

CAPÍTULO 0: INTRODUCCION A LA BIOMETRÍA FORESTAL

POR: ENRIQUE WABO.

1 INTRODUCCIÓN

Al principio, el hombre percibió al bosque como un inagotable sistema de producción de madera, por lo que la atención en el manejo forestal era inexistente. Posteriormente, se dio cuenta de que eso no era así, lo que llevó a una necesidad de información que antes no existía. A ello contribuyó el reconocerle al bosque funciones diferentes a la de productor de madera: protección de cuencas, protección de flora y fauna, etcétera.

La ingeniería forestal acompañó estos cambios y extendió su acción hasta límites hoy difíciles de precisar. Sin embargo, la medición y la predicción de volúmenes, de incrementos y de rendimientos de madera, de árboles y bosques, siguen siendo sus principales objetivos. Para cumplir con ellos la Ingeniería Forestal recurre a otras disciplinas como la Estadística, la Teoría del Muestreo, la Dendrometría, la Dasometría, la Epidrometría, la Matemática, la Física, la Biología y, en los últimos tiempos, la Computación.

En este curso de Biometría Forestal, entendemos como tal a la aplicación de métodos estadísticos para la búsqueda de soluciones a problemas asociados con la existencia, crecimiento y el manejo de bosques. Una ayuda para comprender la Biometría Forestal es conocer los alcances de la labor de un Ingeniero Forestal. Podemos decir que el Ingeniero Forestal es el profesional que, entre otras cosas se ocupa (Pita Carpenter):

- a) del manejo de los Bosques y de los seres que lo habitan, y
- b) de los usos que el hombre hace de ellos

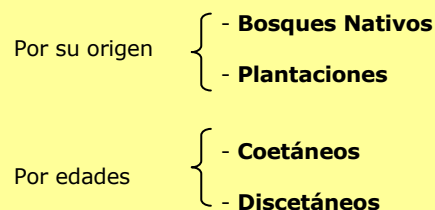
Lo primero que se nos ocurre preguntar es ¿Qué es un Bosque? Contrariamente a lo que podría suponerse no hay una definición única y universal. A nuestros fines entendemos por Bosque: cualquier terreno cubierto de vegetación arbórea, explotada o no, sea productivo o no, de origen humano o natural.

Como puede verse las formaciones arbóreas naturales y las plantaciones son para nosotros bosques. Otro tanto ocurre con las Reservas y Parques Nacionales que satisfacen la definición.

Otra pregunta que se nos ocurre es ¿qué significa Manejo Forestal? Sin entrar en detalles, entendemos por tal las operaciones que debemos llevar a cabo en un bosque o propiedad para lograr un fin determinado. Ello implica definir qué tareas se deben hacer, con qué intensidad, cómo hacerlas y cuándo hacerlas. Aquel fin determinado puede ser la obtención de madera, la protección de la flora, la regulación del agua, la recreación, y otros.

Nuestro objetivo es obtener un bien o un servicio del bosque, y para ello debemos aplicar normas de manejo. La eliminación de ciertos individuos de un bosque o *Raleo*, es un ejemplo de manejo; pero también debemos definir, en qué momento hacerlo, qué individuos vamos a retirar y con qué intensidad. Para conocer el bosque y para llevar a cabo ese manejo se requiere información y al menos una parte importante de ella será provista por la Biometría Forestal.

Clasificar a los bosques es difícil, porque existen diferentes criterios de clasificación. Los dos más usados son su origen y la edad de los árboles. A continuación se indica un esquema de clasificación de los Bosques según estos dos criterios:



Los Bosques Nativos están conformados por especies nativas que se instalan en forma natural; las Plantaciones, en cambio, son instaladas por el hombre y pueden tener especies nativas o exóticas.

Un bosque es coetáneo cuando sus individuos pertenecen a una misma clase de edad; es discetáneo cuando pertenecen a más de una clase de edad. No hay reglas sobre qué amplitud debe tener una clase de edad.

Por otro lado, podemos separar la superficie ocupada por un bosque, en unidades más pequeñas, a las que llamamos Tipos, Estratos y Rodales Forestales.

- Tipos: son asociaciones de árboles cuyos individuos comparten uno o varios elementos en común, pudiendo ser de composición florística homogénea o no.
- Estratos: son asociaciones de árboles cuyos individuos comparten uno o varios elementos en común, pudiendo ser de composición florística homogénea o no, pero la asociación es algo más estrecha que en los Tipos Forestales.
- Rodales: es la mínima unidad de estructura y manejo de un bosque, donde los árboles presentan condiciones similares de localización geográfica, volumen, tratamientos, etcétera.

Los tipos forestales suelen ser el primer nivel en que un bosque se divide o separa; los estratos forestales representan el nivel de división siguiente; el rodal es la unidad más pequeña. Así, un bosque puede comprender distintos Tipos Forestales; a su vez, cada Tipo Forestal puede contener uno o más Estratos; y cada Estrato puede contener uno o varios Rodales.

Un campo de acción tan amplio genera un número abundante de preguntas que el Ingeniero Forestal deberá estar en condiciones de responder. Por ejemplo:

¿Qué rodal tiene los árboles más altos?

¿Qué rodal tiene los árboles más gruesos?

¿Cuántos árboles hay por hectárea, en promedio, en un rodal?

¿Cuántos árboles hay por hectárea, en promedio, en un estrato?

¿Cuánto volumen de madera hay en un tipo forestal determinado?

¿Qué posibilidades de uso forestal tiene un terreno que no posee árboles?

¿Qué especie es la más conveniente para plantar en un sitio determinado para cumplir con un fin?

¿Cuánto habrá crecido una plantación al cabo de 10 años?

¿Es conveniente cortar y vender ahora un bosque o es más conveniente aguardar y acumular crecimiento?

Para poder contestar éstas y otras preguntas, el Ingeniero Forestal debe contar con información y ésta proviene de uno o más datos. A veces los datos ya existen, otras veces deben ser buscados. En ambos casos, la Biometría será un aliado importante, particularmente por las siguientes razones:

- a) si los datos ya existen, le permitirá su procesamiento, y luego obtener conclusiones y proponer una decisión; y
- b) si los datos no existen, le brindará pautas para su obtención, su procesamiento, y luego obtener conclusiones y proponer una decisión.

Una herramienta importante, que puede considerarse parte de la Biometría, es la TEORÍA DEL MUESTREO. Será una parte importante del contenido de este curso. El contenido del curso está íntimamente ligada a otras actividades de la Dasonomía, como es la Dendrometría, la Dasometría, la Epidometría y el Inventario Forestal. A continuación se brinda una breve descripción de cada una de estas actividades:

- **Dendrometría:** se ocupa de las medidas de las dimensiones del árbol, del estudio de su forma y de la determinación de su volumen.
- **Dasometría:** se ocupa de las cuestiones relacionadas con la estimación métrica y cubicación de los bosques.
- **Epidometría:** se ocupa de estudiar las técnicas de medición y las leyes que regulan el crecimiento y producción de árboles y bosques.
- **Inventario Forestal:** se ocupa de describir la situación actual del bosque, como punto de partida para la planificación y la toma de decisiones.

2 NÚMEROS: ¿ DATOS o INFORMACIÓN ?

Por razones de conveniencia la información de interés será expresada mediante **Números**. La operación por la cual obtenemos esos números recibe el nombre de **Medición**. Cada número proveniente de una medición puede representar un *Dato* o puede representar una *Información*. Como esta situación no siempre queda clara asumiremos de aquí en adelante las siguientes interpretaciones:

Dato: cualquier número que nos permita obtener información

Información: cualquier número que, proveniente de uno o más datos, nos permite visualizar una situación, comprenderla y, eventualmente, tomar decisiones.

Por ejemplo, para determinar el incremento de altura de un árbol al término de un período de tiempo, medimos su altura al inicio y al final del período; la diferencia es el incremento buscado. Las alturas medidas son datos, mientras que el incremento es la información. A veces, con los mismos datos puede obtenerse diferente información.

3 MEDICIONES Y ESTIMACIONES

Los medios a los que recurrimos para obtener información son la MEDICIÓN y la ESTIMACIÓN; y ambas pueden ser Directas o Indirectas. A continuación se brindan ejemplos de cada caso:

MEDICIÓN DIRECTA: pretendemos conocer el valor de un carácter Y, y las cantidades observadas son valores de Y. Por ejemplo: medir la distancia entre dos puntos mediante una cinta métrica.

MEDICIÓN INDIRECTA: pretendemos conocer el valor de un carácter Y, pero la cantidad que se observa pertenece a otro carácter, digamos X. Por ejemplo: determinar el área de un círculo (Y) a partir de la medición de su diámetro (X).

ESTIMACIÓN DIRECTA: pretendemos estimar el valor de un carácter Y de una población, y las cantidades observadas son valores de Y. Por ejemplo: estimar la altura media de un grupo de árboles como promedio de las alturas de los árboles individuales.

ESTIMACIÓN INDIRECTA: pretendemos estimar el valor de un carácter Y de una población, pero la cantidad que se observa pertenece a otro carácter X. Por ejemplo: estimar el volumen de un conjunto de árboles (Y) mediante el empleo de una tabla (tabla de volumen) que predice esa cantidad a partir del diámetro de cada árbol (X).

Las mediciones pueden hacerse con diferentes propósitos y distintos métodos, pero siempre asociados con: a) la calidad de la información, y b) y su costo de obtención. Al respecto, podemos diferenciar los siguientes propósitos principales:

- **Propósitos comerciales:** la información a obtenerse está asociada a un acto comercial, particularmente de compra o venta. Aquí, la calidad de la información debe guardar una relación razonable con su costo de obtención: el costo de la información debe ser inferior al monto a percibirse por la venta.
- **Propósitos de manejo forestal:** la información a obtenerse se utilizará para tomar decisiones a mediano y largo plazo, por lo que debe ser de alta calidad. Un error grave en la información llevará a un error grave en la decisión lo que puede traer consecuencias graves e irreversibles. De todos modos, también se debe considerar su costo de obtención.
- **Propósitos de investigación:** la información a obtenerse estará orientada a conocer mejor el comportamiento de los bosques, por lo que la

calidad de las mediciones debe ser alta a causa del nivel de detalle implícito y al alcance pretendido de sus conclusiones. El costo interviene en la posibilidad física de su realización.

No importa qué cuidado pongamos al momento de medir, las mediciones siempre estarán acompañadas de un error, el Error de Medición.

Las estimaciones también están acompañadas de un error, el Error de Estimación, compuesto por el Error de Muestreo y el Error de No Muestreo (errores que se cometen aun cuando observemos toda la población):

E. de Estimación = E. de Muestreo + E. de No Muestreo

El Error de No Muestreo se reduce mediante la correcta aplicación de las técnicas e instrumentos de medición.

El Error de Muestreo se reduce mediante un diseño de muestreo adecuado.

4 EL ÁRBOL

4.1 Componentes del árbol

El árbol tiene tres partes bien diferenciadas: la raíz, el tronco y la copa. Pero desde el punto de vista *silvícola* los términos comúnmente usados son (Pita Carpenter, 1975):

- El **Tronco**: constituye el cuerpo axial del árbol que arranca desde el suelo y soporta la copa (formada por ramas, ramillas y hojas). El tronco puede ser entero, como en la mayoría de las coníferas; o truncado, como ocurre en las frondosas, en que el tronco se abre la parte superior en ramas hasta perderse el eje principal.

- El **Fuste**: representa la porción más interesante en el aprovechamiento del árbol. Se define con arreglo a diferentes convenciones que marcan el límite mínimo del diámetro en la punta delgada del tronco, por ejemplo, 7 cm con corteza; el resto es conocido como *despunte*.

- El **Rollo**: el fuste apeado es ya madera en rollo, que se divide en trozas de acuerdo con ciertas longitudes que tipifican diferentes productos.

- El **tocón**: es la parte basal del tronco que queda como residuo después de la corta del árbol

También es necesario diferenciar el Punto de Inicio de la Copa, que es el punto situado en el origen de las ramas más bajas de la copa (marca el sitio en donde se inician las ramificaciones). En los árboles con tronco tipo conífera la ubicación del punto de inicio de la copa puede manejarse mediante poda.

Desde el punto de vista del contenido comercialmente vendible o aprovechable, distinguimos dos componentes principales, que son: a) la *Madera*, que es la parte del árbol que físicamente puede tener como destino el aserrado, y b) la *Leña*, que es la parte del árbol que por sus dimensiones o calidad no puede tener como destino el aserrado.

4.2 Crecimiento y desarrollo

El crecimiento del árbol es el resultado de la interacción entre su genotipo y el medio ambiente asociado al sitio donde está creciendo.

El crecimiento se lleva a cabo a través de tejidos especializados llamados meristemas. Dos son los que más nos interesan: a) el meristema apical, responsable de la elongación del tronco del árbol y, en consecuencia, de su crecimiento en altura; y b) el cámbium, situado a modo de lámina inmediatamente debajo de la corteza, responsable del crecimiento en grosor del tallo del árbol.

El meristema apical es también el responsable de la Dominancia Apical; y según cómo se manifieste esta dominancia distinguimos dos hábitos de crecimiento y, por extensión, dos tipos de árboles, que son: a) el *Excurrente* y b) el *Delicuescente*.

Excurrente: el meristema apical mantiene su dominancia e identidad durante toda la vida del árbol, lo que da lugar a un individuo con un eje central extendido desde el nivel del suelo hasta, precisamente, el meristema apical. Toda la copa queda ubicada por debajo del meristema apical y el resultado es un árbol de tronco entero.

Delicuescente: el meristema apical pierde en algún momento su dominancia e identidad; los meristemas laterales desbloqueados retoman el crecimiento dando ramas primarias que nacen casi de un mismo punto y, finalmente, una copa globosa. El resultado es un árbol con tronco truncado.

El objetivo natural de todo ser vivo es la perpetuación de su especie y los árboles no son una excepción. Para ello deberá alcanzar la etapa de madurez o reproducción, lo que implica crecer y superar un tamaño mínimo. Durante este proceso, el árbol requerirá cantidades crecientes de azúcares provenientes de la fotosíntesis, lo llevan a un incremento de su superficie foliar, también en forma creciente. El resultado es un aumento en altura y en el tamaño de su copa.

Para poder soportar el peso creciente de su copa, como resultado de este proceso, es que se produce un incremento constante en el diámetro de su tronco. Por otro lado, esta situación lleva a mayores requerimientos de agua, por lo que las raíces deben aumentar su capacidad exploratoria y, por ende, su tamaño. Superada la madurez, el árbol entra en estado de decrepitud, caracterizado por un incremento en su susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, y por un desbalance mecánico entre las raíces y la parte aérea que lo vuelven susceptible al volteo por acción del viento.

5 EL BOSQUE

5.1 Generalidades

Los árboles nacen, crecen y mueren; algunos mueren más temprano que otros, incluso sin llegar a la madurez, de manera que no todos los árboles que existen en un momento dado alcanzan necesariamente a sobrevivir.

Un árbol que crece aislado no tiene árboles vecinos que lo protejan, pero tampoco tiene árboles vecinos que compitan con él. Bajo esta situación, el árbol crece sin limitaciones y adopta la forma típica de su especie, la que generalmente no se asocia con condiciones

comerciales favorables cuando sea adulto. Por ejemplo, es de esperar que su fuste sea corto, por tener la parte superior muy ramificada, y que su base esté engrosada.

En cambio, cuando crece rodeado de árboles, debe competir por agua y por luz con los árboles vecinos, de quienes obtiene protección.

Esto determina una serie de cambios en dimensiones y forma, favorables para la producción forestal: el tronco tiende a ser más largo y cilíndrico, y la porción del fuste sin ramas tiende a ser más larga.

Debido a la competencia, sin embargo, el crecimiento de cada árbol individual se ve reducido si se lo compara con el crecimiento del árbol que crece aislado.

Pero esto no debe preocuparnos porque, en términos generales, lo que interesa es la producción por hectárea y no por árbol. Estas relaciones entre forma del tronco y tasa de crecimiento puede alterarse a través de los raleos o aclareos.

En la Silvicultura, el árbol es la unidad de atención; entre otras cosas define si un árbol en particular permanecerá en pie hasta la corta final o si será removido. Sin embargo, desde el punto de vista empresarial se puede considerar que la unidad de producción es la hectárea. Esta dualidad tiene un inconveniente y es que el crecimiento medio por árbol y el crecimiento medio por hectárea no son términos intercambiables.

5.2 Masa Coetáneas y Discetáneas

La presencia de un bosque en un lugar está indicando que durante un determinado período de tiempo se han instalado árboles en esa zona. De acuerdo a la duración de este período reconocemos dos tipos de formaciones, el Bosque Coetáneo y el Bosque Discetáneo.

En un Bosque Coetáneo el período de instalación es corto, lo que origina un bosque con individuos de la misma edad o de la misma clase de edad; por ejemplo, una plantación. Este tipo de formación está usualmente conformada por especies que no toleran el sombreado.

En un Bosque Discetáneo el período de instalación es largo, lo que origina un bosque con individuos de diferentes edades o que pertenecen a distintas clases de edad. Este tipo de formación está usualmente conformada por especies que toleran el sombreado. Si los árboles que mueren son repuestos en forma más o menos continuada y permanente, el bosque discetáneo no desaparece.

La diferenciación entre bosques coetáneos y discetáneos es importante porque presentan diferencias estructurales y funcionales, que se relacionan con el manejo forestal: cada uno de estos tipos de bosque tiene sus normas de manejo.

6 EL INGENIERO FORESTAL

Un Ingeniero Forestal debe tomar diferentes decisiones y para ello necesita información, la que es provista por distintos mecanismos disponibles: libros, consulta a colegas, asistencia a congresos, mediciones propias, entre otras. Las etapas básicas en que puede dividirse un trabajo cualquiera de ingeniería forestal, son:

- 1) **Análisis del problema:** se deben tomar una decisiones y se debe definir cuál es la información que se necesita para ello.
- 2) **Determinación de los objetivos del trabajo:** se definen las tareas específicas del trabajo, las que permitirán proveer la información para la toma de decisiones.
- 3) **Búsqueda de antecedentes:** se busca qué otros trabajo que nos sean de interés o útiles se han hecho que tengan relación con nuestro problema.
- 4) **Planificación de las tareas a realizar:** se definen y planifican las tareas a llevarse a cabo..
- 5) **Obtención de datos:** se obtienen datos para su posterior procesamiento
- 6) **Obtención de la información:** se obtiene la información que se previó obtenerse durante la determinación de objetivos (punto b).
- 7) **Análisis y presentación de los resultados:** se presenta la información buscada, con ayuda de cuadros, figuras, mapas, etcétera.

La obtención de datos suele referirse a datos de campo, y puede verse que está presente sólo en una etapa de la lista. Esto significa que sólo una etapa de las siete mencionadas implica trabajo a campo, lo que pone de manifiesto la importancia de los conceptos teóricos requeridos para una correcta planificación.

A lo largo del proceso, el profesional debe definir una serie de cuestiones; como, por ejemplo: ¿cuál es la información a lograr?; ¿qué datos deben registrarse para ello?; ¿cómo se harán las mediciones en el terreno?; ¿cuándo y dónde las van a realizar?; ¿cuánto tiempo demandará su recolección?; etcétera. Por cierto, hay un punto crítico en todo esto que es definir correctamente el objetivo del trabajo; si fue mal establecido, el trabajo no será exitoso, aun cuando se haya hecho de un modo técnicamente impecable. Resumiendo, las dos grandes preguntas son: ¿qué debemos hacer? y ¿cómo hacerlo?

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Vol.1 - Estimación del volumen. Estudio FAO: Montes 22/1.

Apuntes de Dasometría. 1957. Pío Alfonso Pita Carpenter. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. España.

Introducción a las ciencias forestales. 1991. Raymond A. Young. Ed. Limusa.

Serie Técnica Forestal. Volumen 1, Dasometría. 1993. Martin Thren. Proyecto UNSE/GTZ; Universidad Nacional de Santiago del Estero. 182 pp

CUESTIONARIO

- 1) ¿ Qué tendría en cuenta para determinar las posibilidades de uso forestal de un terreno no forestado ?
- 2) ¿ Qué criterios utilizaría Ud. para decidir qué especie es la más conveniente para forestar en ese terreno ?
- 3) ¿Considera Ud. que la altura total en un árbol excurrente y en uno deliquescente tienen el mismo significado?
- 4) El dueño de una plantación de pino recibe una buena oferta para su venta en pie, por lo que desea saber cuánta madera posee; para ello contrata su servicio. Defina Ud. qué pasos daría para ejecutar el trabajo.
- 5) Dos productores forestales, A y B, poseen una plantación de la misma especie, extensión y edad. En la de A el volumen medio por árbol es de $0,50 \text{ m}^3$ y en la de B es de 1 m^3 . ¿ Podemos afirmar, con estos datos, que el volumen que posee B es mayor al que posee A ?
- 6) Ud. ha realizado un inventario forestal en el año 1985, que arrojó un volumen de madera de 200 m³. En el año 1995 repite el inventario y obtiene 450 m³. Asumiendo ausencia de errores ¿es razonable afirmar que la masa inicial creció 250 m³ ?
- 7) Un productor de madera recibe dos ofertas por su plantación. En una de ellas, un señor A le ofrece comprarla este año; en la otra, un señor B le ofrece comprarla el año próximo. El productor lo consulta a Ud. sobre cuál alternativa es la más conveniente. Qué información cree Ud. que debería recoger para hallar una respuesta y qué datos que cree Ud. que son necesarios para ello.

Nov/2001