

# MANUAL DE LABORATORIO INVENTARIOS FORESTALES



**Primer Semestre 2025.**

### PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
Lunes	08:00-12:00	<b>Práctica 1:</b> Utilización de aparatos de medición forestal
Martes	08:00-12:00	<b>Práctica 2:</b> Planificación de un Inventario Forestal
Miércoles	08:00-12:00	<b>Práctica 3:</b> Ejecución de un Inventario Forestal
Jueves	08:00-12:00	<b>Práctica 4:</b> Procesamiento de datos
<b>La evaluación será virtual, según programación</b>		

### MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Cada estudiante deberá traer los siguientes materiales según corresponda en la práctica:

No.	Reactivos y Material
1	Manual, calculadora, hojas en blanco y lápiz
2	Manual Hojas en blanco Libreta de campo Machete con vaina Calculadora científica 10 cintas de nylon de dos pulgadas de ancho color azul. 4 cintas de nylon de dos pulgadas de ancho color blanco 6 cintas de nylon de dos pulgadas de ancho color rojo
3	Manual, hojas en blanco, lápiz, lapicero y calculadora.
4	Manual Computadora Libreta de campo Lápiz

## 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. **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 **27 de octubre 2025 a las 8:00 al 31 de octubre de 2025 a las 18:00 horas**.

## INFORME DE PRÁCTICA

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

- a) Resultados
- b) Resumen de la práctica
- c) Conclusiones

Si se encuentran dos informes parcial o totalmente parecidos se anularán automáticamente dichos reportes.

- a. **RESULTADOS:** Es la sección en la que se presentan de manera clara y objetiva los datos obtenidos a partir de la práctica realizada.
- b. **RESUMEN DE LA PRÁCTICA:** Esta sección corresponde al contenido del informe, aquello que se ha encargado realizar según las condiciones del laboratorio.
- c. **CONCLUSIONES:** Constituyen la parte más importante del informe. Son las decisiones tomadas, respuestas a interrogantes o soluciones propuestas a las actividades planteadas durante la práctica.

## **DETALLES FÍSICOS DEL INFORME**

- El informe 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 informe deben estar escritas a mano **CON LETRA CLARA Y LEGIBLE**, a menos que se indique lo contrario.
- Se deben utilizar ambos lados de la hoja.
- No debe traer folder ni gancho, simplemente engrapado.

## **IMPORTANTE:**

Los informes 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. Todos los trabajos y reportes se deben de entregar en la semana de laboratorio no se aceptará que se entregue una semana después.

# PRÁCTICA No. 1

## UTILIZACIÓN DE APARATOS DE MEDICIÓN FORESTAL

### 1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Comprender los principios que fundamentan el diseño y uso de los instrumentos más comúnmente empleados en medición forestal.
- 1.2. Reconocer los principales aparatos empleados en la medición de diámetros, alturas, grosor de corteza y crecimiento de árboles.

### 2. 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 para obtener 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.

#### 2.1 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)

### 2.1.1 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

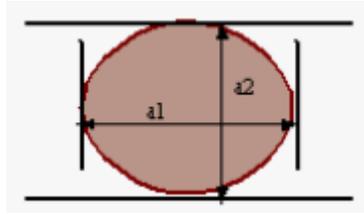
<p>Punto de transición</p>	<p><b>Árbol caído</b></p> <p>La medición del diámetro se hace a 1.3 m desde el punto de transición entre el tronco y la raíz</p>		<p><b>Árbol bifurcado a 1.3 m</b></p> <p>Se medirá el diámetro por debajo de la horquilla justamente por debajo de cualquier abultamiento que pueda aumentar el DAP</p>
	<p><b>Árbol con raíces aéreas</b></p> <p>La medición del diámetro se realizara a 1.3 m desde el limite 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 contara como un solo árbol y las mediciones se realizaran 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>

### 2.1.2 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.



$$d = \frac{(d1 + d2)}{2}$$

Medición de diámetro cuando las secciones no son circulares.

En donde: d = diámetro; d1 = diámetro 1 y d2 = diámetro 2

### 2.1.3 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.



**Cinta diamétrica**

### 2.1.4 Forcípula

Una forcípula forestal es una herramienta especializada que se utiliza en inventarios forestales para medir el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles, es decir, el diámetro del tronco a 1.30 metros sobre el nivel del suelo. Sus principales características son:

- Tener una regla graduada (en centímetros o milímetros) que permite una lectura directa del diámetro.
- Presentar dos brazos metálicos, uno fijo y otro móvil, que se abren y cierran como una pinza para abrazar el tronco del árbol.
- Ser una herramienta precisa y fácil de usar en campo.
- Su estructura puede estar hecha de aluminio o acero inoxidable para resistir condiciones climáticas adversas.



**Forcípula Haglöf de 102 cm**

## 2.2 Instrumentos para medir altura de árboles

### 2.2.1 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.



**Clinómetro**

## HOJA DE TRABAJO No. 1

### PROCEDIMIENTO:

#### 1. Medición del DAP

- ✓ Seleccionar 5 árboles de diferente diámetro.
  
- ✓ Medir el DAP de cada árbol utilizando:
  - a) Cinta diamétrica
  - b) Forcípula
  
- ✓ Anotar los resultados en la tabla de registro.

#### 2. Medición de altura total

Con ayuda de un compañero y una cinta métrica (para distancia horizontal), medir la altura del árbol usando el clinómetro Suunto.

Verificar y repetir la medición para asegurar precisión.

Árbol N°	Especie (si se conoce)	DAP (cm) Cinta	DAP (cm) Forcípula	Diferencia DAP	Distancia al árbol (m)	Ángulo (°)	Altura total (m)

Tabla de registro

#### 3. Preguntas de análisis

1. ¿Qué instrumento se considera más práctico para medir el DAP? ¿Por qué?
2. ¿Qué factores pueden afectar la precisión al usar la cinta diamétrica?
3. ¿Qué cuidados deben tenerse al usar el clinómetro Suunto?
4. ¿Qué diferencia se encuentra entre los DAP medidos con forcípula y cinta? ¿A qué puede deberse?
5. ¿Por qué es importante mantener una distancia horizontal precisa al medir la altura?

## PRÁCTICA No. 2

### PLANIFICACIÓN DE UN INVENTARIO FORESTAL

#### 1. Propósito de la práctica

- 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

##### 2.1 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:

- Estado legal de la propiedad
- 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
- Área total y colindancias
- Topografía general.

##### 2.2 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 Consejo Nacional de Áreas Protegidas (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)

### 2.3 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:

$$A = \pi r^2$$

En donde A se considera el tamaño de la parcela en m<sup>2</sup>.

#### 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:

$$L = \sqrt{A}$$

L = longitud del lado  
A = área del cuadrado

### 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> (25 m x 40 m)
- Parcelas 800 m<sup>2</sup> (25 m x 32 m)
- Parcelas de 600 m<sup>2</sup> (20 m x 30 m) Parcelas de 500 m<sup>2</sup> (20 m x 25 m)
- Parcelas de 300 m<sup>2</sup> (15 m x 20 m). (Ferreira, 1994; Matteucci et al., 1982)

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

- Si conoce el área y el **largo (L)**:

$$\text{Ancho} = \frac{\text{Area}}{\text{Largo}}$$

- Si conoce el área y el **ancho (A)**:

$$\text{Largo} = \frac{\text{Area}}{\text{Ancho}}$$

## 2.4 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:

$$Np = \frac{Am}{Tp} \qquad Am = \left( \frac{Im}{100} \right) At$$

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 para 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:

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

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.

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

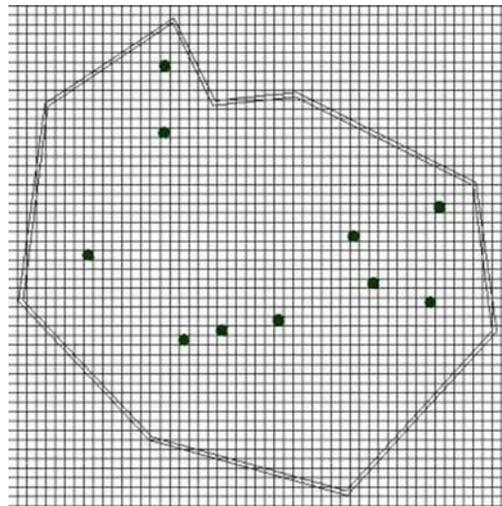
Una vez determinado el número de parcelas a medir, el paso siguiente es distribuir la muestra de parcelas en el bosque. Las parcelas se pueden distribuir en forma aleatoria, en forma sistemática, en forma estratificada y por conglomerados.

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.

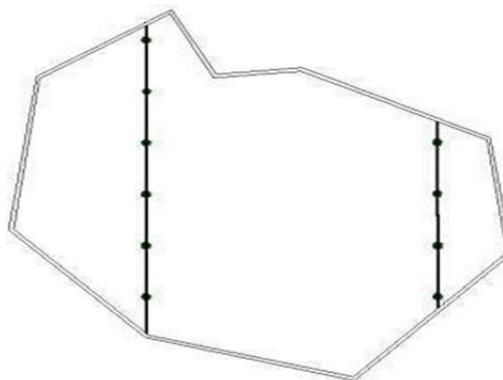


**Distribución en campo**

- **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).



## Distribución en campo

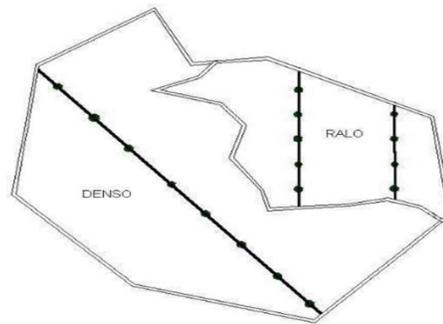
- **Muestreo estratificado**

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.



**Distribución en campo**

### 2.6 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).

### 2.7 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).

## HOJA DE TRABAJO No. 2

### Planificación de inventario forestal

#### 1. Información General del Proyecto

- Nombre del proyecto:
- Ubicación:
- Propietario o entidad responsable:
- Fecha de inicio:
- Fecha estimada de finalización:
- Objetivo del inventario:
  - ( ) Evaluación de volumen
  - ( ) Valoración económica
  - ( ) Monitoreo de biodiversidad
  - ( ) Estimación de carbono
  - ( ) Otro: \_\_\_\_\_

#### 2. Datos del Área a Inventariar

- Superficie total (ha):
- Uso actual del suelo:
- Tipo de bosque:
  - ( ) Primario
  - ( ) Secundario
  - ( ) Plantación
  - ( ) Mixto
- Especificar especies dominantes: \_\_\_\_\_
- Accesibilidad:
  - ( ) Fácil
  - ( ) Media
  - ( ) Difícil
- Coordenadas geográficas o polígono en GPS:

#### 3. Diseño del Muestreo

- Tipo de muestreo:
  - ( ) Aleatorio
  - ( ) Sistemático
  - ( ) Estratificado
  - ( ) Otro: \_\_\_\_\_
- Número de parcelas o conglomerados:
- Tamaño de las parcelas: \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>
- Forma de las parcelas:
  - ( ) Circular

- Cuadrada
- Rectangular
- Distancia entre parcelas: \_\_\_\_\_ m
- **Instrumentos requeridos:**
  - GPS
  - Cinta métrica
  - Dendrómetro
  - Brújula
  - Clinómetro
  - Calibrador / Pie de rey
  - Hoja de datos
  - Otros: \_\_\_\_\_

#### 4. Variables a Medir

Marque las variables que serán registradas en cada árbol/parcela:

- Especie
- Diámetro a la altura del pecho (DAP)
- Altura total
- Altura comercial
- Estado fitosanitario
- Calidad del fuste
- Coordenadas de parcela
- Presencia de regeneración
- Cobertura de copa
- Otro: \_\_\_\_\_

#### 5. Equipo de Trabajo

Nombre	Rol	Contacto

#### 6. Calendario de Actividades

Actividad	Responsable	Fecha de inicio	Fecha de finalización
Preparación de equipo			
Delimitación del área			
Toma de datos en campo			
Procesamiento de datos			
Informe final			

## 6. Observaciones / Notas adicionales

### Responda las siguientes preguntas:

- a) ¿Cuál es el principal objetivo de la planificación en un inventario forestal?
- b) ¿Qué criterios se deben considerar para elegir el tipo de muestreo en un inventario forestal?
- c) ¿Qué tipo de muestreo es más adecuado en un bosque natural con alta heterogeneidad?
- d) ¿Qué instrumento se utiliza comúnmente para medir el diámetro a la altura del pecho (DAP)?
- e) ¿Cuál de las siguientes variables es obligatoria en la mayoría de inventarios forestales?
- f) ¿Cuál es el tamaño de parcela más comúnmente utilizado en inventarios de bosques tropicales naturales?
- g) ¿Qué información debe incluirse en la hoja de planificación de un inventario?
- h) ¿Qué factor afecta directamente la accesibilidad al área de inventario?
- i) ¿Por qué es importante registrar las coordenadas de cada parcela en un inventario forestal?
- j) ¿Qué rol juega la planificación logística en un inventario forestal?

## PRÁCTICA No. 3

### EJECUCIÓN DE UN INVENTARIO FORESTAL

#### 1. Propósito de la práctica

- 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

##### 2.1 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.

##### b) 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

### c) 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 micro relieve 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)

#### **d) 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:

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 diamétrica, 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 permitan, 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 o 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).

#### **e) 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 de la siguiente manera:

- ❖ 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:

- ❖ 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 cm de DAP
  - ✓ Latizal alto: individuo entre 5.0 a 9.9 cm de DAP
- ❖ Para los bosques latifoliados del Petén se utiliza la clasificación siguiente:
  - ✓ Brinzal: individuo mayor de 30 cm de altura hasta 4.9 cm 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)

### HOJA DE TRABAJO No.3

#### EJECUCIÓN DE UN INVENTARIO FORESTAL

Laboratorio de Inventario Forestal
Fecha:
Docente:
Integrantes:
Práctica No:

#### 1. OBJETIVOS

1. Aplicar técnicas de muestreo para la recolección de datos en campo.
2. Medir variables dasométricas como DAP y altura.
3. Identificar especies forestales presentes en la parcela de muestreo.
4. Calcular el volumen y estimar la biomasa con base en datos recolectados.

#### 2. MATERIALES NECESARIOS

- Cinta métrica
- Cinta diamétrica
- Hipsómetro o clinómetro
- GPS
- Formato de registro de datos
- Hojas de campo
- Compás
- Libreta y lápiz

#### 3. PROCEDIMIENTO

##### 1. Delimitación de parcelas:

- Tipo de muestreo:  Aleatorio  Sistemático
- Dimensiones de la parcela:
- Número de parcelas:
- Coordenadas GPS (esquina suroeste):

##### 2. Registro de datos por árbol:

Completar la siguiente tabla en campo para cada árbol con DAP  $\geq$  10 cm dentro de la parcela.

## TABLA DE DATOS DE CAMPO

N° Árbol	Especie	DAP (cm)	Altura Total (m)	Altura Comercial (m)	Estado Sanitario	Observaciones
					<input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo	
					<input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo	
					<input type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Malo	

## 4. CÁLCULOS EN GABINETE

1. Calcule el área basal por árbol (m<sup>2</sup>):
2. Calcule el volumen de cada árbol usando fórmula de Smalian, fórmula de Huber.

## 5. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

1. ¿Cuál fue la especie más frecuente?
2. ¿Qué especie presentó mayor volumen?
3. ¿Qué posibles errores se presentaron durante la medición?
4. ¿Qué recomendaciones darías para mejorar la ejecución del inventario?

## FIRMA DEL DOCENTE / REVISIÓN

--

## PRÁCTICA No. 4

### PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 1. Propósito de la práctica

1.1 Procesar y analizar datos como volumen de madera, biomasa, densidad arbórea, diversidad de especies, entre otros, con el fin de obtener indicadores precisos del estado y productividad del bosque.

1.2 Transformar los datos crudos en información útil para planificar actividades de manejo sostenible, conservación, aprovechamiento de recursos y cumplimiento de normativas ambientales.

#### 2. Marco teórico

##### 2.1 Inventario forestal

El inventario forestal es una herramienta técnica y científica fundamental para conocer la estructura, composición y estado de los recursos forestales. A través de métodos estadísticos y muestreos sistemáticos o aleatorios, se recopila información sobre variables como diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total y comercial, volumen maderable, densidad de árboles por hectárea, entre otras. Esta información permite evaluar el potencial productivo, la biodiversidad y la salud del ecosistema forestal.

##### 2.2 Procesamiento de datos

El procesamiento de datos es la etapa en la que los datos recolectados en campo son organizados, depurados, analizados y transformados en información útil. Este proceso incluye varias fases: codificación, digitalización, verificación, análisis estadístico, interpretación y presentación de resultados. El uso de herramientas informáticas, como hojas de cálculo, software estadístico (R, SPSS) y Sistemas de Información Geográfica (SIG), es esencial para asegurar la precisión y eficiencia del análisis.

###### 2.2.1 Procesamiento de Datos por Parcela Forestal

###### Parcela forestal como unidad de análisis

En los inventarios forestales, la parcela forestal es la unidad básica de muestreo donde se registran de manera sistemática los datos de vegetación. Estas parcelas pueden ser temporales o permanentes, de forma circular, cuadrada o rectangular, y su tamaño varía según los objetivos del estudio. Dentro de cada parcela se mide una serie de variables dendrométricas como el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, altura comercial, especie, estado fitosanitario, y coordenadas geográficas.

###### Importancia del procesamiento de datos por parcela

El procesamiento de datos por parcela permite transformar los registros individuales en indicadores útiles para la caracterización del bosque. Esta información es esencial para calcular densidades arbóreas, áreas basales, volúmenes por especie, distribución diamétrica, índices de diversidad, entre otros. Además, sirve como base para extrapolar los resultados a unidades mayores (hectáreas o unidades de manejo).

## **Etapas del procesamiento de datos**

- El procesamiento de los datos recolectados por parcela incluye varias etapas:
- Depuración: Verificación y corrección de errores de digitación, omisiones o inconsistencias.
- Codificación: Asignación de claves a especies, clases de calidad, usos o estados fenológicos.
- Cálculos dendrométricos: Aplicación de fórmulas y modelos alométricos para estimar volumen, biomasa, índice de forma, entre otros.
- Estandarización: Conversión de datos a unidades comparables (por hectárea, por especie, por tipo de cobertura).
- Análisis estadístico: Agrupación y síntesis de datos por categorías o estratos para obtener resultados representativos.

### **2.2.2 Herramientas utilizadas en el procesamiento**

Para el procesamiento de datos por parcela se emplean herramientas como:

- Hojas de cálculo (Excel, LibreOffice Calc): Para organizar y procesar datos básicos.
- Software estadístico (R, SPSS, SAS): Para análisis avanzados y modelado.
- Sistemas de Información Geográfica (SIG): Para georreferenciar parcelas, analizar la distribución espacial y generar mapas temáticos.
- Bases de datos relacionales (Access, PostgreSQL): Para manejar grandes volúmenes de datos de parcelas múltiples.

### **2.2.3. Aplicación de los resultados**

La información procesada por parcela es clave para:}

- Estimar la composición y estructura del bosque.
- Evaluar el potencial maderable y no maderable.
- Diagnosticar el estado de conservación y regeneración.
- Formular planes de manejo forestal sostenible.
- Monitorear cambios en el tiempo si las parcelas son permanentes.

## **2.3 Estadística aplicada al inventario forestal**

El análisis estadístico permite estimar características poblacionales a partir de los datos muestrales. Se utilizan medidas de tendencia central (media, mediana), dispersión (desviación estándar, coeficiente de variación), y técnicas de estimación como modelos alométricos para calcular volumen o biomasa. Además, se emplean análisis multivariantes y geoestadísticos para estudiar patrones espaciales y relaciones entre variables.

### **2.3.1 Muestreo estadístico en inventarios forestales**

En la práctica forestal, no es factible medir cada árbol de una zona extensa, por lo que se utiliza el muestreo estadístico. Los diseños de muestreo más comunes incluyen:

- Muestreo aleatorio simple: cada parcela tiene la misma probabilidad de ser seleccionada.
- Muestreo sistemático: las parcelas se distribuyen a intervalos regulares.
- Muestreo estratificado: el área se divide en estratos homogéneos según características como tipo de bosque o altitud.
- Muestreo por conglomerados: se agrupan parcelas en unidades mayores para facilitar el trabajo de campo.
- La correcta elección del diseño de muestreo es esencial para minimizar errores y asegurar la validez de las estimaciones.

### **2.3.2. Parámetros y estimaciones**

Entre los parámetros más comunes estimados a partir de los datos de parcelas se encuentran:

- Densidad arbórea (número de árboles por hectárea)
- Área basal ( $m^2/ha$ )
- Volumen maderable total y comercial ( $m^3/ha$ )
- Índices de diversidad y dominancia
- Biomasa aérea y carbono almacenado

Estos valores se estiman utilizando estadísticos muestrales (media, varianza, error estándar), y se extrapolan al área total aplicando factores de expansión según el tamaño y número de parcelas.

### **2.3.3 Inferencia estadística**

La inferencia estadística permite generalizar los resultados obtenidos en las parcelas hacia toda el área del inventario. Esto incluye:

- Intervalos de confianza: rangos dentro de los cuales se espera que se encuentre el valor verdadero con un nivel de certeza (por ejemplo, 95%).
- Pruebas de hipótesis: comparación entre sitios, tratamientos o periodos de tiempo.
- Análisis de regresión: para modelar relaciones entre variables forestales, como volumen y DAP.

Estas herramientas permiten evaluar la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos.

### **2.3.4 Herramientas informáticas y visualización**

El procesamiento estadístico moderno en inventarios forestales se apoya en software especializado como R, SPSS, SAS, o incluso Excel con funciones estadísticas. También se utilizan programas para visualización gráfica de la estructura diamétrica, mapas de distribución espacial y gráficos de dispersión.

### **2.3.5 Importancia de la estadística en la toma de decisiones**

El uso riguroso de métodos estadísticos en el inventario forestal permite sustentar con evidencia la

planificación del manejo forestal, el aprovechamiento sostenible, la evaluación del impacto ambiental y el seguimiento de la dinámica de los bosques a lo largo del tiempo. La estadística convierte los datos en conocimiento útil para la conservación y uso racional de los recursos forestales.

## 2.4 Tecnología en el procesamiento forestal

El uso de tecnologías como GPS, drones, sensores remotos y software de SIG ha revolucionado la manera en que se procesan y presentan los datos forestales. Estas tecnologías permiten una mayor precisión en la georreferenciación de parcelas, generación de mapas temáticos y modelado espacial, facilitando una gestión forestal basada en evidencia.

## 2.5 Importancia del procesamiento de datos

El adecuado procesamiento de datos es crucial para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados del inventario forestal. De este proceso depende la capacidad de formular diagnósticos precisos, proyecciones de crecimiento, estimaciones de aprovechamiento sostenible y toma de decisiones fundamentadas en cuanto al uso, manejo y conservación de los recursos forestales.

### EJEMPLO:

#### 1. Datos de la parcela

- **Tamaño de la parcela:** 0.1 ha (1,000 m<sup>2</sup>)
- **Número de árboles medidos:** 10
- **Variables medidas:** Diámetro a la altura del pecho (DAP, en cm) y altura total (en m)

Árbol	Especie	DAP (cm)	Altura (m)
1	<i>Pinus sp.</i>	25	18
2	<i>Pinus sp.</i>	30	21
3	<i>Quercus sp.</i>	20	15
4	<i>Quercus sp.</i>	22	16
5	<i>Pinus sp.</i>	35	22
6	<i>Pinus sp.</i>	28	20
7	<i>Quercus sp.</i>	18	14
8	<i>Pinus sp.</i>	26	19
9	<i>Pinus sp.</i>	32	21
10	<i>Quercus sp.</i>	24	17

#### 2. Cálculo del Área Basal (AB) por árbol

a) La fórmula para el área basal por árbol es:

$$AB = \frac{\pi * D^2}{4 * 10,000}$$

b) Se convierte DAP a metros (dividiendo entre 100), y el resultado se da en m<sup>2</sup>.

Ejemplo para el árbol 1 (DAP = 25 cm):

$$AB1 = \frac{3.1416 * 0.25^2}{4} = 0.0491m^2$$

Al repetir esto para cada árbol y sumar: el resultado es que se tiene un área basal por parcela igual a **0.558 m<sup>2</sup>**

Como la parcela es de 0.1 ha, se multiplica por 10 para obtener  $\frac{AB}{ha}$ :

$$\frac{AB}{ha} = 0.558 * 10 = 5.58 \frac{m^2}{ha}$$

### 3. Estimación del volumen por árbol

Usamos una **fórmula alométrica** simple para volumen:

$$V = 0.00007854 * D^2 * H$$

Donde:

- D se expresa en metros
- H en metros,
- El resultado es en m<sup>3</sup>.

Ejemplo para árbol 1:

$$V = 0.00007854 * 25^2 * 18 = 0.883m^3$$

Calculamos volumen para cada árbol y sumamos:

$$V_{parcela} = \sum Vi = 8.62m^3$$

Extrapolamos a hectárea (la parcela es de 0.1 ha):

$$\frac{V}{ha} = 8.62 * 10 = 86.2 \frac{m^3}{ha}$$

### 4. Resultados generales de la parcela

- **Densidad:**  $Densidad = \frac{10 \text{ árboles}}{0.1}$

- $ha = \frac{100 \text{ árboles}}{ha}$
- Área basal estimada: 5.58 m<sup>2</sup>/ha
- Volumen total estimado: 86.2 m<sup>3</sup>/ha
- Altura promedio:  $\sum alturas n = \frac{183}{10} = 18.3 \text{ m}$
- DAP promedio:  $\sum DAPn = \frac{260}{10} = 26 \text{ cm}$

## 2.4 Interpretación

Los resultados indican que la parcela tiene una densidad moderada con predominancia de *Pinus sp.*, un área basal intermedia y un volumen promedio adecuado para una masa en desarrollo. Esta información podría utilizarse para evaluar el potencial de aprovechamiento maderable o para establecer estrategias de manejo sostenible.

## HOJA DE TRABAJO NO. 4 PROCESAMIENTO DE DATOS

### Procesamiento de Datos de una Parcela Forestal

**Propósitos de la práctica:** aplicar herramientas de análisis para calcular el área basal, volumen, densidad y otras variables forestales a partir de datos recolectados en una parcela.

### Datos de la Parcela

- **Tamaño de la parcela:** 0.05 ha (500 m<sup>2</sup>)
- **Ubicación:** Sector "El Robledal", Bosque Montano Bajo
- **Altitud:** 1,850 msnm
- **Número de árboles medidos:** 10

Árbol	Especie	DAP (cm)	Altura total (m)
1	<i>Quercus sp.</i>	28	19
2	<i>Quercus sp.</i>	24	18
3	<i>Pinus sp.</i>	30	22
4	<i>Pinus sp.</i>	26	20
5	<i>Quercus sp.</i>	20	17
6	<i>Pinus sp.</i>	32	23
7	<i>Quercus sp.</i>	25	18
8	<i>Pinus sp.</i>	34	24
9	<i>Quercus sp.</i>	22	17
10	<i>Pinus sp.</i>	29	21

## Actividades

### 1. Cálculo del Área Basal (AB)

Usar la fórmula para cada árbol:

$$AB = \frac{\pi \left(\frac{D}{100}\right)^2}{4}$$

- Calcular el **AB individual** de cada árbol (en m<sup>2</sup>)
- Calcular el **AB total de la parcela**
- Estimar el **AB por hectárea** (multiplicando por el factor de expansión)

### 2. Cálculo del Volumen por árbol

Utilizar la siguiente fórmula alométrica:

$$V = 0.00007854 * D^2 * H$$

Donde:

- DAP: diámetro en m
  - H: altura total en m
  - V: volumen en m<sup>3</sup>
- Calcular el volumen por árbol
  - Estimar el **volumen total de la parcela**
  - Extrapolar a **volumen por hectárea**

### 3. Otros indicadores forestales

- Densidad de árboles (árboles/ha)
- DAP promedio
- Altura promedio
- Comparación de área basal y volumen por especie

### Preguntas para Reflexión

- ¿Qué especie aporta mayor volumen por hectárea?
- ¿Qué implicaciones tiene el área basal obtenida respecto a la competencia entre árboles?
- ¿Cómo afecta el tamaño de la parcela en la precisión del inventario?

### Entrega

- Tabla con cálculos completos
- Resumen con resultados finales y respuestas a preguntas de reflexión

## BIBLIOGRAFÍA

Návar-Cháidez, J. J. (2010). *Dendrometría: Medición de árboles y masas forestales*. Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://www.uanl.mx>

Husch, B., Beers, T. W., & Kershaw, J. A. (2003). *Forest mensuration* (4th ed.). John Wiley & Sons.

Alder, D., & Synnott, T. J. (1992). *Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest*. Oxford Forestry Institute.

FAO. (2017). *Manual de campo para el inventario forestal nacional: Evaluación de recursos forestales*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i6836s/i6836s.pdf>

Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA.

Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas: posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. GTZ.

AO. (2007). *Guía para inventarios forestales nacionales: con énfasis en los trópicos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Alder, D., & Synnott, T. J. (1992). *Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest*. Oxford Forestry Institute.

FAO. (2017). *Guía nacional para los inventarios forestales*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/I8263ES/>

Loetsch, F., Zöhrer, F., & Haller, K. E. (1973). *Forest inventory* (Vol. 2). BLV Verlagsgesellschaft.

Corral Rivas, J. J., Návar Cháidez, J., & Aguirre Calderón, O. A. (2005). *Inventario forestal: Fundamentos y aplicaciones*. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Vargas-Larreta, B., & Granados-Sánchez, D. (2011). *Biometría forestal: Fundamentos de inventarios y estimación de variables dasométricas*. Universidad Autónoma Chapingo.