por especie importante. Otro criterio que se emplea, consiste en medir un árbol por cada 100 m<sup>2</sup> de parcela.

En los bosques latifoliados de Petén se mide la altura comercial, la que está dada por el largo de fuste aprovechable sin defectos, estimada en metros. Si bien, el uso de instrumentos para su medición da resultados más precisos, implica un mayor tiempo por lo que es poco práctico. No obstante, a veces se utiliza el hipsómetro para hacer algunas comprobaciones y así calibrar mejor la estimación ocular. (Carrera, 1996; Ferreira, 1994; Fundap, 1993)

#### - **Medición de la calidad de fustes**

La calidad del fuste se puede medir de dos formas, siendo éstas:

Estado físico. Árboles rectos, sinuosos, inclinados, bifurcados, etc.

Posición jerárquica. Árboles dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos.

Esta clasificación de los árboles servirá para determinar la estrategia de intervención en las operaciones silviculturales a aplicar, especialmente en los raleos.

En los bosques latifoliados de Petén, la calidad del fuste se evalúa en todos los árboles medidos, cuantificando los “defectos visibles” en forma porcentual. (Carrera, 1996; Fundap, 1993)

## **RECOLECCIÓN DE DATOS SILVÍCOLAS**

Los datos silvícolas son utilizados para analizar sobre el tratamiento que se aplicará al rodal o al bosque que se está inventariando. Los datos silvícolas que más se evalúan son los siguientes.

### **Estado fitosanitario**

La detección de plagas, enfermedades o daños diversos determinará la urgencia de intervención del rodal o de la parte del bosque. La detección de daños ayudará a fijar la estrategia que debe adoptar el dueño y los vecinos del bosque.

El estado fitosanitario del árbol puede evaluarse así:

- Sano
- Daños por gorgojo
- Daños por incendio
- Daños por ocoteo
- Daños por descortezamiento
- Daños por pastoreo
- Daños por aprovechamientos, etc.

Además de identificar el estado fitosanitario, también se puede especificar el grado de daño que posee el árbol, en categorías como: daño leve, daño severo o árbol muerto.

En el procesamiento de la información, se define el estado fitosanitario general del rodal y se obtiene un porcentaje de los árboles afectados por uno o varios daños.

Esta información se utiliza para hablar con el dueño, los guardabosques y los vecinos del bosque, para descubrir cuáles son los riesgos de incendio, de presencia de plagas en los bosques vecinos, si la enfermedad o la plaga es endémica o si acaba de aparecer, si rebaños vienen a pastorear dentro del bosque, etc. (Ferreira, 1994; Fundap, 1993)

### **Regeneración natural**

El conteo de la regeneración da una idea de la dinámica de regeneración del rodal y apoyará o descartará el uso de la regeneración natural en las cortas de aprovechamiento.

La regeneración natural arbórea generalmente se mide en una subparcela, dentro de la parcela principal.

El tamaño de la subparcela depende de la variabilidad de la regeneración. Si la regeneración es muy homogénea, el área puede reducirse hasta 4 m<sup>2</sup>. Por el contrario, si la regeneración se encuentra en parches o en individuos muy dispersos, el área puede subir a 100 ó 200 m<sup>2</sup>. El tamaño más común es de 50 m<sup>2</sup>.

La regeneración natural se clasifica de diferentes maneras. A continuación, se presentan dos de las clasificaciones más comunes:

a) Para los bosques de la región Occidental de Guatemala puede utilizarse la clasificación siguiente:

- Brinzal: individuo entre 0.3 a 1.5 m de altura
- Latizal bajo: individuo mayor de 1.5 m de altura hasta 4.9 cms de DAP
- Latizal alto: individuo entre 5.0 a 9.9 cms de DAP

b) Para los bosques latifoliados del Petén se utiliza la clasificación siguiente:

- Brinzal: individuo mayor de 30 cms de altura hasta 4.9 cms de DAP
- Latizal: individuo entre 5.0 a 9.9 cm de DAP. (Beek et al., 1992; 1996) Carrera,

### **Sotobosque**

El sotobosque influye en la extracción de los productos de un aprovechamiento forestal y en la regeneración natural o la repoblación artificial. Su diversidad de especies es también un indicador de la fertilidad o de las condiciones de crecimiento del lugar.

Su ausencia puede provocar erosión y muchas veces indica una densidad demasiado excesiva del dosel arbóreo (necesidad de una intervención).

La medición del estrato arbustivo se hace proyectando las copas sobre el suelo, y con base en esto puede definirse la clasificación siguiente:

- Estrato denso (entre 75% y 100% de ocupación de la superficie)
- Estrato de densidad media (entre 25% y 75% de ocupación)
- Estrato ralo (con menos de 25% de ocupación)
- Estrato ausente. (Fundap, 1993)

### 3. Material y Equipo

- Lápiz
- Hipsómetro
- Cinta métrica
- Libreta de campo
- Forcípula - Brújula

### 4. Procedimiento

- a) Realizar un reconocimiento del área a través de un caminamiento por el rodal a inventariar, identificando: los linderos, caminos, terreno, etc.
- b) Con los datos obtenidos en la práctica No.3. "Planificación de un inventario forestal", iniciar con la delimitación de cada una de las parcelas de muestreo, según el número de parcelas que se hayan determinado realizar para el área.
- c) Haciendo uso de la libreta de campo, se recogerán los datos de identificación: parcela, fecha, inicio y final de las operaciones, operadores.
- d) Se recogerán los datos del terreno: pendiente, textura del suelo, altitud, fisiografía, erosión, otros que se consideren necesarios.
- e) Luego se procederá a la obtención de datos dendrométricos a cada uno de los árboles que quedaron dentro de las parcelas de muestreo. Para el DAP se hará uso ya sea de una forcípula, cinta diamétrica o cinta métrica según la disponibilidad de equipo; para calcular la altura se utilizará un hipsómetro; la determinación de la calidad de fustes se evaluará visualmente.
- f) La recolección de datos silvícolas, se realizará por inspección visual, evaluando los siguientes parámetros: estado fitosanitario, regeneración natural y estado del sotobosque.
- g) Todos los datos obtenidos se anotarán en la libreta de campo y/o formato elaborado para este fin y se guardarán para la siguiente práctica.

### 5. Reportar

- |                                    |                                  |
|------------------------------------|----------------------------------|
| - Datos de identificación del área | - Cantidad de árboles medidos    |
| - Datos del terreno                | - Especies                       |
| - Número de parcelas de muestreo   | - DAP, Altura, calidad de fustes |
| - Tamaño de parcelas de muestreo   | - Estado fitosanitario           |
|                                    | - Regeneración natural           |
|                                    | - Estado del sotobosque          |

## PRÁCTICA No. 4: PROCESAMIENTO DE DATOS

### 1. Objetivos

- Obtener las alturas medias por especie y estrato de un bosque inventariado.
- Obtener los volúmenes por parcela y hectárea, y a partir de estos datos realizar un análisis de varianza de las parcelas inventariadas.
- Estimar el número de árboles, el área basal y el volumen por hectárea de un bosque inventariado.
- Obtener el estado físico y fitosanitario de un bosque inventariado.
- Elaborar cuadros resumen de la información procesada en un inventario forestal.

### 2. Marco Teórico:

#### Introducción

El procesamiento de los datos del inventario forestal condensa y transforma los datos tomados en el campo en algunos valores más fáciles de interpretar y en unidades directamente utilizables para el plan de manejo.

Para procesar la información de un inventario forestal existe la alternativa de un procesamiento electrónico, empleando programas de computación como el SEMAFOR, MIRASILV, IBL, EXCEL, etc. La otra forma de procesar datos es el procedimiento manual, el cual puede emplearse cuando las parcelas son pocas y cuando no se tiene acceso a utilizar una computadora.

El procesamiento de los datos se hace en varias etapas y niveles: primero al nivel de parcela, después al nivel de estrato o del rodal si se ha estratificado, y finalmente al nivel de bosque. Cada nivel utiliza fórmulas de procesamiento diferentes, lo cual se describe a continuación.

#### Procesamiento de datos por parcela

##### Cálculo del volumen por parcela

Para la obtención de los volúmenes por parcela, primero se debe ordenar la información en una tabla, como la que se presenta a continuación. Con los datos ya ordenados se procede a calcular el volumen por árbol haciendo uso del DAP, la altura y el factor de forma, el cual puede ser por especie o utilizar un factor de forma general (especies plantadas, factor de forma=0.65 ; especies nativas, factor de forma=0.70). se usará la siguiente fórmula para calcular el volumen:

$$V = Ab \times Altura \times ff$$

**Donde:**

Ab: área basal

Altura= altura comercial

Ff: factor de forma

$$Ab = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

Ejemplo 1. En una parcela de 600 m<sup>2</sup> se midió el DAP de 12 árboles presentes, 8 de Quercus tristis y 4 de Pinus oocarpa. Los datos obtenidos corresponden a los siguientes:

Árbol No.	Especie	DAP (cms)	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	Quercus tristis	15.4	18.12	0.1216
2	Quercus tristis	17.4	21.31	0.2218
3	Quercus tristis	21.4	26.72	0.4910
4	Quercus tristis	23.4	29.05	0.6619
5	Quercus tristis	27.9	33.64	1.1405
6	Quercus tristis	23.6	29.27	0.6804
7	Pinus oocarpa	22.8	15.91	0.2974
8	Quercus tristis	31.4	36.73	1.6072
9	Quercus tristis	34.5	39.19	2.0928
10	Pinus oocarpa	17.7	13.67	0.2882
11	Pinus oocarpa	21.6	15.43	0.4776
12	Pinus oocarpa	16.5	13.05	0.2557
			TOTAL	8.3361

### Obtención del volumen por hectárea

El volumen por hectárea en una parcela, se puede estimar a través de la fórmula siguiente:

$$V_{hap} = \frac{V_p \times 10000}{T_p}$$

Donde:

$V_{hap}$  = volumen por hectárea de la parcela

$V_p$  = sumatoria de volumen de los árboles de la parcela ( $m^3$ )

$T_p$  = tamaño de la parcela ( $m^2$ )

En nuestro ejemplo, el volumen por hectárea de la parcela es igual a:

$$V_{hap} = \frac{8.3361 \times 10000}{600}$$

$V_{hap} = 138.94 \text{ m}^3/\text{ha}$

### CÁLCULO DE VALORES ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Para determinar los estadísticos, parámetros y precisión del inventario forestal se necesita conocer el volumen por hectárea de todas las parcelas inventariadas. Asimismo, debemos conocer el área del estrato o bosque. Para ilustrar los cálculos se utilizará el ejemplo 6.3.

Ejemplo 2. En un bosque de 80.6 hectáreas de *Pinus pseudostrobus* se realizó un inventario forestal, para lo cual se establecieron 8 parcelas de 500  $m^2$ .

Con los datos de volumen de estas parcelas, determinar la media aritmética, la desviación estándar, el coeficiente de variación, el error estándar, los límites de confianza, el error de muestreo absoluto y relativo, y el cálculo del número de parcelas necesarias para tener un error de 15 por ciento.

No. de parcela	Volumen en m <sup>3</sup> /ha	(Volumen) <sup>2</sup>
	(X)	(X) <sup>2</sup>
1	86.34	7454.60
2	92.36	8530.37
3	110.41	12190.37
4	127.77	16325.17
5	84.98	7221.60
6	89.74	8053.27
7	90.66	8219.24
8	146.43	21441.74
TOTAL	828.69	89436.35

### Media aritmética

$$X = \sum x / n$$

$$X = \frac{828.69}{8}$$

$$X = 103.59 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Este valor nos indica que en promedio en las 8 parcelas inventariadas existe un volumen de madera de 103.59 m<sup>3</sup>/ha.

### Desviación estándar

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum(89436.35) - \frac{(\sum 828.69)^2}{8}}{8 - 1}}$$



$$S = 22.66 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Este valor indica que el promedio de las desviaciones de los datos muestreados es de 22.66 m<sup>3</sup>/ha, con respecto a la media muestral (103.59 m<sup>3</sup>/ha).

### **Coefficiente de variación**

$$C.V. = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

$$C.V. = \frac{22.66}{103.59} \times 100$$

$$CV = 21.88\%$$

Este resultado indica que la desviación promedio de los datos muestreados es de 21.88% con respecto al promedio general (103.59 m<sup>3</sup>/ha).

### **Error de muestreo**

$$Em = (S_x) \times (t)$$

$$Em = 7.99 \times 2.365$$

$$Em = 18.90 \text{ m}^3/\text{ha}$$

El valor de "t" depende del nivel de confianza requerido y de los grados de libertad (n1). Para siete grados de libertad (nuestro ejemplo) y un nivel de confianza del 95%, el valor t es 2.365.

### **Error de muestreo en porcentaje**

$$\%Em = \frac{Em}{\bar{X}} \times 100$$

$$\%Em = \frac{18.90}{103.59} \times 100$$

$$Em\% = 18.25\%$$

Se puede interpretar este resultado afirmando, con un 95% de certeza, que el valor de la media poblacional está en un rango de más o menos 18.25% con respecto de la media muestral.

### **Cálculo del número de árboles por hectárea**

El análisis del número de árboles por hectárea, por especie y por clase diamétrica proporciona información vital para determinar la factibilidad de realizar un aprovechamiento, la riqueza futura del rodal, y una idea sobre a cuál grupo ecológico pertenece una especie de interés.

El número de árboles por hectárea se define como la suma de todos los árboles existentes en un área definida (1 hectárea), y se obtiene a través de la fórmula siguiente:

$$Nha = \frac{n \times 10000}{Np \times Tp}$$

Donde:

Nha = número de árboles por hectárea n =  
número de árboles (en cada clase diamétrica)

Np = número de parcelas

Tp = tamaño de la parcela (m<sup>2</sup>)

Ejemplo 3. En un bosque mixto de 6.2 hectáreas se realizó un inventario forestal, para lo cual se establecieron 3 parcelas de 500 m<sup>2</sup>. Los datos de estas parcelas son los siguientes:

Ejemplo 6.4. En un bosque mixto de 6.2 hectáreas se realizó un inventario forestal, para lo cual se establecieron 3 parcelas de 500 m<sup>2</sup>. Los datos de estas parcelas son los siguientes:

PARCELA 1		PARCELA 2		PARCELA 3	
ESPECIE	DAP (cms)	ESPECIE	DAP (cms)	ESPECIE	DAP (cms)
Alnus arguta	15.4	Alnus arguta	13.8	Alnus arguta	18.9
Alnus arguta	17.4	Alnus arguta	18.4	Alnus arguta	17.7
Alnus arguta	21.4	Pinus oocarpa	19.5	Pinus oocarpa	17.3
Alnus arguta	23.4	Alnus arguta	21.4	Pinus oocarpa	18.2
Alnus arguta	22.9	Alnus arguta	23.4	Alnus arguta	25.8
Alnus arguta	23.6	Alnus arguta	17.1	Alnus arguta	22.9
Pinus oocarpa	22.8	Pinus oocarpa	20.1	Alnus arguta	19.8
Alnus arguta	21.3	Pinus oocarpa	27.6	Alnus arguta	14.2
Alnus arguta	34.5	Alnus arguta	26.4	Alnus arguta	15.8
Pinus oocarpa	17.7	Pinus oocarpa	22.5	Pinus oocarpa	19.7
Pinus oocarpa	21.6	Pinus oocarpa	21.8	Alnus arguta	17.9
Pinus oocarpa	16.5	Pinus oocarpa	14.3	Alnus arguta	16.5
				Pinus oocarpa	24.2

Con estos datos, calcular el número de árboles por clase diamétrica, especie y hectárea.

### Agrupación de los árboles en clases diamétricas

Los datos de las parcelas se pueden agrupar por especie en diferentes categorías de diámetro, las cuales pueden tener diferente amplitud, por ejemplo: 5, 10, 15 ó 20 cm; lo más común es utilizar amplitudes de 5 y 10 cm.

Los datos de nuestro ejemplo se agruparon en amplitudes de 5 cms, tal y como se observa a continuación:

Cuadro 1. Frecuencias por clase diámetro y por especie del bosque mixto

Clases diamétricas (cms)	Alnus arguta	Pinus oocarpa
10-14.9	2	1
15-19.9	10	6
20-24.9	8	6
25-29.9	2	1
30-34.9	1	0
Total, por especie	23	14

Los datos de este cuadro sirven de base para hacer los cálculos por hectárea del número de árboles, área basal y volumen.

### Estimación del número de árboles por hectárea

Empleando los datos del ejemplo anterior (3 parcelas de 500 m<sup>2</sup>) y del cuadro 1, calcular el número de árboles por hectárea en la clase diamétrica de 10-14.9 cms para la especie de *Alnus arguta*.

$$Nha = \frac{n \times 10000}{Np \times Tp}$$

$$Nha = \frac{2 \times 10000}{3 \times}$$

$Nha = 13$  árboles por hectárea

Al aplicar la fórmula en cada dato del cuadro 1, se obtiene por cada clase diamétrica el número de árboles por hectárea de este bosque, lo cual se observa en el cuadro 2.

Cuadro 2. Número de árboles por hectárea del bosque mixto.

Clases diamétricas (cms)	Especies		Total por clase diamétrica	% del total
	<i>Alnus arguta</i>	<i>Pinus oocarpa</i>		
10-14.9	13	7	20	8.1
15-19.9	67	40	107	43.2
20-24.9	53	40	93	37.8
25-29.9	13	7	20	8.1
30-34.9	7	0	7	2.7
Total por especie	153	93	247	100.0
% del total	62.2	37.8	100.0	

### 3. Materiales y Equipo

- Computadora
- Libreta de campo
- Lápiz

### 4. Procedimiento

- a) Haciendo uso de la libreta de campo donde se anotaron los datos obtenidos de la práctica anterior, usando el programa Excel de Office se seguirá las instrucciones dadas por el profesor
- b) Se tabularán los datos obtenidos en cuanto a: DAP, altura, calidad de fuste, condiciones de sotobosque, estado fitosanitario y regeneración natural
- c) Con los datos de DAP y altura se calcular el volumen por cada parcela y el volumen por hectárea por cada parcela
- d) Luego se realizará el cálculo de los valores estadísticos descriptivos: media, desviación estándar, coeficiente de variación, error de muestreo, error de muestreo en porcentaje. Estos cálculos serán en relación a todas las parcelas medidas
- e) Calcular el número de árboles por hectárea y agrupación de los árboles en clases diamétricas
- f) Siguiendo con los cálculos proceda a realizar la estimación del número de árboles por hectárea.
- g) Por último, se harán los cálculos para estimar los siguientes parámetros para el área total inventariada: número de árboles total y por especie, volumen total aprovechable, calidad de fustes, condiciones de sotobosque, estado fitosanitario y estado de regeneración natural

5. **Reportar:**

- Volumen por hectárea por parcela - Volumen total
- Valores estadísticos descriptivos: media, desviación estándar, etc.
- Número de árboles por hectárea y en total
- Agrupación de árboles en clases diamétricas
- Calidad de fustes
- Condiciones de sotobosque
- Estado fitosanitario
- Estado de regeneración natural

**Bibliografía**

- Carrera, F. 1996. Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de usos múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Informe técnico No. 275. 39 p.
- Conap. 1999. Manual para la administración forestal en áreas protegidas. Guatemala. Documento técnico No. 5. 125 p.
- Estefor. (2009). *Inventarios Forestales y Planes de Manejo*. Jacaltenango, Guatemala.
- Ferreira Rojas, O. 1994. Manual de inventarios forestales. 2 ed. Siguatepeque, Honduras. ESNACIFOR. 97 p.
- Inab. 1999. Manual técnico forestal. Guatemala. 110 p.