

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

PREPARATORIA AGRÍCOLA

ÁREA DE AGRONOMÍA

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN FORESTAL

UNIDAD II

EVALUACIÓN DE LOS RECURSOS FORESTALES

Doctor Daniel Rivas Torres¹

¹ Profesor-investigador de la Preparatoria Agrícola de la UACH.

Introducción

En la formación del agrónomo en la Universidad Autónoma Chapingo es necesario que se conozcan los aspectos más importantes relacionados con el bosque; con mayor razón si sabemos que su extensión es de importancia (aproximadamente el 70% del territorio debería estar cubierto por vegetación forestal de diferentes tipos). Uno de estos puntos es el relacionado con la evaluación de los recursos forestales de que trata este capítulo.

El estudiante tendrá la oportunidad de conocer lo básico de la medición forestal y comprender los métodos, técnicas e instrumentos relacionados con esta importante actividad. Al final, mediante un cuestionario, se podrán realizar algunos ejercicios de aplicación.

2.1 Conceptos básicos.

Algunos conceptos y términos empleados en la evaluación forestal son:

Dasometría. En inglés se le denomina *forest mensuration* o bien *forest measurement*, y en el sentido más amplio considera la medida de los montes.

Es una parte de la Dasonomía que se encarga de la medición, cálculo o estimación de los volúmenes, edad e incremento de las masas forestales (Santillán, 1990)

Rama de la Dasonomía que se encarga de la medida de los árboles (Grijpma, 1998)

La Dasometría se divide en dos grandes ramas: la dendrometría y la epidometría.

Dendrometría. Es la medición, cálculo y estimación de las dimensiones de los árboles y bosques, desde un punto de vista de análisis estático.

Etimológicamente dendrometría proviene de *dendron* árbol y *metron* medida.

Epidometría. Es la medición, cálculo y estimación del crecimiento de árboles y bosques, desde un punto de vista de dinámico.

La palabra epidometría proviene de *epidoma*, crecimiento y *metron*, medida.

2.2 Importancia de la evaluación

De acuerdo con la FAO (Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación) “**Evaluación** es el proceso de contextualización de los datos del inventario y de asignación de valores al recurso”. Esto quiere decir que la evaluación de los recursos forestales va más allá de la simple toma de datos o mediciones; implica todo el análisis de estos datos a la luz de una situación económica, ecológica y social en que se encuentre el desarrollo del recurso. Se dice que las evaluaciones de los recursos naturales son costosas y requieren una justificación objetiva, que suele abarcar la función económica y ecológica de los recursos, el uso potencial de la información y los usuarios potenciales de la misma (Klein, 2000).

La evaluación se vale de la medición para obtener los datos necesarios para el análisis. Medición es el arte y la ciencia de localizar, medir y calcular la longitud de líneas, el área de planos y el volumen de sólidos. Esta determinación se hace con relación a algún estándar observado (por ej. metro, kilogramo, segundo) o alguna medida derivada de estas unidades básicas.

La medición forestal se concentra en árboles y bosques. La evaluación forestal también incluye la medición y cálculo del crecimiento y cambio en árboles y bosques.

Podemos definir la Medición Forestal como el arte y la ciencia de proporcionar información cuantitativa acerca de los árboles y rodales forestales, necesaria para el manejo, la planeación y la investigación forestal.

La evaluación de los recursos forestales es importante por tres razones:

1. Los recursos forestales a pesar de ser un recurso natural renovable tienen un ritmo de crecimiento que puede ser superado por la tasa de aprovechamiento de los mismos.
2. La cuantificación de los recursos forestales permite la toma de decisiones en cuanto a la optimización del uso de suelo, incluida en los planes de manejo forestal.
3. El conocimiento de los recursos forestales permite definir planes de desarrollo regional integrales que incluyen el crecimiento en el sector industrial forestal y de

infraestructura productiva y apoyo a las comunidades rurales (caminos forestales y caminos rurales)

2.3 Formas de evaluación

La evaluación forestal puede ser clasificada de acuerdo a diferentes criterios:

2.3.1 Evaluación directa e indirecta

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

La evaluación **indirecta** se basa en mediciones que nos permiten inferir los datos del recurso de una manera menos inmediata. Tendremos que primero efectuar cálculos con estos datos para obtener entonces lo que nos interesa sobre el recurso. Por ejemplo: cuando empleamos una fotografía aérea o una imagen de satélite para evaluar un recurso forestal como puede ser el bosque, obtendremos datos que nos permitirán conocer o evaluar la condición del recurso indirectamente. Los diferentes casos que veremos más adelante para encontrar la altura de los árboles, son ejemplos de evaluación indirecta.

2.3.2 Evaluación cuantitativa y cualitativa

“Cuando tú mides algo lo expresas en números, sabes algo del mismo; pero cuando no puedes medirlo (o no lo haces), cuando no puedes expresarlo en números, tu conocimiento es magro e insatisfactorio” (Lord Kelvin).

“Cuando yo uso una palabra, significa exactamente lo que yo quiero decir, ni más ni menos” (Humpty Dumpty).

Estas citas de Lord Kevin y Humpty Dumpty nos permiten iluminar la diferencia esencial entre evaluación **cuantitativa** y evaluación **cualitativa**. La evaluación cualitativa (por ej.

evaluar un árbol como alto o corto) implica un juicio subjetivo y es mucho más propenso a un sesgo personal y error.

El uso responsable de los bosques y otros recursos naturales asociados con ellos (animales, plantas, suelo, agua) es vital para el bienestar de una nación. Esta planeación y manejo de los recursos puede malograrse, a menos que esté disponible una información cuantitativa confiable sobre la multitud de tópicos relacionados. Tal información se deriva de la medición.

2.4 Evaluación de los recursos forestales maderables

Un bosque por definición, está dominado por árboles. Para cuantificar qué hay en el bosque, se debe ser capaz de medir tanto árboles individuales como grupos de árboles o rodales. Para completar estas mediciones de una forma efectiva, se necesitará utilizar y entender los aparatos y herramientas de medición disponibles. También se requerirá llevar a cabo un inventario apropiado.



Figura 1. Uso de fotografías aéreas para el inventario.

2.3.1 Inventarios forestales

Hay diversas definiciones de inventario forestal, a continuación enunciamos algunas de ellas, de manera que se ubique el contexto de los inventarios, su campo de acción y su metodología.

“Cuantificación ordenada de superficies clasificadas, de los volúmenes contenidos y el crecimiento probable referidas a especies, divisiones naturales y convencionales adoptadas” (Romahn, *et al.* 1994).

“Trata de describir la cantidad y calidad de los árboles de un bosque y muchas de las características de la zona de terreno donde crecen tales árboles” (Romahn, *et al.* 1994).

Podemos entender un inventario forestal como la evaluación de uno o más elementos del recurso forestal, considerando también las condiciones en que se desarrollan.

2.3.1.1 Tipos de inventarios forestales

Los inventarios forestales pueden ser clasificados en función de diferentes criterios:

a) **Extensión:**

- Local
- Estatal
- Regional
- Nacional

b) **Periodicidad:**

- Único
- Periódico

c) **Finalidad:**

- Para el estudio de valor recreativo
- Para estudiar cuencas hidrográficas

- Evaluación del uso del suelo
- Para aprovechamiento maderable
- De reconocimiento
- Viabilidad de establecimiento de industria forestal
- Gran visión y uso integral de los recursos naturales.

1. Medidor láser
2. Mochila para los instrumentos
3. Teodolito
4. Medidor Vértex
5. Cinta métrica
6. Barómetro
7. Brújula
8. Clinómetro
9. Altímetro
10. Forcípula



Figura 2. Instrumentos para el inventario forestal.

* Para conocer los principios y la aplicación de los principales instrumentos de medición forestal remítase al trabajo de Rivas (2001), con diapositivas en Power Point. Véase <http://www.rivasdaniel.com>

2.3.1.2 Procedimiento para realizar un inventario forestal maderable

Un inventario consiste de varias etapas:

1. Decidir cuáles son las preguntas exactas acerca del recurso que se necesitan responder.
2. Determinar qué información ya está disponible y qué datos adicionales necesitan ser colectados.
3. Seleccionar un apropiado esquema de muestreo (si es necesario)
4. Seleccionar las técnicas apropiadas de medición.
5. Entrenar los equipos.
6. Implementar los procedimientos de campo (incluyendo un programa de monitoreo para control de calidad).
7. Procesar y revisar los datos.
8. Presentar los resultados con toda la información relevante.

De una forma más detallada, el procedimiento para la realización de un inventario requiere necesariamente de la planeación de las actividades del mismo, entendiendo que un inventario necesita de la preparación que permita optimizar los recursos humanos y financieros.

El proceso que se describe a continuación es una posibilidad que puede ser adaptada en función de la situación específica:

a) **Objetivos del inventario**

Definición de los objetivos del inventario.

Prioridad de los objetivos.

Especificación detallada de los requerimientos.

Límites y magnitud de la superficie.

Fraccionamiento de la superficie.

Naturaleza de la información requerida.

Forma de presentación de la información.

Precisión de los resultados.

b) Información general

Autoridad responsable del inventario y departamentos que colaboran.

Información y datos disponibles sobre el área objeto de inventario, estudios anteriores, informes, mapas, imágenes aéreas o satelitales (descripción general del bosque, condiciones del terreno, accesibilidad, facilidad de transporte).

Recursos disponibles para la realización del inventario.

c) Diseño del inventario

Esquema de diseño del inventario.

Descripción de las fases del inventario.

Estudios con fotografías aéreas e interpretación de imágenes.

Elaboración de mapas y procedimientos de estimación de superficies.

Relación completa de los métodos de muestreo para el registro de las características del bosque.

Relaciones a utilizar para trabajar datos cuantitativos de las masas

Forestales; Ej. Tablas de volúmenes.

d) Procedimiento de medición

Descripción del diseño para los trabajos de campo y gabinete, detallando forma, número y distribución de las unidades de muestreo.

Procedimiento de interpretación de fotografías aéreas.

Organización del trabajo de campo describiendo la organización del equipo

de medición y de las brigadas de toma de datos, procedimientos de transporte y provisiones para apoyo logístico.

Instrucciones de campo incluyendo detalles para la localización de sitios de medición en sitios de muestreo, daños de insectos, mortalidad y otros recursos a considerar.

e) Procesamiento de información

Instrucciones detalladas para procesar datos, incluyendo fórmulas para hacer estimaciones y errores de muestreo.

Métodos de cálculo y recopilación de información.

Descripción detallada de las fases de cálculo, desde los datos en bruto hasta los resultados finales, incluyendo los detalles del uso de herramientas computacionales.

f) Informe final

Incluye los aspectos generales acerca de las superficies inventariadas, localización, metodología y los resultados del inventario.

2.3.2 Muestreo forestal

Muestreo forestal es el acto de tomar o seleccionar una parte (muestra) del bosque (población), realizar mediciones sobre ella e inferir o aplicar los resultados a todo el bosque.

2.3.2.1 Tipos de muestreo

De acuerdo a la FAO, se distinguen principalmente dos tipos de muestreo:

Muestreo al azar simple. Es el método básico de donde se originan los demás muestreos. La idea básica es que al escoger una muestra de “n” unidades en que se

encuentre dividida una población, cada una de ellas debe tener la misma oportunidad de ser elegida. Es algo parecido a lo que sucede al comprar un boleto de lotería, donde todos los billetes tienen la misma probabilidad de salir con el premio.

Muestreo al azar estratificado. En este método las unidades de la población se agrupan de acuerdo a semejanza en alguna característica. Después se muestrea cada grupo o estrato para obtener la estimación de la población.

2.3.2.2 Muestra y unidades de muestreo

Para determinar el tamaño de la muestra de nuestra población (entiéndase el bosque), un aspecto importante es la definición de la intensidad de muestreo, que es la relación porcentual de la superficie de la muestra con respecto a la superficie total, calculada por:

$$f = (n / N) 100$$

Donde:

f = Intensidad de muestreo en porcentaje

n = Numero de unidades de la muestra

N = Número de unidades de toda la población

En inventarios forestales se han utilizado intensidades de muestreo de 0.1% a 1 %, y el valor que se tome está en función de: superficie a inventariar, recursos financieros, precisión requerida, tiempo disponible para realizar el inventario.

Para efectos prácticos la muestra se divide en unidades de muestreo. Una forma tradicional de hacer inventarios es considerar sitios fijos o unidades de muestreo con una superficie de 1000 m², en las cuales se toman datos de control ecológico - silvícola, dendrométricos y de crecimiento. En bosques de clima templado-frío es posible utilizar parcelas de muestreo de forma circular, con un radio de 17.84 m. Para bosques de clima cálido-húmedo las unidades de muestreo se delimitan con forma rectangular, generalmente con dimensiones de 20 x 50 m (Figura 3).

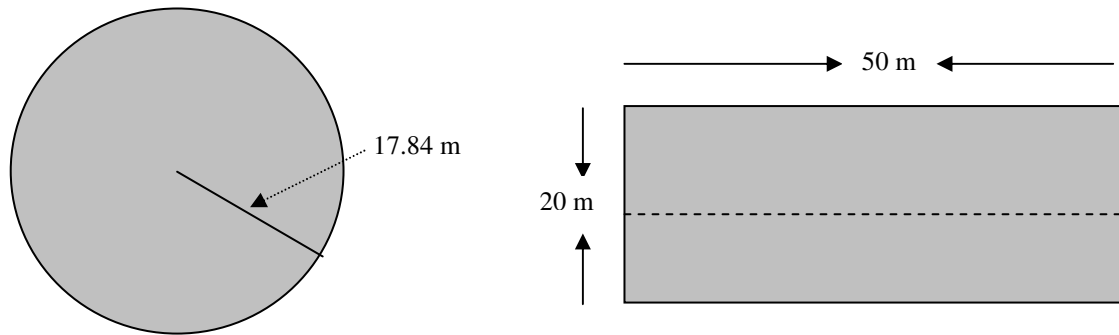


Figura 3. Formas circular y rectangular de las unidades de muestreo.

Por ejemplo: si un bosque tropical tiene una superficie de 10,000 ha y se emplea una intensidad de muestreo del 0.1%, el tamaño de la muestra será de 10 hectáreas. De esta muestra se podrán obtener 100 unidades de muestreo de forma rectangular de 1000 metros cuadrados (0.1 ha) cada una. La distribución de estas unidades de muestreo dependerá del método empleado para el inventario.

2.3.3 Medición forestal

La medición forestal o dasometría implica la determinación del volumen de árboles completos y de sus partes, las existencias de maderas en rodales, la edad y el incremento de árboles individuales y de rodales completos, así como la magnitud y volumen de sus productos (Romahn, et al., 1994)

2.3.3.1 Parámetros básicos

La **altura** de los árboles puede medirse directamente con varas graduadas, cuando los árboles tienen una estructura que lo permite hacer de esa forma o bien utilizando algún instrumento de medición; entre los más comunes tenemos: escuadra de brazos iguales, clinómetro Suunto, nivel Abney, pistola Blume-Leiss, pistola Haga, plancheta dendométrica, hipsómetro, dendrómetro, relascopio y equipos láser.

Para determinar la altura de un árbol en el campo se pueden presentar básicamente tres situaciones:

- La visual horizontal del observador da entre la base y el ápice del árbol.
- La visual horizontal del observador da arriba del ápice del árbol.
- La visual horizontal del observador da debajo la base del árbol.

A continuación se ilustra cada caso, con base en los principios trigonométricos que lo sustentan.

- La visual horizontal del observador da entre la base (B) y el ápice (A) del árbol (Ver Figura 4).

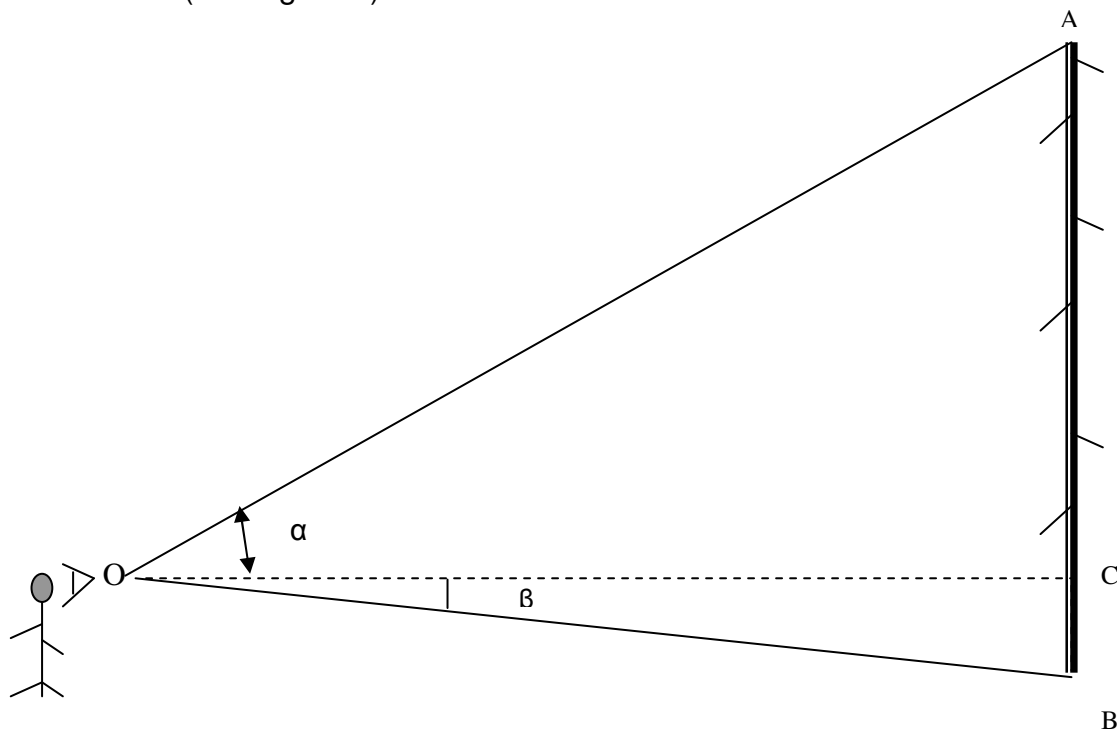


Figura 4. La visual horizontal da entre la base y el ápice del árbol.

En este caso la altura del árbol es:

$$H = OC (\tan \alpha + \tan \beta)$$

Donde:

H = altura del árbol en metros (distancia AB)

OC = distancia horizontal al árbol en metros

α = ángulo del observador al ápice del árbol

β = ángulo del observador a la base del árbol

- b) La visual horizontal del observador da arriba del ápice (A) del árbol (Ver Figura 5).

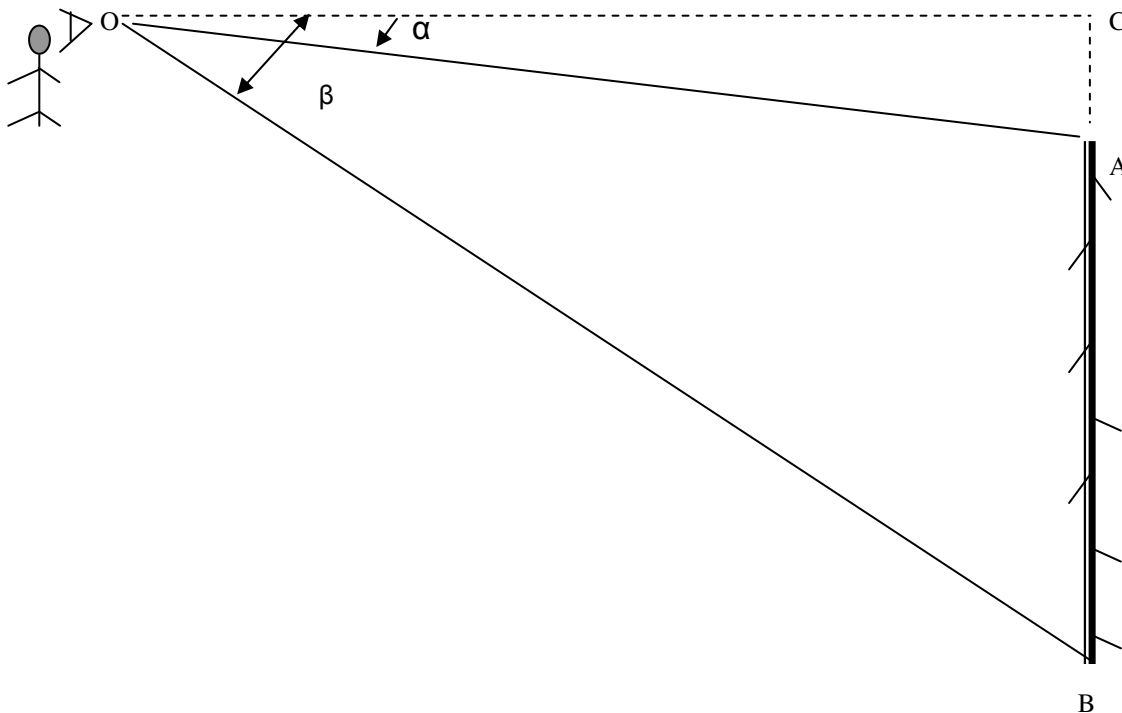


Figura 5. La visual horizontal da arriba del ápice del árbol.

En este caso la altura del árbol es:

$$H = OC (\tan \beta - \tan \alpha)$$

Donde:

H = altura del árbol en metros (distancia AB)

OC = distancia horizontal al árbol en metros

α = ángulo del observador al ápice del árbol

β = ángulo del observador a la base del árbol

- c) La visual horizontal del observador da debajo la base (B) del árbol (Ver Figura 6).

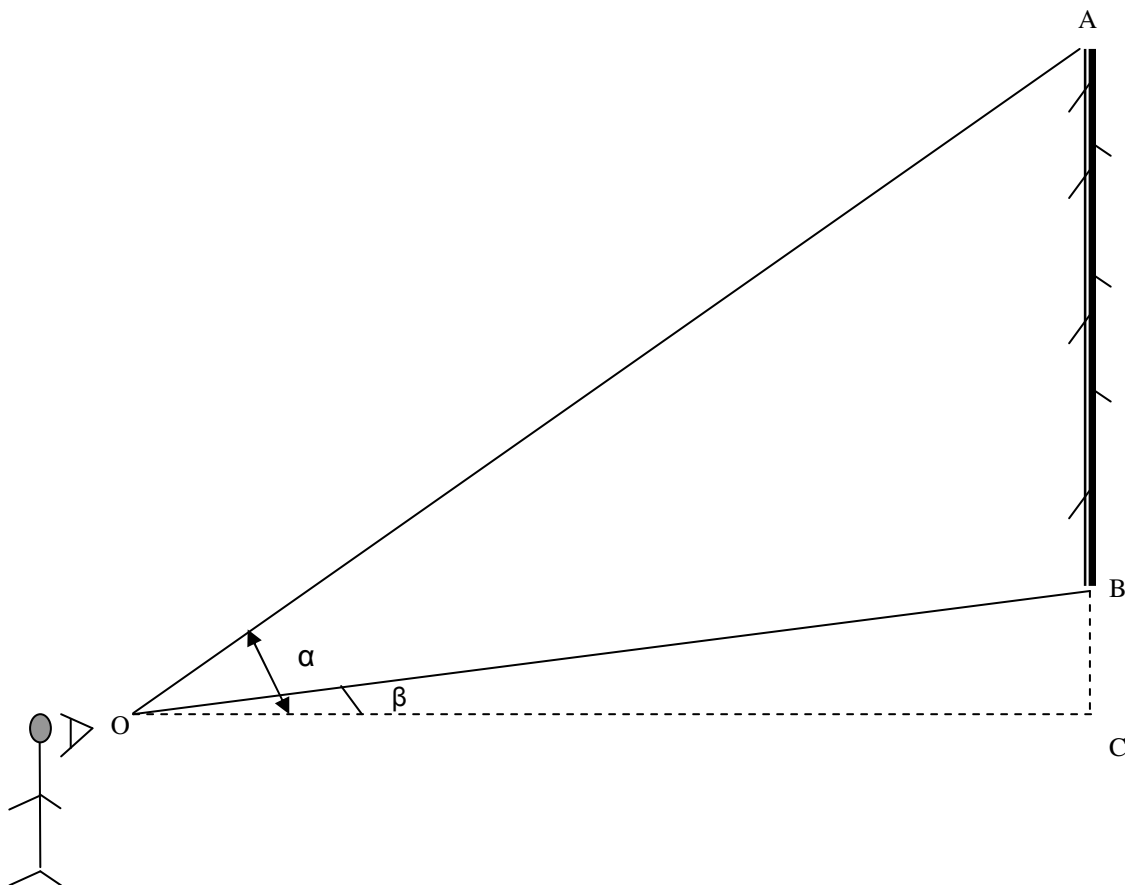


Figura 6. La visual horizontal da debajo de la base del árbol.

En este caso la altura del árbol es:

$$H = OC (\tan \alpha - \tan \beta)$$

Donde:

H = altura del árbol en metros (distancia AB)

OC = distancia horizontal al árbol en metros

α = ángulo del observador al ápice del árbol

β = ángulo del observador a la base del árbol

El **diámetro** de los árboles se mide a 1.30 m de altura, a éste diámetro se le conoce como *diámetro normal*. Los instrumentos más utilizados para medir tanto diámetro como área basal son: cinta métrica, forcípula, cinta diamétrica, relascopio, pentaprisma y equipos láser.

La medición de la **corteza** es útil porque permite obtener el volumen de madera aprovechable para la industria forestal. La medida se toma a la misma altura que el diámetro y se realiza con los siguientes instrumentos: medidor de corteza, calibrador sueco y uña graduada.

El **área basal** es la superficie de la sección transversal del árbol (Ver Figura 7). Se mide a 1.30 m de altura y se calcula por:

$$AB = 0.7854 d^2$$

Donde:

AB = Área basal en m²

d = diámetro normal en m

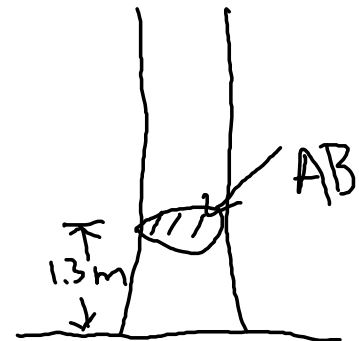


Figura 7. Sección del árbol enseñando el Área Basal.

El área basal puede medirse directamente utilizando el relascopio de Bitterlich, la cuña óptica o el relascopio simple. El cálculo de área basal está dado por:

$$G = fn * N$$

Donde:

G = área basal

fn = factor de numeración (cada instrumento tiene su fn indicado en el mismo)

N = Número total de árboles en los que hay sobre posición entre el ángulo y su imagen

2.3.3.2 Cubicación de árboles individuales

El volumen de un árbol en pie se calcula de la siguiente manera:

$$V = AB * H * F$$

Donde:

V = Volumen del árbol en m³

AB = Área basal en m²

H = Altura o longitud del árbol en m

F = Factor o coeficiente de forma

Tabla 1. Se muestran ejemplos de coeficientes de forma para distintas categorías de diámetros.

DN	F
10	0.70
15	0.65
20	0.63
25	0.61
30	0.60
35	0.58
40	0.56
50	0.53

F se determina empíricamente, es diferente para cada diámetro y especie (Ver la Tabla 1). Se calcula por:

$$F = Vr / Vc$$

Donde:

Vr = Volumen real de ese árbol (Calculado al trocear el árbol física o imaginariamente).

Vc = Volumen cilíndrico de ese árbol, considerando su área basal a 1.3 m de altura.

Otras formas de conocer el volumen de los árboles son utilizando tabla de volúmenes. Estas son una expresión tabulada que establece los volúmenes de árboles de acuerdo a uno o más de sus dimensiones fáciles de medir, tales como diámetro normal, la altura y la forma. Las tablas de volúmenes aplicables a una sola especie se conocen como *tablas específicas* y para tablas aplicables a varias especies se conocen como *tablas compuestas*.

También hay tablas que se basan en la extensión del área geográfica de aplicación. De manera que podemos clasificarlas en dos categorías: *tablas estándar* y *tablas locales*.

Las tablas estándar están elaboradas para satisfacer los requerimientos de áreas forestales relativamente grandes. Las tablas locales consideran solamente arbolado de carácter estrictamente local.

2.3.3.3 Cubicación de trozas, leñas y madera aserrada

La cubicación de **trocería** se hace con la utilización de los modelos siguientes (Ver Figura 8):

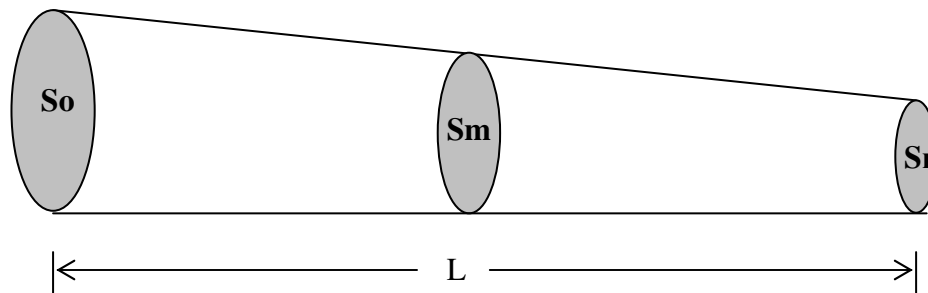


Figura 8. Cubicación de una troza de madera.

a) Smalian:
$$V = L * (S_1 + S_0) / 2$$

b) Huber:
$$V = S_m * L$$

Donde:

V = Volumen de la troza en metros cúbicos

L = Longitud de la troza en m

S1 = Área de la sección de menor grosor de la troza en metros cuadrados

S0 = Área de la sección de mayor grosor de la troza en metros cuadrados

S_m = Área de la sección media de la troza en metros cuadrados

En la Sierra Norte de Puebla, en México, la troza de medidas comerciales se cubica utilizando la fórmula de Huber.

Las **leñas** se cubican apilándolas y midiendo sus dimensiones de ancho, longitud y alto de la pila de leña, ya sea en raja o en brazuelo. Se llama *brazuelo* a la troza de cortas dimensiones resultante de trocear ramas y puntas de árboles, que no son lo suficientemente gruesas como para obtener raja.

Para la cubicación de la leña se aplica la siguiente fórmula:

$$V = l * a * h * Ca$$

Donde:

V = Volumen de leñas en m³

l = longitud de la pila de leña en m

a = ancho de la pila de leña en m

h = alto de la pila en m

Ca = coeficiente de apilamiento (0.7 si es leña en raja o 0.5 si es brazuelo)

La cubicación de **madera aserrada** se realiza utilizando la siguiente ecuación (Ver Figura 9):

$$V = (A * G * L) / 12$$

Donde:

V = volumen de la pieza en Pies Tablares

A = ancho de la pieza en pulgadas

G = grosor de la pieza aserrada en pulgadas

L = longitud de la pieza aserrada en pies

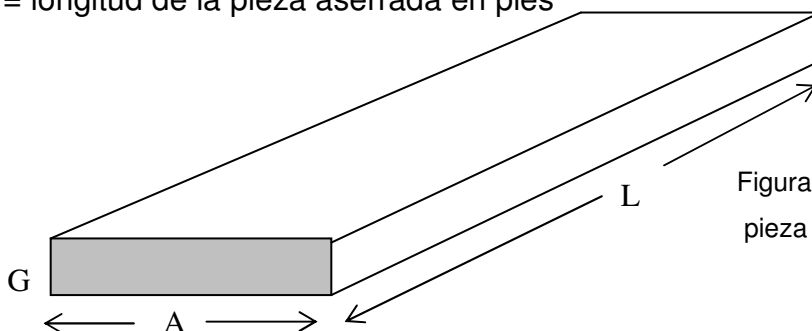


Figura 9. Cubicación de una pieza de madera aserrada.

Un **pie tablar** es una medida inglesa de volumen para madera aserrada, equivalente a una pieza cuadrada de madera de 1 pie de largo por 1 pie de ancho por 1 pulgada de grosor. En el sistema métrico decimal un pie tablar equivale a 0.00236 m^3 , un pie es igual a 30.48 cm y una pulgada equivale a 2.54 cm.

Por ejemplo: una tabla de 6 pulgadas de ancho, 2 pulgadas de grueso y 8 pies de largo, tendrá un volumen de 8 PT (pies tablares).

2.3.4 Medición del crecimiento de árboles y masas forestales

La edad de los árboles es un dato esencial para calcular el incremento de los árboles y posteriormente hacer inferencias para el cálculo de crecimiento en masas arboladas.

La Figura 10 enseña la curva de crecimiento de una masa forestal.

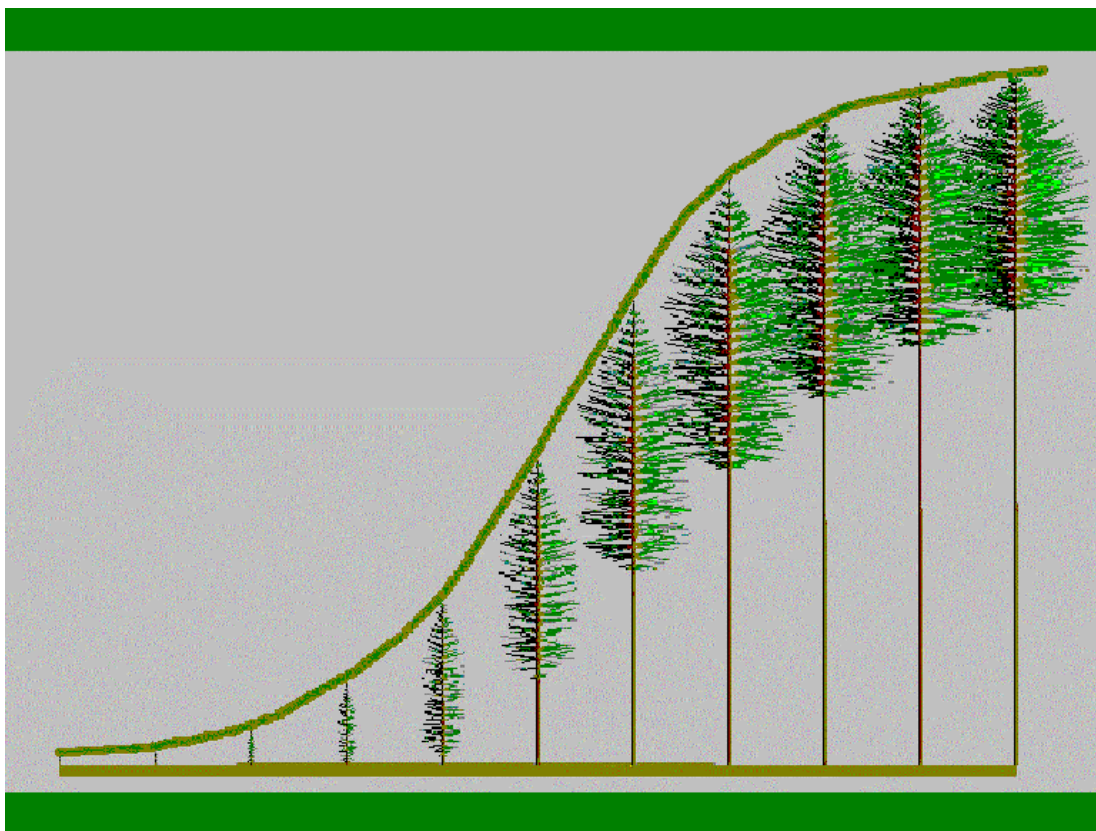


Figura 10. Crecimiento de una masa forestal.

El crecimiento de los árboles depende de su edad, la especie y la capacidad productiva de una localidad, denominada calidad de sitio.

Se pueden distinguir tres tipos de crecimiento en volumen de los árboles: incremento corriente anual, incremento periódico anual e incremento medio anual. El incremento corriente anual (ICA) es el crecimiento en volumen durante cierto año, en cualquier etapa de la vida del árbol. El incremento periódico anual (IPA) es el incremento medio anual durante un periodo definitivo. El incremento medio anual (IMA) es el incremento anual durante la edad del árbol (ver Figura 11).

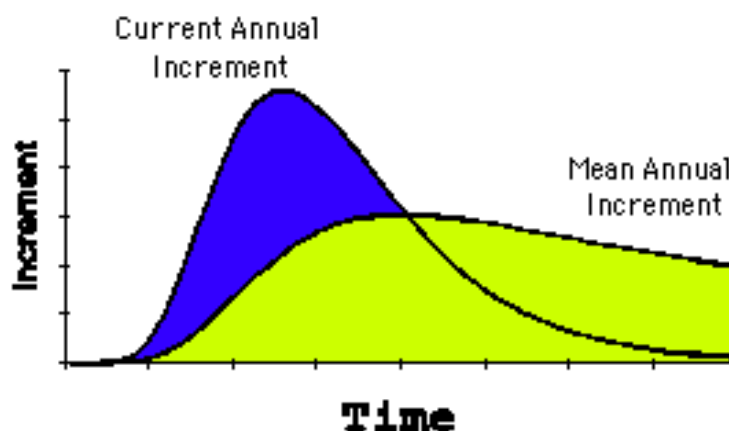


Figura 11. Incremento Corriente Anual (ICA) e Incremento Medio Anual (IMA) en un árbol.

Para determinar la edad y el crecimiento de los árboles y masas forestales se utiliza un instrumento de medición llamado Taladro de Pressler. Con esta herramienta se extrae una muestra (viruta) de la sección transversal del tronco del árbol, donde pueden contarse los anillos de crecimiento, lo mismo que medir su grosor (ver Figura 12).



Figura 12. Anillos de crecimiento en un árbol.

La Dendrocronología (dendron = árbol, cronos = tiempo, logos = la ciencia de) es definida como la ciencia que usa los datos de los anillos de crecimiento para extraer información y analizar patrones temporales y espaciales, en las ciencias físicas y culturales. El análisis de la amplitud o grosor de los anillos puede ser usado para

reconstruir cambios abruptos y graduales en el clima de épocas pasadas, como también de ocurrencias históricas de los disturbios de incendios, sequías y plagas de insectos.

2.4 Evaluación de otros recursos forestales

A diferencia de lo que pasa con los recursos forestales maderables, donde se cuenta con medidas estándar para evaluar el recurso, en el caso de otros recursos forestales (suelo, hongos, agua, fauna, aire, clima, recreación) existe mayor dificultad para encontrar patrones de medición y de esta manera evaluar objetivamente estos importantes recursos. Por esto se ha dado en catalogar a muchos de ellos como intangibles o difíciles de medir y cuantificar. De todo lo anterior se desprende que existan diferentes metodologías y técnicas de medición.

2.4.1 Técnicas de monitoreo

Para la evaluación de otros recursos forestales, diferentes a la madera de los árboles, una de las metodologías que se utiliza es el **monitoreo** o seguimiento, dada las características dinámicas del recurso. El objetivo fundamental de un programa de monitoreo es observar como cambia la población en el tiempo.

Inherente a cualquier programa es la variación en el número de plantas y animales contados. Alguna de esa variación es natural (por ej. poblaciones dinámicas tales como pájaros, mariposas, reptiles, muertes, inmigraciones, emigraciones, efectos del clima y otros) y otra es debida a las imperfecciones de la técnica de monitoreo (por ej. diferencias del observador, fracciones diferentes de individuos contados cada vez). Esta variación en números (tanto de fuente natural como de muestreo) obscurece parcialmente la presencia de cualquier tendencia a largo plazo. Si el ruido de esta variación extraña es suficientemente alto y tenemos pocos conteos, entonces podemos fallar en detectar tales tendencias en nuestra población lo cual, después de todo, es el objetivo del programa de monitoreo.

Para el conteo de animales se utilizan **trampas** y luego, en algunos casos, se registran y se marcan los especímenes con el fin de hacer su seguimiento o monitoreo.

Para estimar la calidad del aire proveniente de un bosque se emplean **censores de monitoreo**, con el fin de conocer su volumen y el contenido de gases como el CO₂, el ozono, partículas suspendidas y otros.

2.4.2 Otras técnicas de medición

Otras técnicas de medición utilizan los inventarios al 1%, con sitios de muestreo de tamaño variable, dependiendo del tipo de recurso, de 1, 50 o hasta 100 m².

Este es el caso de evaluaciones de productos forestales no maderables, tales como la palma camedor, la lechuguilla, la candelilla, etc., se cuenta el **número de plantas por unidad de muestreo**.

Para la medición del suelo es común utilizar **parcelas de escurrimiento** de dimensión variable (por ej. 50-100 m²), con el fin de coleccionar y pesar el suelo que se pierde de un área bajo diferentes cubiertas vegetales.

Para la medición del agua se emplean **estaciones de aforo**, con el fin de evaluar el caudal en m³ proveniente de una cuenca forestal bajo diferentes coberturas forestales. También estas estaciones sirven para conocer las pérdidas de suelo y otros materiales.

Estos resultados permiten inferir otros parámetros, tales como la infiltración de agua y la recarga de los mantos freáticos en una cuenca.

2.5 A manera de conclusión

En este artículo se trataron principalmente los métodos de evaluación para los productos forestales maderables. También se incluyeron algunos aspectos a considerar cuando se trata de evaluar los recursos no maderables y hacer el monitoreo de los denominados beneficios ambientales de los bosques. Tradicionalmente el desarrollo de la evaluación de los recursos forestales en nuestro país ha estado orientado hacia los recursos forestales maderables, dejando de lado gran parte de los recursos forestales no maderables, los recursos naturales asociados a los bosques, los beneficios ambientales y los ecológicos. Es un reto, por lo tanto, investigar e incluir los aspectos de evaluación de los demás recursos forestales.

2.6 Cuestionario

1. Discuta si *Evaluación Forestal* es lo mismo que *Inventario Forestal*.
2. ¿Por qué es importante la evaluación de los recursos forestales?
3. Discuta la diferencia entre evaluación cualitativa y evaluación cuantitativa; y entre evaluación directa y evaluación indirecta.
4. Explique la diferencia entre *dasometría*, *dendrometría* y *epidometría*.
5. ¿Cuál definición de *Inventario Forestal* le parece más acertada y por qué?
6. ¿De acuerdo a qué criterios pueden clasificarse los Inventarios Forestales? De dos ejemplos en cada caso.
7. Enuncie y explique las etapas de un Inventario Forestal.
8. Se desea inventariar un bosque de coníferas de 1,500 hectáreas, con una intensidad de muestreo del 1%. Determine lo siguiente: a) Tamaño de la muestra; b) Tamaño de la Unidad de Muestreo (UM); c) Forma de la UM; d) Número de UM. Explique cómo salen los resultados.
9. *Explique* el uso de tres instrumentos de medición de altura de los árboles. Dibuje o presente una figura de cada uno.
10. *Explique* el uso de tres instrumentos de medición del diámetro. Dibuje o presente una figura de cada uno.
11. *Explique* el uso de dos instrumentos de medición de la corteza. Dibuje o presente una figura de cada uno.
12. *Explique* dos instrumentos de medición de *área basal* y uno de *edad*. Dibuje o presente una figura de cada uno.
13. Determine la altura del un árbol ubicado a 25 metros de distancia horizontal de un observador, si su visual horizontal (0 grados) da arriba del ápice. Con una plancheta dendrométrica se encontró que la pendiente de la visual a la base es del 250% y el ángulo al ápice es de 45°. Haga una figura a escala. Explique los pasos a seguir para solucionar el problema.

14. Calcule el volumen real de un árbol en pie que tiene 50 cm de DN y 20 m de altura. (Tome el coeficiente de forma de la tabla de los apuntes). Haga una figura a escala. Explique cómo salen los resultados.
15. ¿Qué son las tablas de volúmenes? ¿Para qué sirven?
16. Determine el volumen de una troza de madera de 8 m de largo y diámetros de 60 y 55 cm en los extremos. Haga una figura a escala. Explique cómo salen los resultados.
17. Una pila de leña tiene 1 m de alto, 5 m de largo y 1.2 m de ancho. Calcule su volumen. (Tome el C.A. con base en los apuntes). Haga una figura a escala. Explique cómo salen los resultados.
18. Cubique un tablón de 8 pies de largo, 8 pulgadas de ancho y 4 pulgadas de grosor. Haga una figura a escala. Explique cómo salen los resultados.
19. *Explique* en qué consiste el monitoreo de algunos recursos forestales como las aves o los reptiles.
20. Indique y explique qué técnicas se emplean para evaluar el *agua* y el *suelo*.
21. Demuestre cómo sale la expresión **$H = OC (\tan \alpha - \tan \beta)$** , cuando al buscar la altura de un árbol la visual horizontal da arriba del ápice. Haga una figura, explique las expresiones utilizadas.
22. Explique (no copie lo que está en los apuntes) para qué es útil la **Dendrocronología**.

Bibliografía básica

Grijpma P. 1998. Producción forestal. 2ª. Ed. Sep-Trillas. México. 134 pp.

Klein, C. 2000. Inventario y evaluación de árboles fuera del bosque en grandes espacios. En: Unasyva. Vol 51, No. 200. Roma.

Rivas, T.D. 2001. Instrumentos de medición forestal. Presentación en Power Point: 19 diapositivas. Chapingo, México.

Romahn, C., H. Ramírez y Treviño J. 1994. Dendrometría. Universidad Autónoma Chapingo. 354 pp.

Romahn C. 1999. Relascopía. Una técnica de medición forestal. 2ª. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. 136 pp.

Santillán J. 1986. Elementos de dasonomía. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 347 pp.

<http://www.anu.edu.au/Forestry/mensuration/BrackandWood1998/MENSHOME.HTM>

http://www.pfc.forestry.ca/monitoring/inventory/terms/glossary_e.html

<http://www.yale.edu/fes519b/saltonstall/page2.htm>

<http://www.rivasdaniel.com>

Chapingo, Agosto de 2006.