

Manejo de bosques nativos en la región del Chaco Occidental y el Espinal

Verzino, Graciela; Joseau, M. Jacqueline, Rodríguez Reartes, Sandra; Rojas, Laura; Frassoni, Javier y Garzón, Exequiel



Marzo de 2019



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

INDICE

| | |
|--|----|
| Introducción..... | 3 |
| Conceptos y definiciones..... | 4 |
| Plan de Manejo Sustentable..... | 5 |
| Diagnóstico de la situación actual..... | 5 |
| Inventario Forestal | 6 |
| El Muestreo Forestal..... | 7 |
| Pasos de un inventario forestal | 10 |
| Determinación del tamaño de la muestra | 10 |
| Mediciones en las parcelas de prueba | 11 |
| Estimación de la densidad y Área Basal de un bosque nativo | 14 |
| Estimación del volumen de un bosque nativo | 15 |
| Estimación de la edad y crecimiento de los árboles | 19 |
| Equipamiento necesario para las mediciones de campo y facilidades disponibles..... | 22 |
| Prescripción Silvícola o Plan Dasocrático propiamente dicho..... | 23 |
| Especies principales y secundarias. | 23 |
| Método de regeneración o régimen de aprovechamiento..... | 23 |
| Estructura de la masa | 24 |
| Tratamientos silvícolas | 25 |
| Tratamientos silvícolas para el manejo de masas disetáneas..... | 25 |
| Método de ordenación | 31 |
| Ventajas y desventajas del método de selección..... | 32 |
| Consideraciones finales | 33 |
| Bibliografía..... | 33 |

Introducción

La República Argentina ha sufrido, en el último siglo, una dramática pérdida y degradación de sus bosques nativos debido, fundamentalmente, al avance de la frontera agropecuaria, los incendios forestales, la sobre-explotación forestal, el sobrepastoreo y la urbanización.

La superficie remanente de bosques es menor al 30% de la superficie original, y, en algunas provincias, como la provincia de Córdoba, el proceso ha sido aún más devastador, restando sólo alrededor del 12% de la superficie boscosa existente a principios del siglo XX, y de esa superficie, sólo 3,5 % es bosque productivo.

En el año 2007 se aprobó la ley nacional 26.331, de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos, y en el año 2010 tuvo su correlato en Córdoba, con la ley Nº 9814 de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Córdoba. Ambas normas establecen mecanismos de conservación y manejo de bosques mediante la presentación de Planes elaborados por profesionales idóneos, entre ellos, los ingenieros agrónomos.

El manejo de los bosques nativos en la vasta superficie boscosa de Argentina se limita, en su mayor parte, a la extracción de madera con destino a aserrado o a leña y carbón, actividad que se combina con otros usos, tales como la ganadería de monte, la apicultura, la extracción de frutos comestibles, la caza y la pesca de fauna silvestre, la recolección de hierbas aromáticas y medicinales, el uso de tintes vegetales, etc.

Cada una de estas actividades, por sí sola, ha recibido la atención de científicos y estudiosos, y se han publicado innumerables artículos al respecto.

Nuestra intención, en este trabajo, es abordar la temática del manejo forestal de bosques nativos del Chaco Occidental y el Espinal (Figuras 1 y 2), con énfasis en los tratamientos silvícolas, es decir, aquellos tratamientos que se aplican sobre el bosque, ya sea para regenerarlo o para hacer un aprovechamiento sustentable de su madera.

Este material bibliográfico brinda información sistematizada para que los estudiantes y profesionales de Ciencias Agropecuarias y de otras carreras afines puedan elaborar y llevar adelante planes de manejo de bosques nativos.



Figura 1: Vegetación típica de un bosque del Chaco Occidental en Santiago del Estero



Figura 2: Vegetación típica de un bosque del Espinal en Córdoba

Conceptos y definiciones

Bosque nativo: Según la ley nacional 26.331, se entiende por **bosque nativo** los ecosistemas forestales naturales compuestos predominantemente por especies arbóreas nativas maduras, con diversas especies de flora y fauna asociadas, en conjunto con el medio que las rodea - suelo, subsuelo, atmósfera, clima, recursos hídricos-, conformando una trama interdependiente con características propias y múltiples funciones, que en su estado natural le otorgan al sistema una condición de equilibrio dinámico y que brinda diversos servicios ambientales a la sociedad, además de los diversos recursos naturales con posibilidad de utilización económica.

La ley diferencia, asimismo, los **bosques primarios**, los **bosques secundarios** y los **bosques nativos degradados o en proceso de degradación**.

De esta forma, incluye los ecosistemas forestales naturales caracterizados por la dominancia de especies de etapas sucesionales maduras, con bajo impacto ocasionado por actividades humanas (bosques primarios); los ecosistemas forestales en distinto estado de desarrollo que se están regenerando y preservan parte de su antigua biodiversidad, luego de haber padecido disturbios de origen natural o antropogénico, sobre todos o algunos de sus componentes ecosistémicos aunque sin haber sufrido cambio de uso del suelo y que, generalmente, se caracterizan por la escasez de árboles maduros y por la abundancia de especies pioneras (bosques secundarios) y los bosques nativos que, con respecto al original, han perdido su estructura, funciones, composición de especies y/o su productividad (bosques nativos degradados o en proceso de degradación).

Por su parte, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), organismo que desde 1948 lleva adelante la evaluación de los recursos forestales en el mundo, basa sus estadísticas en las siguientes definiciones (<http://www.fao.org/forest-resources-assessment/es/>).

Bosque natural se designa la tierra con una cubierta de copa de más del 10 por ciento de la zona y una superficie superior a 0,5 ha. Los bosques están determinados por la presencia de árboles autóctonos y la ausencia de otros usos predominantes de la tierra. Los árboles deberían poder alcanzar una altura mínima de 5 m. Se incluyen en la categoría de bosque natural los rodales jóvenes en los que todavía no se ha alcanzado una densidad de cubierta de copa del 10 por ciento o una altura de los árboles de 5 m, pues se trata de zonas desarboladas temporalmente. El término incluye bosques utilizados con fines de producción, protección, conservación o usos múltiples (es decir, bosques que integran parques nacionales, reservas de la naturaleza y otras áreas protegidas), así como masas (por ejemplo, cortavientos y fajas protectoras de árboles con una anchura de más de 20 m).

Otras tierras boscosas. Tierra donde la cubierta de copa (o su grado de espesura equivalente) tiene entre un 5 y un 10 por ciento de árboles capaces de alcanzar una altura igual o superior a 5 m al llegar a la madurez; o tierra con una cubierta de copa (o su grado de espesura equivalente) de más del 10 por ciento en la que los árboles no son capaces de alcanzar una altura igual o superior a 5 m al llegar a la madurez; o aquella con una cubierta mixta de arbustos, matorrales y árboles superior a 10 por ciento.

El concepto de RODAL: Se entiende por RODAL a una superficie boscosa, internamente homogénea, de área continua, que se puede diferenciar con claridad de superficies adyacentes, por la edad de los árboles, la composición, la estructura, la sanidad, etc. El rodal es la unidad de inventariación y tratamientos silvícolas.

De acuerdo a su composición los rodales pueden ser puros (una sola especie) o mixtos (2 o más especies).

La disposición de los árboles en estratos verticales según su edad da lugar a la estructura del rodal pudiendo clasificarse en:

Coetáneo, regular o uniforme: cuando el 90% de los árboles que componen el rodal son de la misma edad o por lo menos de la misma clase de edad, en la práctica la diferencia de edad entre el individuo más joven y el más viejo de la masa no supera el 20 % del turno.

Semirregular: cuando el 90% de los árboles pertenecen a 2 clases de edad.

Disetáneo o irregular: cuando el 90% de los árboles que componen el rodal pertenecen a 3 o más clases de edad.

Clase de edad: período de tiempo que equivale, generalmente, a 1/5 (20 %) del turno de corta de una especie dada. P.ej.: si *Prosopis alba* tiene, en Chaco, un turno de corta de 40 años, una clase de edad equivale a 8 años; es decir, un grupo de árboles de 14 años no pertenece a la misma clase de edad que uno contiguo de 25 años, pero un grupo de árboles de 12, 13, 14 y 15 años sí pertenecen a la misma clase de edad ya que la diferencia entre el más viejo y el más joven no supera los 8 años ($15 - 12 = 3$)

Plan de Manejo Sustentable

Para llevar adelante cualquier plan de manejo sustentable de bosque nativo será necesario, previamente, efectuar una descripción, lo más detallada posible, del establecimiento y del estado del bosque objeto de estudio, es decir, un **diagnóstico de la situación actual**. Sobre esa base se podrá elaborar, luego, la **prescripción silvícola**.

Diagnóstico de la situación actual

Comprende toda la información sobre el sitio forestal que puede resultar de utilidad a los efectos del Plan y abarca las siguientes partes:

- a. Estado legal
- b. Estado natural
- c. Estado forestal
- d. Estado socio-económico.

a. Estado legal: Se consignará la superficie del campo, ubicación y límites, condiciones del dominio, posibles restricciones de uso, etc. Es conveniente adjuntar el plano de mensura del lote además de imágenes satelitales que permitan ubicar las reales dimensiones espaciales del establecimiento y sus características fisiográficas. Es

muy importante consignar la ubicación del bosque nativo en el marco de la legislación vigente (para el caso de Córdoba, Ley 9814, de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Córdoba)

b. Estado natural: Se consignará la mayor información posible sobre geomorfología, hidrología, topografía (relieve, pendiente, exposición, altitud), suelos, clima, flora y fauna, historia de uso del lote, posibles restricciones de uso, etc. Se adjuntarán los mapas y fotografías necesarios para facilitar la descripción del área.

c. Estado forestal: Se describirán las condiciones de la masa que se pretende ordenar: su composición específica, calidad, estructura vertical y horizontal, crecimiento, volumen, posibles restricciones de uso, etc. La herramienta más adecuada para realizar este estudio es el Inventario Forestal propiamente dicho.

d. Estado socio-económico: Previo a iniciar cualquier plan de conservación y/o manejo forestal o uso alternativo del bosque es indispensable poseer cierta información sobre las condiciones del mercado: bienes o servicios a producir, mercados de comercialización previstos, principales productores y consumidores del bien o servicio, proyección de la oferta y la demanda, distancia a los centros de consumo, transporte, costos de producción y comercialización, restricciones, mano de obra disponible, servicios, etc.

Inventario Forestal

Para conocer cuali-cuantitativamente un bosque realizamos un inventario de la vegetación.

Un inventario forestal puede tener diversos objetivos. Por ejemplo, conocer la superficie total de bosques de una región, su composición específica y su estado sanitario. O también, su estructura de copas y de edades. Si es un inventario con fines comerciales o productivos puede brindar información sobre la densidad, el volumen y el crecimiento del bosque, o de una especie en particular. Y si es con fines de conservación de la biodiversidad, puede describir la riqueza, abundancia y frecuencia absoluta y relativa de las especies presentes. Una vez definido el objetivo del inventario, se definirán las herramientas para su ejecución.

En este apunte abordaremos con mayor profundidad los métodos de muestreo y análisis de datos en inventarios con fines de comercialización de la madera; y sólo se harán breves referencias y recomendaciones bibliográficas sobre los inventarios de la biodiversidad.

Estos últimos, y de acuerdo a los datos registrados, permiten conocer, principalmente, atributos y variables de la vegetación.

Los atributos son los que contribuyen a clasificar las plantas en categorías florísticas o en categorías fisonómico-estructurales. Entre las primeras, las más utilizadas son las **especies**. Entre las segundas, los **grupos funcionales**, que se diferencian entre sí por su estructura y comportamiento (Matteucci y Colma 1982). Del estudio de estas categorías se obtiene información fundamental sobre la composición específica del bosque.

Las variables que definen la **estructura del bosque** son de conocimiento indispensable para su posterior manejo silvicultural.

Dansereau (1957 – citado por Donoso Zegers 1993) define la estructura de la vegetación como “la organización en el espacio de los individuos que forman un rodal”, y Kershaw (1973) diferencia la estructura vertical (en capas o estratos verticales), la estructura horizontal (distribución espacial de los individuos en el plano horizontal) y la estructura cuantitativa, o abundancia de especies.

Para una descripción detallada de las diversas formas de describir la estructura de un rodal se recomienda consultar Donoso Zegers (1993). Este autor, además, aborda en forma clara y sencilla, métodos de evaluación y análisis de las comunidades forestales en términos de variables como la densidad, la frecuencia y la cobertura.

Evaluaciones cuali-cuantitativas de la estructura y biodiversidad de bosques del Chaco Semiárido fueron publicadas por Araujo et al. (2008) y por Giménez y Moglia (2017).

El Muestreo Forestal

Un inventario puede ser total o parcial. El inventario total consiste en medir todos los árboles del lote a inventariar. Es un inventario exacto, pero que insume alto costo y tiempo. Para mayores superficies, o cuando no se requiere una precisión del 100% en los resultados, puede utilizarse el inventario parcial, que es el de uso más frecuente.

En inventarios parciales se recurre al muestreo de una parte de la población. Se define como **población** a la totalidad de los individuos que tienen ciertas características comunes; p.ej. Todos los algarrobos de un algarrobal maduro en la región fitogeográfica del Chaco Semiárido.

Las medidas descriptivas de una población son los parámetros; p.ej.: volumen total, volumen/ha, área basal/ha, diámetro medio de los árboles, altura media, etc. En la práctica es casi imposible medir las características buscadas en todos los individuos que componen la población, entonces, las medidas descriptivas de la población se estiman midiendo sólo una parte del total: la muestra. La muestra es una parte de la población, p.ej. 20 ha dentro de un bosque de 2.000 ha.

Las medidas obtenidas se denominan estadísticos o estimadores. El muestreo consiste en hacer observaciones sobre una porción de la población para obtener estimadores que sean representativos de la población original.

parámetros

N =tamaño de la población.

μ =media poblacional

σ =desviación estándar poblacional

estadísticos

n =tamaño de la muestra

\bar{X} =media muestral

s =desviación estándar muestral

Métodos de muestreo

Existen numerosos métodos de muestreo de la vegetación, entre ellos, los más utilizados son el muestreo aleatorio o al azar, el muestreo sistemático y el muestreo selectivo (Matteucci y Colma 1982, Husch et al 1972).

Muestreo aleatorio: Las unidades que componen la muestra se distribuyen en forma aleatoria entre todas las unidades de la población. Cada unidad tiene igual oportunidad de ser seleccionada porque no hay un esquema predeterminado.

Muestreo Sistemático: Se distribuyen las unidades que componen la muestra según un esquema predeterminado. Es el método más usado en inventarios forestales.

Muestreo Selectivo: El criterio del técnico interviene en la elección de la parcela. Tiene como desventaja el error no intencional que puede surgir del factor personal que imperó en su ubicación. Este muestreo puede utilizarse en sitios muy homogéneos o para muestrear un determinado ambiente de interés para el técnico.

Parcelas de prueba

Las unidades que componen la muestra son las parcelas de prueba y están distribuidas en toda la superficie del lote inventariado. Pueden ser cuadradas, circulares o rectangulares. Las dos primeras se utilizan en bosques homogéneos, teniendo la ventaja de que por su menor perímetro evitan la acumulación de errores en el conteo de los árboles.

Tamaño de las parcelas de prueba (PP): Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg (1974) mencionan que, para bosques templados, el tamaño de las parcelas puede variar entre 200 y 500 m². Es recomendable que cada parcela abarque entre 10 y 15 individuos en el Espinal (Coirini et al. 2013) y entre 15 y 20 individuos en el Parque Chaqueño (Brassiolo y Grulke 2015), entendiéndose como individuos adultos de árboles y arbustos de interés.

En bosques con regeneración natural ésta se registrará en parcelas de menor superficie, internas respecto de las de árboles adultos. Así, se dispondrán parcelas de 200 a 500 m² para los individuos adultos y parcelas de menor tamaño (20 a 50% de las anteriores) para la regeneración (Coirini et al. 2013). Brassiolo y Grulke (2015) mencionan parcelas de 500 a 1000 m² para árboles adultos y de 200 m² para medir la regeneración, en forma concéntrica con las primeras.

El tamaño de las PP, conjuntamente con “n”, que representa la cantidad de PP, es decir, el tamaño de la muestra, definen la intensidad de muestreo. Mientras mayor sea “n” menor será el error de muestreo y mayor la probabilidad de que nuestra estimación del parámetro poblacional sea correcta.

La intensidad de muestreo más frecuentemente usada en nuestro país es de 1-2 %, en países de economía forestal avanzada es de 5-10 %.

Ejemplo: Superficie de la población: 10 ha (100.000 m²)

Superficie de la parcela de prueba: 200 m²

Número de parcelas de prueba: n= 10

Superficie de la muestra: 200 x 10 = 2000 m²

Intensidad de muestreo: 2%

La intensidad de muestreo depende de varios factores:

Tamaño de la superficie a inventariar: la intensidad de muestreo tiende a disminuir a medida que aumenta la superficie a inventariar.

Precisión buscada: la intensidad de muestreo aumenta con el aumento de la precisión deseada.

Topografía (accesibilidad): cuando la accesibilidad del sitio a muestrear es mayor se facilita una mayor intensidad de muestreo.

Valor del material forestal: si la/las especies a muestrear son raras o muy valiosas la intensidad de muestreo tiende a aumentar.

Una vez definida la intensidad de muestreo, así como el tamaño y número de las parcelas de prueba y el método de muestreo a aplicar, se procederá al trabajo de campo, que se inicia con la ubicación en el terreno de las parcelas de prueba y acto seguido el registro de datos dentro de cada parcela de prueba (Figura 3).



Figura 3: Ubicación de parcelas de prueba en inventario forestal en el Espinal

Pasos de un inventario forestal

A continuación se describen los pasos a seguir para realizar un inventario forestal de un bosque nativo. Previo al trabajo de campo se confeccionarán planillas en las que se registrará toda la información resultante de las mediciones y observaciones *in situ*. Estas planillas, originariamente en formato papel, pueden ser virtuales, contenidas en una computadora de campo (tablet), las que luego se descargarán en la computadora de gabinete, para su procesamiento (ver pg 17).

Determinación del tamaño de la muestra

Para asegurarnos de que la muestra extraída sea representativa de la población será necesario hacer un pre-muestreo. Este pre-muestreo permitirá evaluar la variabilidad de las distintas variables y ajustar el tamaño de la muestra.

Queremos saber cuántas unidades de muestreo serían necesarias para alcanzar un cierto error admisible (10 a 20 %) con cierto nivel de confianza (95%).

Para ello, necesitaremos conocer los conceptos de ERROR ESTÁNDAR y ERROR ADMISIBLE (Duaber 1995).

El **Error estándar** se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$S = \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1-i} \quad [1]$$

donde S es error estándar, s es la desviación estándar de la media y \sqrt{n} es la raíz cuadrada del número de parcelas de prueba. $\sqrt{1-i}$ es el factor de corrección para poblaciones finitas, donde i es la intensidad de muestreo, expresada en tanto por 1.

Para obtener el Error Estándar en porcentaje de la media se reemplaza la desviación estándar por el coeficiente de variación (CV%) de la siguiente forma:

$$S (\%) = \frac{CV (\%)}{\sqrt{n}} \quad [2]$$

donde $S \%$ es error estándar en porcentaje de la media.

El coeficiente de variación expresa, justamente, la desviación estándar como un porcentaje de la media según la siguiente ecuación:

$$CV (\%) = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad [3]$$

Por otra parte, será necesario definir los límites de confianza de la estimación. Para ello, tenemos que multiplicar el error estándar (S) por el valor de t , denominado "t de Student", que depende del nivel requerido de confianza (en los inventarios forestales normalmente se utiliza un intervalo de confianza de 95 %) y de los grados de libertad.

El valor de “t” se obtiene de una tabla de “t de Student” para 0,95 ($\alpha = 0,05$) y n-1 grados de libertad (número de parcelas pre-muestreadas-1).

Los límites de confianza a ambos lados de la media entonces serían:

$$x \pm t \cdot S$$

Los valores $t \cdot S$ y $t \cdot S\%$ también se denominan Error admisible (E) o Error admisible en porcentaje (E %) [4], respectivamente.

El error admisible es diferente para cada parámetro forestal (Árb. ha^{-1} , AB. ha^{-1} , Vol. ha^{-1}) y también difiere de especie a especie. Generalmente el error de una sola especie es muy alto. Eso nos indica que la distribución de una sola especie es muy heterogénea. Para un grupo de especies se reduce el error y más todavía si se trata del total de especies. Si hablamos del error admisible del volumen por ha de una especie, de un grupo de especies o del total de especies nos referimos a tres diferentes poblaciones estadísticas (Duaber 1995).

En general, el error admisible oscila entre 10 y 20 %, con un nivel de confianza de 95% (Coirini et al. 2013).

Reemplazando, en la ecuación del Error Admisible [4], al Error Estándar (S) [2] por la ecuación que lo representa se obtiene:

$$E (\%) = t \frac{CV (\%)}{\sqrt{n}}$$

donde E % es el error admisible. De esta fórmula se despeja “n”, es decir, el **tamaño de muestra**:

$$n = t_{(0.95)}^2 \frac{CV^2 (\%)}{E^2 (\%)}$$

El coeficiente de variación (CV %) se obtendrá, para cada variable, a partir del pre-muestreo que se realice, donde se podrán calcular la media, la varianza y la desviación estándar. El tamaño de la muestra a seleccionar será el necesario para cubrir la variable de mayor variabilidad.

Mediciones en las parcelas de prueba

En bosques mixtos es indispensable determinar previamente cuáles serán las especies a inventariar; esta determinación dependerá del objetivo del inventario (productividad, biodiversidad, etc.).

Además, se fijará un diámetro mínimo inventariable (generalmente de 0,10 m a la altura del pecho). Los datos registrados pueden ser variables continuas (altura, diámetro, etc) o categóricas (estado sanitario, especie, etc).

Las mediciones en las parcelas de prueba requieren de una ciencia auxiliar, la Dasometría, que es la ciencia que trata la medida y estimación de las dimensiones de árboles y bosques, de su crecimiento y de sus productos. Comprende dos disciplinas: dendrometría: estudia la volumetría de árboles y bosques; epidimetría: estudia el crecimiento de árboles y bosques.

A continuación se describen los parámetros cuantitativos más comúnmente utilizados en inventarios forestales con fines productivos:

Diámetro a la altura del pecho (DAP): Es el diámetro del fuste medido a 1,30 m de altura, entendiéndose por fuste al eje principal del árbol libre de ramas (Figura 4). Se toma a esa altura para evitar la influencia de las raíces que pueden modificar en forma importante el diámetro del tronco a la base. Si a 1,30 m de altura se presentan más de un fuste, el DAP se puede obtener según la siguiente fórmula:

$$DAP = \sqrt{(DAP_1)^2 + (DAP_2)^2 + (DAP_3)^2 + (DAP_n)^2}$$

también es lícito considerar cada fuste como un árbol individual.

El DAP guarda muy alta correlación con el volumen del árbol, es decir, a mayor DAP, mayor volumen.

Diámetro a la base (DAB): Es el diámetro del fuste medido a 0,30 m de altura. En algunos casos puede existir mayor correlación entre DAB y volumen que entre DAP y volumen; por ej. en algarrobo (Martijena et al. 1988).

Diámetro con corteza: Diámetro del fuste o de una troza (troza: porción del fuste de cierta longitud, establecida generalmente por requerimiento del aserradero) medido con la corteza.

Diámetro sin corteza: Diámetro del fuste o de una troza medido sin la corteza.

Diámetro de copa: Es el diámetro de la proyección de la copa sobre el suelo (se puede estimar como el promedio del diámetro mayor y el diámetro menor en el caso de árboles de copa de proyección elíptica).

Altura total: Altura del árbol medida desde el nivel del suelo hasta el ápice.

Altura del fuste: Altura del tronco medida desde la base hasta la inserción de la primera rama. En el caso de especies con ramas poco notables el “fuste aprovechable” se prolonga más allá de la inserción de la primera rama (Figura 5).

Altura comercial: Altura de las porciones del árbol con valor comercial. Se mide desde la altura de corte del árbol (0,10-0,30m) hasta las ramas (o ejes) con valor comercial, de modo que dependerá de la especie, del diámetro de las ramas, de los mercados consumidores y también del estado sanitario del producto obtenido. P. ej. en el caso de algarrobo blanco, especie de la que se utilizan las ramas como leña/carbón, la altura comercial se mide hasta un diámetro de ramas de 5 cm, mínimo aceptado como leña y para la fabricación de carbón.

Edad: Se mide contando los anillos de crecimiento sobre la sección transversal a 0,30 m de altura. En especies nativas la visualización de los anillos es difícil. La estimación de la edad en estas especies requiere algunos estudios previos sobre rodajas pulidas, de árboles provenientes del sitio inventariado o sitios de calidad y condiciones similares.

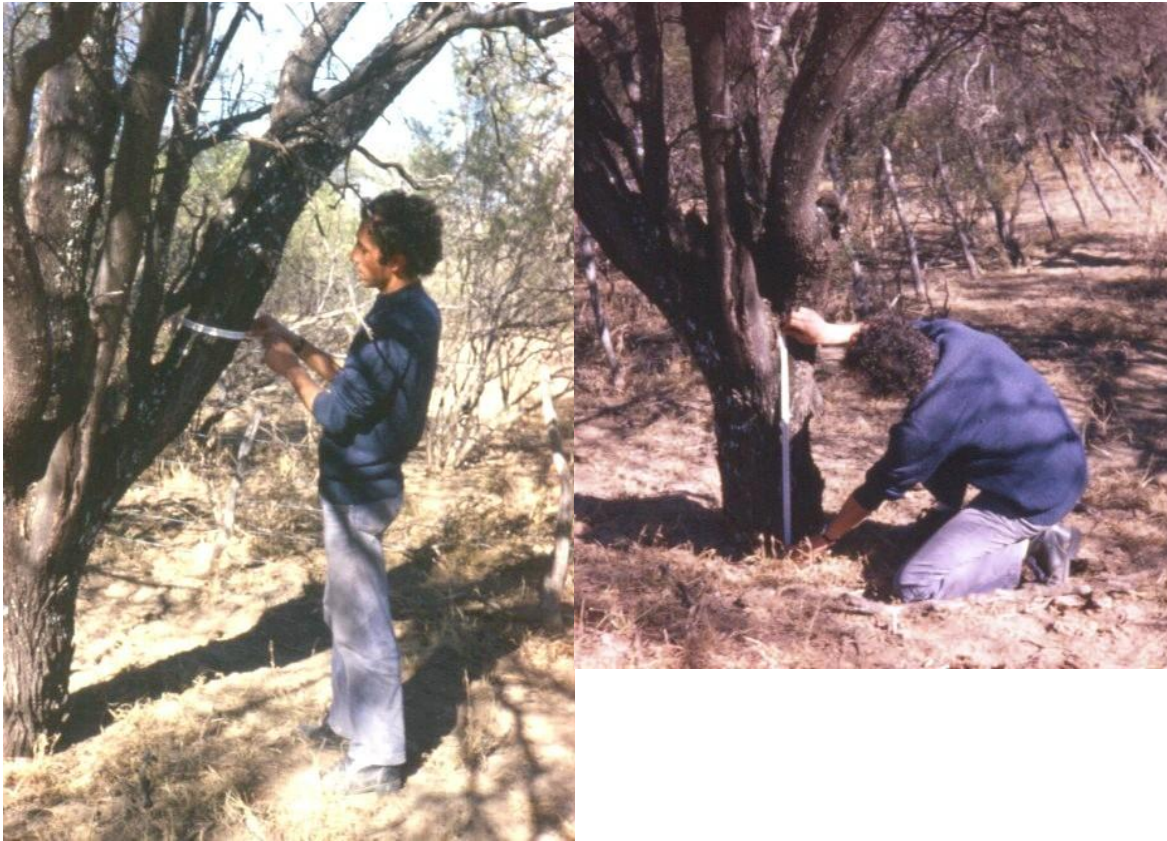


Figura 4 (izquierda): Medición de DAP en algarrobo. Figura 5 (derecha): Medición de altura de fuste en algarrobo

Área transversal: es el área de la sección transversal medida a 1,30 m de altura, normalmente para su estimación se la aproxima a un círculo:

$$AT = \frac{3,1416 \cdot DAP^2}{4}$$

$$AT = 0,7854 \cdot DAP^2$$

Área basimétrica (o área basal): Es la sumatoria de las áreas transversales de los árboles existentes en una hectárea. Se expresa en $m^2 \times ha^{-1}$. Es función del DAP y del número de árboles por hectárea.

$$AB = AT_1 + AT_2 + AT_n$$

siendo "n" el número total de árboles por hectárea.

Registros en Parcelas de árboles adultos

Se medirán todos los árboles de interés dentro de la parcela de prueba con DAP mayor de 10 cm registrando: especie, DAP o circunferencia [cm], altura total [m], diámetro mayor y menor de la copa [m], estado sanitario, observaciones: deformaciones, horquetas, etc. Por cada parcela de prueba se llenará una planilla (Tabla 1).

Tabla 1: Planilla para el registro a campo de individuos adultos de árboles y arbustos de interés en las parcelas de prueba.

| PLANILLA N°1 – ARBOLES ADULTOS | | | | | | | | |
|--------------------------------|---------|-----|----|------------|------------------|-----|---------|---------|
| Parcela de prueba N°: | | | | | Fecha: | | | |
| Responsable: | | | | | | | | |
| N° de orden | Especie | DAP | AT | Alt. total | Diámetro de copa | | Sanidad | Observ. |
| | | | | | N-S | E-O | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Registros en Parcelas de regeneración

Incluidas en las parcelas de árboles adultos, pero con una superficie menor, se dispondrán las parcelas para medir regeneración de las especies deseadas. Estas pueden ser, también, circulares, rectangulares o cuadradas.

Para el registro a campo se confeccionarán planillas que puedan contener la siguiente información (Tabla 2):

Tabla 2: Planilla para el registro a campo de la regeneración de especies arbóreas y arbustivas de interés en las parcelas de prueba, categorizadas por altura de las plantas

| PLANILLA N°2 - REGENERACIÓN | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|----------------|--------------|---------------------|-------|
| Parcela de prueba N°: | | | | Fecha: | |
| Responsable: | | | | | |
| Especie | CATEGORÍAS DE REGENERACIÓN | | | | TOTAL |
| | 0 – 0,10 cm | 0,10 – 0,50 cm | 0,50 – 2,00m | >2,00m -<5cm de DAP | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Estimación de la densidad y Área Basal de un bosque nativo

A partir de la información recolectada a campo se podrá estimar la densidad arbórea total del rodal y por especie de interés. Se promediarán entre sí las cantidades totales de individuos de todas las parcelas, y por especie, y luego se llevará ese dato a la hectárea.

De igual modo, sumando las AT de todos los árboles de cada PP se obtendrá el AB de la parcela. Promediando entre sí las PP se podrá llevar ese dato a la hectárea, para obtener el AB TOTAL en $m^2 \times ha^{-1}$. El AB por especie se puede obtener siguiendo el mismo procedimiento.

Estimación del volumen de un bosque nativo

El volumen total y el crecimiento de una especie dependen directamente de condiciones inherentes a la especie y condiciones del ambiente en donde ésta crece. Para estimar el volumen total de un bosque nativo o implantado, y su crecimiento, existen diversas herramientas, las que tienen en cuenta, por un lado la especie objetivo y, por el otro, las condiciones del sitio donde crece.

Función de volumen del árbol individual

Las *funciones de volumen del árbol individual* permiten obtener, en forma muy sencilla, el volumen comercial de cada individuo de una especie dada, a partir de variables como el DAP, el DAB y/o la altura total. Estas funciones son específicas para determinados sitios forestales y no pueden utilizarse en otras especies o sitios.

Ejemplos de funciones de volumen de especies de nuestros bosques nativos pueden hallarse en los trabajos de Martijena et al. (1988), Giménez et al. (2003), Giménez et al. (2003), Juárez de Galíndez et al. (2007).

Una vez completas las planillas de campo, con datos sobre DAP o DAB y Altura de los árboles de las especies de interés, se puede calcular el volumen maderable de cada individuo en una columna anexa, en la que se hace operar la función correspondiente. Luego, se calculará el volumen total por especie y por parcela.

Del promedio de todas las parcelas (volumen por especie y por parcela), por regla de tres simple, se obtiene la información de volumen maderable por hectárea y para la superficie total boscosa, para cada especie de interés.

Estimación del volumen de un bosque sin función de volumen

No es frecuente encontrar funciones de volumen para especies de interés en toda su área de distribución. En esos casos, se deberá operar utilizando el método del **árbol tipo** (Mutarelli 1963, 1964) que se describe brevemente a continuación.

Determinación y agrupación de las clases diamétricas

Los árboles medidos en todas las parcelas de prueba se agruparán en clases diamétricas, con el objeto de facilitar los cálculos. Se definirá una amplitud de clase diamétrica que puede variar entre 2 y 15 cm, esto depende de la amplitud total comprendida entre el árbol más delgado y el más grueso inventariado, de la precisión deseada y de la factibilidad para apear “árboles tipo”.

Por ejemplo, si el árbol más delgado tiene DAP= 8cm y el más grueso tiene DAP= 36 cm, el rango será de 28 cm (36 - 8). Si fijamos el rango de la clase diamétrica en 7 cm, tendremos 4 clases diamétricas: I: 8 a15 cm; II: 15,1 a22 cm; III: 22,1 a 29 y IV: 29,1 a 36cm. Para cada parcela de prueba se completará la siguiente planilla por especie de interés (*Tabla 3*):

Tabla 3: Agrupación de árboles por clase diamétrica.

| PLANILLA N°3 – AGRUPACIÓN POR CLASES DIAMÉTRICAS | | | | |
|--|---------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------|
| Especie: | | Parcela de prueba N°: | | |
| Fecha:Responsable: | | | | |
| Clase diamétrica | Cantidad de árboles | Σ áreas transversales | DAP árbol promedio | Altura árbol promedio |
| Clase I 8 cm – 15 cm | | | | |
| Clase II 15,1 cm – 22 cm | | | | |
| Clase III 22,1 cm – 29 cm | | | | |
| Clase IV 29,1 cm – 36 cm | | | | |
| TOTAL | | | | |

En la columna **Cantidad de árboles** se consignarán los árboles de cada parcela, según su DAP. Por ej, un árbol con un DAP = 23 cm será contabilizado en la Clase Diamétrica III. Se sumarán las áreas transversales de los árboles de cada CD y de todas las CD de la parcela. Se calcularán el DAP promedio y la Altura promedio para cada CD y parcela.

Se promediarán, a continuación, los DAP promedio de CD iguales de todas las parcelas de prueba, a efectos de obtener un solo valor de DAP por cada CD de la muestra. Se obtendrán tantos valores de DAP como CD tenga la muestra (en nuestro caso, cuatro DAP's). De igual forma se promediarán las Alturas(Tabla 4).

Tabla 4: Obtención de medidas promedio para los árboles tipo de cada clase diamétrica

| PLANILLA N°4 – DIMENSIONES DE ÁRBOLES TIPO - TODAS LAS PARCELAS DE PRUEBA | | | | | | | | |
|---|------|---|------|---|------|---|------|---|
| Especie: | | | | | | | | |
| Fecha:Responsable: | | | | | | | | |
| Parcela de Prueba N° | CD 1 | | CD 2 | | CD 3 | | CD 4 | |
| | DAP | H | DAP | H | DAP | H | DAP | H |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| n | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | | | | |

Con los datos de DAP y Altura promedio se recorrerá el rodal eligiendo los árboles que correspondan a los datos obtenidos en gabinete. Estos son los **árboles tipo**, uno por cada clase diamétrica, que se apearán y se calculará su volumen.

Cálculo del Volumen

Para determinar el volumen de un árbol el método más usado es el de **cubicación**, que consiste en aproximarlos a formas geométricas regulares.

Se han desarrollado una serie de fórmulas para disminuir los errores que surgen al considerar al fuste o a las trozas con una forma estereométrica regular. Para ello las ramas o el fuste pueden dividirse en trozas y cubicarse como conos truncados. De las diversas fórmulas existentes se describe la de Smalian.

El volumen de la troza es igual a la semisuma de las áreas extremas multiplicadas por la altura

$$\text{Volumen} = \frac{(\text{Área de la base mayor} + \text{Área de la base menor})}{2} \cdot h$$

En la práctica, para la cubicación de un árbol de algarrobo (o similar) se procede de la siguiente forma: Se apea el árbol dejando un tocón de 0,30 m. Una vez apeado se desrama y se troza el o los fustes y las ramas principales en trozas de longitud máxima de 2m hasta alcanzar el diámetro comercial mínimo (Figura 6). Este diámetro depende de los bienes a obtener, por ej. madera para aserrado, poste, medio poste, varillones, varillas, leña. El diámetro mínimo aceptable es el destinado a varillas y leña (5 cm).

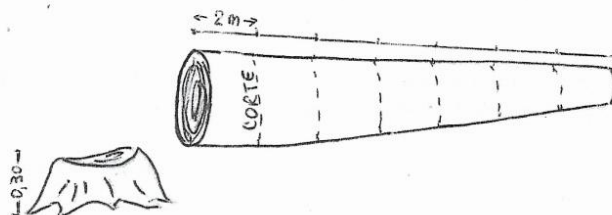


Figura 6: Trozado del fuste para cubicación

En especies nativas, de fuste y ramas tortuosas, la longitud de las trozas está directamente relacionada con la rectitud de las mismas, es decir, se busca la troza recta de mayor longitud posible.

Se registra, además, la altura total del árbol, hasta el ápice de la rama más larga.

Luego de trozado se efectúan las mediciones sobre cada troza, registrando los datos en una planilla confeccionada al tal efecto (Tabla 5)

Tabla 5: Mediciones sobre el árbol tipo

| PLANILLA N°5: ÁRBOL TIPO | | ESPECIE: | | | | | | | | CLASE DIAMETRICA N°: |
|-------------------------------------|----------|--------------|---|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| DAP: | | ALTURA: | | | | | | | | |
| Fecha: | | Responsable: | | | | | | | | |
| Parámetro | Troza N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | TOTAL |
| Diam. mayor (m) | s/c | | | | | | | | | |
| | c/c | | | | | | | | | |
| Diam. menor (m) | s/c | | | | | | | | | |
| | c/c | | | | | | | | | |
| Areatransv. Mayor (m ²) | s/c | | | | | | | | | |
| | c/c | | | | | | | | | |
| Areatransv. Menor (m ²) | s/c | | | | | | | | | |
| | c/c | | | | | | | | | |
| Longitud de la troza | | | | | | | | | | |
| Volumen (m ³) | s/c | | | | | | | | | |
| | c/c | | | | | | | | | |
| Altura comercial (m) | | | | | | | | | | |
| Altura total (m) | | | | | | | | | | |

Para lograr una mayor exactitud en la estimación se pueden aprear varios **árboles tipo** por clase diamétrica (dos, tres o más) y promediar los registros dentro de cada clase diamétrica. Una vez estimados los volúmenes de los árboles tipo se procede de la siguiente forma:

1. Para cada parcela de prueba (PP) (Tabla 6)

a. Multiplicar el volumen del árbol tipo por el número de árboles de la CD

b. Sumar:

$$\text{Vol Clase Diam. 1} + \text{Vol. Clase Diam. 2} + \dots + \text{Vol. Clase Diam. j} = \text{Volumen total de la PP.}$$

2. Para llevar ese dato a la superficie de 1 hectárea:

Superficie de laPP _____ Volumen de laPP

$$10000 \text{ m}^2(1\text{ha}) \quad \text{Vol}[\text{m}^3 \cdot \text{Ha}^{-1}] = \frac{10000 \text{ m}^2 \times \text{Vol. PP (m}^3)}{\text{Sup. PP (m}^2)}$$

$$\text{Sup. PP (m}^2)$$

Tabla 6: Cálculo del volumen por parcela de prueba.

| PLANILLA 6 - CÁLCULO DEL VOLUMEN – ESPECIE: | | | |
|---|---------------------|--------------------|---------------|
| PARCELA DE PRUEBA N°: | | Fecha: | |
| Clase Diametrica | Cantidad de Árboles | Volumen Árbol Tipo | Volumen Total |
| CLASE I | | | |
| CLASE II | | | |
| CLASE III | | | |
| CLASE IV | | | |
| TOTAL | | | |

Tabla 7: Tabla RESUMEN de toda la muestra, por especie

| PLANILLA 7 – RESUMEN POR ESPECIE | | | |
|----------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------|
| ESPECIE: | | Fecha: | |
| PARCELA | Cantidad de Árboles | Σ AT (m ²) | Volumen (m ³) |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| n | | | |
| PROMEDIO | | | |

Con la información obtenida de las mediciones y del procesamiento de datos estamos en condiciones de calcular:

Densidad del bosque, en términos de árboles. ha⁻¹ y Área Basal. ha⁻¹; volumen del bosque, por especie y de todas las especies de interés, por hectárea y total; y crecimiento en diámetro, altura, área basal y volumen por especie y de todas las especies de interés.

Estimación de la edad y crecimiento de los árboles

En especies de zonas templadas y templado-frías, con anillos de crecimiento bien notables, la edad de los árboles se estima a partir del número de anillos: un anillo de crecimiento equivale a un año de vida del árbol.

Lamentablemente, los anillos no son fácilmente diferenciables a simple vista en las especies nativas más importantes del Chaco Semiárido y Chaco Serrano, el Espinal y el Monte, p.ej. las especies del género *Prosopis* (algarrobos, caldén, itín, ñandubay),

quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), quebracho colorado santiagueño (*Schinopsis quebracho colorado*) y horco quebracho (*S. marginata*).

En estos casos, para contar y medir los anillos de crecimiento es necesario hacerlo sobre rodajas de los árboles apeados, extraídas lo más cerca posible de la base del árbol y pulidas con lijas de distinto grano. Estas rodajas se observan bajo la lupa para diferenciar un anillo del otro y poder, de esta manera, estimar la edad del árbol bajo estudio (Giménez y Moglia, Eds. 2017).

La medición del espesor de los anillos de crecimiento permite, asimismo, determinar el crecimiento en diámetro y área transversal de los árboles. Si a estas estimaciones se les suma la altura correspondiente es posible estimar el crecimiento volumétrico del árbol.

Las variables más frecuentemente utilizadas para describir el crecimiento de los árboles individuales y de los rodales son el *crecimiento promedio* y el *crecimiento corriente*.

Crecimiento promedio (CP o MAI). Es el crecimiento que tuvo el árbol, en promedio, durante toda su vida o durante un período considerado y se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$CP \text{ Volumen} = \frac{\text{Volumen sin corteza (actual o a una edad dada)}}{\text{Edad actual o en el momento considerado}}$$

$$CP \text{ Diám} = \frac{\text{Diámetro sin corteza (actual o a una edad dada)}}{\text{Edad actual o en el momento considerado}}$$

$$CP \text{ Altura} = \frac{\text{Altura total del árbol (actual o a una edad dada)}}{\text{Edad actual o en el momento considerado}}$$

Crecimiento corriente (CC o CAI). Es lo que crece un árbol cada año y se obtiene por diferencia del valor de la variable de un año menos el año anterior.

Así, el CC en diámetro del año 2016 se obtiene restando el diámetro total del árbol en el año 2016 menos el diámetro que tenía en el año 2015. De esta forma, se obtiene el espesor del anillo de crecimiento del año 2016. La fórmula sería:

$$CC \text{ Diám} = \text{Diámetro año } n - \text{Diámetro año } n - 1$$

De igual forma, el CC en Área Transversal (AB) y en Volumen se obtiene con las fórmulas:

$$CC_{AB} = AB \text{ año } n - AB \text{ año } n - 1$$

$$CC_{Volumen} = \text{Volumen año } n - \text{Volumen año } n - 1$$

La estimación del crecimiento es relativamente sencilla en plantaciones puras, coetáneas, pero se torna compleja en bosques nativos, mixtos, mayormente disetáneos o con pequeños rodales internamente coetáneos.

En estos rodales disetáneos, las diferentes clases diamétricas no sólo representan distintas jerarquías de copas, típicas de masas coetáneas (árboles dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos) sino que pueden representar las distintas clases de edad presentes en la masa.

Para calcular el crecimiento corriente en volumen de un bosque nativo será necesario, entonces, calcular el crecimiento de los árboles tipo de cada clase diamétrica, de cada especie de interés, para luego multiplicar estos valores por la cantidad de individuos de cada clase diamétrica y especie (ver el procedimiento para calcular el volumen total).

Las mediciones se pueden realizar directamente sobre los árboles tipo apeados pero, si el inventario fuera “no destructivo”, se deberá utilizar un mecanismo para medir el crecimiento corriente en DAP y ramas principales de los árboles tipo en pié.

Una herramienta muy útil en estos casos es el dendrómetro, una regla metálica, flexible, regulable, que se coloca como una abrazadera sobre el fuste, a la altura del pecho (1,30 m) (Figura 7), y sobre las ramas principales, y que muestra el crecimiento en diámetro producido en un período dado (generalmente un año). A partir de esta información se calcula el crecimiento en área transversal y, considerando la longitud de la troza, el crecimiento en volumen.



Figura 7: Dendrómetro colocado sobre quebracho blanco

Posibilidad anual o posibilidad de aprovechamiento: Es la renta en madera que ofrece un bosque en un tiempo determinado. También es llamada Posibilidad Principal. La Posibilidad Secundaria corresponde a las rentas por pastos, caza, resinación, hongos, etc.

Una vez alcanzado el estado de bosque ordenado, la posibilidad (corta anual total) puede ser igual al crecimiento corriente anual sin comprometer producciones futuras.

En el bosque disetáneo “en vías de ordenación” pueden encontrarse diversas situaciones. Por ejemplo, si hay un exceso de árboles de edad madura, la tala anual puede ser menor que el crecimiento corriente hasta que se cree la distribución equilibrada. Si hay deficiencia de árboles de futura cosecha, la corta anual también puede ser menor que el crecimiento corriente hasta que las clases diamétricas inferiores alcancen los diámetros adecuados.

La fórmula más común para calcular la posibilidad es la Tasa Austríaca (Mutarelli 1964)

$$P = \frac{CC \pm (ER - EN)}{T}$$

donde P = Posibilidad, CC = Crecimiento Corriente del rodal; ER = Existencia Real del rodal, obtenida mediante el inventario; EN = Existencia Normal del rodal, obtenida de inventarios en zonas similares o de bibliografía, es el volumen que debiera tener el bosque ordenado; T = Años del turno de la especie cuya posibilidad se calcula.

Recordar que la posibilidad se calcula por especie y se expresa en $m^3 \cdot año^{-1}$ o en $t \cdot año^{-1}$

Equipamiento necesario para las mediciones de campo y facilidades disponibles

El equipamiento básico para llevar adelante un inventario forestal estará compuesto por: GPS (geoposicionador satelital), que permitirá ubicar las parcelas en el terreno, cintas de 25 ó 50 m para medir el radio (en parcelas circulares) o determinar los lados (en parcelas cuadradas y rectangulares), cintas de 3 ó 5 m para medir la altura de la regeneración, cintas dendrométricas o forcípuas, para medir el diámetro del árbol, clinómetro, hipsómetro o relascopio de Bitterlich, para medir, en forma indirecta o directa la altura de los árboles, pintura en aerosol, para marcar los centros (en parcelas circulares) y vértices/lados (en parcelas cuadradas y rectangulares)

Además, puede ser útil llevar material para herborizar los ejemplares que no puedan determinarse a campo y una cámara fotográfica.

Recientemente se ha desarrollado un método para abreviar el muestreo a campo y la marcación de los árboles a cortar. El método permite realizar simultáneamente y en una única recorrida en terreno: un censo de todos los árboles del tramo de corta, el registro del destino de cada individuo (corta o remanente), el cálculo en terreno de la intensidad de corta acumulada y la marcación de la corta (Navall et al. 2013). Para ello, es necesario contar con un dispositivo móvil Android (celular o tablet) con la aplicación denominada SilvoINTA, que puede bajarse libremente desde la página de Google Play (Navall et al. 2013, INTA 2013).

Prescripción Silvícola o Plan Dasocrático propiamente dicho

Una vez realizado el inventario forestal contaremos con información sobre la composición específica y estructura del bosque a manejar; sobre su densidad, la distribución de sus especies y su estado sanitario. También tendremos conocimiento sobre la cantidad de madera que poseen las especies de interés, su crecimiento y los posibles bienes a obtener.

Sobre la base de esa información se podrá elaborar la Prescripción Silvícola, también llamada Plan Dasocrático (es decir Plan de Gobierno del Bosque), el que se conforma, en rasgos generales, de la siguiente forma:

- a. Fundamentación
- b. Objetivos
- c. Plan General
- d. Planes especiales

a. y b.: Se fijarán definitivamente las unidades de planificación, modificando o aceptando las que se definieron en el inventario, y los objetivos de la misma.

c. Plan General: Es un plan amplio que debiera abarcar, al menos, un turno de corta de la/s especie/s objetivo. Para nuestros bosques nativos, de lento crecimiento, el Plan General puede variar entre 40 y 80 años. Debido al lento crecimiento de las especies es posible que un bosque nativo insuma más de un Plan General para su ordenación. En el Plan General (PG) se definirán los siguientes aspectos:

1. Especies principales y secundarias
2. Método de beneficio o régimen de aprovechamiento
3. Estructura de la masa
4. Tratamientos silvícolas
5. Método de ordenación

d. Planes Especiales: Son planes que cuantifican y localizan las actuaciones a corto y mediano plazo (por lo general, 10 años), especificando dónde, cómo y cuándo se aplica cada tratamiento. Además, permiten hacer modificaciones y ajustes al Plan General de acuerdo a la respuesta de los distintos rodales a las intervenciones del técnico.

1. Especies principales y secundarias: Al diseñar el PG será necesario definir cuál/es especie/s será/n la/s principal/es en nuestro plan ya que estas especies recibirán la mayor atención y en base a ella/s se fijarán los tratamientos silvícolas.

2. Método de regeneración o régimen de aprovechamiento: Un método de repoblación puede definirse como un procedimiento ordenado mediante el cual se renueva o establece una masa, sea natural o artificialmente. Este proceso se lleva a cabo durante el período de regeneración o de repoblación.

Los métodos de repoblación se clasifican en dos tipos: a. Métodos de Monte Alto, o régimen de fustar: que producen masas a partir de semillas o plantines. b. Métodos de Monte Bajo, o régimen de tallar: que producen masas a partir de rebrote de cepa. Una combinación de ambos métodos es el Monte Medio, caracterizado

porque en la misma superficie hay individuos regenerados a partir de semillas y de rebrote de cepas.

Las especies de nuestros bosques nativos tienen la facultad de regenerarse a partir de semillas y de rebrote de cepas, por lo que el técnico podrá seleccionar uno u otro método, o ambos, para regenerar la masa bajo aprovechamiento.

3. Estructura de la masa: Si bien hay numerosas formas de describir la estructura de una masa forestal, en el PG es fundamental definir si se trabajará con rodales mayormente coetáneos o disetáneos, ya que de este aspecto dependerá el tratamiento silvícola a aplicar.

Según Brassiolo y Grulke (2015) en la Región Chaqueña se pueden identificar, en general, dos tipos de estructuras, designadas como “irregular” (disetánea) y “regular” (coetánea).

La estructura irregular es la más frecuente y se caracteriza por poseer una gran riqueza en especies. Los individuos pertenecen a diferentes clases diamétricas (diferentes edades) y, en un gráfico de distribución diamétrica, adoptan una curva en forma de “J” invertida. La cantidad de individuos por clase diamétrica disminuye con el aumento del diámetro (edad) (Figura 8).

También es posible ver bosques con estructura regular (o coetánea), los que contienen una o dos clases diamétricas dominantes, por ejemplo, las clases de 30 y 40 cm de DAP. Esta estructura regular normalmente se presenta en rodales dominados fuertemente por una sola especie, adoptando éstos el nombre de la especie dominante (quebrachales, palosantales, algarrobales) (Figura 8).

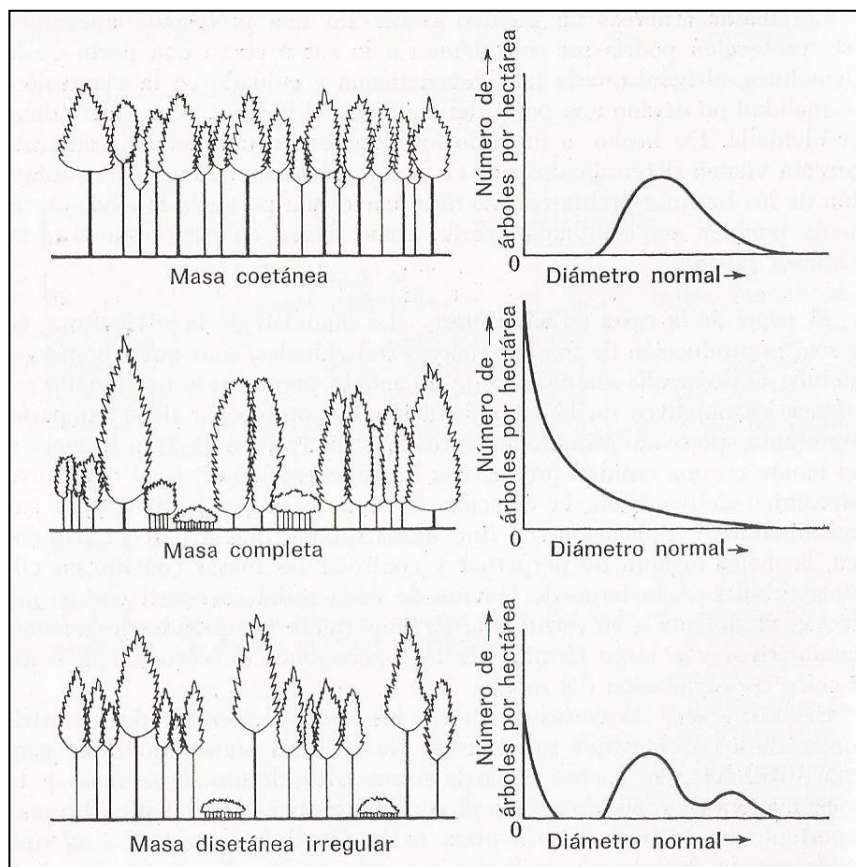


Figura 8. Perfil de masas coetáneas, disetáneas completas y disetáneas incompletas (Hawley y Smith 1972).

4. Tratamientos silvícolas. En la práctica silvícola podemos distinguir tres acciones principales:

a.- *Métodos de repoblación o regeneración:* Son los métodos silvícolas que se aplican con el objeto de aprovechar los árboles maduros, a la vez que se crean las condiciones ambientales propicias para iniciar una nueva generación.

Si denominamos turno al intervalo de tiempo transcurrido desde que nace una generación hasta que se la aprovecha totalmente, el período de regeneración puede ocupar, según el método aplicado, una pequeña fracción del turno, por ejemplo, 5 años o bien extenderse a lo largo del mismo, por ejemplo 60 años.

b.- *Cortas intermedias:* se refiere al tratamiento de la masa durante la parte del turno que no incluye el período de repoblación. Tienen por objeto la mejora de la masa, la regulación del crecimiento y la producción de los primeros beneficios económicos, y no incluye ningún esfuerzo que esté dirigido hacia la regeneración.

c.- *Protección :* son las técnicas que aplica el forestador para proteger la masa de la acción de enfermedades, plagas, incendios, etc.

En este apunte sólo se hará referencia a los métodos de repoblación y las cortas intermedias. Además, teniendo en cuenta que la estructura más frecuente en los bosques chaqueños y el Espinal es la estructura disetánea o irregular se describen, con mayor detalle, los métodos recomendados para masas disetáneas.

Tratamientos silvícolas para el manejo de masas disetáneas

Un rodal disetáneo supone la mezcla íntima de árboles de todas las edades. El manejo de este rodal implica la estabilización de la curva de "J" invertida mediante diversas cortas. De lo contrario, en su dinámica natural es muy posible que la masa tienda, en pequeños rodales, a los estadios de envejecimiento y destrucción (Zukrigl et al. 1963) reemplazados luego por la regeneración.

El método o tratamiento silvícola más ampliamente utilizado para el manejo y aprovechamiento de masas disetáneas es el denominado ***Entresaca Selectiva o Selección*** (Hawley y Smith 1972.). Adaptaciones de este método a las condiciones especiales de nuestros bosques nativos del Chaco y el Espinal son el método de "Árbol de aprovechamiento futuro" y el "Diámetro mínimo de corta" descritos por Brassiolo y Grulke (2015), los que son considerados en este apunte.

La estructura disetánea o irregular mantiene una alta cobertura del suelo y una gran diversidad vertical en comparación a las de masas coetáneas, atendiendo funciones que van más allá de la producción maderera sostenida, como la protección de cuencas, la generación de hábitat para la vida silvestre, el mantenimiento de variabilidad a través de paisajes y el mantenimiento de la belleza escénica. Estas funciones de los bosques con estructura irregular son reconocidas desde hace tiempo (Marquis, 1978) y mucho más demandadas en la actualidad (O'Hara, 2002; Diaci et al, 2011).

El tratamiento, básicamente, **consiste en extraer de la masa sólo los árboles que han alcanzado el diámetro mínimo de cortabilidad y, entre los más jóvenes, realizar las cortas intermedias (principalmente raleos) que permitan mantener la “J” invertida**. Los árboles extraídos pueden presentarse aislados o en pequeños grupos, pero nunca es talado el rodal completo.

La masa se organiza en clases diamétricas (equivalentes a clases de edad), ocupando cada clase una superficie similar. Por esta razón, y puesto que se necesitan muchos renovales para ocupar el espacio de un árbol adulto, la cantidad de ejemplares dentro de un mismo rodal es alta en las clases más pequeñas y se va reduciendo a medida que aumenta la edad o diámetro de los árboles (Figura 9).

El término disetáneo o irregular no significa que todas las clases de edad correspondientes a cada año estén representadas. Incluso para la ordenación del bosque será necesario agrupar los árboles en 3 a 7 clases de edad (no más), siempre con el objetivo de conformar o mantener la curva de “J” invertida.

Los pasos a seguir para el manejo son los siguientes:

1. Fijar el **diámetro mínimo de cortabilidad** del árbol maduro. Por encima de ese diámetro se pueden cortar todos los árboles del rodal, salvo que falten árboles semilleros o que el terreno quede excesivamente desnudo.

El diámetro mínimo de cortabilidad equivale a lo que, en un rodal coetáneo, es el turno de corta. Como en el bosque nativo, disetáneo, no es posible conocer la edad exacta de los árboles, se asume que cuando alcanza un determinado diámetro posee una edad establecida por estudios previos. Ese diámetro se puede adoptar de acuerdo a los siguientes criterios:

- * el criterio de la máxima renta en especie (o edad de culminación del crecimiento), es decir el diámetro que posee el árbol cuando alcanza la edad de culminación del crecimiento, o, en otras palabras, cuando la curva de crecimiento corriente en volumen intercepta a la curva de crecimiento promedio en volumen.

- * el criterio tecnológico definido por el mercado, p.ej. dimensión de la troza, calidad de la madera

- * el criterio financiero, también definido por el mercado, p.ej. la pieza que produce la mayor rentabilidad,

- * el criterio biológico, p.ej., basado en la facultad de producir semillas, o en la susceptibilidad a enfermedades,

...o bien por la combinación de varios criterios a la vez.

Cabe mencionar que el uso indebido del método puede conducir al empobrecimiento del bosque por extracción excesiva sólo de los árboles de madera valiosa con diámetros mínimos de cortabilidad de árboles maduros cada vez más pequeños. De hecho, el método de entresaca selectiva mal aplicado es uno de los causantes de la degradación de nuestros bosques nativos.

En el Chaco Semiárido, Grulke *et al.* (2007) afirman que el diámetro mínimo de cortabilidad del árbol maduro es de alrededor de 35 cm, para las especies principales como algarrobos, quebracho colorado, quebracho blanco y guayacán y de 25 cm para

las especies secundarias, como itín y mistol. No obstante, en planes más conservadores, en zonas de buena productividad forestal y buena sanidad podrían fijarse 40 cm y 30 cm respectivamente.

2. Fijar una **amplitud de clase diamétrica** (CD), la cual definirá la cantidad de CD que manejaremos en el rodal. Por ejemplo, si fijamos 5 cm de amplitud, y considerando que el diámetro mínimo de cortabilidad es de 35 cm, tendremos 7 CD (0 – 5 cm; 5,1 -10 cm; 10,1 – 15 cm;; 30,1 – 35 cm). Si, en cambio, la CD tiene una amplitud de 7 cm, trabajaremos con 5 CD (0 – 7 cm; 7,1 – 14 cm;.....28,1 – 35 cm).

3. La amplitud de clase diamétrica en combinación con la velocidad de crecimiento de la especie permitirá definir el **tiempo de paso** de una CD a la siguiente, esto es, el tiempo que tardan los árboles de una CD en alcanzar la siguiente CD. Este tiempo también suele denominarse **tiempo de la rotación, ciclo de intervención o ciclo de corta** y representa el tiempo que tarda el técnico en volver al mismo lote a efectuar nuevas cortas. P.ej. si la amplitud de CD es 5 cm y los algarrobos blancos crecen, en promedio, 1 cm por año en diámetro, el tiempo de paso será de 5 años. Brassiolo y Grulke (2015) recomiendan ciclos de intervención de 15 años, seguramente teniendo en cuenta la velocidad de crecimiento del quebracho blanco o del quebracho colorado, que es marcadamente más lenta que la del algarrobo blanco.

Cuando las especies principales de la ordenación tienen velocidades de crecimiento muy distintas pueden fijarse tiempos de paso en función de la de más rápido crecimiento, por ejemplo, 7 años para algarrobo blanco, y hacer dos ciclos de corta de algarrobo cada un ciclo de corta del quebracho colorado, que resultaría de 14 años.

Es importante considerar que, al fijar el tiempo de paso, se asume que la tasa de crecimiento corriente de los árboles es siempre la misma, independientemente de la edad. Como sabemos, esto no es así en la realidad, pero es la única forma sencilla de poder hacer un manejo ordenado.

4. Determinar la **curva ideal de la distribución diamétrica**, que es función, entre otros factores, de la calidad del sitio forestal.

La curva se obtiene con el criterio de LIOCOURT, sólo incluyendo las CD inventariables (es decir > 5 cm), de la siguiente forma (simplificada)

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de árboles de la CD "n"}}{\text{N}^\circ \text{ de árboles de la CD "n + 1"}} = \text{Constante} > 1 \text{ (generalmente } 1,2 - 1,6)$$

Obviamente, mientras mejor sea la calidad del sitio mayor cantidad de individuos de todas las edades podrá albergar.

Detalles del método

La posibilidad de aprovechamiento actual de una masa disetánea depende de **la existencia de suficientes árboles maduros y árboles de aprovechamiento futuro**. La cantidad mínima de individuos considerados "suficientes" varía con la región

fitogeográfica y, obviamente, es mayor en la región del Chaco Oriental que en el Chaco Occidental, más seco y con menores temperaturas.

Los estudios de Brassiolo y Grulke (2015) mencionan 5 árboles maduros por ha y 50 árboles de aprovechamiento futuro por ha como la densidad mínima requerida para el Chaco Semiárido.

Se denomina “**Árbol maduro**” al árbol que asegura la productividad del bosque a corto plazo y tiene incidencia determinante sobre el resultado económico de la intervención. Los criterios para su selección son: que sea de la especie principal, seleccionada generalmente por su valor maderero y que haya alcanzado el diámetro mínimo de cortabilidad, es decir 35 a 40 cm.

En cuanto a su estado sanitario, el árbol maduro a extraer puede estar sano o enfermo y, aunque cumpla con las dos primeras condiciones, no se extraerá si faltan semilleros en el rodal.

Se denomina “**árbol de aprovechamiento futuro**” al árbol que asegura la productividad futura del bosque, es decir, la productividad a mediano y largo plazo. Los criterios para su selección son: que sea de la especie principal, seleccionada generalmente por su valor maderero, o por otro valor de uso; con un DAP > 5 cm, sano, copa bien desarrollada, fuste recto, con pocas ramas en los primeros 2 a 3 m.

Lo ideal es que los árboles de aprovechamiento futuro estén distribuidos homogéneamente por todo el rodal.

Otra categoría de árboles, de gran importancia para el Plan dasocrático son los **renovales** de la/ especie /s principal/es, que poseen un DAP < 5 cm.

En situaciones de excesiva cantidad de árboles maduros y escasos árboles de aprovechamiento futuro será posible el aprovechamiento actual pero exigirá el enriquecimiento de la masa, mediante siembra directa o plantación, para lograr la curva deseada. Esta situación implica, además, que habrá algunos ciclos sin corta, en los cuales las clases juveniles estarán creciendo.

Si, a la inversa, el técnico se encuentra con rodales jóvenes, sin árboles maduros, se efectuará la selección de los árboles de aprovechamiento futuro, extrayendo mediante raleos los que compitan con aquellos. En este caso, no habrá tala de árboles maduros por algún tiempo.

En el bosque ordenado, la clase de edad más vieja es talada cada ciclo, la clase que le sigue en edad al ciclo siguiente, y así indefinidamente. Inmediatamente después de la corta se inicia la repoblación en los claros. Con el tiempo, cada clase de edad de una masa completa ha sido talada una vez, las plántulas que se iniciaron en la superficie ocupada por la clase de edad que fue cortada primero habrán madurado.

Al mismo tiempo que se aprovechan los árboles maduros se efectúan los raleos en las clases más jóvenes favoreciendo el crecimiento de los árboles de aprovechamiento futuro.

En este método es indispensable asegurar que **cada ciclo entren al sistema (en forma de regeneración espontánea o por plantación) tantos individuos como los que**

salen, ya sea por mortandad o se extraen en forma de árboles maduros o mediante raleos de árboles juveniles.

La Tabla 8 y la Figura 9 muestran un ejemplo de un bosque ordenado del Chaco Semiárido donde la especie principal es *Prosopis alba* “algarrobo blanco”.

La masa se ordenó en 5 clases diamétricas inventariables de 7 cm cada una. Se aplicó una constante de 1,6 para los raleos en las CD II, III, IV y V, y de 1,2 para el raleo sobre la CD VI.

De este forma, en cada ciclo ingresan al sistema al menos 50 plántulas y de las clases diamétricas I a V se extraen por raleo, respectivamente y simultáneamente, 25, 9, 6, 4 y 1 individuos por hectárea. Además, se extraen, al finalizar el ciclo de 7 años, 5 árboles maduros que alcanzaron el diámetro mínimo de cortabilidad.

Tabla 8: Cantidad de individuos por CD en una masa disetánea del Chaco Semiárido donde la especie principal es *Prosopis alba*

| CD | Rango [cm] | Constante | Cantidad [árb/ha] | | Cantidad mínima de individuos del rodal[árb/ha] | |
|-----|------------|-----------|-------------------|-----------------|---|----------|
| | | | Resultante | Talados/muertos | Cosecha Futura | Maduros |
| I | < 5 | - | > 50 | >25 | 57 | |
| II | 5 – 12 | 1,6 | 25 | 9 | | |
| III | 12,1 – 19 | 1,6 | 16 | 6 | | |
| IV | 19,1 – 26 | 1,6 | 10 | 4 | | |
| V | 26,1 – 33 | 1,6 | 6 | 1 | | |
| VI | 33,1 – 40 | 1,2?? | 5 | 5 | | 5 |

Tiempo de la rotación o ciclo de corta: 7 años, es decir, que el técnico vuelve al lote cada 7 años y verifica que haya, por hectárea, al menos, 50 renovales < 5 cm de DAP, 25 árboles de 5 a 12 cm de DAP, 16 árboles de 12,1 a 19 cm de DAP, 10 árboles de 19,1 a 26 cm de DAP, 6 árboles de 26,1 a 33 cm de DAP y 5 árboles > 33 cm de DAP.

Todos los árboles que excedan esa cantidad por hectárea se pueden ralear y se hace la tala final de los 5 árboles que alcanzaron el diámetro mínimo de cortabilidad (35 cm). En este caso, se estima un crecimiento en diámetro de 1 cm por año, es decir, 7 cm en 7 años.

Al mismo tiempo, se efectúa escamondo de los árboles de futura cosecha para eliminar ramas mal dispuestas y favorecer un fuste libre de nudos.

Es decir, se realizan simultáneamente en el lote, cortas intermedias o de mejora y cortas de aprovechamiento.

En el bosque ordenado, en cada intervención, se conservarían al menos 50 renovales menores de 5 cm de DAP, 57 árboles de cosecha futura y 5 árboles maduros por hectárea que se talarían al final del ciclo.

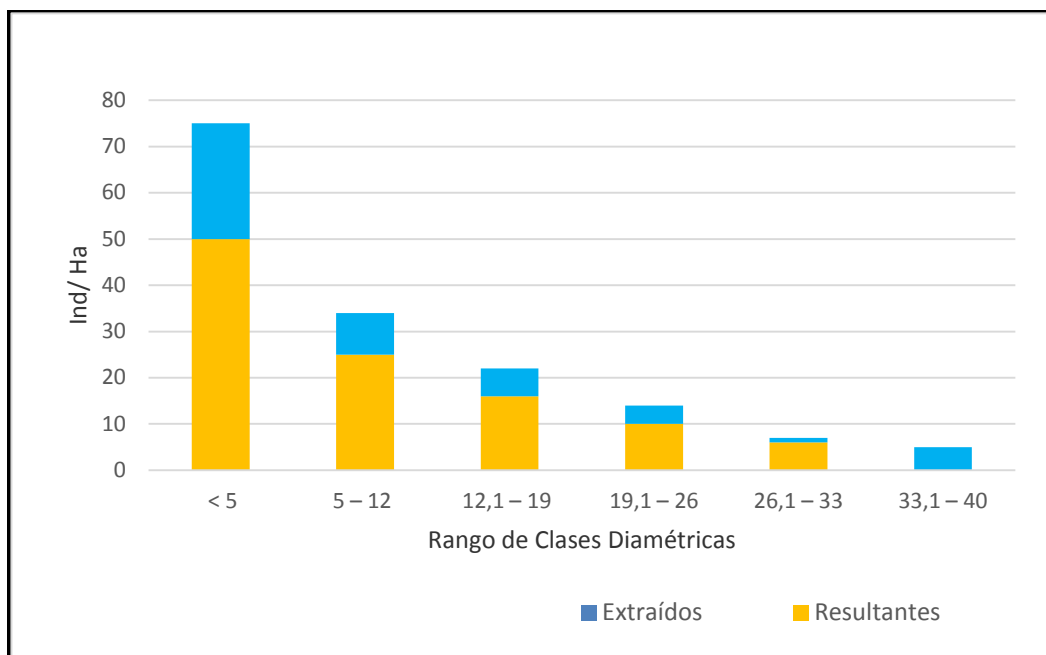


Figura 9: Distribución de individuos en 6 clases diamétricas de Prosopis alba, con detalle de los árboles extraídos en las cortas intermedias y de aprovechamiento

La decisión de cortar o dejar árboles en el rodal depende, con frecuencia, no sólo de la necesidad de mantener la relación “q” sino de otros factores. A veces, se suelen cortar ejemplares por debajo del diámetro mínimo o conservar otros por encima de estos valores. En la Tabla 9 se resumen las principales razones para cortar árboles inferiores o dejar árboles superiores al límite (Hawley Smith 1972).

Tabla 9: Principales razones para cortar árboles menores o dejar árboles mayores al diámetro mínimo de cortabilidad

| Los árboles pueden ser dejados por encima del diámetro límite cuando : | Los árboles pueden ser cortados por debajo del diámetro límite cuando : |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Son muy vigorosos y aumentan de prisa de volumen y de valor. 2. Están en grupos de árboles menores y pueden causar derribos o roturas si son cortados. 3. Se necesita un gran árbol padre en un claro o en su borde. 4. Se necesitan por razones estéticas. 5. Hay que proteger las condiciones del suelo o plántulas. | <ol style="list-style-type: none"> 1. No son vigorosos, crecen despacio y es probable que mueran antes de la corta siguiente; actualmente en estado defectuoso. 2. Están tan expuestos, que si se dejan serán derribados por el viento o rotos al cortar árboles vecinos. Esto puede ocurrir con árboles altos y delgados dentro de un grupo de árboles mayores. 3. Al hacerlo la composición puede ser mejorada o la velocidad de crecimiento de los vecinos, más prometedores, aumentada. |

5. Método de ordenación

En la práctica el tener que trabajar cada año toda el área para asegurar una pequeña corta por hectárea hace caras las operaciones de tala. Los árboles padres no producen semillas cada año y las plántulas tienen dificultades para establecerse si hay alteraciones frecuentes debidas a las operaciones de tala (Hawley y Smith 1972).

Para evitar estas dificultades, se establece un *ciclo de corta* o período entre las cortas. En este esquema, en lugar de ingresar al bosque cada ciclo de corta **se divide la masa en tantos lotes como años hay en el ciclo de corta.**

En el ejemplo de la Tabla 8 y Figura 9 el ciclo de corta es de 7 años, entonces serán 7 lotes. Todas las cortas de selección hechas en un año determinado (aprovechamiento de árboles maduros y raleo de árboles de cosecha futura) se reducen a una de estas superficies y no se realizan cortas posteriores en ella hasta el ciclo de corta siguiente.

Una vez que el bosque está ordenado, el volumen extraído de cada una de estas partes es igual al crecimiento del lote durante un ciclo de corta. El gasto de tala es así reducido al aumentar el volumen cortado por hectárea y disminuir la superficie cubierta en una sola operación. Las cortas en años sucesivos progresan de un lote a otro y finalmente, después de terminado el ciclo de corta, vuelven al primer lote.

En el ejemplo de página 28 hay cinco ciclos de corta por turno. Es conveniente que no sean menos de tres ciclos de corta por turno. Este método de ordenación se denomina **ordenación por entresaca**, al igual que el método o tratamiento silvícola de aprovechamiento/regeneración para masas disetáneas, que se denomina de selección o entresaca selectiva.

Tratamientos silvícolas para regeneración de masas coetáneas

Como se mencionara anteriormente en este apunte, la estructura más frecuente en los bosques de la región central del país es la estructura irregular o disetánea. Sin embargo, es posible encontrar pequeños rodales coetáneos, uniespecíficos, como producto de la forma de regeneración de las especies y de su temperamento intolerante¹. Allí, al desmoronamiento de ejemplares decrepitos le sucede la regeneración de especies intolerantes, como los algarrobos, que aprovechan las condiciones de fertilidad y disponibilidad de luz que se producen en esos sitios.

Los métodos silvícolas de regeneración o repoblación que imitan estos procesos en la naturaleza son la tala rasa y el método de árboles padres, en el caso de especies intolerantes¹, y los aclareos sucesivos o cortas de protección, en el caso de especies tolerantes².

El método de **tala rasa** consiste en extraer todos los árboles del lote en un solo corte. La regeneración se produce a partir de las semillas de los árboles extraídos, de árboles de lotes vecinos o bien mediante plantación.

¹Especies que requieren plena luz solar para establecerse y crecer en su estado inicial

²Especies que requieren sombra o protección de la luz solar directa para establecerse y crecer en su estado inicial.

El método de **árboles padres** consiste en extraer todos los árboles del lote salvo algunos que permanecen como semilleros, estos son los árboles padres. Los árboles semilleros pueden ser, luego, extraídos en un segundo corte, o anillados para provocar su muerte en pie.

El método de **cortas de protección** implica la extracción gradual de la masa completa en una serie de cortas parciales que se extienden durante una parte del turno (el período de regeneración). La repoblación natural se inicia bajo la protección de la masa más vieja y finalmente es liberada cuando es capaz de resistir a la exposición. La característica más importante del método de cortas de protección consiste en el establecimiento de una nueva población antes de que se termine el turno anterior.

El método de cortas de protección se aplica mejor en masas uniformes, aunque puede ser utilizado en otras de forma irregular en que predominen las clases de edad comerciales. Da lugar a una masa uniforme, y en este sentido se parece a los métodos de tala rasa y de árboles padres.

Ventajas y desventajas del método de selección

Las ventajas y desventajas de aplicar el método de selección, que ordena masas disetáneas, respecto de los otros tres métodos, que generan masas coetáneas, se describen en la Tabla 10.

Tabla 10: Ventajas y desventajas del método de selección respecto de los métodos para masas coetáneas.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> * Alto grado de protección del sitio, bajo grado de alteración del ambiente. * El cierre vertical de la copa protege a los árboles pequeños de la acción de los agentes atmosféricos. * El riesgo de incendios es menor que en las masas uniformes porque el combustible está a la sombra, con un alto grado de humedad. * Tiene un alto valor estético * Proporciona el mejor medio para el desarrollo de la vida silvestre. * Es fácil asegurar la repoblación de especies tolerantes por una alta disponibilidad de semillas y un medio edáfico adecuado. * Es la única forma de asegurar una producción anual sostenida en montes pequeños. * En una masa irregular pueden realizarse, al mismo tiempo, cortas intermedias y finales, obteniéndose beneficios de ambas. | <ul style="list-style-type: none"> * Gastos de tala y transporte más elevados que en métodos uniformes. * Hay importantes daños sobre árboles remanentes. * La madera producida es, en promedio, de menor calidad que la de masas uniformes. La poda natural no es tan buena por lo que la madera es más nudosa. * Requiere un alto grado de especialización y dedicación técnica. * De difícil aplicación en masas de especies intolerantes, como la mayoría de especies que crecen en el Chaco y el Espinal. |

Consideraciones finales

Este apunte aborda la temática del diagnóstico y manejo sustentable de bosques nativos del Chaco Occidental y el Espinal de forma sencilla y accesible para estudiantes de grado de la carrera de Ingeniería Agronómica.

Numerosos temas relacionados directamente con el bosque, tales como Sistemas silvopastoriles, Enriquecimiento; Uso múltiple del bosque; Cortas intermedias: Raleos – Escamondos y Régimen de tallar, no se trataron en este apunte y se presentarán en futuras publicaciones

Bibliografía

- Araujo P., Iturre M., Acosta V., Renolfi R. 2008. Estructura del bosque de La María EEA INTA Santiago del Estero. Revista Quebracho, Vol. 16 Pág. 3-19. Santiago del Estero. Argentina.
- Brassiolo, M. 2005. Los Bosques del Chaco Semiárido. Revista IDIA Forestal XXI, año V, N° 8. Pag. 23-28.
- Brassiolo M. y Grulke, M. 2015. Manejo de bosques nativos de la región chaqueña. Fichas técnicas. 1ª. Edición. REDAF, Reconquista.
- Braun Blanquet, J. 1979. Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales. 2° Ed.H. Blume. Rosario. Madrid.
- Coirini, R., Karlin, M. y M. Brassiolo. 2013. Prácticas forestales en los bosques nativos de la República Argentina, ecorregión Espinal. Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Proyecto Manejo Sustentable de los Recursos Naturales (BIRF 7520-AR – PNUD 08/008) Componente Bosques Nativos y su Biodiversidad. Argentina.
- Cottam G. and Curtis, J. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. Ecology vol 37 N° 3: 451-460.
- Daniel T., Helms, J. and Baker, F. 1979. Principios de silvicultura. Mc Graw-Hill. New York. 500 p.
- Diaci, J.; Kerr, G. & O'hara, K., 2011. Twenty-first century forestry: integrating ecologically based, uneven-aged silviculture with increased demands on forests Forestry 84: 463-465.
- Donoso Zegers, C. 1997. Ecología Forestal. Ed. Universita. 368 p.
- Duaber, E. 1995. Guía Práctica y Teórica para el Diseño de un Inventario Forestal de Reconocimiento. Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia. USAID Documento técnico 21.
- Giménez, A.; Ríos, N.; Moglia, J.G. 2003. Crecimiento de *Prosopis nigra* (algarrobo negro) en Santiago del Estero, Argentina. Foresta Veracruzana Vol 5 N° 2: 17-22. Méjico
- Giménez, A.; Moglia, J.; Ríos, N.; Hernández, P.; Bravo, S. 2003. Crecimiento, arquitectura y calidad de madera de leñosas. Revista de ciencia y tecnología- Edición Especial. Jornadas de Ciencia y Técnica 2003- Serie de Divulgación. Trabajos Científicos. Vol 6: 281- 285.
- Giménez A; Hernández P; Figueroa M; Barrionuevo I. 2011. Diversidad del estrato Arbóreo en los bosques del Chaco Semiárido. Revista Quebracho Vol. 19 (1,2)24-37. Santiago del Estero. Argentina.

- Giménez, A.M. y Moglia, J.G. (Eds) 2017. Los bosques actuales del Chaco Semiárido Argentino. Ecoanatomía y biodiversidad. Una mirada propositiva. Fac. Cs. Forestales, UNSE. Encuentro Grupo Editor. Córdoba. 279 p
- Grulke, M., M. Brassiolo, F. Díaz Lanes, K. Obst, G. Ortíz, G. Soto y J. Michela. (UniqueForestryConsultants) 2007. Manual para el manejo forestal sustentable de los bosques nativos de la Provincia del Chaco. Ministerio de la Producción del Gobierno de la Provincia del Chaco.
- Hawley, R. y D. Smith 1972. Silvicultura Práctica. Ed. Omega S.A. 544 p.
- Husch, B., Miller, C.I. and T.W. Beers 1972. Forest Mensuration. Second Ed., John Wiley & Sons. N.Y. 410 p.
- [http://www.fao.org/forest-resources-assessment/es/-](http://www.fao.org/forest-resources-assessment/es/) Evaluaciones de recursos forestales mundiales. Consultada en julio de 2017.
- INTA, 2013. SilvoINTA, asistente de silvicultura. Aplicación Android disponible en GooglePlay.<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.devsar.inta> bosques. Consultada en julio de 2017.
- Juárez de Galindez, M.; Gimenez, A.M.; Rios, N.; Balzarini, M. 2007. Modelación del crecimiento en diámetro de vinal (*Prosopisruscifolia*), en Santiago del Estero, Argentina. Revista Foresta Veracruzana, Xalapa, Mexico. Nº9. Volumen 2: 9-15 .
- Magurrán, A. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, U.S.A.
- Marcelo Navall, Walter Cassino, P Carignano, Pablo D'Angelo. 2013. SilvoINTA: una aplicación móvil para asistir la silvicultura de bosques irregulares. Proceedings IV Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Puerto Iguazú
- Marquis, D. A., 1978. Application of uneven-aged silviculture and management on public and private lands. Uneven-aged silviculture and management in the United States. USDA Forest Service, Timber Management Research, Washington DC, pp 25-61 .
- Martijena, N., Coirini, R., Monte, L. de y L. Pietrarelli 1988. Estimación de la producción económica de un bosque de algarrobo. Actas VI Congreso Forestal Argentino, Tomo I: 172-176. Santiago del Estero.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons, New York. 547 p
- Mutarelli, E. 1963. La ordenación de bosques. Su aplicación en la Argentina. EN: Revista Forestal Argentina. VII(1)12, VII(2)48, VII(3)75, VII(4)115.
- 1964. La Ordenación de Bosques. Su Aplicación en la Argentina. EN Revista Forestal Argentina, VIII(1)15, VIII(2)48.
- Navall, M., Cassino, W., Carignano, L. y D'Angelo, P. 2013. Un nuevo método de marcación de cortas en bosques irregulares. IUFROLAT–3er Congreso Forestal Latinoamericano de IUFRO. San José de Costa Rica.
- O'Hara, K. L., 2002. The historical development of uneven-aged silviculture in North America Forestry 75: 339-346.
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F. y P.Real 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. IICA-BMZ-GTZ, 586 pp, San José, Costa Rica.
- Spurr, S.H. 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Company, N.Y. 476 p.
- Zukrigl, K.; Eckhart, G.; Nather, J., 1963: Standortskundliche und waldbauliche Untersuchungen in Urwaldresten der niederösterreichischen Kalkalpen. Mitt. FBVA. 62. Heft. Mariabrunn. 244 pp